

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

МАТЕРІАЛИ 23-го МІЖНАРОДНОГО  
МОЛОДІЖНОГО ФОРУМУ

**«РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА МОЛОДЬ  
У ХХІ СТОЛІТТІ»**

**16 – 18 квітня 2019 р.**

Том 3

**КОНФЕРЕНЦІЯ  
«ІНФОРМАЦІЙНІ РАДІОТЕХНОЛОГІЇ  
ТА ТЕХНІЧНИЙ ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ»**

Харків 2019

23-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті». Зб. матеріалів форуму. Т. 3. – Харків: ХНУРЕ. 2019. – 230 с.

В збірник включені матеріали 23-го Міжнародного молодіжного форума «Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті».

Видання підготовлено  
факультетом інформаційних радіотехнологій  
і технічного захисту інформації (ІПТЗІ)  
Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ)

61166 Україна, Харків, просп. Науки, 14  
тел.: (057) 7021397  
факс: (057) 7021515

Email: mref23@nure.ua

© Харківський  
національний університет  
радіоелектроніки (ХНУРЕ), 2019

## **ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**Прудіус І.Н.**

проф., директор Інституту телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки НУ «Львівська політехніка», м. Львів, Україна.

**Піза Д.М.**

проф., зав. каф. ЗНТУ, м. Запоріжжя, Україна.

**Рогожкін Є.В.**

проф., зав. каф. НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна.

**Сакало С.М.**

проф., декан ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

**Антіпов І.Є.**

проф., зав. каф. ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

**Карташов В.М.**

проф. зав. каф. ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

**Цопа О.І.**

проф. зав. каф. ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

**Свид І.В.**

доц. зав. каф. ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

**Pawel Komada**

PhD, assistant professor Department of Electronics Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, deputy director of the institute for general matters Institute of Electronics and Information Technology Zaklady Optoelektroniki i Sieci Teleinformatycznych, Lublin University of Technology, Poland.

**Кокорін О.В.**

заступник завідувача відділу криміналістичних видів досліджень Харківського НДЕКЦ МВС України.

**Колесник В.Г.**

заступник завідувача відділу комп'ютерно-технічних та телекомунікаційних досліджень Харківського НДЕКЦ МВС України.

**Олейніков А.М.**

проф. ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

**Олейніков В.М.**

проф. ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

**Горелов Д.Ю.**

доц. ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

**Гавва Д.С.**

доц. ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

**Грецьких Д.В.**

доц. ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

**Воргуль О.В.**

доц. ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

**ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНІ СИСТЕМИ,  
РАДІОТЕХНІЧНІ ПРИСТРОЇ  
ТА ЗАСОБИ РАДІОЗВ'ЯЗКУ**

# **ПІДТРИМКА МАРШРУТІВ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В МОБІЛЬНИХ РАДІОМЕРЕЖАХ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

Сальник С.В.

Заступник завідувача спеціальної кафедри № 1

Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

(03056, Київ, вул. Верхньоключова 4. тел. (044) 204-91-51)

e-mail: s.sergey@i.ua

The paper proposed a method for the support of data transmission routes on the basis of fuzzy logic in mobile radio networks for military purposes, the essence of which consists in the application of fuzzy logic and genetic neural algorithm which allows to reduce the bandwidth utilization of the network due to the control and distribution of the residual battery capacity, the result can be accepted management decision on the construction of data transmission routes in the network and increase the time of operation of the mobile radio network.

Останні десятиліття спостерігається стрімкій розвиток та поширення мобільних радіомереж (МР). Відмінністю даних мереж від класичних радіомереж є відсутність фіксованої мережової інфраструктури та, як наслідок, фіксованих маршрутів передачі інформації, що потребує використання нових підходів до управління МР. Основними особливостями побудови та застосування МР є: мобільність усіх вузлів; динамічна топологія; децентралізоване управління мережею; спільний доступ вузлів до середовища передачі даних; масштабованість; збір інформації про стан мережі на різних рівнях мережової моделі OSI; обмежена ємність батареї; особливості побудови МР [1].

Для ефективного керування МР, мережа у своєму складі містить відповідні вузлові та мережеві системи управління (СУ). Управлінські рішення, що приймаються СУ, базуються на аналізі та оцінці множини різномірних параметрів функціонування МР. Крім того, через: зміну умов функціонування МР, наявність непередбачуваної мережової активності, виникає ситуація з отриманням СУ швидко старіючих та неповних даних, які не дозволяють побудувати чітку модель функціонування МР. З зазначеного виходить те, що в основі СУ повинна бути застосована підсистема підтримки маршрутів передачі даних (ПУПД) в основі якої покладений математичний апарат який здатен врахувати особливості побудови та функціонування МР спеціального призначення.

Досвід застосування ПУПД вказує на те, що з метою забезпечення її ефективного функціонування та недопущення порушень передачі даних в МР, таких як: переповнення черг; збільшення навантаження пропускної спроможності; побудови неоптимальних маршрутів передачі даних;

погіршення якості обслуговування; тощо, доцільно використовувати методи які основані на апараті нейронних мереж (НМ), нечіткої логіки (НЛ) та з функцією отримання знань про об'єкти управління МР [2].

Використання НМ та НЛ дозволить забезпечити опис причинно-наслідкових зв'язків між вхідними та вихідними змінними, що відповідають вхідним параметрам даних та які характеризують відповідну залежність на рівнях моделі OSI. В процесі функціонування НМ та НЛ на основі вхідних параметрів даних відбувається: отримання інформації про стан мережі; аналіз отриманих даних; класифікація даних; прийняття рішень з побудови маршрутів передачі даних; контроль інформації про маршрутизацію, тощо. Однак з метою врахування особливостей побудови та функціонування МР спеціального призначення при застосуванні даних методів доцільно застосувати їх розподіл за наступним принципом:

- на основі НМ, що забезпечить отримання, класифікацію параметрів даних у МР в умовах отримання передбачуваних параметрів даних;
- на основі нейро-нічкої мережі, що забезпечить отримання, класифікацію параметрів даних у МР в умовах отримання непередбачуваних, неточних та неповних параметрів даних [3].

Використання кожного з методів може відбуватися у разі розподілу вхідних параметрів даних у відповідності з наявністю непередбачуваної мережової активності.

Під час побудови вказаних методів доцільно:

- провести побудову моделі підтримки маршрутів передачі даних в МР, що надасть можливість для прогнозування перевантажень маршрутів передачі даних та моделювання їх наслідків;
- розробити нечітку базу правил, яка надасть додаткові можливості з: проведення навчання новим видам параметрів даних; розширення множини навчальних правил; визначення часу існування діючого маршруту; прийняття рішень щодо використання існуючих маршрутів.

Використання даного підходу дозволить: проводити самонавчання ПУПД; забезпечить ефективну класифікацію даних; забезпечить пошук оптимального маршруту в режимі реального часу.

Список використаних джерел :

1. Романюк В.А. Мобильные радиосети - перспективы беспроводных технологий / Сети и телекоммуникации, 2003. № 12. С. 62 - 68.
2. Романюк В.А Метод підтримання діючих маршрутів на основі прогнозованого часу їх існування в радіомережах типу MANET / Романюк В.А., Жук П.В., Сова О.Я., Міночкін А.І. // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ "КПІ". – 2011. – № 3. – С. 34 – 43.
3. Комашинский В.И. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи // Комашинский В.И., Смирнов Д.А. – М.: Горячая линия–Телеком, 2002. – 94 с.

# ПРИКЛАДНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІНОМІАЛЬНОГО СПЛАЙНУ У РАДІОЛОКАЦІЇ

Сліпухіна О.О., Шутко В.М., Яновський Ф.Й.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Яновський Ф.Й.

Національний авіаційний університет

(03058, Київ, пр. Космонавта Комарова 1, Навчально – науковий інститут  
аeronавігації, електроніки та телекомунікації, Кафедра Електроніки,  
тел. (044) 406-79-01 )

e-mail: oksana.slipukhina@gmail.com

The article proposes the representation of splines with a rarefied structure of basic matrices. Thanks to the use of such structure in the construction of splines generates high performance in the calculation of large data arrays. Moreover, basic matrices with a rarefied structure can be calculated in advance and sewed into the processor of a particular device. At the same time, a form of constructing polynomial splines has been developed, which facilitates efficient work during programming and is universal for applied applications in radio engineering.

На сьогоднішній день в радіотехніці існує багато задач з обробки сигналів та зображень. Значну частину радіотехнічних сигналів обробляються у цифровому вигляді. Наприклад, виявлення джерела електровипромінювання (бліскавка) в радіолокації зводиться до проблеми прийняття рішення про наявність чи відсутність корисного сигналу в довільному об'ємі зони дії радіолокатора.

Для вирішення цієї проблеми постає потреба у використанні математичного апарату, який вирішить цю проблему. Чудовим математичним апаратом для вирішення проблеми є сплайн. Сплайн – це функція, що складається з фрагментів однакового виду, котрі зшиті між собою (рис. 1) [1].



Рис. 1. Поліноміальний сплайн

Мета даної роботи полягає у тому, щоб розробити універсальну форму побудови сплайнів для прикладних застосувань у телекомунікації, а саме для ефективної роботи при програмуванні.

Реалізація прикладного застосування поліноміального сплайну вирішується за допомогою побудови сплайну за методом найменших квадратів (МНК), для цього нам необхідно записати функціонал для сплайну (1) [2]:

$$\begin{aligned} \Phi = & \sum_{i=1}^N [A_1 t_i^3 + B_1 t_i^2 + C_1 t_i + D_1 - y_{1i}]^2 + \\ & + \sum_{i=N+1}^{2N} [A_2 t_i^3 + B_2 t_i^2 + C_2 t_i + D_2 - y_{2i}]^2 + \\ & + \lambda_0 [A_1 T_S^3 + B_1 T_S^2 + C_1 T_S + D_1 - A_2 T_S^3 - B_2 T_S^2 - C_2 T_S - D_2] + \\ & + \lambda_1 [3A_1 T_S^2 + 2B_1 T_S + C_1 - 3A_2 T_S^2 - 2B_2 T_S - C_2] = \min, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $A_1, B_1, C_1, D_1$  – коефіцієнт кубічного поліному для 1-го інтервалу склейки;  $A_2, B_2, C_2, D_2$  – коефіцієнт кубічного поліному для 2-го інтервалу склейки;  $y_{1i}, y_{2i}$  – вхідні відліки кожного інтервалу склейки;  $t_i$  – відліки часу на кожному інтервалі спостереження;  $T_S$  – час склейки;  $\lambda_0, \lambda_1$  – сталі Лагранжа.

Виходячи з формули (1) ми знаходимо  $A_1, B_1, C_1, D_1, A_2, B_2, C_2, D_2$ , після того ми знайдемо часткові похідні функціоналу  $\Phi$  і прирівняємо їх до 0. В результаті проведених маніпуляцій отримаємо розріджену структуру базисних матриць.

На основі вищевикладеного проведемо моделювання за допомогою програми Matlab, результат зображенено на рис. 2, де синім кольором показано корисний сигнал (детермінована основа), помаранчевим – суміш корисного сигналу та адитивного гаусівського шуму, а червоним – сплайн. Причому зауважимо, що на вхід приймача подається саме суміш корисного сигналу із шумом, з яким працює сплайн [3].

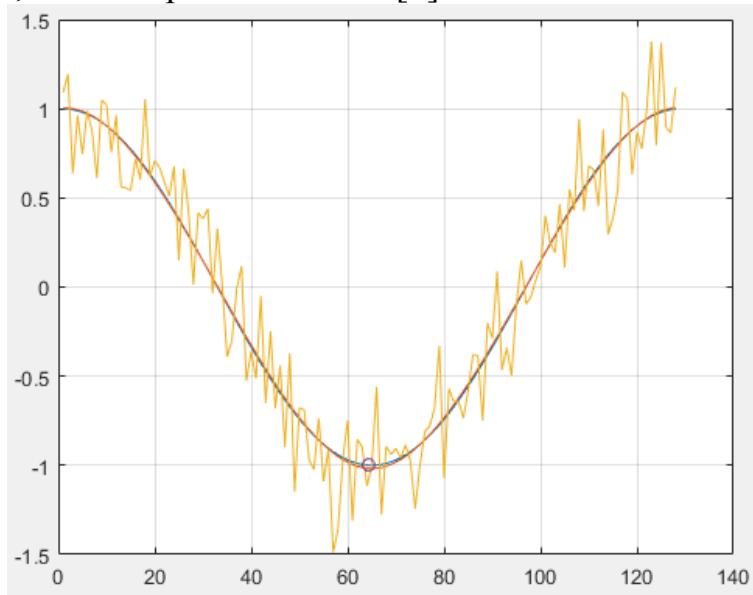


Рис. 2. Результат моделювання

Також, було підраховано середньоквадратичне відхилення поліноміального сплайну від корисного сигналу  $ans = 0.0082$ , що майже у 30 разів менше, ніж середньоквадратичне відхилення зашумленого сигналу від корисного  $ans = 0.2313$ , що, очевидно, вказує на ефективне статистичне вирівнювання зашумленого сигналу [3].

**Висновки.** У даній роботі представлено універсальну форму побудови сплайнів для прикладних застосувань у радіотехніці, насамперед для ефективної роботи під час програмування. Це дозволило знайти аналітичну функцію поліноміального сплайну та довести ефективні властивості фільтрації та згладжування сплайнів.

#### **Список використаних джерел:**

1. П. С. Малачівський, В. В. Скопецький; відп. ред. І. В. Сергіенко; Неперервне й гладке мінімаксне сплайн-наближення, НАН України, Ін-т кібернетики ім. В. М. Глушкова, Центр мат. моделювання Ін-ту приклад. пробл. механіки і математики ім. Я. С. Підстригача. – Київ : Наук. думка, 2013.
2. И. Ф. Бойко, И. В. Шелевицкий, В. Н. Шутко, Рекурентный алгоритм построения сплайнов методом наименьших квадратов// Статистические методы обработки сигналов в авиационных радиоэлектронных системах: Сб. науч. тр. – К.: КМУГА, 1995, с. 84-88.
3. А.О. Абакумова, О.О. Сліпухіна, Р.С. Одарченко, Ф.Й. Яновський, В.М. Шутко, Поліноміальний сплайн для вирішення прикладних задач в телекомунікаціях та радіотехніці, Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського, Том 29 (68) № 5, 2018.

**КУБИЧЕСКАЯ РЕЗОНАНСНАЯ РЕШЕТКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ  
СФЕР В МАГНИТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СРЕДЕ**  
Кулак Г.К.

Научный руководитель – проф. Козарь А.И.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. физики, тел. 057-702-13-45)  
тел.: 8057-7021345, e-mail: fizika@kture.kharkov.ua

The solution and analysis of a problem are considered concerning plane wave scattering by a resonance lattice of spherical particles located in magnetodielectric medium.

Рассматривается анализ решения задачи о рассеянии электромагнитных волн кубической решетки сфер, находящейся в магнитодиэлектрической среде с большим значением диэлектрической  $\epsilon_0$  и магнитной  $\mu_0$  проницаемостями для случая, когда  $\frac{a}{\lambda'} \ll 1; \frac{a}{\lambda_g} \ll 1; \frac{d}{\lambda'} \sim 1$ , где  $a$  – радиус сфер;  $\lambda'$ ,  $\lambda_g$  – длины рассеиваемой волны вне и внутри сфер;  $d$  – постоянная решетки.

Рассеянное поле находилось через электрический  $\vec{\Pi}^e(\vec{r}, t)$  и магнитный  $\vec{\Pi}^M(\vec{r}, t)$  потенциалы Герца кубической решетки

$$\vec{E}_{pacc}(\vec{r}, t) = (\nabla\nabla + k^2 \epsilon_0 \mu_0) \vec{\Pi}_c^e(\vec{r}, t) - ik\mu_0 [\nabla, \vec{\Pi}_c^M(\vec{r}, t)], \quad (1)$$

где

$$\vec{\Pi}_c^e(\vec{r}, t) = \sum_{c=1}^N \frac{1}{k_1^3} (\sin[k_1 a_c] - k_1 a_c \cos[k_1 a_c]) \left( \frac{\epsilon_{ce\phi}}{\epsilon_0} - 1 \right) \vec{E}_c^0(\vec{r}, t) \frac{e^{-ik_1 r_c}}{r_c}.$$

Здесь  $\vec{E}_c^0(\vec{r}, t)$  – индуцированное внутреннее поле сфер, которое находят из алгебраической системы неоднородных уравнений [1, 2],  $N$  – число сфер. Величина  $\omega$  определялась из формулы  $\omega = \frac{1}{8\pi} (\vec{E}^2 + \vec{H}^2)$ .

Исследовались кубические решетки сфер без заполнения и с металлическим заполнением, когда в них возбуждался структурный (решеточный) резонанс.

Проведенный анализ рассеяния плоской электромагнитной волны показал, что исследуемые решетки обладают резонансными рассеивающими свойствами, которые могут найти применение в радиоэлектронных устройствах.

На рис. 1 представлены зависимости модуля поля  $\vec{E}_{pacc}(\vec{r}, t)$  от изменения длины  $\lambda$  рассеиваемой плоской волны в вакууме – (a) и от изменения координат по оси Z – (b), вдоль которой расположена решетка и распространяется плоская волна, при разном заполнении. В решетках (рис. 1, b) возбужден решеточный резонанс  $2^{cm}$  (рис. 1, a) на длине волны

$\lambda = 10$  см,  $a = 0,15$  см,  $\varepsilon_0 = 7$ ,  $\mu_0 = 7$ ,  $d = 1,428$  см,  $N = 64000$ . Здесь волна рассеивается преимущественно вперед по оси  $Z$  при  $\varepsilon = 1$  и назад для металла (рис.1, *b*).

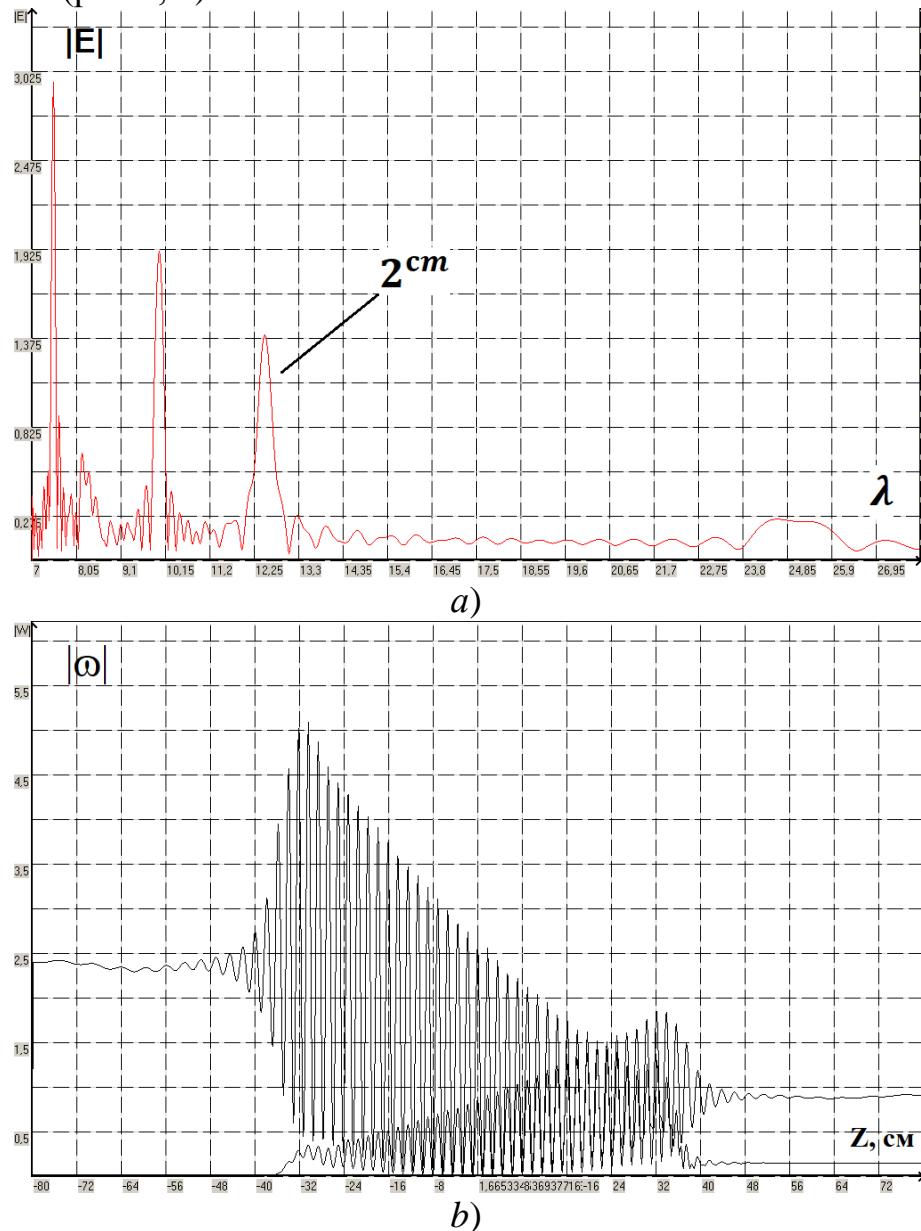


Рис. 1 Рассеянное поле кубической решетки.

Литература: 1. Kozar A.I. Structural Function Development for Electromagnetic Interactions in the System of Multiple Resonant Magnetodielectric Spheres / A.I. Kozar // Telecommunication and Radio Engineering. – New York, N.Y. (USA): Begell House Inc. – 2005. – Vol. 63, No. 7. – P. 589-605). 2. Kozar A.I. Resonance cubic lattice of spherical air-filled bubbles located in magnetodielectric medium / A.I. Kozar // Microwave and Telecommunication Technology: IEEE 20<sup>th</sup> International Crimean Conference, –Sevastopol, Crimea, Ukraine, September 13-17, 2010. – P. 737-738.

# КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

Пунин Д.В., Багнюк Е.В.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Гречих Д.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки 14, каф. КРиСТЗИ, тел. (057) 702-14-30)  
e-mail: denchic1293@ukr.net

The classification of WPT systems according to the physical principle of operation, the main structural, technological, and operational features has been carried out.

В основу классификации систем беспроводной передачи энергии (БПЭ) можно положить метод беспроводной передачи энергии, определяющий структуру их построения и диапазон рабочих частот. Метод извлечения энергии из окружающего ЭМП реализуется как в УКВ диапазоне (в зарубежной литературе микроволновый диапазон), так и в оптическом диапазоне. Особенностью таких систем БПЭ является то, что режим возбуждения ректенны будет нестационарным, а по конструктивному исполнению ректенна должна быть широкополосной и преобразовывать маломощные электромагнитные поля произвольной поляризации в постоянный ток.



Рисунок 1 – Классификация систем БПЭ

В традиционных системах БПЭ микроволновым лучом режим возбуждения ректенны как правило стационарный, но в связи с освоением новых и усовершенствованием существующих методов фокусировки ЭМИ в

ряде случаев ректенны следует рассматривать в нестационарном режиме возбуждения. Поэтому при проектировании систем БПЭ необходимо четко указывать режим возбуждения ректенны т.к. в зависимости от него необходимо использовать те или иные подходы для анализа ее электродинамических и энергетических характеристик.

По числу приемно-выпрямительных элементов (ПВЭ) можно выделить в отдельные классы ректенны с большим числом ПВЭ – многоэлементные (крупноапертурные) ректенные решетки и с малым числом ПВЭ – малоэлементные ректенные решетки. Это разделение связано с тем, что в теоретических исследованиях многоэлементных и малоэлементных ректенн, подобно линейным антенным решеткам, используют резко отличающиеся подходы. Регулярно-структурный (бесконечное число одинаковых ПВЭ, размещаемых в узлах регулярной сетки) и поэлементный (конечное число ПВЭ, размещение и их ориентация в ректенной решетке произвольные).

По передаваемому уровню мощности можно выделить системы БПЭ большой (от 500 Вт), средней (от 10 Вт до 500 Вт) и малой (до 10 Вт) мощности. Следует отметить, что в системах БПЭ большой и средней мощности необходимо применять крупнапертурные ректенные решетки, а в системах БПЭ малой мощности приемлемыми будут малоэлементные ректенные решетки, а в ряде случаев и одиночные ПВЭ. При реализации систем БПЭ большой мощности важным фактором является выбор числа излучающих позиций, потому что не всегда в системах БПЭ с одной передающей излучающей позицией возможно достичь требуемых плотностей потока мощности на апертуре ректенны, соответственно, и мощности постоянного тока в ее нагрузке, поэтому возникает необходимость в усовершенствовании практики построения систем БПЭ, например, переходу к многопозиционным системам излучателей. В предложенной классификации под системами БПЭ без излучающих позиций следует понимать системы в которых в качестве источников электромагнитной энергии выступают различные радио- и оптикоэлектронные средства и системы работающие по своему предназначению (связь, локация, управление и т.д), а ректенны преобразовывают их ЭМИ в постоянный ток.

Системы БПЭ можно также классифицировать по вариантам энергоснабжения потребителей. В настоящее время прорабатывается большое число различных проектов связанных с различными способами БПЭ. Привлекательными и востребованными до сих пор остаются проекты по передаче энергии с космических солнечных электростанций на Землю. Актуальными проектами являются и разработка систем БПЭ типа Земля-Земля, Земля-воздух, воздух-Земля либо комбинированных. Следует отметить, что объектами для энергоснабжения могут выступать как подвижные, так и неподвижные потребители энергии, что также предопределяет выбор числа излучающих позиций, диапазона рабочих частот, требования к энергетическим характеристикам ректенн и их конструктивному исполнению.

# **СРЕДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОРАЖЕНИЯ СРЕДНЕЙ И БОЛЬШОЙ ДАЛЬНОСТИ**

Преснякова А.Д, Бузоверов А.В.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Грецких Д.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки 14, каф. КРиСТЗИ, тел. (057) 702-14-30)  
e-mail: strongann@i.ua

Requirements for the means of functional destruction of long-range. A variant of their technical implementation is proposed.

В настоящее время известны три основных, принципиально отличающихся направления создания средств функционального поражения (ФП) с малой длительностью мощных воздействующих импульсов:

- 1) на основе фокусировки ЭМИ в передающих ФАР и многопозиционной системе излучателей (МСИ);
- 2) на основе излучения СШП сигналов;
- 3) на основе релятивистских генераторов импульсного радиоизлучения.

В данной работе рассмотрено первое направление. Средства ФП, создаваемые в рамках первого направления обладают условной скрытностью, свойствами ЭМС и могут быть реализованы с использованием существующих освоенных промышленностью генераторных и антенно-фидерных устройств. В [1] проведена оценка требуемых временных и энергетических характеристик пространственно-временных импульсов для средств ФП дальнего действия построенных на основе МСИ. В настоящей работе обсуждается вариант их технической реализации.

Средства ФП на основе МСИ покрывают достаточно протяженные области пространства т.к. совокупные антенные системы имеют значительные размеры, и фактически зона действия таких систем является зона Френеля. В средствах ФП с МСИ возможно при относительно небольших мощностях излучения отдельных позиций, получать требуемое высокое значение плотности потока мощности в точке фокусировки за счет увеличения числа позиций.

При реализации средств ФП с МСИ потребуется решать и ряд дополнительных технических задач.

Возникает необходимость совместного управления разнесенными передающими позициями. Совместное управление требует решать задачи согласованного сканирования пространства (для поражения РЭС подвижных объектов), контроля частот излучения и параметров излучаемого ЭМИ, использования тех или иных алгоритмов формирования сфокусированного микроволнового излучения. Для организации совместной работы передающих излучающих позиций необходимы межпозиционные каналы связи по которым передается командная информация для управления средствами ФП (задание необходимого АФР в МСИ, сканирование пространства, расфокусировка ЭМИ в случае возникновения внештатных

ситуаций и т.д.).

Для управления излучающими позициями и задания алгоритма их совместной работы, необходимо точное знание их местоположения, т.е. необходимо осуществлять геодезическую или навигационную привязку.

Структурная схема средства ФП с МСИ приведена рис. 1,а.

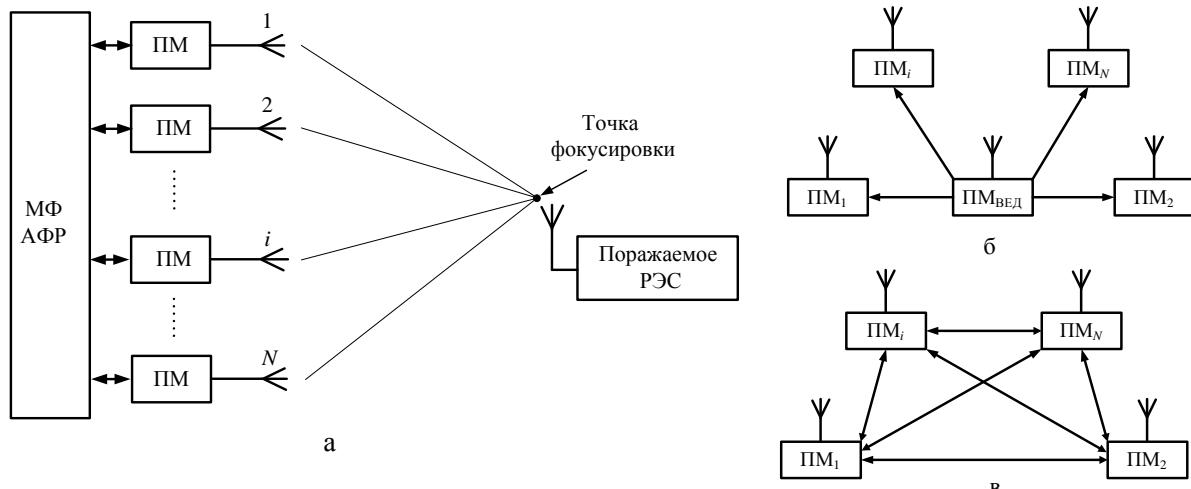


Рис. 1. Средство ФП на основе МСИ

На рис. 1,а показаны модуль формирования АФР (МФ АФР) и  $N$  передающих модулей (ПМ) в общем случае с антеннами произвольной конфигурации, создающих электромагнитное поле с заданной структурой в точке фокусировки (точке расположения поражаемого РЭС). Передающие модули средства ФП объединены в единую сеть, посредством которой выполняется обмен информацией между ведущим передающим модулем и подчиненными передающими модулями. Объединение ПМ в сеть позволяет обеспечить функционирование их пространственно-распределенных излучающих систем как единой системы, с единым центром управления.

При фокусировке излучения в группе передающих модулей в каждый момент времени выделяется один ведущий модуль, обеспечивающий координацию подчиненных модулей. Ведущий модуль выступая, как и прочие элементарным передатчиком, в случае формирования ЭМИ обеспечивает подчиненные модули всем набором необходимой информации: фаза, амплитуда, вид электромагнитного излучения, время излучения и пр.

Ведущие функции могут осуществляться по различным схемам, например, по типу «звезды» (рис. 1,б) или более сложной – «каждый с каждым», причем с «плавающей» ролью ведущего модуля (рис. 1,в).

### Список литературы

- Гомозов А.В., Грецких Д.В., Шарапова Е.В., Цикаловский Н.М. Фокусировка электромагнитного излучения в средствах функционального поражения беспилотных летательных аппаратов средней и большой дальности / Технология приборостроения, науч.-технич. журнал, Гос. предпр. науч.-иссл. технологич. ин-т. – Вып. 1' 2017 г – X., 2017. – с. 3 – 8 .

**РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ ПО БИОЛОГИЧЕСКОЙ  
ЗАЩИТЕ ОПЕРАТОРОВ ПОРТАТИВНЫХ СВЧ СРЕДСТВ  
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОДАВЛЕНИЯ  
С ФОКУСИРОВКОЙ ЭМИ В ФАР**

Преснякова А.Д, Дзюбан В.Н.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Грецких Д.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки 14, каф. КРиСТЗИ, тел. (057) 702-14-30)  
e-mail: strongann@i.ua

Developed requirements for the biological protection of operators portable microwave means of functional suppression with electromagnetic radiation focusing in phased antenna arrays.

Известно, что степень и глубина воздействия СВЧ излучения на организм человека зависят от величин плотности потока мощности электромагнитного излучения, частоты колебаний и биоэлектрических свойств тканей и внутренних органов тела человека. Чем выше частота, тем меньше глубина проникновения в тело и эффект воздействия СВЧ излучения на человека. К одному из важных эффектов этого воздействия относится тепловой нагрев тканей, внутренних и внешних органов человека [1]. При этом одним из важных внешних органов являются глаза.

В табл. 1 приведены типовые усредненные нормативные требования техники безопасности для работающих с излучающей СВЧ техникой, широко используемые при оценке экологических условий работы. Значения безопасных уровней плотности потока мощности SБ и интервалов времени безопасной работы обслуживающего персонала усредняются в широком диапазоне частот функционирования портативных СВЧ средств функционального подавления (ФПД)  $f_0=0,3\dots30$  ГГц.

Табл.1. Нормативы при работе с техникой СВЧ

SБ, мкВт/см <sup>2</sup>	Интервалы времени безопасной работы
Не более 10	Без ограничений в течение всего рабочего дня
10÷100	Не более 2-х часов в течение всего рабочего дня
100÷1000	Не более 0,4÷0,3 часа в день с защитными очками
Более 1000	Весь день в спецкостюме из экранирующей ткани

Усредненные нормативы в табл. 1 приведены также с учетом наиболее чувствительных к воздействию СВЧ тканей и органов без терморецепторов. К таким относятся, в частности, глаза человека. Даже при слабом нагреве СВЧ полем хрусталика глаза возникает его помутнение (катаракта).

Для оценки требований по биологической защите операторов при работе с СВЧ средствами ФПД требуется оценить уровень плотности потока мощности S2 в задней полусфере вдоль оси ФАР на расстоянии  $z=-1,5$  м от ее переднего торца, где находится оператор, выполняющий

ручное управление. Оценка проведена по имеющимся данным об уровне задних лепестков на примере рупорных излучателей и по коэффициентам их ослабления за счет снижения токов затекания путем установки защитных бленд (металлических «козырьков») с покрытием их внешних кромок радиопоглощающим материалом. При использовании программы моделирования HFSS показано, что уровень задних лепестков Н-образного рупорного излучателя на частотах  $f_0=(3\dots6)$  ГГц составляет  $-(22\dots23)$  дБ. При использовании защитных бленд или радиопоглощающих покрытий на внешних торцах рупора можно обеспечить дополнительно снижение задних лепестков по  $-(10\dots15)$  дБ. При совместном же использовании бленд и на их торцах радиопоглощающих покрытий суммарное снижение задних лепестков можно обеспечить не менее  $-25$  дБ. Тогда практически обеспечиваемый относительный уровень заднего лепестка в задней полусфере вдоль оси ФАР с такими пирамидальными рупорными излучателями можно принять не более  $\delta Z=-(47\dots48)$  дБ. При  $P=2$  кВт на оси такой ФАР в начале задней полусферы создаваемая мощность может быть  $P_{3L} \leq \delta Z P = 2 \cdot 10^3 \cdot 0,16 \cdot 10^{-4} = 3,2 \cdot 10^{-2}$  Вт. При этом в задней полусфере на оси ФАР и расстоянии  $z=-1,5$  м от ее переднего торца, где должен находиться оператор ручного управления, можно считать величину

$$S_{3L2}(x=0, y=0, z=-1,5 \text{ м}) = P_{3L}[S_{KP}(x=0, y=0, z=-1,5 \text{ м})]^{-1} = \\ = P_{3L}[\pi r_{KP}(x=0, y=0, z=-1,5 \text{ м})^2]^{-1} = P_{3L}[\pi \{|z=-1,5 \text{ м}| \cdot (\lambda/L)\}^2]^{-1},$$

где  $S_{KP}(x=0, y=0, z=-1,5 \text{ м})$  и  $r_{KP}(x=0, y=0, z=-1,5 \text{ м})$  – площадь и радиус круглого сечения заднего лепестка ДН вдоль оси ФАР на расстоянии  $z=-1,5$  м от ее переднего торца.

С учетом выбранных параметров ФАР

$$S_{3L2}(x=0, y=0, z=-1,5 \text{ м}) = 3,2 \cdot 10^{-2} [\pi \{1,5(2,5 \cdot 10^{-2}/0,5)\}^2]^{-1} = \\ = 3,2 \cdot 10^{-2} [177 \cdot 10^{-4}]^{-1} = 1,8 \text{ Вт/м}^2 = 180 \text{ мкВт/см}^2.$$

Такой уровень плотности потока мощности превышает приведенный в табл. 1 допустимый уровень для работы оператора без ограничений по времени. Наиболее чувствительны к воздействию СВЧ излучения, как отмечалось выше, глаза человека. Поэтому в рассматриваемом случае для увеличения интервала времени безопасной работы могут использоваться защитные очки, например типа ОРЗ-5 со стеклами, покрытыми оптически прозрачной пленкой двуокиси олова и ослабляющими мощность СВЧ излучения не менее чем на  $20\dots30$  дБ. Это ослабление равноценно эффекту аналогичного снижения уровня плотности потока мощности СВЧ излучения, действующего на оператора с защитными очками. Тогда эквивалентное значение  $S^*3L2(x=0, y=0, z=-1,5 \text{ м}) = (0,18\dots1,8)$  мкВт/см<sup>2</sup> и оператор в данных СВЧ средствах ФПД может осуществлять ручное управление ими без ограничений по времени.

**Список литературы:** 1. Березовский В.А., Колотилов Н.Н. Биоэлектрические характеристики тканей человека. / Справочник. – Киев: Наук. думка, 1990. – 224 с.

# **ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТЕНЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ LORAWAN В УМОВАХ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ**

Слободюк В.М.

Науковий керівник – доц. Ликов Ю.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Хар'ков, пр. Науки, 14, каф. КРиСТЗИ, тел. (057) 702-14-30)  
e-mail: vitalii.slobodiuk@nure.ua, тел. (096) 079-10-52

This article describes principle of operation and main technical characteristics of modern open energy-efficient network protocol LoRaWAN. The LoRaWAN provides significant advantages over Wi-Fi and cellular networks due to the ability to deploy inter-machine (M2M) communications.

Важливим досягненням в області бездротових технологій являється відкритий енергоефективний мережевий протокол LoRaWAN який являється розробкою дослідницького центру IBM Research і Semtech Corporation. LoRaWAN – це двонаправлений протокол, який працює з використанням розширення спектра методом лінійної частотної модуляції (CSS) в субгігерцевих регіональних ISM діапазонах частот. Подальший розвиток даного протоколу потребував створення спеціального яльянсу LoRa (LoRa Alliance), для просування протоколу LoRaWAN як єдиний стандарт для глобальних мереж з низьким енергоспоживанням (LPWAN – від англ. Low Power Wide Area Network). Власне, абревіатура LoRa об'єднує в собі метод модуляції LoRa в бездротових мережах LPWAN розроблений Semtech, і відкритий протокол LoRaWAN [1].

Максимальна дальність радіозв'язку виключає потребу застосування допоміжних ретрансляторів сигналу, що в свою чергу мінімізує затрати і спростижує топологію мережі. Дальність зв'язку на відкритій місцевості може досягнути до 10 км та більше. Якість зв'язку досягається шляхом підвищення чутливості приймача, що є головною характеристикою LoRa пристрій компанії Semtech, отриманої в результаті використання одноіменного методу модуляції.

LoRaWAN протокол регламентує швидкість радіообміну від 300 біт/с до 50 кбіт/с, швидкість падає зі збільшенням відстані між приймачем і передавачем [2]. Для Європи доступний один GFSK канал передачі інформації з потоком даних до 50 кбіт/с. Протокол LoRaWAN визначає конкретний набір швидкостей передачі даних, але сама інтегральна схема, призначена для виконання функцій фізичного рівня мережової моделі OSI, здатна дати більше варіантів. Наприклад, Semtech SX1272 підтримує швидкість передачі даних від 0,3 до 37,5 кбіт/с.

Діапазон застосувань даної технології величезний: від домашньої автоматизації та інтернет речей (Internet of Things, IoT) до промисловості і розумних міст.

Метою даної роботи являється визначення можливостей передачі

даних по протоколу LoRaWan в різних умовах (між поверхами будівлі, в умовах відкритої місцевості і щільної міської забудови, а також на місцевості з не щільною міською забудовою).

Експериментальне дослідження на місцевості з не щільною забудовою проводився на відстані до 4000 м (поряд знаходилась дорога з інтенсивним рухом автомобілів). Швидкість передачі даних складала 183 біт/с.

На рис.1 та рис.2 наведені залежності в умовах не щільної забудови (вздовж дороги) рівня сигналу на вході приймача LoRaWAN та відношення с/ш від відстані відповідно.

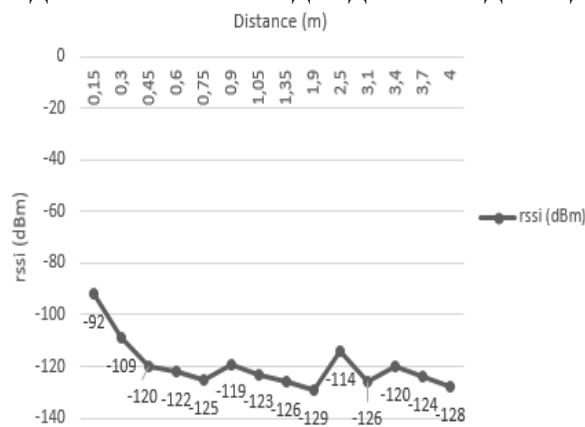


Рисунок 1 – Залежність рівня прийнятого сигналу від відстані в умовах не щільної забудови

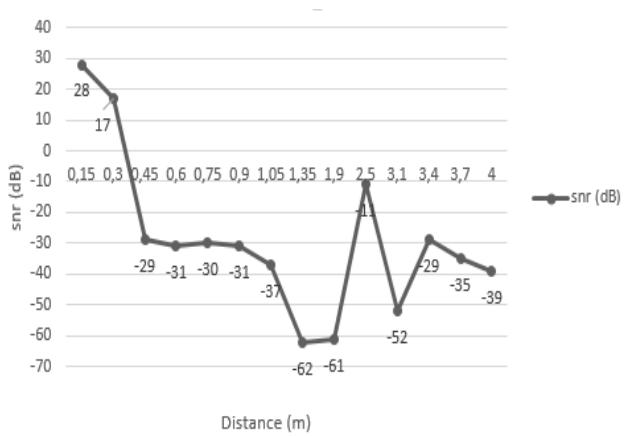


Рисунок 2 – Залежність с/ш від відстані в умовах не щільної забудови

Розповсюдження економічно ефективних бездротових технологій та широка доступність системних рішень привели до різкого збільшення «Інтернету речей». Нові приймачі Semtech, побудовані з використанням технології LoRa, мають чудову чутливість приймача, низьке споживання енергії, хорошу завадостійкість ліній зв’язку та широку функціональність. Відкритий протокол з прикладами коду прискорює розробку бездротових пристройів. Це дозволяє реалізувати більш прості мережі передачі даних з збільшеним діапазоном, тривалим терміном служби батареї і гарантованим виявленням корисного сигналу на фоні перешкод.

Перелік посилань.

1. <http://www.icquest.ru/?section=4&id=85>
2. <http://lo-ra.ru/lorawan-networks/>

# ДОСЛІДЖЕННЯ АНСАМБЛІВ СКЛАДЕНИХ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ НА БАЗІ ФУНКЦІЙ УОЛША ТА ЛЕЖАНДРА

Довбня А.А.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Горелов Д.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. Комп'ютерної радіоінженерії  
і систем технічного захисту інформації (КРiСТЗІ),  
тел. (057) 702-13-06, email: andri.dovbnia@gmail.com.

Orthogonal and correlation properties of the complex binary sequences that are based on Legendre sequences, providing large ensembles and acceptable correlation properties, and Walsh sequences that provide orthogonal properties were analyzed.

При створенні сучасних комунікаційних систем важливим є вибір математичних алгоритмів, що породжують великий ансамбль псевдовипадкових послідовностей (ПВП). Формовані ПВП повинні мати потрібні статистичні та спектральні властивості, а також хороші авто- та взаємокореляційні функції. Особливі вимоги пред'являються відносно великого об'єму ансамблю ортогональних ПВП, що необхідно для одночасної та стійкої роботи багатьох користувачів в загальній просторовій зоні.

Номенклатура довжин М-послідовностей порівняно невелика:  $L = 2^n - 1$ , де  $n$  – будь-яке ціле число, що в певних ситуаціях може обмежити діапазон можливостей їх застосування. З цієї та ряду інших причин становить інтерес формування послідовностей, які не поступаються за своїми характеристиками перерахованим кодами, але мають більший набір довжин.

Значний інтерес в цьому плані представляють послідовності Лежандра, довжини яких  $L = 4m + 3$ , де  $m$  – натуральне число. Це дозволяє в порівнянні з М-послідовностями істотно розширити набір довжин ПВП, що одержують на їх основі.

У ряді робіт останнього часу запропонованій новий клас псевдовипадкових сигналів – складені псевдовипадкові послідовності (СПВП). Такі послідовності утворюють, комбінуючи різні початкові компоненти. Підбирають компоненти так, щоб отримані системи складених сигналів мали кращі властивості, чим початкові.

Для систем зв'язку представляють інтерес дослідження кореляційних функцій складених послідовностей при певних обмеженнях на використовувані компоненти. Таких умов три: 1) забезпечення низького рівня бічних піків АКФ; 2) забезпечення низького рівня піків ВКФ; 3) забезпечення ортогональних властивостей.

Ортогональні властивості мають послідовності, що формуються за

допомогою матриць Адамара – послідовності Уолша. Проте вибрані послідовності, разом з ортогональними властивостями і достатнім об'ємом ансамблів, мають істотний недолік – неприйнятні кореляційні властивості. Очевидно, що для отримання СПВП на основі носійних послідовностей Уолша потрібний вибір формувальних компонент, які мають прийнятні кореляційні властивості.

У пакеті Mathcad було розраховано нормовані автокореляційні функції первісної послідовності Лежандра  $s_0 \{1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, -1\}$  довжиною 23 символи та 22-х послідовностей  $\{s_1, s_2, \dots, s_{22}\}$ , отриманих циклічним зсувом вліво відповідно на 1, 2, ..., 22 позиції. Умові «оптимальних кореляційних властивостей» (тобто не гірших, ніж у М-послідовностей) відповідають 11 послідовностей  $s_0, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_{16}, s_{17}, s_{18}, s_{19}, s_{22}$ , у яких максимальний боковий пік АКФ  $0.13 \leq R_{max} \leq 0.174$ .

Далі було розраховано АКФ СПВП довжиною  $L = 8 \cdot 23 = 184$ , де в якості носійної послідовності було використано послідовність Уолша восьмого порядку  $wal_1 \{1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1\}$ , а формувальною компонентою виступила послідовність Лежандра  $s_0$ . АКФ СПВП має періодичний характер, а бічні пелюстки досягають 90 % основного.

Для того, щоб усунути періодичну структуру АКФ СПВП, слід використати вісім формуючих послідовностей Лежандра, тобто для кожного з сегментів послідовності Уолша слід виконати операцію додавання по модулю два зі своєю формуючою послідовністю:

$$Seq = wal_1 \otimes s_j; \quad k = 1, 2, \dots, 8; \quad j = 1, 2, \dots, 23. \quad (1)$$

Згідно наведеним вище результатам розрахунків існує 11 послідовностей Лежандра довжиною  $L = 23$ , максимальний рівень бічної пелюстки АКФ котрих менше рівня  $R_{max} = 1.2/\sqrt{23} \approx 0.25$ . В якості формуючих було обрано вісім з них, що мають найменший середній рівень  $R_{CP}$  бічних пелюсток:  $s_4, s_5, s_6, s_7, s_{16}, s_{17}, s_{18}, s_{19}$ .

Результати розрахунків взаємних кореляційних функцій дослідних послідовностей наступні: максимально корельованими є пари послідовностей виду  $\{s_m, s_{m+1}\}$ , а мінімальний рівень бічних пелюсток ВКФ мають пари, до яких входять послідовності  $s_4, s_5, s_6, s_7$ . Отже, черга слідування функцій Лежандра у алгоритмі (1) має бути однією з наступних:

$$\begin{aligned} & 6 \rightarrow 18 \rightarrow 4 \rightarrow 16 \rightarrow 7 \rightarrow 19 \rightarrow 5 \rightarrow 17; \\ & 6 \rightarrow 17 \rightarrow 4 \rightarrow 19 \rightarrow 7 \rightarrow 16 \rightarrow 5 \rightarrow 18; \\ & 5 \rightarrow 18 \rightarrow 7 \rightarrow 16 \rightarrow 4 \rightarrow 19 \rightarrow 6 \rightarrow 17; \\ & 5 \rightarrow 17 \rightarrow 7 \rightarrow 19 \rightarrow 4 \rightarrow 16 \rightarrow 6 \rightarrow 18. \end{aligned}$$

Для перевірки кореляційних властивостей усього ансамблю СПВП було сформовано 32 послідовності. Максимальне значення бічної пелюстки нормованих АКФ ансамблю СПВП лежить в діапазоні [0.096 –

0.109], середнє значення максимального піку складає 0.102. Середнє значення рівня бічних пелюсток нормованих лежить в діапазоні [0.05 – 0.063]. Це свідчить про прийнятні, але гірші за М-послідовності властивості автокореляційної функції ( $R_{max} = 1.2/\sqrt{184} \approx 0.088$  та  $R_{CP} = 0.32/\sqrt{184} \approx 0.26$ ).

Відповідно до формул комбінаторики кількість двійкових сполучень для ансамблю з 32-х ПСВП (кількість взаємних кореляційних функцій) дорівнює 496. Зменшити об'єми розрахунків і провести аналіз властивостей ВКФ дослідного ансамблю можна наступним чином: по-перше, зафіксувати носійну послідовність та дослідити ВКФ між чотирма ПСВП – 6 функцій; по-друге, зафіксувати один з чотирьох порядків слідування формуючих функцій та дослідити ВКФ між вісьмома СПВП – 28 функцій.

Результати розрахунків: максимальні значення піків ВКФ лежать в діапазоні [0.188 – 0.228], а середнє значення максимальних піків ВКФ дорівнює 0.210, що майже в два рази менше граничного значення для М-послідовностей  $5/\sqrt{184} \approx 0.370$ . При цьому середнє значення піків ВКФ сформованого ансамблю СПСП дорівнює 0.087, що майже в два рази більше граничного значення  $0.54/\sqrt{184} \approx 0.04$ .

Також слід зазначити, що сформований ансамбль СПВП повністю ортогональний – всі 28 проаналізованих ВКФ мали нульове значення для нульового зсуву.

Таким чином, складені псевдовипадкові послідовності на основі послідовностей Уолша і послідовностей Лежандра мають певні переваги в порівнянні з М-послідовностями, оскільки дозволяють забезпечити прийнятні, як кореляційні, так і ортогональні властивості за умови набагато ширшої номенклатури довжин послідовностей.

**Перелік джерел посилання:** 1. Берлин А.Н. Цифровые сотовые системы связи / Берлин А.Н. – М.: Эко-Трендз, 2007. – 296 с. 2. Борисов В.И., Зинчук В.М., Лимарев А.Е. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты. / Под. ред. В.И.Борисова. Изд. 2-е, перераб. и доп.– М.:РадиоСофт, 2008.–512с. 3. Васильев К.К. Теория электрической связи: учебное пособие / К.К. Васильев, В.А. Глушков, А.В. Дормидонтов, А.Г. Нестеренко; под общ. ред. К. К. Васильева. – Ульяновск : УлГТУ, 2008. – 452 с. 4. В.М. Вишневский, А.И. Ляхов, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. М.:Техносфера, 2005. – 592 с. 5. Гантмахер В.Е. Шумоподобные сигналы. Анализ. Синтез. Обработка / Гантмахер В.Е., Быстров Н.Е., Чеботарев Д.В. – Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2005. – 400 с. 6. Ипатов В. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения Мир связи, Техносфера, 2007. – 488с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ АНСАМБЛЕЙ СОСТАВНЫХ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ НА БАЗЕ ФУНКЦИЙ УОЛША И ГОЛДА

Попрыгин А.А.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Горелов Д.Ю.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. Компьютерной радиоинженерии  
и систем технической защиты информации (КРиСТЗИ),  
тел. (057) 702-13-06, email: poprugin97@gmail.com.

Orthogonal and correlation properties of the complex binary sequences that are based on Gould and M-sequences, providing large ensembles and acceptable correlation properties, and Walsh sequences that provide orthogonal properties were analyzed.

Псевдослучайные бинарные последовательности (ПСП) в системах беспроводной связи применяются для защиты передаваемых данных от несанкционированного доступа и расширения спектра сигнала. В общем случае к таким ПСП предъявляются следующие требования: большой объем ансамбля последовательностей, формируемых с помощью единого алгоритма; «хорошие» авто- и взаимно-корреляционные свойства последовательностей, входящих в состав ансамбля; сбалансированность структуры, то есть число единиц и нулей в ней должно отличаться не более чем на один символ; максимальный период для заданной длины регистра сдвига, формирующего последовательность; непредсказуемость структуры последовательности по ее неискаженному сегменту ограниченной длины.

Известные методы формирования ПСП обладают определенными недостатками и не всегда способны удовлетворить в полной мере требованиям, предъявляемым к большой системе сигналов. В ряде работ последнего времени предложен новый класс псевдослучайных сигналов – составные или сложные псевдослучайные последовательности (СПСП). Такие последовательности образуют, комбинируя различные исходные компоненты. Подбирают компоненты таким образом, чтобы полученные системы составных сигналов обладали лучшими свойствами, чем исходные. Составные последовательности обладают целым рядом достоинств, к которым можно отнести: 1) наличие регулярных методов синтеза; 2) возможность получения больших ансамблей сигналов, обладающих представительным набором длин при приемлемых корреляционных свойствах; 3) возможность ускорить поиск и упростить обработку сигнала на приемном конце радиолинии; 4) сравнительно несложная технология формирования.

Рассмотрим в качестве несущих последовательности из ансамбля Уолша четвертого порядка  $Wal_1 - Wal_4$ . В качестве формирующих последовательностей выберем М-последовательности длины 31  $M_1 - M_4$ . В таком случае можно получить ансамбль из четырех СПСП:

$$seq_i = Wal_i \cdot M_1 + Wal_i \cdot M_2 + Wal_i \cdot M_3 + Wal_i \cdot M_4. \quad (1)$$

Максимальный боковой пик нормированных АКФ ансамбля СПСП равен 0.21, средне значение боковых пиков составляет 0.045, что говорит о приемлемых, но далеко не близких к М-последовательностям длины 127 (приблизительно в 2 раза хуже) свойствах АКФ. Максимальный уровень пиков ВКФ не превышает 0.2, что практически совпадает с таковым – 0.17 – у М-последовательностей длины 127. При этом средние значения пиков ВКФ М-последовательностей и сформированного ансамбля СПСП практически совпадают – 0.044 против 0.045 соответственно. Проверка на ортогональность дает ноль по всем парам последовательностей из сформированного ансамбля.

Значительно увеличить объем ансамбля можно путем замены формирующего ансамбля семейством из 31-ти последовательности Голда  $G$  длины 31. В этом случае количество возможных СПСП длины 124 возрастает до 27405.

Для дальнейших расчетов сформируем ансамбль из восьми СПСП по правилу:

$$\begin{aligned} seq_1 &= Wal_1 \cdot G_1 + Wal_1 \cdot G_2 + Wal_1 \cdot G_3 + Wal_1 \cdot G_4; \\ seq_2 &= Wal_2 \cdot G_5 + Wal_2 \cdot G_6 + Wal_2 \cdot G_7 + Wal_2 \cdot G_8; \\ seq_3 &= Wal_3 \cdot G_9 + Wal_3 \cdot G_{10} + Wal_3 \cdot G_{11} + Wal_3 \cdot G_{12}; \\ seq_4 &= Wal_4 \cdot G_{13} + Wal_4 \cdot G_{14} + Wal_4 \cdot G_{15} + Wal_4 \cdot G_{16}; \\ seq_5 &= Wal_1 \cdot G_1 + Wal_1 \cdot G_5 + Wal_1 \cdot G_9 + Wal_1 \cdot G_{13}; \\ seq_6 &= Wal_2 \cdot G_2 + Wal_2 \cdot G_6 + Wal_2 \cdot G_{10} + Wal_2 \cdot G_{14}; \\ seq_7 &= Wal_3 \cdot G_3 + Wal_3 \cdot G_7 + Wal_3 \cdot G_{11} + Wal_3 \cdot G_{15}; \\ seq_8 &= Wal_4 \cdot G_4 + Wal_4 \cdot G_8 + Wal_4 \cdot G_{12} + Wal_4 \cdot G_{16}. \end{aligned} \quad (2)$$

Максимальный боковой пик нормированных АКФ ансамбля СПСП равен 0.26, средне значение боковых пиков составляет 0.047, что незначительно хуже СПСП на основе М-последовательностей. Максимальный уровень пиков ВКФ не превышает 0.24, что практически совпадает с таковым у ансамбля на основе М-последовательностей (0.2). При этом средние значения пиков ВКФ М-последовательностей и сформированного ансамбля СПСП практически совпадают – 0.047 против 0.045 соответственно. Проверка на ортогональность дает ноль по всем парам последовательностей из сформированного ансамбля.

Таким образом, составные псевдослучайные последовательности на основе последовательностей Уолша и М-последовательностей (последовательностей Голда) имеют определенные преимущества по сравнению с последовательностями Уолша или М-последовательностями, т.к. позволяют обеспечить приемлемые, как корреляционные, так и ортогональные свойства.

**Список использованной литературы:** 1. Гантмахер В.Е. Шумоподобные сигналы. Анализ. Синтез. Обработка / Гантмахер В.Е., Быстров Н.Е. – Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2005. – 400 с. 2. Ипатов В. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения Мир связи, Техносфера, 2007. – 488с.

# **ІНФОРМАЦІЙНІ РАДІОЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ**

**МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ  
ПОВІТРЯНОГО ОБ’ЄКТА ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ  
БАГАТОПОЗИЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРИЙМАЧІВ ADS-B**

Федоров А.В., Сердюк О.В.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Худов Г.В.

Харківський національний університет Повітряних Сил  
імені Івана Кожедуба

(61023, Харків, вул. Сумська 77/79, каф. тактики РТВ, тел. (057) 700-21-65)  
e-mail: info@hups.mil.gov.ua.

The given work is analyzes the possibility of using a multilateration system in cooperation with existing radar facilities during the conduct of radar surveillance of airspace. Possible variants of detection, determination of coordinates and tracking of air objects are given. The information possibilities of the ADS-B receivers are reviewed. The directions of consolidation of the capabilities of the ADS-B receivers and information from radar facilities are determined. The possibilities of obtaining data from the ADS-B receivers in radio engineering units and the technical means of determining such information are considered.

Відомо [1-2], що поряд з активними первинними радіолокаційними станціями (РЛС) в цивільній авіації для контролю повітряного простору використовують технологію системи мультилатерації (MLAT). В якості приймачів в системі MLAT використовуються приймачі ADS-B. В основу роботи системи MLAT покладений відомий різницево-далекомірний метод визначення координат повітряного об’єкта (ПО) [2].

Система представляє собою сукупність ідентичних приймачів ADS-B, які розташовані певним чином, створюючи необхідну геометрію розташування в системі, ще забезпечує визначення координат ПО з підвищеною точністю в необхідній зоні та значно підвищує живучість системи [3].

В роботі запропонований метод підвищення точності визначення координат ПО за рахунок застосування багатопозиційної системи приймачів ADS-B. Проведені розрахунки щодо визначення координат ПО для двох варіантів побудови угруповання приймачів системи MLAT.

1 варіант (рис. 1): кількість приймачів:  $N = 5$ ; координати точки траєкторії, для якої оцінювалась точність:  $x_c = 5$  км,  $y_c = 6$  км,  $z_c = 7$  км; координати приймачів:

$$(x_1, y_1) = (2; 4, 2); (x_2, y_2) = (6, 2; 0, 8); (x_3, y_3) = (9, 3; 3, 2); \\ (x_4, y_4) = (7, 4; 7, 8); (x_5, y_5) = (3; 7, 7);$$

2 варіант відрізняється наявністю тільки одного приймача, розташованого в точці з координатами  $(x_1, y_1) = (2; 4, 2)$  (рис. 1).

В результаті розрахунків отримані наступні кореляційні матриці

помилок визначення координат ПО  $K_C$ :

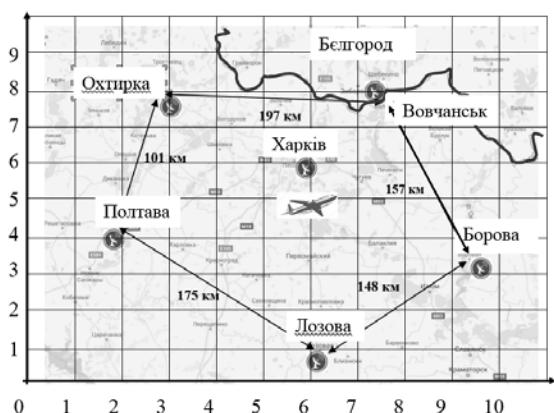


Рис. 1 – Вихідні дані для розрахунків

ПО  $(\sigma_x^2, \sigma_y^2, \sigma_z^2)$ , где

$\sigma_x^2$  – квадрат похибки по координаті x;

$\sigma_y^2$  – квадрат похибки по координаті у;

$\sigma_z^2$  – квадрат похибки по координаті z.

Решта елементів кореляційної матриці відповідають значенням коефіцієнтів кореляції еліпсоїду розсіювання і показують орієнтацію еліпсоїда розсіювання у просторі.

Таким чином, запропонований метод підвищення точності визначення координат ПО дозволяє підвищити точність вимірювань координат ПО з використанням багатопозиційної системи приймачів ADS-B.

На прикладі продемонстровано можливості підвищення точності вимірювань координат ПО при застосуванні багатопозиційної системи приймачів ADS-B. Середня квадратична похибка по координатам  $x$  та  $y$  зменшилась приблизно у 16 разів. По координаті  $z$  – приблизно у 1,5 рази, що свідчить про підвищення точності визначення координат ПО із застосуванням багатопозиційної системи приймачів ADS-B.

## **Список використаних джерел**

1. Тенденції розвитку Повітряних Сил Збройних Сил України на основі аналізу досвіду проведення АТО / Артеменко А.М., Певцов Г.В. // Новітні технології – для захисту повітряного простору. – 2015. – XI наук. конф. Харк. ун-ту Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба. – С. 16.
  2. Мультилатераційні системи спостереження повітряного руху. Навчальний посібник / Під редакцією Яковлєва О.І. – К.: ДПОПР України. – 2010. – 192 с.
  3. Використання інформації ADS-B в інтересах підвищення якості ведення радіолокаційної розвідки повітряного простору / Лещенко С.П., Колеснік О.М., Грицаєнко С.А., С.І. Бурковський // Наука і техніка повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – №3(28). – С. 69-75.

## Бапіант 1:

$$K_C = \begin{pmatrix} 33,946 & 11,988 & -6,329 \\ 11,988 & 33,948 & -6,33 \\ -6,329 & -6,33 & 39,689 \end{pmatrix},$$

## Bapiant 2:

$$K_C = \begin{pmatrix} 550,045 & 275,033 & -91,67 \\ 275,033 & 550,018 & -91,67 \\ -91,67 & -91,67 & 61,111 \end{pmatrix}.$$

Діагональні елементи кореляційних матриць відповідають значенням квадратів похибок координат

# **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ МАЛОРОЗМІРНИХ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ**

Місюк Г.В., Сова О.В.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Худов Г.В.

Харківський національний університет Повітряних Сил  
імені Івана Кожедуба

(61023, м. Харків, вул. Сумська 77/79, тел. (057) 700-21-65)

e-mail: galina.misyk@ukr.net

The existing ways of increasing the efficiency of small-sized air objects detection by radar are analyzed. The basic tendencies of small-sized air objects development in relation to reduction of their radar sensitivity, tendencies of development of radar control systems of air space, basic methods of reduction of effective surface of scattering, methods of detection of small-sized air objects, determination of features of radar detection of small-sized air objects are determined. The use of traditional methods for increasing the efficiency of detection of small-sized air objects and alternative ways of improving the detection small-sized air objects efficiency by radar are analyzed.

Вирішення завдання контролю за дотриманням порядку використання повітряного простору держави є актуальним завданням, особливо у теперішній час ведення гібридної війни. Контроль за дотриманням порядку використання повітряного простору України всіма повітряними суднами здійснюється на основі даних радіолокаційного та диспетчерського контролю [1-2].

В роботі проаналізували особливості виконання завдань радіотехнічних військ, питання виявлення малорозмірних повітряних об'єктів, а саме безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які довели свою здатність ефективного ведення повітряної розвідки та виконання інших завдань забезпечення.

Зроблено висновки щодо підвищення ефективності актуальності питань виявлення малорозмірних повітряних об'єктів на малих та гранично малих висотах.

Встановлено, що малорозмірним повітряним об'єктам (ПО) притаманні специфічні льотно-технічні характеристики, а саме [3]:

- малі значення ефективної поверхні розсіяння (ЕПР);
- широкий діапазон швидкостей руху;
- здійснення скритих польотів на середніх, малих та гранично малих висотах з використанням рельєфу місцевості.

Основними тенденціями розвитку сучасних малорозмірних ПО щодо зменшення їх радіолокаційної помітності є:

- зменшення геометричних розмірів, що обумовлює зниження ЕПР;
- використання технологій Stealth;
- використання композитних матеріалів, що обумовлює зниження

ЕПР до величин (0,005-0,1) м<sup>2</sup>;

– застосування малопотужних економічних двигунів, що робить політ БПЛА практично безшумним;

– зменшення вартості розробки та експлуатації БПЛА у порівнянні з вартістю сучасних пілотованих засобів, що виконують аналогічні функції.

Традиційними (відомими) організаційними та технічними шляхами підвищення ефективності ведення радіолокаційної розвідки малопомітних та малорозмірних цілей є [4]:

– підвищення енергетичного потенціалу та покращення тактико-технічних характеристик РЛС;

– ущільнення розташування РЛС на небезпечних напрямках (створення смуг виявлення маловисотних та малорозмірних цілей);

– одночасне використання РЛС різних діапазонів частот та інші.

В роботі запропоновано альтернативні шляхи підвищення ефективності виявлення малорозмірних ПО:

– використання багатопозиційних систем;

– використання енергій сторонніх джерел випромінювання;

– використання властивості збільшення ЕПР при резонансному відбитті електромагнітних хвиль від ПО;

– використання властивостей збільшення бістатичної ЕПР вторинного випромінювання у порівнянні з ЕПР зворотного вторинного випромінювання.

#### Список використаних джерел

1. Свид І.В. Синтез структури інформаційного забезпечення споживачів інформаційними системами спостереження повітряного / І. В. Свид, А. І. Обод // Збірник наукових праць ХУПС. – Х.: ХУПС, 2015. – Вип. 2 (43). – С. 67–70.

2. Обод І. І. Інформаційна модель систем спостереження повітряного простору / І. І. Обод, О. О. Стрельницький, В. А. Андрусевич. – Х.: ХНУРЕ, 2015, – 270 с.

3. Чепурний В.А. Аналіз тенденцій розвитку та застосування розвідувальних беспілотних літальних апаратів в сучасних мережевоцентричних та гібридних війнах / В. А. Чепурний, М. В. Бардаков, Г. В. Худов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2015. – Вип. 4. – С. 24–28.

4. Романченко І.С. Теорія і практика боротьби з малорозмірними низьколітнimi цілями (оцінка можливостей, тенденції розвитку засобів протиповітряної оборони): монографія / І. С. Романченко, О. М. Загорка, С. Г. Бутенко, О. В. Дейнега. – Житомир: Полісся, 2011. – 344 с.

**ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОЇ ТОЧНОСТІ ТРАЄКТОРНИХ  
ВИМІРЮВАНЬ В БАГАТОПОЗИЦІЙНІЙ СИСТЕМІ  
РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ КОНТРБАТАРЕЙНОЇ БОРОТЬБИ**  
Лісогорський Б.А.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Худов Г.В.  
Харківський національний університет Повітряних Сил  
імені Івана Кожедуба  
(61023, м. Харків, вул. Сумська 77/79, тел. (057) 700-21-65)  
e-mail: 2345kh\_hg@ukr.net

In order to improve the accuracy of trajectory target measurements, a multi-position system of radar stations has been proposed in the radar station for counterbattery combat. The estimation of the potential accuracy of trajectory measurements in the multi-position system of radar stations of the counterbattalion fight was carried out. A comparative analysis of the correlation accuracy matrix is performed for a single-point reception and use of a multi-position system of radar stations for counterbattery combat.

Досвід участі Збройних Сил (ЗС) України в операції об'єднаних сил свідчить про використання противником тактики кочівних мінометів [1]. При цьому вогневі позиції обладнуються поруч з житловими будинками [1]. Розвідка вогневих позицій кочівних мінометів може здійснюватися декількома способами [2]:

- повітряна та космічна розвідка;
- звукова розвідка;
- наземна радіолокаційна розвідка;
- оптична розвідка;
- фізична розвідка (заслання розвідників або використання агентури).

Найбільш ефективним способом розвідки вогневих позицій кочівних мінометів є використання радіолокаційних станцій (РЛС) контрбатарейної боротьби (КББ) [3].

Аналіз потенційної точності методів визначення координат об'єктів проводився в роботах [4,5] при визначенні координат повітряних цілей радіолокаційними засобами розвідки повітряного противника. В той же час вирішення цієї задачі має певну специфіку, що потребує розробки відповідної методики. Проведені дослідження вказали на необхідність послідовного вирішення двох завдань: спочатку необхідно оцінити потенційну точність вимірювання координат снаряду (міни) на траєкторії польоту в залежності від точності первинних вимірювань та просторової структури угруповання станцій прийому (далі – приймачів) РЛС КББ, після цього необхідно оцінити точність визначення координат позицій вогневих засобів з використанням результатів, отриманих при вирішенні першого завдання.

Точність вимірювання координат позиції вогневого засобу противника артилерійським розвідувальним комплексом (типу «Зоопарк», «Зоопарк-1», AN/TPQ-48, 1L220УК) буде залежати від точності вимірювань комплексом координат снаряда (міни) на траєкторії польоту (далі – від точності траєкторних вимірювань). Ця точність може бути підвищена шляхом застосування багатопозиційної локації. В роботі для підвищення точності траєкторних вимірювань цілей в РЛС КББ запропоновано використання багатопозиційної системи РЛС. Запропонована методика визначення потенційної точності траєкторних вимірювань, з використанням якої проведені відповідні розрахунки при використанні як одного, так і декількох засобів комплексу.

Проведена оцінка потенційної точності траєкторних вимірювань в багатопозиційній системі РЛС КББ. Проведено порівняльний аналіз кореляційної матриці точності при однопозиційному прийомі та використанні багатопозиційної системи РЛС КББ.

В роботі запропоновано для підвищення точності траєкторних вимірювань цілей в РЛС КББ використання багатопозиційної системи РЛС КББ. Проведена оцінка потенційної точності траєкторних вимірювань в багатопозиційній системі РЛС КББ.

У подальших дослідженнях необхідно провести оптимізацію геометричної побудови багатопозиційної системи РЛС КББ на місцевості.

#### Список використаних джерел

1. Худов Г.В. Радіолокаційні засоби розвідки позицій кочівних мінометів / Г.В.Худов, Б.А.Лісогорський, В.Я.Борульник // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2014. – № 3 (39). – С. 68–72.
2. Красюк О.П. Розвідувальне забезпечення артилерії в локальних війнах та збройних конфліктах кінця ХХ – початку ХXI століття / О.П.Красюк // Військово-науковий вісник Академії Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного. – 2012. – Вип. 18. – С. 339–347.
3. Худов Г.В. Аналіз характеристик радіолокаційних станцій контрбатарейної боротьби // Г.В. Худов, Б.А. Лісогорський / Системи озброєння і військова техніка, 2014. – Х.:ХУПС. – № 4 (40). – С. 50-54.
4. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация / В.С. Черняк. – М.: Радио и связь, 1993. – 416 с.
5. Черняк В.С. Многопозиционные радиолокационные системы на основе MIMO РЛС / В.С. Черняк // Успехи современной радиоэлектроники. – 2012. – №8. – С. 29 – 46.

# **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ В МУЛЬТИРАДАРНІЙ СИСТЕМІ НА БАЗІ ДВОКООРДИНАТНИХ ОГЛЯДОВИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ**

Ліщенко В.М., Висоцький О.В.

Науковий керівник – д.т.н., проф., Худов Г.В.

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба

(61023, Харків, вул. Сумська 77/79, тел. (096) 737-75-17)

e-mail: lvnpro4ta@gmail.com

The paper offers on the possibility of increasing the informativity in conducting radar reconnaissance by surveillance two-coordinate radar stations, which are combined into a low-base multi-radar system. The method of calculating the third coordinate (altitude) is proposed, due to the increasing of the informativity of the radar multiradar system. This becomes possible due to the use of information contained in the structure of the electromagnetic field more efficient than in one-position two-coordinate radar. The mathematical modelling method uses calculations of the altitude determination using the multi position method.

**Постановка проблеми.** Вимоги споживачів до якості радіолокаційної інформації (РЛІ) постійно зростають [1]. Проте наявний парк радіолокаційних засобів, що складається в тому числі і з двокоординатних зразків, не відповідає вимогам, що висуваються до якості РЛІ.

З аналізу досвіду ведення локальних та гібридних війн, антитерористичної операції (АТО) та операції Об'єднаних сил (ООС) на сході України відомо, що основними напрямками розвитку бойового застосування засобів повітряного нападу є використання малорозмірних та малопомітних, як правило, безпілотних літальних апаратів (БПЛА) [2]. В таких умовах якісне підвищення інформативності буде можливе не стільки завдяки нарощуванню радіолокаційного поля, скільки завдяки об'єднанню окремих радіолокаційних станцій (РЛС) в мультирадарну систему (МРС).

**Аналіз досліджень та публікацій.** Відомо, що існує багато різних видів МРС. Розвиток інформаційних технологій, використання спеціальних швидкодіючих процесорів при обробці сигналів та нової елементної бази дозволяє здійснити реалізацію оптимальних алгоритмів обробки сигналів та підвищити швидкість обміну інформацією всередині системи та зі споживачами [3], [4].

Як відомо, для нарощування радіолокаційного поля засоби ведення радіолокаційної розвідки мають більш щільне територіальне розташування та високу мобільність. В таких умовах було б доцільно та економічно обґрунтовано використовувати існуючі РЛС в якості елементів МРС. Крім того близькість розташування позицій РЛС до лінії розмежування дозволяє розглянути можливість не тільки виявлення БПЛА і визначення їх площинних координат, а і визначення висоти з необхідною точністю.

В МРС потенційна результуюча точність радіолокаційної інформації (РЛ), яка може бути отримана, вище, ніж у однопозиційних РЛС, що не об'єднані в систему [3]. Крім того, з'являється можливість використання системних ефектів, у тому числі і для малобазової МРС, що утворена шляхом об'єднання двокоординатних оглядових РЛС.

Метою статті є аналіз можливості визначення висоти ПО з необхідною точністю при об'єднанні існуючих оглядових двокоординатних РЛС в малобазову синхронну МРС.

МРС із сумісним прийомом має очевидні енергетичні переваги. Приймальні позиції такої системи можуть приймати ехо-сигнали від ПО, які опромінюються як власним передавачем, так і передавачами з інших позицій. Одним із ключових питань, яке визначає можливість побудови таких систем, є забезпечення узгодженого огляду простору усіма просторово-рознесеними РЛС. Розглянемо МРС, що утворена просторово рознесеними однопозиційними двокоординатними активними оглядовими РЛС, які об'єднуються через мережу обміну даними та мають єдине координатне-часове забезпечення.

При використанні усіма РЛС системи тільки механічного обертання антени, реалізація узгодженого огляду простору забезпечується синхронним оглядом простору. При цьому виникає ряд додаткових можливостей, пов'язаних з використанням методів обробки РЛ в МРС – визначення третьої координати ПО; підвищення імовірності виявлення ПО на заданому інтервалі часу у порівнянні з автономною РЛС або зниження вимог до рівня імовірності виявлення ПО окремою РЛС в системі у порівнянні з автономною РЛС [3].

**Висновки.** Таким чином, використання далекомірного методу в трипозиційній малобазовій системі для визначення висоти ПО неможливо через великі значення середньо-квадратичної похибки внаслідок малих кутів місця ПО відносно бази системи РЛС, натомість можливо класифікувати ПО за ешелонами висот.

#### Список використаних джерел

Banasik M. How to understand the Hybrid War. Securitologia. 2015. № 1. PP. 19–34.

Ліщенко В.М., Чалий В.В., Карлов А.Д. Малорозмірні безпілотні літальні апарати як об'єкти радіолокаційної розвідки. Системи управління, навігації та зв'язку. 2016. № 3(39) С. 27–32.

Radar Handbook. Third Edition / Editor in Chief Merrill I. Skolnik. USA: McGraw-Hill, 2008. 1351 p.

Черняк В.С. О новом направлении в радиолокации. Прикладная радиоэлектроника. 2009. № 4 (том 8). С. 477–489.

# **ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ РАДІОЛОКАЦІЇ ПРИ ВЕДЕННІ ОПЕРАЦІЇ ОБ'ЄДНАНИХ СИЛ**

Олексенко О.О.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Худов Г.В.

Харківський національний університет Повітряних Сил

імені Івана Кожедуба

(61023, м. Харків, вул. Сумська 77/79, тел. (057) 700-21-65)

e-mail: oleksenko-02@ukr.net

The article is devoted to the analysis of the features of the use of radars in the conduct of Joint Forces operation. The main tasks, experience of organization and conduct of radars, main measures to increase the combat capabilities of forces and radars facilities in threatening directions and to increase the capabilities of the radars of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine with the beginning of the Joint Forces operation are analyzed. Problem issues are defined on the experience of combat application and the main directions of increasing the effectiveness of radars are determined.

Досвід застосування засобів радіолокації, набутий в ході виконання завдань при веденні антитерористичної операції (АТО) та операції Об'єднаних (ООС) сил на території Донецької та Луганської областей, засвідчив необхідність корегування існуючих процедур планування застосування, порядку управління радіолокаційними частинами та підрозділами, системи підготовки бойових обслуг та організації функціонування підрозділів у нових позиційних районах [1].

Робота присвячена аналізу особливостей застосування радіолокаційних засобів при веденні АТО та ООС. Проаналізовано основні завдання, досвід організації і ведення радіолокаційного спостереження повітряного простору, основні заходи щодо нарощування можливостей сил та засобів радіолокації на загрозливих напрямках та нарощування спроможностей системи управління радіолокаційним спостереженням повітряного простору з початком ведення АТО.

Визначено проблемні питання за досвідом бойового застосування та визначені основні напрямки підвищення ефективності ведення радіолокаційного спостереження повітряного простору.

Зважаючи на те, що Росія і сьогодні досить активно використовує повітряний простір для своїх провокаційних дій, а також застосовує у збройному протистоянні на Донбасі чимало безпілотних літальних апаратів, отриманий досвід вказує, на необхідність основних кроків з удосконалення порядку застосування засобів радіолокації.

Обґрунтовані заходи щодо вирішення зазначених проблемних питань, що дозволять забезпечити високий рівень живучості засобів радіолокації.

Розглянуто рівень розвитку сучасної військової техніки, що

характеризується активним процесом модернізації та створенням абсолютно нових засобів радіолокації, визначено основні напрямки розвитку радіолокаційної техніки. Для сучасних і перспективних радіолокаційних станцій (РЛС) характерним є значне розширення їхніх функціональних можливостей, таких, як розпізнавання цілей за класами й типами з використанням поляризаційних, просторових, спектральних і траекторійних ознак, забезпечення компактності конструкції та високої мобільність, розміщення апаратури в невеликому контейнері (довжиною 3-4 метри) на одній транспортній одиниці, час розгортання повинен складати не більше 30 хвилин [2-5]. Зроблено висновок, що першочергово удосконалення та розвитку системи управління радіолокаційним спостереженням повітряного простору.

Визначені основні напрямки розвитку системи управління радіолокаційним спостереженням повітряного простору, а саме:

удосконалення методики оцінювання ефективності радіолокаційним спостереженням;

удосконалення методики розподілу рухомих РЛС по задачам радіолокаційного спостереження;

розробка рекомендацій щодо порядку управління радіолокаційним спостереженням повітряного простору.

#### Список використаних джерел

1. Грінчак Р.М. Погляд на розвиток радіотехнічних військ за досвідом ведення антитерористичної операції / Р.М. Грінчак, С.М. Ковалевський, Г.В. Худов // Новітні технології – для захисту повітряного простору. Тринадцята наукова конференція ХНУ ПС ім. І.Кожедуба, 12 – 13 квітня 2017 р.: тези допов. – Харків, 2017. – С. 203.

2. Образцов Е.А., Пушков О.В. Маловисотные РЛС: шаг за шагом. Воздушно-космическая оборона. 2012. № 4. С. 17–22.

3. Романченко І.С., Загорка О.М., Бутенко С.Г., Дейнега О.В. Теорія і практика боротьби з малорозмірними низьколітніми цілями (оцінка можливостей, тенденції розвитку засобів протиповітряної оборони): монографія. Житомир: Полісся, 2011. 344 с.

4. Бєлавін О.В., Клименко В.Й., Камалтинов Г.Г., Маляренко О.С. Світові тенденції розвитку радіолокаційних засобів контролю повітряного простору. Наука і оборона. 2015. № 1. С. 48–53.

5. Innovative Technology for Passive, Persistent Surveillance.URL: <http://www.lockheedmartin.com/data/assets/isgs/documents/SilentSentry.pdf>.

**РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ  
МАГНЕТРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ ТА ПРИЛАДІВ НА ЇХ ОСНОВІ**  
Ворона І.В.

Науковий керівник – проф. Чурюмов Г.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МЕПП, тел. (057) 702-43-62)  
e-mail: ihor.vorona@nure.ua, факс (057) 702-11-13

This work is devoted to modern developments in the field of microwave devices. The object of the study is the magnetic generator, the frequency properties of the magnetron and the modes of operation of the magnetron. The purpose of the work is to conduct experimental research to improve the output characteristics and extensions of the functional capabilities of the magnetic generator (magnetron power supply), as well as devices based on it. The research parameters of magnetron generators and methodical extensions of the functional capabilities of the target base for application in the joyful technologies, which is relevant to the present day.

Електронний вакуумний НВЧ-прилад являє собою перетворювач енергії постійного струму в енергію електромагнітних коливань певної частоти за допомогою керованого електронного потоку. У більшості використовуваних в НВЧ електроніці приладів електромагнітні коливання перетворюють енергію постійного електричного струму [1]. Магнетронний генератор, що знаходять зараз широке застосування, мають велику і складну історію розвитку.

Розвиток багато резонаторних магнетронів привело до розробки потужних високоефективних автогенераторів, які відіграють найважливішу роль в техніці НВЧ. Складовими елементами магнетронів є анодна багато резонаторна система, катод для імітування електронів, магнітно фокусуюча система та вивід енергії [2]. Анодом магнетрона є суцільний циліндричний мідний блок, розділений на сегменти поздовжніми щілинами. Ці щілини входять до складу порожніх резонаторів, розташованих на рівних відстанях по колу анода. Катод магнетрона має циліндричну форму і розташований всередині анода вздовж його осі.

Дослідження частотних характеристик магнетронів та їх аналіз показує, що флюктуація частоти в магнетронних генераторах залежить від багатьох факторів і пов'язана з електронно-хвильовим механізмом взаємодії, режимом роботи приладу, умовами і особливостями його експлуатації. Для вивчення причин, що викликають частотну нестабільність в магнетронах, були досліджені безперервні 2-х і 3-х сантиметрові магнетрони з оксидними катодами непрямого напруження.

Для досліджень режиму перебудови частоти магнетрона вибиралася електричний режим роботи, відповідний анодному напрузі  $U_a = 580$  В,

магнітному полю  $B_0 = 0,25$  Тл і анодному току  $I_a = 0,08$  А. Діапазон перебудови частоти магнетрона для обраної робочої точки становить понад 230 МГц при перепаді потужності магнетрона в діапазоні перебудови в 1,6 рази. Серед факторів, що впливають на частоту генерації в магнетронах і викликають її зрушення і флюктуації (технічна флюктуація), а також надають в цілому негативний вплив на частотні характеристики магнетронів, слід виділити: теплові ефекти, які, з одного боку, викликають зміна геометричних розмірів анодного блоку магнетрона (особливо в короткохвильовій частині сантиметрового і міліметровому діапазонах), а з іншого впливають на емісійні процеси, що протікають на катоді і викликають коливання сумарного анодного струму[1].

Проведені експериментальні дослідження нестабільності частоти в магнетроні результати її моделювання показали, що найбільш ймовірними причинами погіршення частотних характеристик магнетронів є нестабільністі напруги напруження і анодного напруги, зростання температури анодного блоку, додатковий підігрів катода вторинної електронної емісією, а також вплив зовнішніх електричних перешкод[2].

Встановлено, що підвищення температури анодного блоку від 200С0 до 600С0 призводить до зміни частоти генерації магнетрона на 0,1%. Застосування стабілізованого джерела живлення з нестабільністю що не перевищує  $\pm 0,1\%$  і урахуванням додаткової фільтрацією живлячих напруг дозволяє отримати стабільність коливань не гірше, ніж  $2 \cdot 10^{-5}$ . Експериментально виміряна перебудова частоти в «холодному» анодному блоці магнетрона з двома виводами енергії. Величина перебудови при цьому перевищує 200 МГц. Наводяться теоретично розраховані криві перебудови частоти для «холодного» анодного блоку і показано, що діапазон перебудови можна розширити до (450 ... 500) МГц за рахунок зміни параметрів резонатора

Експериментально виміряні ВАХ магнетрона, перебудова резонансної частоти і зміна потужності ВЧ сигналу в діапазоні перебудови частоти магнетрона з двома висновками енергії в безперервному режимі роботи. Показано, що діапазон перебудови частоти магнетрона для обраної робочої точки становить понад 230 МГц при перепаді потужності магнетрона в діапазоні перебудови в 1,6 рази.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.A.S. Gilmor. «Klystron, Traveling Wave Tubes, Magnetron, Crossed-Field Amplifiers, and Gyrotrons» 2011.
- 2.С.А. Зусмновский. «Магнетронны сантиметрового диапазона». 1950.

# ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РЛС ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ РОЗВИТКУ

Базавляк О.С.

Науковий керівник - к.т.н., доц. Колендовська М.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, пр. Науки 14, кафедра МІРЕС, т. 70-21-587

email: d\_res@nure.ua

A radio-location is name totality of methods and technical equipments, different objects intended for an exposure, measuring of their coordinates and parameters of motion by means of reception and analysis of hertzian waves that appear or transform objects.

На сучасному етапі розвитку техніки часто виявляється ускладненим створенням пасивних РЛС з високими технічними характеристиками, що використовують теплове радіовипромінювання, успадкування малої його інтенсивності. Тому такі РЛС знайшли обмежене застосування. Велике значення мають спеціальні пасивні РЛС, призначені для радіорозвідки.

Отримання інформації в радіолокації зв'язане із спостереженням деякої області простору. Технічні засоби, за допомогою яких ведеться спостереження радіолокації, називаються станціями радіолокацій (РЛС) або радіолокаторами; а спостережувані об'єкти - цілями радіолокацій.

В розвитку системи радіолокації спостерігаються різні тенденції. З одного боку, теорія та практика радіолокації накопичує достатньо велику кількість ефективних алгоритмів. Таким чином, ми використовуємо кілька поколінь без істотних змін. Все зусилля в такому розвитку спрямовуються на вдосконалення конструкцій і технологій, підвищення надійності.

Однак у більшості своїх системних радіоканалів, особливо військового призначення, динамічно розвиваються. Одним з перспективних напрямків такого розвитку розвитку є те, що створюються багатофункціональні та багаторазові РЛС, в яких виникають численні, що стоять перед радіолокацією проблеми. У таких РЛС передбачається можливість адаптації до конкретної тактичної обстановки, вибору оптимальних режимів роботи (вид зондуючого сигналу, здатного до сканування променя антенн, способу обробки сигналів).

Багатофункціональні РЛС, на думку фахівців, повинні вирішувати різні завдання: огляд простору, виявлення цілей, стеження за траєкторіями, автоматизований вибір цілей, перехід в режим стеження за координатами цілей. Багатофункціональні РЛС ЛА до того ж повинні вирішувати навігаційні завдання: дотримання по рельєфу місцевості, доплерівський вимір вектору швидкості літака. У таких РЛС застосовуються багато перспективних технічних рішень: електронне малоінерційне управління променем антени, когерентна обробка сигналів з використанням цифрової фільтрації на основі алгоритму БПФ, застосування складних зондуючих сигналів, синтезування (доплерівське звуження) ДН антени. Основу для

побудови багатофункціональних РЛС складають: а) ФАР - антена, здатна швидко і з високою точністю змінювати ДН, і б) високопродуктивна і гнучка цифрова система обробки сигналів і управління, реалізована за допомогою ЕОМ і спеціалізованих цифрових процесорів.

Для забезпечення завадозахищеності в перспективних РЛС, разом з традиційними способами захисту від перешкод, такими, як зміна робочої хвилі, одночасна робота на декількох частотах, що несуть, зміна структури зондуючих сигналів, застосування антен з малим рівнем бічних пелюсток, використовуються складніші способи, що вимагають великих апаратних витрат. Як приклад вкажемо на режим "заморожування" зображення радіолокації. У такому режимі передавач РЛС вивчає відносно короткі серії зондуючих сигналів з тривалими паузами між ними. На час пауз робиться запам'ятовування ("заморожування") зображення радіолокації. Параметри сигналів в кожній серії змінюються. Тим самим підвищується скритність роботи РЛС. Режим заморожування можливий завдяки застосуванню ЕОМ для обробки сигналів. Інформація при цьому зберігається в пам'яті ЕОМ. У сучасних РЛС первинне значення приділяється проблемі завадозахищеності. У слабо захищених РЛС під впливом створюваних осоружною стороною перешкод різко погіршуються основні технічні параметри або втрачається працездатність взагалі. Практично ефективні перешкоди вдається створити, якщо відомі основні параметри РЛС: частота, що несе, структура зондуючого сигналу. Скритність, здатність РЛС до швидкої зміни параметрів утрудняють постановку перешкод.

Кардинальне рішення проблеми завадозахищеності, а також захисту від ракет протирадіолокацій зарубіжні фахівці бачать в двопозиційних (багатопозиційних) РЛС, у яких передавальна частина розміщується на одному носії (літаку), а приймальна частина - на іншому. У такій системі скритність і завадозахищеність приймальної частини забезпечується завдяки відсутності випромінювання. Захищеність носія передавальної частини досягається шляхом його видалення від засобів поразки. Проте при створенні таких РЛС виникають важко вирішувані завдання узгодження сканування приймальною і передавальною антен, фазової синхронізації приймача і передавача, забезпечення необхідних енергетичних співвідношень.

Розвиток техніки радіопротидії і захисту : від перешкод носить змагальний характер. Тому приведені вище відомості далеко не вичерпують можливих способів забезпечення завадозахищеності РЛС. Проте ясно, що вирішення цієї проблеми зв'язане з істотним ускладненням схем і конструкцій сучасних РЛС.

# **СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ЗРЕНИЯ И ОБЛАСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ**

Зубенко Я.А.

Научный руководитель – к.т.н. Колендовская М.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Науки 14, кафедра МИРЭС, т. 70-21-587  
email: d\_res@nure.ua

The modern world of computer systems at the present stage is associated with the technology of machine, or computer, view. Mechanical engineering is a scientific direction in the field of artificial intelligence, in particular robotics, and related technologies for obtaining images of real-world objects, their processing and using data to solve problems of various kinds of applied tasks without the participation of (full or partial) human

Современный мир компьютерных систем на современном этапе тесно связан с технологий машинного, или компьютерного, зрения. Машинное зрение - это научное направление в области искусственного интеллекта, в частности робототехники, и связанные с ним технологии получения изображений объектов реального мира, их обработки и использования полученных данных для решения разного рода прикладных задач без участия (полного или частичного) человека.

Применение машинного зрения весьма разнообразно и охватывает различные области деятельности человека:

крупное промышленное производство;  
системы безопасности в промышленных условиях;  
медицина (автоматический анализ медицинских изображений рентген, томография, УЗИ);  
мультимедиа-приложения.

Каждая из областей применения машинного зрения, связана с рядом задач. Основной является получение цифрового и обработка изображения с целью выделения значимой информации на изображении и математический анализ полученных данных для решения поставленных задач, которые условно можно разделить на четыре группы:

**Распознавание/обнаружение.** Обработка изображений машинным зрением и определение содержит ли видеоданные некоторый характерный объект, особенность или активность.

**Поиск изображений по содержанию и распознавание символов :** нахождение всех изображений в большом наборе изображений, которые имеют заданное содержание, распознавая при этом символы печатного или рукописного текста

**Оценка положения:** определение положения или ориентации определенного объекта относительно камеры.

**Восстановление сцен и изображений.** Восстановление сцены имеет

задачей воссоздать трехмерную модель сцены. Задача восстановления изображений это удаление шума (шум датчика, размытость движущегося объекта и т.д.). Наиболее простым подходом к решению этой задачи являются различные типы фильтров, таких как фильтры низких или средних частот. Более сложные методы используют представления того, как должны выглядеть те или иные участки изображения, и на основе этого их изменение.

Для решения перечисленных задач, используются различные технологии и методы. В большинстве случаев, системы машинного зрения используют последовательное сочетание этих методов обработки для выполнения поставленной задачи.

Типовая система машинного зрения состоит из одной или нескольких цифровых или аналоговых камер (черно-белые или цветные) и оборудования ввода/вывода или каналы связи для доклада о полученных результатах. Изображение, полученное с камеры, попадает в захватчик кадров или в память компьютера. Захватчик кадров - это устройство, которое преобразует выходные данные с камеры в цифровой формат (как правило, это двумерный массива чисел) и размещает изображения в памяти компьютера, так чтобы оно могло быть обработано с помощью программного обеспечения для машинного зрения.

Как итог можно отметить, что такие системы становятся всё более актуальными, так как являются многофункциональными и способны решать множество поставленных перед ними задач в различных сферах деятельности человека.

Sergiyenko O. Robust Control of Excavation Mobile Robot with Dynamic Triangulation Vision / O. Sergiyenko, A. Gurko, W. Hernandez, V. Tyrsa, J. I. Nieto Hipólito, D. Hernandez Balbuena and P. Mercorelli. // Proceedings of the 9th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics(ICINCO-2012), Rome, Italy, 28 - 31 July, 2012. – 2012. - Volume 2. - P. 481-485.

Murrieta-Rico, F.N. Rational Approximations Principle for Frequency Shifts Measurement in Frequency Domain Sensors. / Murrieta-Rico, F.N.; A. Tchernykh; V. Petranovskii; O. Raymond-Herrera; Sergiyenko, O.; Flores-Fuentes, W.; Rodriguez-Quiñonez, J.C.; Hernandez-Balbuena, D.; Nieto-Hipolito, J.I.; V.Tyrsa; and V. M. Kartashov. // Proceedings of 41st Annual Conference of IEEE Industrial Electronics (IECON-2015), Yokohama, Japan, November, 9 - 12, 2015, pp. 226-231.

# СПЕКТРЫ АСИММЕТРИИ И ЭКСЦЕССА НЕГАУССОВА БЕЛОГО ШУМА

Дядечко И.М.

Научный руководитель – проф., д. ф.-м.н., Тихонов В.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки 14, каф. МИРЭС, тел. (057)7021587)

E-mail d\_res@nure.ua

The spectrums of skewness and kurtosis of non-Gaussian of white noise are got. Irregular on frequency distribution of asymmetry and excess is shown. It allows deeper to understand the results of spectrology of higher orders.

При анализе гауссовых и негауссовых процессов часто необходимо оценивать характеристики распределения плотности вероятности [1]. Чем значительнее отклонение характеристик распределения от гауссова, тем точнее и устойчивее статистики высших порядков негауссовых процессов, а, следовательно, и выше эффективность их использования в прикладных задачах. О степени негауссности во многих случаях можно судить по величине коэффициентов асимметрии и эксцесса.

Как правило, большинство анализируемых негауссовых процессов имеют ограниченную полосу частот. Поэтому наибольший интерес представляют оценки характеристик негауссности процесса в этой полосе частот. Существующие методы оценки характеристик распределения не предполагают определения их распределения по частоте. Так, наиболее простые параметры распределения асимметрия и эксцесс оцениваются интегрально вне зависимости от частоты.

Для оценивания распределения по частоте асимметрии и эксцесса был предложен метод спектрального анализа на основе набора полосовых фильтров, настроенных на последовательный ряд центральных частот. В анализаторе спектра использовались наборы авторегрессионных накапливающих фильтров с заданной шириной полосы. У процесса на выходе каждого фильтра оценивались значения коэффициентов асимметрии и эксцесса  $\gamma_1(f) = m_3(f) / \sigma^3(f)$  и  $\gamma_2(f) = m_4(f) / \sigma^4(f) - 3$ .  $m_3(f)$  и  $m_4(f)$  – центральные моменты третьего и четвертого порядков,  $\sigma(f)$  – среднеквадратическое отклонение процесса, полученного на выходе полосового фильтра с центральной частотой  $f$ . Вследствие нормализации негауссовых процессов в инерционных фильтрах абсолютные значения  $\gamma_1(f)$  и  $\gamma_2(f)$  имеют заниженные значения. Поэтому интерес представляет форма зависимости от частоты  $\gamma_1(f)$  и  $\gamma_2(f)$ , их отличие от нуля на разных частотах.

В докладе рассмотрены зависимости  $\gamma_1(f)$  и  $\gamma_2(f)$  для гауссовых и негауссовых процессов типа белого шума (БШ), имитационных и реальных

сигналов, которые позволяют глубже понять статистические характеристики обрабатываемых процессов. Для получения имитационных гауссовых и негауссовых процессов использовался метод формирующего фильтра, на вход которого подавался порождающий процесс типа белого шума с различными типами распределений. Как показал анализ,  $\gamma_1(f)$  и  $\gamma_2(f)$  белых шумов могут сильно изменяться по частоте и существенно зависеть от длины анализируемой выборки.

Проводился анализ  $\gamma_1(f)$  и  $\gamma_2(f)$  БШ с распределением Парето, полученный из процесса с равномерным распределением методом, описанным в [2]. На рис. 1 и рис. 2 представлены графики  $\gamma_1(f)$  и  $\gamma_2(f)$  для процессов типа БШ с Парето распределением для параметров формы  $c = 5$  и  $c = 25$  соответственно. Интегральные значения коэффициентов асимметрии и эксцесса составляли:  $\gamma_1 = 4,6$ ,  $\gamma_2 = 44,8$  и  $\gamma_1 = 2,4$ ,  $\gamma_2 = 8,8$ . Как видно из графиков, распределение асимметрии и эксцесса по частоте весьма неравномерно. При частотах выше  $fT = 0,4$  асимметрия близка к нулю. Заметим, что интегральное значение асимметрии положительно и на всех частотах асимметрия также положительна.

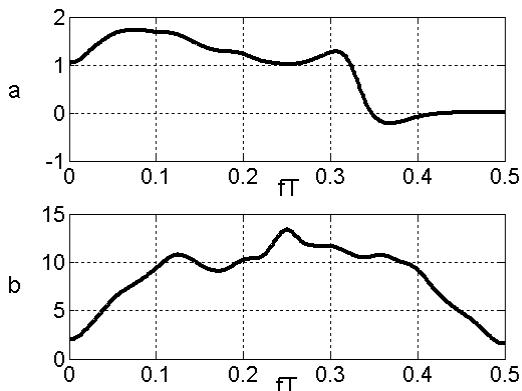


Рисунок 1 – Распределение по частоте асимметрии (а) и эксцесса (б) белого шума с распределением Парето,  $c = 5$

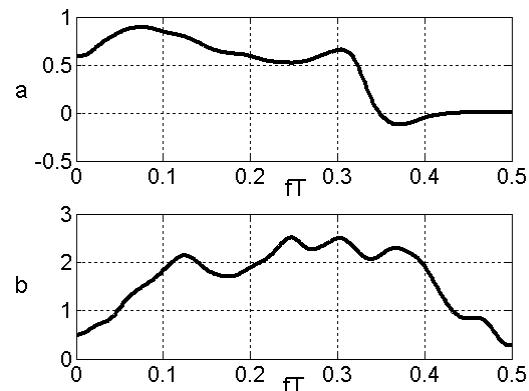


Рисунок 2 – Распределение по частоте асимметрии (а) и эксцесса (б) белого шума с распределением Парето,  $c = 25$

Как показали эксперименты по исследованию этих параметров негауссности имитационных и реальных процессов, они могут существенно зависеть от частоты.

Литература: 1. Кунченко Ю.П. Нелинейная оценка параметров негауссовых радиотехнических сигналов. – К.: Выща школа, 1987. – 191 с. 2. Хастингс Н., Пикок Дж. Справочник по статистическим распределениям. – М.: Статистика, 1980. – 95 с.

# **ХАРАКТЕРНІ ОЗНАКИ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ БПЛА**

Наумкін Р.В.

Науковий керівник - проф. каф МІРЕС Олейніков В.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки

(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф МІРЕС, тел. +38 (057) 70-21-587)

e-mail: rodion.naumkin@nure.ua, тел. (095)6856477

This publication is devoted to the study of the possibility of detecting drones using acoustic installations. Here are considered the most characteristic acoustic signs of UAVs, their spectral, energy and spatial characteristics. Described options for solving the problem according to the methods of constructing algorithms and programs for detecting drones. Briefly presents the results of acoustic studies of UAVs.

Безпілотні літальні апарати (далі – БПЛА) мають широке застосування в повсякденному житті людини – їх використовують як в мирній діяльності, так і у військовій сфері. Використання в військовій сфері сприяла необхідності розвитку засобів боротьби з БПЛА, а першим кроком на етапі боротьби є їх виявлення.

Традиційні методи виявлення повітряних цілей, такі як радіолокаційний, методи оптичного пошуку, пошук за ІЧ-випромінюванням не завжди здатні виявити БПЛА, особливо якщо він малих розмірів. Виходом з цієї ситуації є розробка акустичних систем для виявлення БПЛА.

Створення і вдосконалення методів виявлення БПЛА шляхом обробки звукових сигналів є перспективною темою для вивчення. Ключовий фактор для виконання поставленого завдання - визначення характерних ознак, яких буде достатньо для розпізнавання і класифікації об'єктів. Для визначення даних спектрального портрета БПЛА необхідно виконати якісні акустичні вимірювання в акустичних камерах, аеродинамічних трубах або на відкритій місцевості. Маючи дані акустичних портретів можна приступати до побудови алгоритмів і програм по виявленню БПЛА.

До акустичного портрету БПЛА можна віднести енергетичні, спектральні і просторові характеристики акустичних полів повітряного гвинта і двигуна. Сумарний спектр акустичного випромінювання БПЛА обумовлений гармонійними і широкосмуговими складовими. Він включає в себе гармонійні складові випромінювання від двигуна, шуму обертання гвинта, випромінювання механічного походження, а також високочастотну і низькочастотну складові шуму двигуна з неперервними по частоті спектрами. Електричні двигуни мають більш низькі шумові характеристики, однак їх використання обмежується БПЛА малим радіусом дії. Акустичний шум зазвичай збільшується в міру збільшення потужності двигуна.

Акустичні вимірювання були проведені в режимах підйому над акустичною антеною, баражування на висоті 50 м з подальшою посадкою квадрокоптера DJI Phantom 3.

На рис.1 показаний

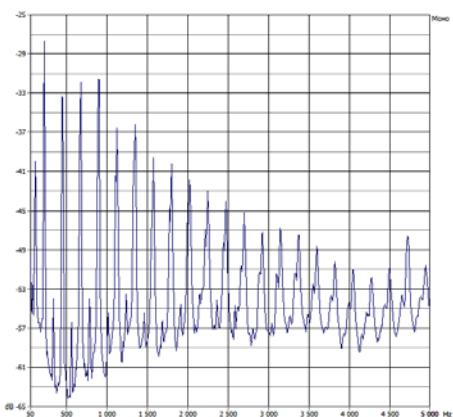


Рис.1 - Амплітудний спектр звукового сигналу квадрокоптера

амплітудний спектр звукового сигналу квадрокоптера DJI Phantom 3, отриманий шляхом БПФ за вибіркою 8192 відліків без накопичення. Спектр сигналу має широкосмугову шумову складову (явно виражений пологий максимум) і багатокомпонентну гармонійну структуру, частоти гармонійних складових є кратними числами. Амплітуди і фази гармонік є випадковими і при відсутності руху квадрокоптера. Це пояснюється деякою відмінністю режимів роботи двигуна в процесі компенсації автоматикою БПЛА вітрового впливу. Даний фактор також призводить до деякого розширення

спектральних ліній. На високих частотах значимість періодичних процесів у формуванні спектра акустичного випромінювання двигуна помітно послаблюється, оскільки більш важливу роль в сумарному акустичному випромінюванні починають грати процеси випадкового походження

Для побудови первинних ознак звукового образу БПЛА прийняті пасивним содаром звукові коливання БПЛА перетворюються в електричний сигнал, який представляє собою реалізацію широкосмугового випадкового процесу, який можна описати енергетичним спектром. Тому інформаційними ознаками звукового образу БПЛА можуть служити оцінки спектральних коефіцієнтів, що визначаються за дискретною реалізацією, що містить задану кількість відліків. Після проведених розрахунків набір ознак, що надійшов на вхід системи, відповідає деякому класу, якщо середнє значення коефіцієнта подібності по всіх парах векторів більше певної порогової величини.

Проведення теоретичних досліджень дозволяє розробити модуль формування колекції звукових портретів БПЛА і модуль, який реалізує правило прийняття рішень. Ці дані можуть бути використані і в інших системах, де потрібне оперативне розпізнавання об'єктів.

Список літератури:

Исследование акустических характеристик БПЛА «Птеро-G0» в заглушенной камере // vestnikmai.ru [Електронний ресурс]: <http://vestnikmai.ru/publications.php?ID=86126>

Гордієнко Ю.О., Бугайов М.В., Солонець О.І., Солопій О.А. Особливості акустичних сигналів безпілотних літальних апаратів. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, 2016. № 1

## **ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РЛС ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ РОЗВИТКУ**

Бережний В.В.

Науковий керівник - к.т.н., доц. Колендовська М.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, пр. Науки 14, кафедра МІРЕС, т. 70-21-587

email: d\_res@nure.ua

At the current stage, industrial development is one of the most important solutions for automation of technological processes and programmed logic controllers.

На сучасному етапі розвитку промисловості одними з найбільш розповсюджених пристройів для автоматизації технологічних процесів є програмовані логічні контролери. На сучасному ринку присутня велика кількість виробників промислових контролерів, які пропонують широку номенклатуру контролерів, що відрізняються за своїми функціональними можливостями, що ускладнює вибір контролера для побудови системи автоматизації.

Дослідження ринку та функціональних можливостей програмованих логічних контролерів для потреб загальнопромислової автоматизації. Матеріали досліджень. Відповідно до параметрів, засобів програмування, особливостей об'єднання модулів та зовнішнього вигляду контролери для систем автоматизації можна розділити на такі групи:

програмовані реле, модульні ПЛК,

людино-машинний інтерфейс+програмований логічний контролер (ЛМІ+ПЛК) [1].

Програмовані реле – це найпростіші та найдешевші програмовані пристрої, що були створені для автоматизації простих систем, які не потребують великої кількості входів/виходів. Вони володіють повним діапазоном технічних ресурсів, необхідних для використання в індустріальній автоматизації, машинобудуванні чи виробництві на нижньому рівні автоматизації. В Україні представлені програмовані реле таких виробників:

- Siemens – серія Logo;
- Eaton (Moeller) – серія Easy;
- ABB – серія CL;
- Mitsubishi – Alpha;
- Schneider Electric – Zelio Logic;
- Овен ПЛК 110 та Овен ПЛК 160.

Модульні ПЛК характеризуються структурою, що розширюється. Базовий пристрій може функціонувати індивідуально, і як правило містить мінімум 8 входів/виходів, і за потреби їх кількість може розширюватися додатковими модулями до 65536 дискретних/4096 аналогових каналів. Це дає велику гнучкість при створенні систем автоматизації технологічних

процесів на базі модульних ПЛК [2].

На ринку України представлені наступні модульні ПЛК: - Siemens – серія SIMATIC –S7; - Eaton (Moeller) – серія XC100, XC200; - ABB – серія AC500; 332 - Mitsubishi – серія System Q; - Schneider Electric – серія Modicon. Модульні ПЛК підтримують функції програмованих реле, але додатково мають вбудовані мережеві інтерфейси та можливість розширення внутрішньої пам'яті і модулів входів/виходів в широких межах. Системи ЛМІ+ПЛК використовуються для візуалізації технологічного процесу та створення простих SCADA систем. В залежності від моделі пристрою, ЛМІ може і не підтримувати функції ПЛК, але він обов'язково має графічний дисплей для відображення технологічного процесу та розвинений пристрій вводу, який оператор використовує для впливу на технологічний процес. Для зв'язку з іншими елементами системи автоматизації такі пристрої використовують мережеві протоколи CANopen, Profibus-DP та ін. [3].

Системи ЛМІ+ПЛК володіють наступною функціональністю: 1) візуалізація параметрів технологічного процесу в текстовому чи графічному режимах; 2) управління та обробка аварійних повідомлень, реєстрація часу та дати виникнення аварійних повідомлень; 3) ручне керування з допомогою функціональних кнопок чи сенсорного екрану; 4) можливість вільного програмування графіки та налаштування функціональних клавіш; 5) побудова діаграм та графіків, виведення звіту.

Відображення інформації про технологічний процес здійснюється за допомогою символічного чи графічного екрану, розмір якого залежить від вимог технологічного процесу, а для вводу інформації застосовуються кнопочні чи сенсорні органи керування.

На ринку України представлені засоби ЛМІ+ПЛК таких основних виробників: - Siemens – серія SIMATIC HMI IPC; - Eaton (Moeller) – серії XV1, XV2, XV3, XV4, MI4, MFD4; - ABB – серії CP400, CP400; - Mitsubishi – серії Vision 1000, E1000, IPC1000, GOT1000; - Schneider Electric – Magelis серій STO, STU, XBT GT, XBT GTW, XBT N, Compact iPC, Panel PC.

В результаті дослідження встановлено основних виробників засобів промислової автоматизації і розділено їх модельний ряд за функціональними можливостями.

#### Перелік посилань

Денисенко В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. М: Горячая линия – Телеком, 2009, – 608 с.

Ветрененко И. Средства человека-машинного интерфейса производства концерна Eaton-Moeller / И. Ветрененко//Компоненты И Технологии. – 2008. – №8. – С. 22–24.

## **ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТРИЦЬ ФОТОАПАРАТІВ**

Солодов В.Д.

Науковий керівник - к.т.н., доц. Колендовська М.М.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, пр. Науки 14, кафедра МІРЕС, т. 70-21-587  
email: d\_res@nure.ua

The paper discusses the families of the most common 8 – bit microcontrollers (MC), which have low cost and are suitable for use in products for various purposes. Such microcontrollers are produced by a large number of firms.

В сучасному світі кожен з нас має фотоапарат, або його аналог у вигляді камери смартфона. Але мало людей замислються про те як він працює. Данна стаття направлена на надання читачу основних знати про матрицю камери, та розуміння про те від чого залежить якість отриманого зображення.

Матриця в камері – це основний елемент, за допомогою якого ми отримуємо зображення, її часто називають сенсором або датчиком. Вона являє собою мікросхему, що складається з фотодіодів – світлоочутливих елементів. Один такий фотодіод формує один піксель вихідного цифрового зображення. В залежності від інтенсивності світла що потрапляє на фотодіод створюється електричний сигнал різної величини, який згодом перетвориться у цифровий за допомогою окремого аналогового цифрового перетворювача (АЦП) або вбудованого в матрицю.

Найменший елемент матриці – піксель, що формується фотодіодом, на який потрапляє світло N-ої інтенсивності і на виході перетворюється в піксель цифрового зображення N-ої яскравості, а завдяки фільтрам ми отримуємо інформацію про колір.

Раніше, коли не було цифрових фотоапаратів, в якості світлоочутливого елемента, тобто матриці, використовувалася плівка. Конструкції плівкового фотоапарата від цифрового відрізняється мало, в останньому більше електроніки, а ось "приймач" світла зовсім інший.

Коли в плівковому фотоапараті ви натискаєте на кнопку спуску, відкривається затвор, і світло потрапляє на плівку. До моменту закриття затвора відбувається хімічна реакція, результат якої – зображення, що зберігається на плівці, але невидиме оку до моменту проявлення.

В сучасному світі матриця виконує функції плівки, тобто формує зображення. Різниця між ними в зберіганні: плівка є безпосередньо місцем зберігання кінцевого зображення, а в цифровій фотографії зображення зберігається на картах пам'яті.

Матриці розрізняються одна від одної, і в різних цінових діапазонах їм притаманні ті чи інші якості. В бюджетному діапазоні камери

обладнуються обмеженими за можливостями матрицями, і від них складно очікувати безшумної картинки при зйомці на довгій витримці. Розглянемо перелік основних характеристик:

- фізичний розмір;
- роздільна здатність;
- співвідношення сигнал/шум;
- чутливість ISO;
- динамічний діапазон
- тип матриці (застаріло).

Матриця являє собою прямокутну пластину, яка збирає світло, і природним чином має розміри. Вона складається з пікселів, які в фізичному сенсі являють собою фотоелементи, що перетворюють потрапляюче світло в електричні заряди.

Відповідно, фізичний розмір матриці визначається величиною пікселів і відстанню між ними. Чим більше буде відстань між пікселями, що являє собою ізоляційний шар, тим менше буде нагрівання матриці, тим вище буде співвідношення сигнал/шум і чистіше вихідна картинка.

Існує ще один тип матриці – Live MOS-матриця. Її випустила фірма «Panasonic». Дано мікросхема функціонує за допомогою технології, в основі яких лежить МОП. МОП-матриця дозволяє робити якісні професійні знімки без високого рівня шуму, а також виключає перегрів.

Чутливість матриці – ISO. Від чутливості матриці залежить співвідношення обраної експозиції і параметрів зображення на виході.

Важливо зрозуміти, що, знімаючи один і той же сюжет (наприклад, дерево в сутінках), при підвищенні ISO його яскравість збільшиться. Картинка буде здаватися світліше. Також важливо зрозуміти, що на камері з більшою матрицею при однаковому ISO шумів буде менше.

Наступна характеристика матриці, нерозривно пов'язана з чутливістю – співвідношення сигнал/шум.

Сигнал/шум також залежить від розміру пікселя. Тому переходимо до наступного параметру. Роздільна здатність матриці – популярний параметр, який до сих пір в деяких магазинах застосовується в якості основного.

Динамічний діапазон – це незмінна характеристика матриці, що залежить від технології виробництва. Ми можемо лише звузити його, встановивши велике значення чутливості ISO, що, як ви розумієте, небажано.

Таким чином матриця – це один з найважливіших елементів в камері, який фіксує світ, перетворюючи його в електричні сигнали. Не може бути замінена в камері. На камері з більшою матрицею при однаковому ISO шумів буде менше.

# **МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ ПОБУДОВИ ІГОР (МУЛЬТИМЕДІЯ, ВІРТУАЛЬНА РЕАЛЬНІСТЬ)**

Харченко Д.М.

Науковий керівник - к.т.н., доц. Колендовська М.М.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, пр. Науки 14, кафедра МІРЕС, т. 70-21-587  
email: d\_res@nure.ua

In this paper, the task is to consider modern tools for the development of multimedia games. It analyzed the most popular modern game engines, frameworks and game designers. The popularity of computer games is increasing every year, the niche markets of leisure constantly needs to be replenished with new game titles.

У даній роботі ставиться завдання розглянути сучасні інструментальні засоби для розробки мультимедійних ігор. Було проаналізовано найпопулярніші сучасні ігрові рушії, фреймворки та конструктори ігор. Популярність комп'ютерних ігор зростає з кожним роком, ніша ринку дозвілля постійно потребує поповнень новими ігровими тайтлами.

Ігрова індустрія постійно розробляє нові інструментальні засоби для полегшення та пришвидшення процесу розробки ігор. Велика різноманітність, конкурентоздатність, специфічність використання, зміна актуальності використаних технологій роблять задачу вибору засобів розробки гри неоднозначною.

Отже аналіз сучасних засобів та окреслення сфер їх використання є актуальною задачею, що поліпшить якість та швидкість розробки ігрових проектів.

Більшість інструментальних засобів для розробки ігор можна поділити на 3 группи:

1. Фреймворк - програмна платформа, яка визначає структуру програмної системи; програмне забезпечення, що полегшує розробку і об'єднання різних компонентів великого програмного проекту. Фреймворк відрізняється від поняття бібліотеки тим, що бібліотека може бути використана в програмному продукті просто як набір підпрограм близькою функціональності, не впливаючи на архітектуру програмного продукту і не накладаючи на неї ніяких обмежень. У той час як фреймворк диктує правила побудови архітектури додатку, задаючи на початковому етапі розробки поведінка за умовчанням, каркас, який потрібно буде розширювати і змінювати відповідно до зазначених вимог.

2. Ігровий рушій - центральний програмний компонент комп'ютерних та відеоігор або інших інтерактивних додатків з графікою, оброблюваної в реальному часі. Він забезпечує основні технології, спрощує розробку і часто дає грі можливість запускатися на декількох

платформах, таких як ігрові консолі та настільні операційні системи, наприклад, GNU / Linux, Mac OS X і Microsoft Windows. Основну функціональність зазвичай забезпечує ігровий движок, що включає движок рендеринга ( «візуалізатор»), фізичний движок, звук, систему скриптів, анімацію, штучний інтелект, мережевий код, управління пам'яттю і багатопоточність. Часто на процесі розробки можна заощадити за рахунок повторного використання одного ігрового движка для створення безлічі різних ігор.

3. Конструктор ігор - програма, яка об'єднує в собі ігровий рушій і інтегроване середовище розробки, і, як правило, включає в себе редактор рівнів, що працює за принципом WYSIWYG. Такі програми значно спрощують процес розробки ігор, роблячи його доступним любителям-непрограмістів, і можуть бути використані в початковому навчанні програмуванню [1]

Серед ігрових рушіїв у колі незалежних розробників, останнім часом, найбільшою популярністю користується Unity. Він повністю задовольняє нас за своїми базовими характеристиками до того ж має потужну підтримку товариства, що значно знижує поріг входження. Серед конструкторів, досить привабливо виглядає Construct 2 , що номінально обіцяє широкий спектр функціоналу та кросплатформеність. До того ж знову таки, має чималу популярність та підтримку товариства користувачів , незважаючи на відносну молодість проекту. Единим мінусом є орієнтованість лише на 2-D розробку, що доведеться врахувати при формуванні концепції для прототипів. 0 2000 4000 6000 8000 10000 12000 14000 MonoGAMe Phaser EaselJS melonJS 38

Серед фреймворків для розробки ігор за функціональними можливостями можна виділити Phaser та melonJS , якщо не звертати увагу на те, що вони також лише для 2-D проектів. MelonJS вийшов у світ раніше та має більше реалізованих проектів, проте Phaser показав свою конкурентоздатність та стрімко набирає популярності, на разі він має майже в десятеро більшу кількість відвідувань офіційної сторінки в день[15]. Тому для подальшої роботи було обрано Phaser як більш прогресивний засіб з активнішим товариством.

Перелік посилань:

1. Офіційний сайт Construct2.- [www.scirra.com](http://www.scirra.com). – Дата доступу: 27.04.2016.
2. Офіційний портал розробників XNA - <https://msdn.microsoft.com/tuRU/games-development-msdn> – Дата доступу: 27.04.2016.
3. Офіційний сайт MONO game - <http://www.monogame.net> – Дата доступу: 27.04.2016.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ БОРТОВОГО СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ БПЛА

Мачула О.Г.

Науковий керівник – к.т.н., проф. Олейніков В. М.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. МІРЕС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail:d\_res@nure.ua

This article is devoted to the problem of reliable and early detection of hardly noticeable unmanned aerial vehicles . The article deals with a direction that uses only the observation of the intrinsic electromagnetic radiation of the aircraft. The spectograph of signal is similarly shown with frequency of rotation of engines.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в последние годы стали быстро развивающимся направлением авиационной техники. Это связано с использованием новых технологий в авиастроении, разработкой особо прочных конструкционных материалов, лёгких и экономичных двигателей, с миниатюризацией бортового оборудования при повышении его технических характеристик, а также появлением глобальных систем навигации, связи и управления.

Для идентификации и обнаружения БПЛА необходимо кроме известных демаскирующих признаков использовать и другие, каковым является излучение электрических и магнитных полей от силового оборудования. Поскольку силовое оборудование БПЛА построено на основе быстродействующих сильноточных ключей, выполненных на полевых транзисторах, возможно зафиксировать излучение соответствующее спектру тока в цепях питания электродвигателей, рис. 1.

Для проведения исследований использовался БПЛА DJI Phantom 3 и лабораторная имитационная установка винтомоторной группы БПЛА содержащая сервотестер, систему питания, систему управления скоростью вращения и электродвигатели с воздушными винтами.

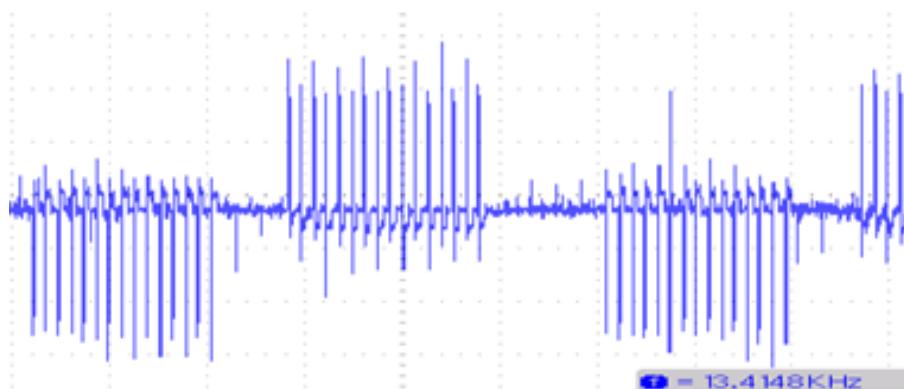


Рисунок 1- Осциллографма тока в трехфазной цепи питания  
электродвигателя

Проведены исследования излучения от силового оборудования электродвигателя с широтноимпульсным управлением. При этом использовалась аппаратура для регистрации электрических и магнитных полей в низкочастотном диапазоне длин волн, состоящей из магнитной антенны с низким входным сопротивлением, электрической дипольной антенны с высоким входным сопротивлением, согласующих усилителей и внешней многоканальной звуковой картой.

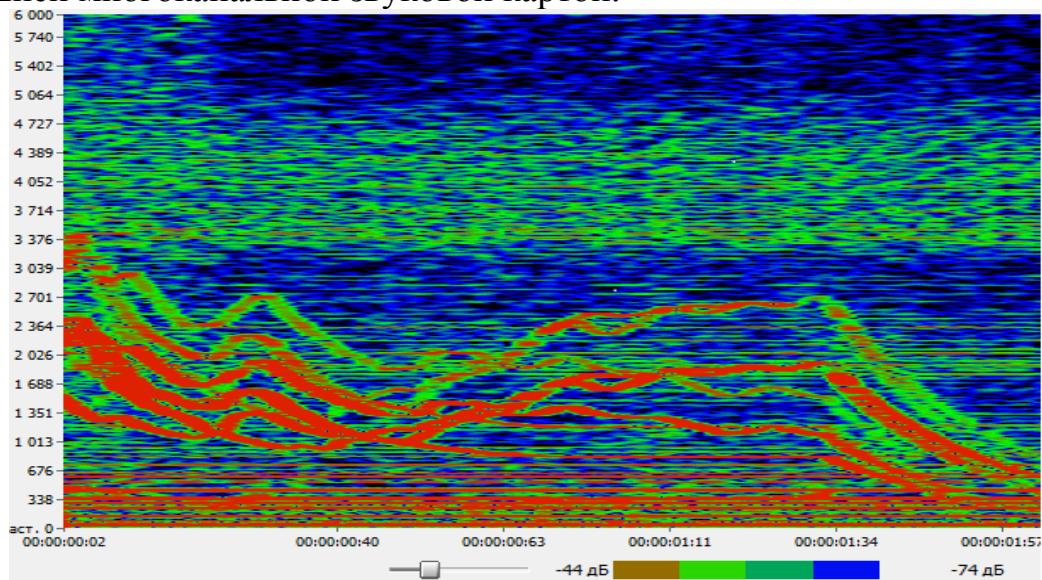


Рисунок 2 - Спектрограмма магнитного излучения бортового силового оборудования БПЛА Phantom 3

На рис. 2 приведена спектрограмма магнитной составляющей поля, излучённого бортовым силовым оборудованием БПЛА Phantom 3. Интенсивность спектральных составляющих спектра кодируется цветом. Регистрация сделана при удалении БПЛА на 10-15 м. На спектрограмме прослеживаются изменения спектрального состава излучения в процессе набора, сброса оборотов двигателей при пилотаже БПЛА. Хорошо просматриваются особенности режимов работы всех бортовых электродвигателей.

Литература:

1. Ерёмин Г. В., Гаврилов А. Д., Назарчук И. И. Малоразмерные беспилотники – новая проблема для ПВО [Электронный ресурс]: <http://armynews.ru/2015/02/malorazmernye-bespilotniki-novaya-problema-dlya-pvo/>
2. Pham T. TTCP AG-6: Acousting detection and tracking of UAVs / T.Pham, N.Srour // U.S. Army Research Laboratory. Proc. of SPIE. – 2004. – Vol.54. – Pp. 24–29.
3. Специфика обнаружения сигналов летательного аппарата [Электронный ресурс]: [http://specintek.ru/media/uav/uav\\_videolink/](http://specintek.ru/media/uav/uav_videolink/)

# **ОБНАРУЖЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПО АКУСТИЧЕСКОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ**

Юткін Є.В.

Науковий керівник – к.т.н., проф. Олейніков В. М.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. МІРЕС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: yehor.yutkin@nure.ua

The spreading of unmanned vehicles leads to increasing potential danger to people, because often they are being used by terrorists. The article presents the methods of detection and recognition of unmanned aerial vehicles, among which the detection of acoustic radiation is of particular interest.

Одной из актуальных задач в настоящее время является защита гражданских и военных объектов от беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), несущих потенциальную угрозу. Для решения этой задачи требуется обнаружить БПЛА в зоне охраняемого объекта, определить пеленг на БПЛА и задействовать защитные системы. При обнаружении БПЛА в системах военного назначения приоритет отдается пассивным методам, в частности методам пассивной акустической и оптической локации.

БПЛА можно обнаружить по различным каналам. В электромагнитном спектре для этого применяются следующие техники: радиомониторинг (получение информации с использованием технических средств на участке ее прохождения по линиям радиосвязи), использование тепловизора (выявление объектов с отличающейся от окружающей среды температурой), использование камер оптического диапазона ЭМ волн, использование радиолокационных станций.

Перспективным является акустическое наблюдение, главным преимуществом которого является работа в пассивном режиме, что обеспечивает скрытность применяемых средств, а тем самым и безопасность обслуживающего персонала.

При обнаружении акустического излучения БПЛА необходимо осуществлять различение природных шумов окружающей среды и АИ БПЛА, обеспечивать эффективную борьбу с внешними источниками акустических помех, имеющими спектральные характеристики схожие с БПЛА, обеспечивать независимость принятия решения от модели БПЛА и режима его полета.

Алгоритм обнаружения АИ БПЛА включает в себя этапы:

- фильтрация акустического сигнала с выхода микрофона фильтром верхних частот для устранения влияния низкочастотных помех;
- дискретизация сигнала с частотой  $F_d$  и сегментация последовательности отсчетов с длиной сегмента  $N$  отсчетов:  $X_i, i=0\dots N-1$ ;
- вычисление автокорреляционной функции (АКФ) в пределах

дискретизированного сегмента

$$B(j) = \sum_{i=0}^j X_i \cdot X_{N-i-1}, \quad j = 0..2N - 1$$

- вычисление БПФ от АКФ каждого сегмента. АКФ позволяет повысить отношение сигнал/шум при выделении гармонического сигнала на фоне шумов. Дополнительно выполняется сглаживание СПМ  $S(f)$  фильтром скользящего среднего с длиной окна  $\tau = 15\text{-}20$  отсчетов.

$$\bar{S}(f) = \frac{1}{\tau} \sum_{f=F}^{F+\tau-1} S(f), \quad F = 0..2N.$$

Сглаживание позволяет упростить дальнейший поиск максимумов СПМ.

- поиск всех локальных максимумов спектра в пределах 80 Гц-3 кГц и вычисление глобальных максимумов и минимумов СПМ.

- вычисление частоты основного тона, проверка наличия не менее 2-х гармоник основного тона с предельным отклонением частот не более 6% от частот, кратных основному тону. При этом гармоники основного тона проверяются на соответствие глобальным максимумам СПМ. В случае соблюдения этих условий проводятся дополнительные проверки на идентичность СПМ природным шумам и речевым звукам. Далее вычисляются отклонения абсолютных значений локальных максимумов и минимумов СПМ от аппроксимирующей кривой. При относительной погрешности аппроксимации свыше 10% шумы следует относить к природным.

В системах автоматического распознавания АИ технических средств выделяют три основных этапа. На первом этапе из исходного акустического сигнала выделяют вектор признаков, который является компактным описанием акустических характеристик сигнала, достаточных для распознавания. Обучение предполагает получение набора эталонных векторов признаков АИ для ряда моделей БПЛА при типичных режимах работы винтомоторной группы, условиях полёта, и характера местности. С целью распознавания проводится сравнение текущего вектора признаков с хранящимися в системе эталонными векторами признаков по одному из правил принятия решения.

Список литературы:

1. Шишков, С.В. Устройство пеленгации и определения координат БПЛА [Текст] / С. В. Шишков. – М.: Радиопромышленность, 2011. – с.103-109

# АДАПТИВНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ ПОМЕХ В СИСТЕМАХ АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Чернов К.А., Воронин В.В.

Научный руководитель – проф., д. ф.-м.н., Тихонов В.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки 14, каф. МИРЭС, тел. (057)7021587)

E-mail d\_res@nure.ua

The spectrums of acoustic noise are investigational of the system of the acoustic sounding of atmosphere. The estimations of frequency of spectrum peak are found at adaptive suppression noise.

Для дистанционного мониторинга атмосферы используются системы акустического зондирования (САЗ). На эффективность работы САЗ влияет внешний акустический шум. Применение звукопоглощающих средств имеет ряд недостатков. Эти недостатки в значительной степени снижают эффективность работы и качественные показатели САЗ. В связи с этим, разработка методов и средств адаптации САЗ атмосферы к изменяющейся метеорологической и помеховой обстановке является актуальной научно-прикладной задачей современной теории и техники акустического зондирования.

В работе исследовались возможности использования адаптивных решетчатых фильтров (РФ) [1] для подавления акустических помех, встречающихся при работе САЗ. Для адаптации использовался градиентный метод наименьших квадратов. Частота пика спектра сигнала определялась по АР параметрической оценке СПМ ковариационным методом [2]. Параметрическая оценка СПМ вычислялась по формуле

$$P(f) = D_a / \left| 1 - \sum_{i=1}^p \Phi[i] e^{-j i 2 \pi f T} \right|^2,$$

где  $D_a$  – дисперсия ошибки предсказания  $a[t]$ .

На рис. 1 и рис. 2 показаны оценки СПМ акустических помех, создаваемых шумом дождя, скрого поезда, шумом автомобиля на заснеженной дороге и шумом автомобиля на городской автотрассе. Наиболее мощный пик на всех спектрах расположен на низкой частоте вблизи нулевой частоты. СПМ шума дождя близка к спектру белого шума.

Результаты измерений частоты имитационного полезного сигнала и их среднеквадратическое отклонение при подавлении четырех, указанных выше помех, приведены в табл. 1. В экспериментах оценивалась частота пика полезного сигнала с частотой пика 5000 Гц и шириной полосы 200 Гц, смещенного коррелированной помехой. Полученные оценки частоты полезного сигнала длиной 500 отсчетов, усреднялись по 100 экспериментам. Оценки частоты производились при различных отношениях помеха/белый шум (Q2), при фиксированном значении

отношения полезный сигнал/помеха (Q1).

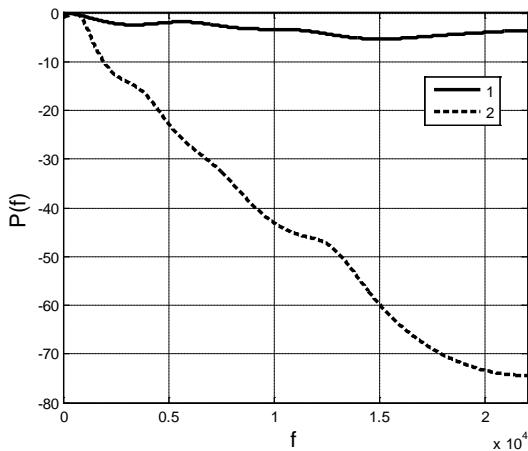


Рисунок 1 – Параметрические АР оценки спектров помех: 1 – дождь АР(8), 2 – скорый поезд АР(8)

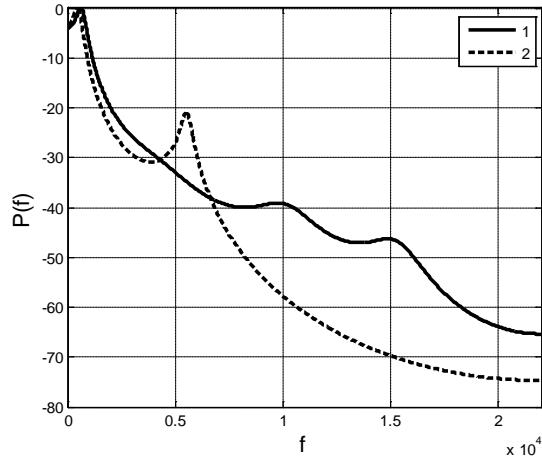


Рисунок 2 – Параметрические АР оценки спектров помех: 1 – заснеженная дорога АР(8), 2 – городская дорога АР(4)

Таблица 1. Оценки частоты полезного сигнала при использовании решетчатого фильтра при Q1=-5 дБ

Q2(дБ)	10	5	0	-5	-10	-15	-20
$f_{c1}$ (Гц)	5037	4985	5025	4984	4929	5029	4987
$\Delta f_{c1}$ (Гц)	33	41	49	83	83	144	168
$f_{c2}$ (Гц)	5061	5015	4948	5032	4962	5081	4989
$\Delta f_{c2}$ (Гц)	30	32	35	45	45	116	158
$f_{c3}$ (Гц)	5007	4965	4967	5040	4967	4996	4751
$\Delta f_{c3}$ (Гц)	30	36	34	44	68	94	148
$f_{c4}$ (Гц)	5042	5002	4991	5027	4899	5101	4985
$\Delta f_{c4}$ (Гц)	25	34	39	47	79	120	199

В работе показано, что применение адаптивных РФ позволяет существенно снизить влияние различных акустических помех на точность оценки доплеровской частоты.

Литература: 1. Адаптивные фильтры: Пер. с англ. / Под ред. К.Ф.Н. Коуэна, П.М. Гранта. – М.: Мир, 1988. – 392 с. 2. Марпл.-мл. С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1990. – 584 с.

**АДАПТИВНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ ПОМЕХ В СИСТЕМАХ  
АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ ВБЛИЗИ  
ЗАСНЕЖЕННОЙ ДОРОГИ**  
Ашихмин В.О., Воронин В.В.

Научный руководитель – д. ф.-м.н., проф. Тихонов В.А.  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Науки 14, каф. МИРЭС, тел. (057)7021587  
E-mail d\_res@nure.ua

The questions of suppression of acoustic noise are investigational during work of system of the acoustic atmospheric sounding. The estimations of frequency of spectrum peak are found at adaptive suppression of noise from a moving on a road car.

В качестве средства дистанционного мониторинга атмосферы используются системы акустического зондирования (САЗ), которые позволяет решить ряд практических задач метеорологии, таких как определение скорости ветра, температуры, влажности атмосферы на заданной высоте. Одним из факторов, ограничивающих эффективность работы САЗ приземных слоев атмосферы, является внешний акустический шум. В связи с этим, разработка методов и средств адаптации САЗ атмосферы к изменяющейся метеорологической и помеховой обстановке является актуальной научно-прикладной задачей современной теории и техники акустического зондирования [1].

В работе исследовались возможности использования адаптивных решетчатых фильтров (РФ) для подавления акустических помех, создаваемых автомобилями, движущимися на заснеженной дороге. Для адаптации использовался градиентный метод наименьших квадратов (МНК).

Работа РФ [2], с изменяющимися во времени коэффициентами отражения, описывается выражениями:

$$\begin{aligned} a_t^k &= a_t^{k-1} - K_t^{k-1} d_{t-1}^{k-1}, \\ d_t^k &= d_{t-1}^{k-1} - K_t^{k-1} a_t^{k-1}, \end{aligned}$$

где  $a_t^k$  и  $d_t^k$  - ошибки прямого и обратного предсказания на выходе  $k$ -го звена РФ в  $t$ -й момент времени,  $K_t^{k-1}$  - коэффициенты усиления (отражения)  $k-1$ -го звена РФ в  $t$ -й момент времени. В МНК, используя обновленные ошибки предсказания, вычисляют коэффициенты отражения РФ

$$K_{t+1}^k = K_t^k + \mu_k a_t^k d_{t-1}^k.$$

С целью обеспечения безопасности полетов летательных аппаратов при взлете и посадке важно знать скорость ветра в приземных слоях атмосферы. Для определения скорости ветра в САЗ измеряют

доплеровский сдвиг частоты отраженного от неоднородностей атмосферы зондирующего сигнала.

На рис. 1 показаны оценки СПМ, полученные параметрическим АР(8) методом, для двух различных интервалов шумов, создаваемых приближающимися автомобилями на заснеженной дороге. Как видно из графиков СПМ, спектры характеризуется наличием мощного пика на низкой частоте. Поэтому в экспериментах применяется имитационный зондирующий сигнал с частотой пика 5000 Гц и шириной полосы 200 Гц. В экспериментах оценивалась частота пика полезного сигнала, смещенного коррелированной помехой. Полученные оценки частоты полезного сигнала усреднялись по 100 экспериментам. Измерения проводились по последовательно расположенным во времени выборкам помехи длиной по 500 отсчетов. Измерения производились для двух помех, отстоящих друг от друга на расстоянии 50000 отсчетов.

При отсутствии белого шума в помеховом канале, помехи в обоих каналах сильно коррелированы и могут быть полностью компенсированы адаптивным фильтром. Наличие белого шума снижает взаимную корреляцию этих помех (рис. 2), что приводит к неполной компенсации помех и, как следствие, к ошибкам в оценивании частоты пика сигнала.

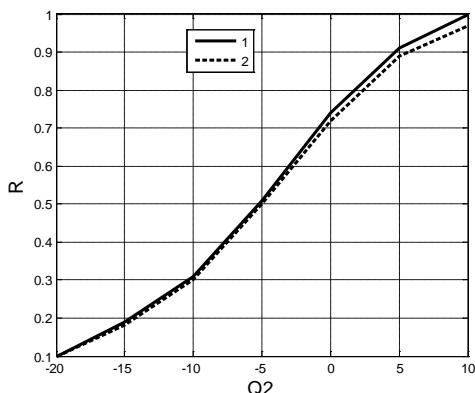


Рисунок 1 – Параметрические АР оценки спектров двух акустических шумов вблизи заснеженной дороги

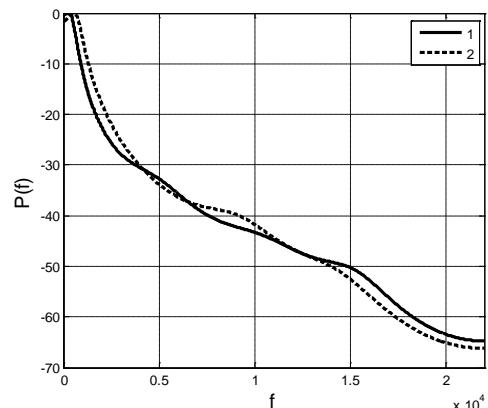


Рисунок 2 – Взаимная корреляция помехи в информационном канале и помехи с аддитивным белым шумом в помеховом канале для двух помех

Оценки частоты производились при различных отношениях помеха/белый шум, при фиксированном значении отношения полезный сигнал/помеха.

**Литература:** 1. Прошкин Е.Г., Карташов В.М., Бабкин С.И., Волох А.В. Современное состояние, проблемы и перспективы систем радиоакустического зондирования //Радиотехника. Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – Харьков. – 2007. – №150. – С. 5-16. 2. Адаптивные фильтры: Пер. с англ. / Под ред. К.Ф.Н. Коуэна, П.М. Гранта. – М.: Мир, 1988. – 392 с.

## **ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГНАЛОВ СИСТЕМ ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ**

Лисовой Р.О., Воронин В.В.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Карташов В.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua, факс (057) 702-15-87

As the results of studies showed, the use of complex, in particular chirp sounding sound oscillations, makes it possible to significantly expand the range of wave numbers of the effective interaction of the emitted signals of the atmospheric sounding systems of the atmosphere and allows receiving a sufficiently high amplitude reflected signal from all sound heights from a single acoustic message without adjusting Bragg condition.

Исследованиям характеристик радиосигналов, рассеянных когерентными неоднородностями среды, создаваемых звуковыми колебаниями, применительно к системам радиоакустического зондирования атмосферы (РАЗ) посвящено значительное количество работ [1,2]. В указанных работах для анализа процесса рассеяния радиоволн на неоднородностях атмосферы используются, как правило, методы, предполагающие строгое решение радиофизической задачи, исходя из уравнений Максвелла, вследствие чего эти методы являются достаточно сложными и громоздкими.

Сложность используемых моделей затрудняет получение новых сведений об изучаемых объектах и ограничивает круг исследователей, способных ими воспользоваться. Кроме того, в силу указанных свойств они не могут выступить в качестве «заместителей» рассеивающих объектов при решении характерных для теории систем задач – анализа и синтеза зондирующих сигналов, разработки алгоритмов оптимального приема и т.д.

В соответствии с изложенным, существует необходимость в разработке более простых адекватных моделей рассеяния радиоволн на когерентных неоднородностях среды, имеющих системную, техническую направленность, которые отличались бы гибкостью, конструктивностью и могли эффективно использоваться при решении различных задач анализа и синтеза сигналов и систем. Конструктивный подход для исследования свойств зондирующих сигналов систем радиоакустического зондирования атмосферы, основанный на использовании функции рассеяния, которая может быть представлена в различных формах в зависимости от конкретной решаемой задачи, предложен в [1]. Исследуем далее свойства рассеянных радиосигналов, наблюдаемых в системах радиоакустического зондирования атмосферы, при использовании наиболее распространенных на практике форм зондирующих акустических и электромагнитных

колебаний, с использованием функции рассеяния.

При использовании корреляционной модели канала передачи [2] исследование рассеянного сигнала сводится к анализу тела рассеяния, которое представляет собой взаимную пространственно-частотную корреляционную функцию акустического и электромагнитного колебаний. Анализ свойств зондирующих колебаний необходим для оценки параметров рассеянного сигнала, а также для оценки энергетических показателей радиоакустической системы, её диапазона частот и характера обработки принятого сигнала.

Как показывают результаты исследования, использование сложных, в частности ЛЧМ зондирующих звуковых колебаний, позволяет существенно расширить область волновых чисел эффективного взаимодействия излучаемых сигналов систем радиоакустического зондирования атмосферы и позволяет получать достаточный по амплитуде отраженный радиосигнал со всех высот зондирования от одной акустической посылки без подстройки частот сигналов под условие Брэгга. Однако детальный анализ тел рассеяния, полученных с использованием таких сигналов, показывает, что для них также характерно наличие специфической погрешности оценивания скорости звука. Это объясняется, прежде всего, тем, что пространственный спектр сложных сигналов, в частности ЛЧМ и ФКМ звуковых импульсов, является существенно неравномерным и вследствие этого главный лепесток спектрального тела рассеяния при использовании таких сигналов разворачивается относительно вертикальной плоскости  $q = 0$ . Причем в отличие от тел, полученных с использованием простых звуковых, сигналов, где главный лепесток тела разворачивается на некоторый определенный угол, здесь углы разворота различных сегментов основного лепестка различны и зависят от степени «скошенности» соответствующих участков спектра акустического сигнала. Форма и углы наклона сегментов основного лепестка спектрального тела рассеяния зависят от формы спектра акустического сигнала, количества мод в нем, от вида внутриимпульсной модуляции и значения базы, а также от параметров спектра используемого совместно с ним электромагнитного сигнала.

#### Список литературы

1. Карташов В.М., Тихонов В.А. и др. Обработка сигналов в радиоэлектронных системах дистанционного мониторинга атмосферы. - Харьков: ХНУРЭ, 2014. - 312 с.
2. Карташов В.М. Модели и методы обработки сигналов систем радиоакустического и акустического зондирования атмосферы. - Харьков: ХНУРЭ, 2011. - 234 с.

# АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПЕЛЕНГАЦИИ ЛЕТАЮЩИХ РОБОТОВ

Дремова К.А.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Карташов В.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua, факс (057) 702-15-87

The analysis of the direction finding methods of unmanned aerial vehicles in radar or acoustic systems designed to detect and measure the coordinates of aircraft has been performed. The advantages and disadvantages of varieties of the amplitude direction finding method - the maximum method; minimum method; comparison method or equal signal direction, as well as phase methods for measuring the angular coordinates.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) или летающие роботы в настоящее время получили широкое распространение и применение во многих областях человеческой деятельности [1]. Они могут выполнять широкий набор полезных функций: доставку различных грузов, осуществление аэрофотосъёмки поверхности, выявление нарушений технического состояния объектов, составление карты грунтов, оценку степени вырубки лесных массивов и т.п. Военные используют БПЛА для выполнения таких задач, как разведка местности, ретрансляция радиосигналов, целеуказание артиллерии, постановка помех радиосредствам противника и др. В то же время БПЛА могут нести также значительную физическую или информационную угрозу в военной области, хозяйственной деятельности, частной жизни людей.

В соответствии с этим задача обнаружения БПЛА и измерения их координат является чрезвычайно актуальной. Для этого могут быть использованы различные технические средства – радиолокационные, акустические, а также средства, работающие в оптическом и инфракрасном диапазонах электромагнитных волн.

Методы определения направления на БПЛА могут быть реализованы как в радио, так и в акустическом диапазонах волн. Наибольшее распространение получили два основных способа определения пеленга: амплитудный и фазовый [2].

В литературе выделяют три основных разновидности амплитудного метода: - метод максимума; метод минимума; метод сравнения или равносигнального направления. При пеленговании методом максимума происходит изменение пространственного положения диаграммы направленности антенны (ДНА) и направление на источник акустического излучения (ИАИ) совпадает с направлением, соответствующим максимальному значению сигнала. Точность пеленгации при этом определяется крутизной ДНА в окрестностях максимума и составляет десятки процентов от ширины ДНА по уровню половинной мощности.

В методе пеленгации по минимуму применяется ДНА с ярко выраженным минимумом приема. Преимуществом данного метода является более высокая точность измерения координат ИАИ, по сравнению со способом максимума, однако дальность действия таких пеленгаторов существенно меньше. При равносигнальном методе пеленг определяется путем сравнения сигналов, принимаемых лепестками двух ДНА. Данный метод в определенной мере позволяет устранить недостатки пеленгации по минимуму и максимуму сигнала.

Фазовый метод пеленгования основан на использовании зависимости разности фаз сигналов, принимаемых двумя одинаковыми антеннами, которые разнесены в пространстве на некоторое расстояние. Метод широко используется на практике в различных модификациях.

В литературе обсуждаются возможности использования классических методов для пеленгования БПЛА по их акустическому излучению или при использовании радиолокационного сигнала. Однако при попадании в ДНА нескольких объектов появляются аномальные ошибки оценки пеленга, поскольку амплитудно-фазовое распределение акустического поля в раскрыве антенны будет представлять собой суперпозицию нескольких волн. В силу малых размеров апертуры антенной системы разделение источников акустического излучения или источников отраженного радиосигнала в этом случае оказывается практически невозможным.

Значительные возможности по обнаружению и измерению координат БПЛА открываются при использовании многоэлементных антенных решёток. Такая система имеет преимущества перед системой с одноэлементной антенной, так как позволяет осуществлять автоматическую подстройку характеристик в соответствии с изменяющимися условиями приёма сигнала [3].

Таким образом, в радиолокационных и акустических, а также в комбинированных системах для определения пеленга БПЛА могут быть использованы все рассмотренные выше методы измерения угловых координат. Амплитудный метод отличается простотой, равносигнальный – более высокой точностью пеленгования, а при использовании антенных решёток могут быть реализованы классический метод Бартлетта либо методы, основанные на вычислении пространственного спектра.

#### Перечень ссылок

1. Кошкин Р.П. Беспилотные авиационные системы. – М.: Изд-во «Стратегические приоритеты», 2016. - 676 с.
- Ситник О.В., Карташов В.М. Радіотехнічні системи: навч. посіб.– Х.: Компанія СМІТ, - 2009. -430 с.
2. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решётки: Введение в теорию: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.

# **АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ СИСТЕМ РАДИОАКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

Курило И.Е.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Карташов В.М.  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua, факс (057) 702-15-87

The paper synthesizes and analyzes the optimal signal processing algorithm of the atmosphere ONCE systems, which makes it possible to estimate the energy parameter of the detuning Bragg condition. In this case, the scatter function is used as a model of the radio acoustic location channel. A study was also made of the properties of the sounding signals of the RAS systems and the influence of the type of the probing signals on the quality of the atmospheric parameters obtained by the RAS systems. The essence of the algorithm is to calculate the correlation integrals between the accepted implementation of the reflected radio signal and a pair of reference oscillations formed using the scattering function.

Достоверная информация о состоянии атмосферы позволяет в настоящее время планировать и корректировать многие аспекты человеческой жизнедеятельности, поэтому задача определения параметров атмосферы является одной из важнейших в жизни человека. Оперативное определение состояния атмосферы невозможно без использования различных дистанционных средств измерения метеопараметров: радиолокационного, акустического, лазерного, радиоакустического.

Метод радиоакустического зондирования атмосферы (РАЗ), суть которого заключается в радиолокации звуковой волны, позволяет достаточно точно и оперативно оценивать параметры атмосферного пограничного слоя атмосферы, высота которого зависит от конкретных условий и может принимать значения от 100 м до 2 км, накапливать экспериментальные данные о состоянии атмосферы с целью анализа и прогнозирования его поведения, контролировать состояние атмосферы с целью своевременного предупреждения тяжких последствий технологической жизнедеятельности человека, вести метеонаблюдения взлета и посадки самолетов, исследовать принципы взаимодействия акустического и электромагнитного колебаний в атмосфере.

Однако эффективность применения систем РАЗ в значительной степени ограничивается возможностями существующих технических средств, в то время как растущие потребности практики требуют существенного улучшения основных характеристик станций. Требуется улучшать основные показатели качества систем зондирования: точность измерений, дальность действия, помехозащищенность, оперативность получения оценок.

Используемые в настоящее время в системах РАЗ методы обработки сигналов представляют собой эвристические поисковые методы оценки энергетического параметра сигнала, которые условно можно разделить на методы с подстройкой и без подстройки частот зондирующих колебаний. Методы с подстройкой частот зондирующих сигналов требуют большого количества времени для зондирования, а результаты измерений, получаемые с использованием существующих алгоритмов без подстройки частоты зондирующих сигналов, сопровождаются значительными по величине систематическими погрешностями: получаемая температура атмосферы отличается от истинной на 1-2 градуса.

В работе синтезирован и проанализирован оптимальный алгоритм обработки сигналов систем РАЗ атмосферы, который позволяет оценивать энергетический параметр расстройки условия Брэгга. При этом в качестве модели радиоакустического локационного канала используется функция рассеяния. Проведено также исследование свойств зондирующих сигналов систем РАЗ и показано влияние вида зондирующих сигналов на качество оценок параметров атмосферы, получаемых системами РАЗ.

В системах РАЗ процесс рассеяния электромагнитного сигнала на акустической волновой посылке является частотозависимым, определяется и описывается функцией рассеяния используемых звукового и радиосигнала. В качестве информативного параметра принятых сигналов целесообразно использовать величину, характеризующую степень расстройки условия Брэгга, которая однозначно функционально связана со скоростью звука. Задача оценки скорости звука в соответствии с синтезированным алгоритмом сводится к оценке параметра, который выступает как энергетический параметр, характеризующий оба составляющие векторного зондирующего колебания и состояние среды.

Предложенный метод обработки рассеянных сигналов систем РАЗ, учитывает преобразования, которым подвергается радиосигнал при распространении в локационном радиоакустическом канале и включает оптимальную линейную обработку получаемых оценок параметров атмосферы.

Суть работы алгоритма заключается в вычислении корреляционных интегралов между принятой реализацией отраженного радиосигнала и парой опорных колебаний, сформированных с использованием функции рассеяния. Такой алгоритм обработки позволяет устраниТЬ систематические погрешности в измерении параметров атмосферы радиоакустического системами, связанные с изменением параметра расстройки условия Брэгга на трассе распространения зондирующих сигналов и повышает оперативность измерения параметров атмосферы.

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБСТАНОВКИ НА ЭКРАНЕ МУЛЬТИМЕДИЙНОГО СТРЕЛКОВОГО ТРЕНАЖЕРА**

Иванов А.В.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Карташов В.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua, факс (057) 702-15-87

The paper developed and investigated a mathematical model of forming a dynamic environment for a multimedia shooting simulator designed to perform entertainment functions or to train employees of special units. The simulation algorithm includes: modeling the sequence of moments of time and coordinates of the points of appearance of targets; determination of one of the set of specified types of targets; selection of the target moving speed within the screen; definition of the type of trajectory: a straight line section, a straight line section and a turn, a straight line section and two turns, and the parameters of the selected path.

Мультимедийные системы имеют уникальную возможность предоставлять огромное количество полезной информации в максимально удобной и доступной форме. Именно благодаря этому они находят широкое применение в различных сферах деятельности: в науке, образовании, профессиональном обучении.

Такие мультимедийные системы называют мультимедийными тренажерами. Они нашли применение при обучении управлению транспортными средствами, при обучении персонала для управления сложными производственными процессами, или процессами, которые связаны с повышенной опасностью, отработки действий в экстремальных ситуациях.

Особое внимание подобным системам уделяют также силовые структуры, используя их для подготовки различных специализированных отрядов. Востребованы мультимедийные стрелковые тренажеры (МСТ) и в области спорта, при подготовке и тренировке спортсменов различного профиля: биатлонистов, пятиборцев, стрелков.

Большой интерес к разработке МСТ объясняется тем обстоятельством, что при их использовании в процессе тренировок резко возрастает эффективность обучения, сокращаются сроки обучения, может быть достигнута значительная экономия материальных и денежных ресурсов, обеспечивается безопасность в процессе обучения без пулевой стрельбы.

Переход от пулевой стрельбы с выбросом химических продуктов горения пороха и загрязнением окружающей местности свинцом в ее имитацию полностью снимает проблемы экологии и защиты окружающей среды.

Универсальный МСТ обеспечивает формирование навыков стрельбы из огнестрельного оружия, а также из макетов оружия с лазерными вставками. Стрелок производит выстрел из огнестрельного или пневматического оружия по экрану, на который проецируется изображение видеомишеней, либо видеосюжеты, хранящиеся в памяти компьютера. В тканевом или пленочном экране образуется пробоина.

Назначение и возможности МСТ определяются в значительной степени содержанием проецируемых на экран видеосюжетов или видом используемых мишеней. При этом могут использоваться различные типы мишеней – обычная, с концентрическими кругами, грудная мишень человека и др. Перемещаться мишени могут по различным траекториям, например, дискретно из одной точки экрана в другую, либо плавно в пределах экрана по траектории определенного вида: по прямой, параболе, по отрезкам прямых, сопряженных с виражами.

Содержание проецируемого на экран изображения называют динамической обстановкой. В работе разработана и исследована математическая модель формирования динамической обстановки для мультимедийного стрелкового тренажера, предназначенного для выполнения развлекательных функций или для тренировки сотрудников специальных подразделений. Алгоритм моделирования включает:

-моделирование последовательности моментов времени и координат точек появления мишеней;

-определение одного из совокупности заданных типов мишеней;

-выбор скорости перемещения мишени в пределах экрана;

-определение вида траектории: прямолинейный участок, прямолинейный участок и вираж, прямолинейный участок и два виража, и параметров выбранной траектории.

Моменты времени появления мишеней в зоне экрана МСТ образуют случайный поток событий. В установившемся режиме работы МСТ на достаточно продолжительном интервале времени этот поток можно представить в виде потока однородных событий, обозначаемых  $t_{01}, t_{02}, \dots, t_{0k}$ .

Кроме моментов времени появления мишеней, осуществляется также моделирование координат точки появления каждой цели в зоне экрана МСТ. Появление и перемещение целей на экране МСТ имеет случайный характер. Прямоугольные координаты целей получаются при помощи формирования псевдослучайных чисел.

Разработанные в работе математические модели позволяют формировать динамическую обстановку на экране МСТ в соответствии с предъявляемыми к комплексу требованиями.

# **МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ ЛЕТАЮЩИХ РОБОТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК**

Емец В.С.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Карташов В.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua, факс (057) 702-15-87

The methods of direction finding of unmanned aerial vehicles in radar or acoustic systems designed to detect and measure the coordinates of aircraft are considered. The advantages and disadvantages of the varieties of the main direction finding methods implemented using antenna arrays are considered. It is shown that modern methods and algorithms with superresolution, implemented using adaptive antenna arrays, allow us to solve the problem of determining the coordinates of several sources separated by a sufficiently small angular distance.

Значительное развитие в последнее время беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) позволяет выполнять с высокой эффективностью ряд важных народнохозяйственных задач. В то же время это значительно расширило возможности правонарушителей и организованных групп в области терроризма, организованной преступности, транспортировки и распространения наркотиков, контрабанды, слежения за отдельными лицами и организациями. В соответствии с этим возникают задачи обнаружения, оценки координат и параметров движения БПЛА по их акустическому излучению или по характеристикам отраженного от них радиолокационного сигнала [1].

Наиболее эффективные методы решения задачи обнаружения БПЛА реализуются с использованием антенных решеток (АР). Адаптивная антенная решётка (ААР) представляется собой систему, состоящую из многоэлементной АР и адаптивного процессора, осуществляющего подстройку весовых коэффициентов в диаграммообразующей схеме.

Структура адаптивного процессора в сильной степени зависит от полноты априорной информации об условиях приема сигнала. По мере того, как количество априорной информации об условиях приема сигнала уменьшается, все большее значение приобретает алгоритм управления. Адаптивный процессор должен обладать способностью автоматического подстройки к любым изменениям условий приема сигнала. Если какие-либо сведения при условии приема сигнала оказываются известными или могут быть разумно сформулированы, то такая информация может стать полезной для определения структуры адаптивного процессора.

Если фаза и амплитуда огибающей сигнала практически не меняется при прохождении волны через апертуру АР, тогда сигнал можно считать узкополосным в пространственно-временном смысле. В этом случае временная задержка сигнала может рассматриваться как фазовый сдвиг

гармонического колебания с частотой несущей. Это позволяет разделить пространственно-временную обработку на пространственную и временную, которую можно выполнять в произвольном порядке. Пусть имеется АР, состоящая из  $N$  элементов, которая принимает сигналы от  $N$  точечных источников с известными углами прихода  $\theta_1, \theta_2, \theta_M$ , где  $\theta_m$  – азимут  $m$ -го источника сигнала с несущей частотой  $\omega$ . Тогда принимаемый  $n$ -м элементом АР сигнал, может быть представлено в виде

$$\vec{x}(t) = \sum_{m=1}^M a(\theta_m) \cdot S_m(t) + \vec{n}(t), \quad (1)$$

де  $\vec{x}(t) = [x_1(t), \dots, x_m(t)]^T$  – вектор сигналов, принимаемых элементами АР;  $\vec{a}(\theta_m) = [e^{-j\psi_1(\theta_m)}, e^{-j\psi_2(\theta_m)}, \dots, e^{-j\psi_N(\theta_m)}]^T$  – управляющий вектор, элементы которого определяются фазовыми набегами  $m$ -го сигнала на  $n$ -й антенный элемент;  $S_m(t)$  – сигнал  $m$ -го ИАВ;  $\vec{n}(t) = [n_1(t), n_N(t)]^T$  – шумовой вектор, который включает в себя внешний шум, принимаемый  $n$ -м элементом АР, и шум  $n$ -го канала приема.

Методы определения направления прихода сигналов с использованием ААР делят на классические и методы сверхразрешения [2]. Основное достоинство таких алгоритмов состоит в том, что они позволяют определять количество и угловые координаты ИАИ, не прибегая к перемещению ДНА, а используя лишь алгоритмические способы обработки принимаемых сигналов. Кроме того, современные спектральные методы являются аддитивными к входным данным. Как правило, в качестве исходных данных в них используется корреляционная матрица сигналов, принимаемых антенной решёткой (АР) [3].

Современные методы и алгоритмы со сверхразрешением, реализуемые с использованием аддитивных антенных решёток, позволяют решать задачу определения координат нескольких ИАИ, разнесенных на достаточно малое угловое расстояние, при условии, что отношение сигнал-шум велико, а отклонение амплитудно-фазового распределения в раскрытии реальной антенной системы от модельного пренебрежимо мало [4].

### Перечень ссылок

1. Кошкин Р.П. Беспилотные авиационные системы. – М.: Изд-во «Стратегические приоритеты», 2016. - 676 с.
2. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Аддитивные антенные решётки: Введение в теорию: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.
3. Баланис Константин А., Иоанидес Панайотис И. Введение в смарт-антенны. - Москва: Техносфера, 2012. – 200 с.
4. Макаров Е.С. Анализ углового сверхразрешения источников электромагнитного поля в многоканальных системах с малой апертурой. – Воронеж, 2009. – 167 с.

# АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРЫ СИСТЕМАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Кравченко М.М., Воронин В.В.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Карташов В.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua, факс (057) 702-15-87

The combined use of acoustic and radio acoustic systems for remote sensing of the atmosphere can improve the accuracy of the medium temperature by complex processing of the data obtained with their help, which contain information about the functionally related parameters – wind speed and sound speed. The use of the obtained expressions in the report for interpreting the results of probing is especially effective when determining the inclined temperature profiles by a combined acoustic-radio locator system.

В настоящее время значительное развитие получили методы и системы дистанционного акустического, радиоакустического и радиолокационного зондирования атмосферы [1].

Каждый из известных методов зондирования имеет некоторую определенную область своих возможностей, которые в общем случае не совпадают. В связи с этим открывается возможность для совместного использования систем различного вида, с целью повышения информативности получаемых данных зондирования при их совместной обработке и интерпретации результатов при решении различных прикладных задач.

Совместное использование акустических и радиоакустических систем зондирования атмосферы позволяет повысить точность оценивания температуры среды путем комплексной обработки получаемых с их помощью данных, которые содержат информацию о функционально связанных между собой параметрах - скорости ветра и скорости звука.

В докладе показано, что выражение для вычисления радиальной скорости ветра  $V$  в системах акустического зондирования следует записывать в таком виде

$$V = \frac{a_K \sqrt{T} f_d}{2f_s - f_d}. \quad (1)$$

где  $f_d$  – доплеровский сдвиг частоты;

$f_s$  – частота зондирующего акустического сигнала;

$a_K$  – коэффициент, слабо зависящий от состава воздуха и его влажности.

Проведенный анализ показал, что первое выражение в (2) для обработки результатов измерений акустического зондирования и второе

выражение, используемое для обработки результатов измерений станции радиоакустического зондирования, совместно представляют собой систему двух уравнений с неизвестными величинами  $V$  и  $T$

$$\begin{cases} f_d = \frac{2Vf_s}{a_K \sqrt{T_0} + V}, & f_{de} = \frac{2(a_K \sqrt{T_0} + V)f_e}{c}, \end{cases} \quad (2)$$

где  $f_{de}$  – доплеровское смещение частоты радиосигнала,  $f_e$  - частота зондирующего радиосигнала,  $c$  - скорость распространения радиоволн;  $T_0$  - температуры среды.

Из выражений (2) следует формула для вычисления значений радиальной скорости ветра в совместной системе дистанционного зондирования

$$V = \frac{f_d f_{de} c}{4 f_s f_e}. \quad (3)$$

Выражение для вычисления температуры  $T_0$  среды, полученное из второго уравнения (2), записывается в виде

$$T_0 = \left( \frac{f_{de} c}{2 f_e} - V \right)^2 \frac{1}{a_K^2}. \quad (4)$$

В соотношении (4) параметр  $a_K$  является единственным источником методической погрешности, которая определяется неопределенностью вдоль трассы зондирования влажности среды.

Проведенный анализ показывает, что при акустическом зондировании атмосферы следует использовать выражение (1), которое позволит уменьшить погрешности определения радиальной скорости ветра. В комбинированной системе радиоакустический- акустический локатор для вычисления скорости ветра и температуры следует использовать соответственно выражения (3) и (4). Использование полученных выражений для интерпретации результатов зондирования особенно эффективно при определении наклонных профилей температуры комбинированной системой.

#### Перечень ссылок

1 Карташов В.М., Тихонов В.А. и др. Обработка сигналов в радиоэлектронных системах дистанционного мониторинга атмосферы. - Харьков: ХНУРЭ, 2014. - 312 с.

# **АНАЛИЗ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ НАЗЕМНЫХ РОБОТОВ**

Ленский Р.В.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Карташов В.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua, факс (057) 702-15-87

Ground mobile robots are designed to perform a wide range of tasks and require an advanced and sophisticated internal navigation and control system to effectively perform the functions assigned to them. An analysis of the literature shows that there are four different technical approaches to the design of technical vision devices for mobile ground robots: methods based on the use of a camera; laser scanning systems; GPS-based methods; ranging devices ranging (based on radar, sonar, laser principles).

Мобильные роботы получили в настоящее время широкое распространение во многих областях человеческой деятельности. Наземные мобильные роботы предназначены для выполнения широкого круга задач: разведки на местности, работ в загрязненных зонах, выполнения боевых действий, и требуют для эффективного выполнения возложенных на них функций развитой и совершенной внутренней системы навигации и управления.

Исследование возможности автоматической навигации мобильного робота (МР) является чрезвычайно актуальной задачей для современной науки. Есть несколько существенно различающихся подходов к решению этой проблемы: использование прямого контакта сенсорного элемента с заранее заданным направлением курса [1] (дискретный магнитный, постоянный индукционный или просто визуальный), использование видеокамер для имитации бинокулярного зрения человека, разнонаправленное зрение на базе видеокамер. Однако ни одна из указанных систем не является универсальной, готовой к применению на любом мобильном объекте, в любой незнакомой среде без предварительной подготовки. Классический подход к управлению мобильным роботом использовал последовательную стратегию МСПД (модель, сенсор, планирование, действие) с низким быстродействием, приводящую к полному отказу системы при неполадках одного из модулей.

Анализ литературных источников показывает, что существует четыре различных технических подхода к проектированию устройств технического зрения мобильных наземных роботов:

- методы на основе использования видеокамер;
- лазерные сканирующие системы;
- методы, основанные на использовании системы навигации GPS;

- разнообразные устройства дальнометрии (основанные на радиолокационном, гидролокационном, лазерном принципах).

Последний вариант построения системы не может быть независимой основой для создания завершенной системы машинного зрения, т.к. по своей физической природе может только оценить расстояние до "осредненного объекта", а не реконструировать его поверхность по точкам.

Также следует упомянуть, что вполне самостоятельными преимуществами обладают методы, основанные на детекции наличия факта движения (либо квазистатических перемещений) внутри сектора зрения, что делает их достаточно полезным вспомогательным элементом в эффективной системе технического зрения (СТЗ).

Беспроводные системы определения местоположения, основанные на системах связи GSM и CDMA, включающие определение соты, угол прихода сигнала и разницу по времени прихода, могут обеспечить достаточно хорошие возможности. Однако они не способны произвести высокоточное позиционирование, так как не предназначены для решения задач навигации. Полевые испытания с использованием сетевых методов позиционирования показали приблизительную экспериментальную точность двумерных координат в пределах от 5 до 500 м [1].

3-Д датчики, основанные на лазерном сканировании и геометрических методах, таких, например, как триангуляция, получили широкое развитие в приложениях машинного зрения благодаря своей надежности и простоте. Однако, для расширения функциональных применений этих лазерных датчиков, все же необходимы мощные встроенные дополнительные алгоритмы для эффективной обработки измеренных ими данных, зависящих, как правило, от конкретных случаев применения.

Используются также системы навигации роботов при реконструкции поверхностей на основе GPS. Эти системы имеют отличную техническую поддержку и способны выдавать высокое разрешение координат объектов в статическом состоянии, но динамические погрешности любой GPS-системы непредсказуемы. По этой причине большинство GPS-навигаторов применяют другие комбинированные методы для уменьшения подобных погрешностей с использованием осреднения различных статистических данных. Эти методы даже иногда исключают GPS-системы как менее информативные по сравнению с другими датчиками (сканеры, радары, дальномеры).

#### Список литературы

1. Карташов В.М., Тихонов В.А. и др. Обработка сигналов в радиоэлектронных системах дистанционного мониторинга атмосферы. - Харьков: ХНУРЭ, 2014. - 312 с.

# **ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ВЗАЄМНОЇ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ФУНКЦІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КУТОВИХ КООРДИНАТ МАЛОРОЗМІРНИХ БПЛА**

**Шевченко П.Д.**

Науковий керівник – к. т. н., проф. Олейніков В. М.

Харківський національний університет радіоелектроніки (61166, г. Хаکрів,  
просп. Науки, 14, каф. МІРЕС, тел. (057) 702-15-87)

e-mail: d\_res@nure.ua, факс (057) 702-11-13

Investigation of the effectiveness of the algorithm for determining the direction of arrival of UAV using the method of mutual correlation function (MVKF), where the estimation of angular coordinates on the target is carried out with the time shift of the maximum of the mutual correlation function.

У сучасному світі така технологія, як БПЛА (безпілотний літальний апарат), має дуже важливу властивість – це низький рівень помітності. Такій рівень досягається за допомогою наступних засобів[1]:

виготовлення БПЛА з композитних матеріалів;

досягнення малої ефективності поверхні розсіювання (ЕПР) у радіодіапазоні;

двигуни БПЛА не гріються до високої температури та випромінюють мало тепла;

В роботі досліджується акустичного випромінювання БПЛА та ефективність алгоритма визначення напряму приходу з використанням методу взаємної кореляційної функції (МВКФ), де визначення пеленга на ціль здійснюється за часовим зсувом максимуму взаємної кореляційної функції. За допомогою мікрофонних решіток (МР) з чотирьох вимірювальних конденсаторних мікрофонів Superlux ECM – 999, що мають кругову діаграму спрямованості, можливо здійснити запис сигналів АВ БПЛА. Виходи цих мікрофонів підключаються до входу зовнішньої чотириканальної звукової карти Behringer U – Phoria UMC404HD. Це дозволяє підсилити електричні сигнали малошумними мікрофонними підсилювачами та перетворити до цифрової форми з частотою дискретизації  $F_s = 48\text{кГц}$  і розрядністю 24 біти. Джерелом для АВ використовується квадракоптер DJI Phantom 3.

Устаткування для вимірювання розміщене на плоскій поверхні даху п'ятиповерхового учебного корпусу ХНУРЭ. Висота плоскої поверхні даху над поверхнею землі  $h_3 = 19\text{м}$ . Під час сеансів вимірювань відстань квадракоптера DJI Phantom 3 від МР  $r = 10\text{м}$  ( $r = 30\text{м}$ ), висота над рівнем даху  $h_2 = 4\text{м}$ , висота МР над рівнем даху  $h_1 = 1.5\text{м}$ .

Напрям ДС МР на квадракоптер по кутомірному відліковому пристрою встановлюється на  $0^\circ$ . Амплітуда "рискання" квадракоптера відносно точки зависання, обумовлена поривами вітру, не перевищувала

0.5 м.

Вимір характеристики пеленгації шляхом повороту МР в секторі кутів  $90^\circ \dots -90^\circ$  проводився після виведення квадракоптера в позицію зависання.

Результат оцінки пеленга на БПЛА в сеансі повороту МР по алгоритму МВКФ на віддаленні 30 м, без попередньої обробки, представлений на рис. 1а.

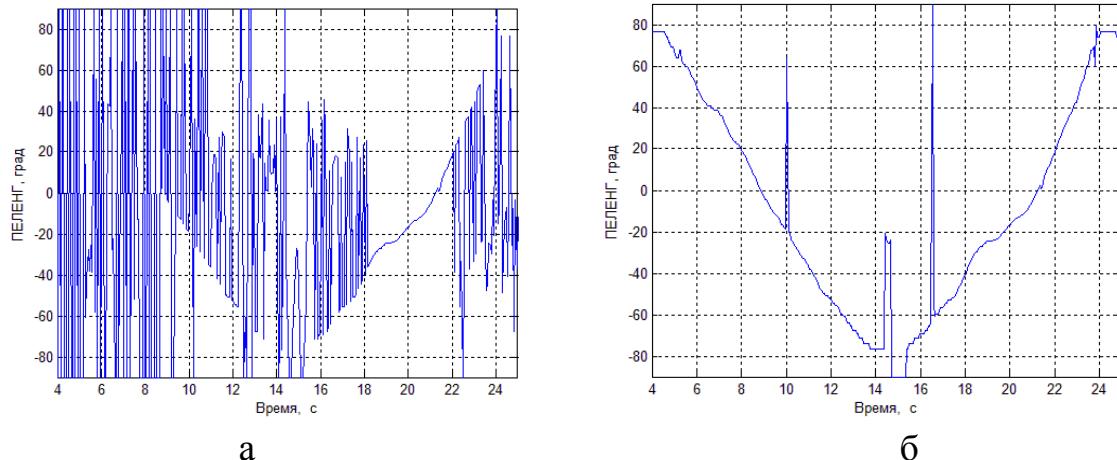


Рисунок 1 – Результат оцінки пеленга

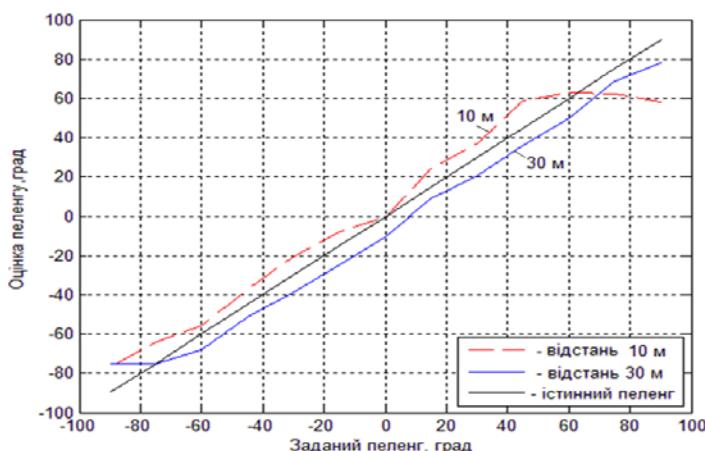


Рисунок 2 – Характеристики пеленгації

проведених вимірів побудовані характеристики пеленгації, отримані з використанням алгоритму МВКФ, при віддаленні БПЛА на 10 м і 30 м (рис. 2).

Перелік посилань:

Бойко, А. И. Области применения беспилотников / Бойко А. И. // [Электронный ресурс]. Режим доступа: www. URL: <http://robotrends.ru/robopedia/oblasti-primeneniya-bespilotniko/> – 25.10.2017.

Александров В.Л. Воздушные винты / В.Л. Александров. – М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1951. – С. 376–377.

Для підвищення ефективності роботи алгоритму МВКФ необхідно зменшити вплив низькочастотних завад, обумовлених природними шумами. Після застосування фільтрації сигналу ФВЧ з частотою зрізу 700 Гц результат визначення пеленга представлений на рис. 1б.

За результатами

# БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНА РАДІОЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ДЛЯ ТРЕНУВАНЬ БІАТЛОНІСТІВ

Пенчук А.Е.

Науковий керівник - к.т.н., проф. Сідоров Г.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, пр. Науки 14, кафедра МІРЕС, т. 70-21-587

email: d\_res@nure.ua

The developed laser infantry simulator, in contrast to foreign analogues, provides the protection of athletes and spectators from laser radiation, since the laser emitter is activated only if the rifle is directed to the target, and its price, taking into account the production in Ukraine, will be lower

У зв'язку з цим за пропозицією Федерації біатлону України в Харківському національному університеті радіоелектроніки під керівництвом професора кафедри МІРЕС Сідорова Г.І. розробляє Обґрунтування соціальної значущості та суспільної користі проекту

На лазерний стрілецький тренажер отримано 9 патентів України, підготовлені ще 2 заявки.

Відомо, що в біатлоні кількість очок учасникам змагань нараховується за двома показниками: часом проходження траси і кількістю результативних пострілів по мішені. Боротьба за мінімізацію часу, витраченого на проходження траси, призводить до збільшення пульсу спортсмена, що негативно впливає на результативність стрільби. Частота пульсу залежить не тільки від швидкості біга але й від динаміки руху спортсмена.

В ході роботи була розроблена структурна схема

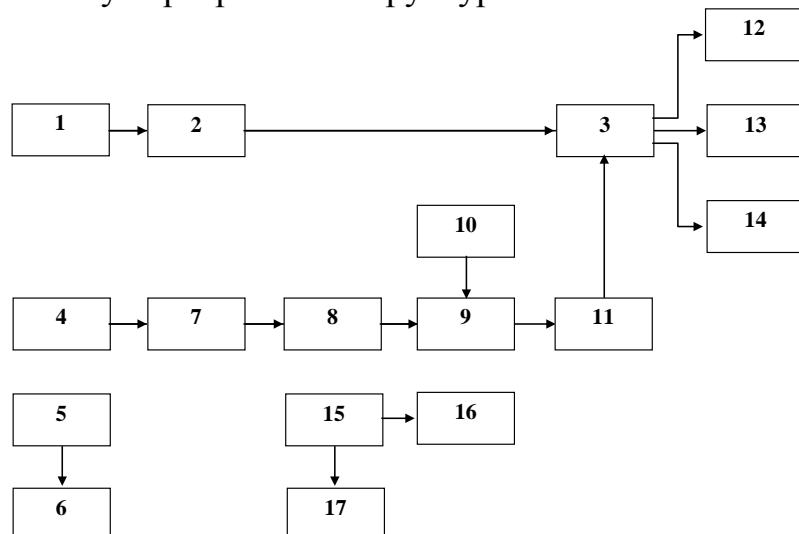


Рис. – Структурна схема комплексу

Багатофункціональна радіоелектронна система для тренувань біатлоністів працює наступним чином. На початку тренування спортсмен вмикає цифровий давач пульсу - 4 та перший радіопередавач – 7. Тренер

вмикає відеокамеру – 10, перший радіоприймач – 8 і другий радіопередавач – 9, другий радіоприймач – 11, відеоекран – 12, електронну мішень -2 та інформаційні цифрові табло. Спортсмен добігши до стрілецького рубежа, натискає на спусковий гачок зброї – 1 і лазер випромінює. Електронна мішень – 2 сприймає випромінювання та в разі влучення результат заноситься в реєстратор – 3 та відображається на цифровому індикаторі – 4. Одночасно в другу частину реєстратора через перший радіопередавач – 7, перший радіоприймач – 8, другий радіопередавач – 9, другий радіоприймач – 11 в реєстратор – 3 надходить інформація про частоту пульсу спортсмена, запам'ятовується та відображається на цифровому індикаторі пульсу – 13. Динаміка руху спортсмена спостерігається відеокамерою – 10 і через радіопередавач – 9 і радіоприймач 11 передається в реєстратор 3 і виводиться на відеоекран – 12. За допомогою третього радіопередавача – 15, підключенного до мікрофона – 17 і третього радіоприймача – 16, тренером передаються команди щодо корекції динаміки руху спортсмена.

Розроблений лазерний стрілецький тренажер на відміну від зарубіжних аналогів забезпечує захист спортсменів і глядачів від лазерного випромінювання, оскільки лазерний випромінювач активується тільки в разі наведення гвинтівки на мішень, а його ціна, враховуючи виробництво в Україні, буде нижче.

Програмно можуть бути враховані специфічні відмінності стрільб з лазерного і бойової зброї: затримка між пострілом і попаданням в мішень, зміщення кулі по вертикалі за рахунок сили тяжіння, знесення кулі горизонтальним вітром.

Використання лазерних імітаторів замість вогнепальної зброї відповідає поглядам на цю проблему Міжнародного союзу біатлоністів, оскільки це забезпечує безпеку під час тренувань і змагань і значну економію коштів за рахунок скорочення витрат на боєприпаси в 3-4 рази. Вартість одного патрона калібру 5,45 для спеціальних спортивних гвинтівок для біатлону близько 5 - 6 грн., А початківець біатлоніст повинен робити від п'яти до десяти тисяч пострілів в рік.

#### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

Патент на корисну модель №92312 від 01.08.2014 «Лазерний стрілецький тренажер»

Патент на корисну модель №92312 від 01.08.2014 «Удосконалена оптико-електронна мішень стрілецького тренажера»

Патент на корисну модель №117009 від 19.04.2017 «Удосконалений лазерний стрілецький тренажер»

Патент України №120946, МПК А 61 В 5/02, F 41 J 5/00, публ. 27.11.2017, Бюл. № 22, 2017 «Радіоелектронний пристрій для тренування біатлоністів»

# **АКУСТИЧНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ В АТМОСФЕРНОМУ ПРИКОРДОННОМУ ШАРІ**

Руденок С.І.

Науковий керівник - к.т.н., проф. Сідоров Г.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, пр. Науки 14, кафедра МІРЕС, т. 70-21-587

email: d\_res@nure.ua

Monitoring is an important component of the environmental quality management system, as it provides for adequate information on the specific features and effects of human interaction with the environment. Strengthening of forecast monitoring functions, in particular on atmospheric air, is a prerequisite for choosing an optimal urban planning scenario.

Моніторинг є важливою складовою системи управління якістю довкілля, оскільки передбачає належне інформування про конкретні особливості й наслідки взаємодії людства з навколошнім середовищем. Посилення прогнозних функцій моніторингу, зокрема по атмосферному повітря, є необхідною умовою при виборі оптимального сценарію містобудування. Таке завдання повинне розглядатися комплексно з урахуванням природно-ресурсного і промислового потенціалу, ефективності природоохоронних заходів і медико-біологічних показників (здоров'я населення).

Погода і клімат планети визначаються різноманітними процесами в атмосфері. Для вірогідного прогнозування поведінки атмосфери необхідно знати її характеристики на різних висотах, в різних районах, в різні моменти часу. Останнім часом великий розвиток отримали методи дистанційного зондування атмосфери електромагнітними, звуковими і оптичними хвилями. Для вимірювання параметрів різних об'єктів радіо-, акустичними і лазерними локаторами необхідно точно розраховувати траєкторії руху і швидкість поширення хвиль різного типу. Для цього потрібно обчислювати показники коефіцієнта заломлення середовища атмосфери, які визначаються значеннями температури і вологості повітря.

Пристрій призначено для дистанційних досліджень атмосферного прикордонного шару способом акустичної локації. Погода і клімат планети визначаються різноманітними процесами в атмосфері. Для вірогідного прогнозування поведінки атмосфери необхідно знати її характеристики на різних висотах, в різних районах, в різні моменти часу. Останнім часом великий розвиток отримали методи дистанційного зондування атмосфери електромагнітними, звуковими і оптичними хвилями.

Відомий “Спосіб акустичного зондування атмосфери і пристрій для його здійснення” (Авторське свідоцтво СРСР №834652. МПК G01W1/06, G01P5/00. Публ. 30.05.1981. Бюл. №20). Пристрій для здійснення цього способу містить приймально-передавальну антенну з гучномовцями,

передавач і приймач, з'єднані з антеною через комутатор приймання - передавання.

Недоліком є обмежені функціональні можливості з-за того, що пристрій дозволяє лише виявити неоднорідності в зоні огляду і не здійснює будь-які кількісні вимірювання.

Розглянемо пристрій для визначення параметрів турбулентності в атмосферному прикордонному шарі (Патент UA №121159 МПК G01S 13/95, G01W 1/06. Публ. 27.11.2017. Бюл. №22). Пристрій містить приймально- передавальну антenu, комутатор, передавач і приймач, вихід приймача з'єднаний зі входом блока стробування, до виходу якого підключені квадратичний детектор і лінійний детектор, з'єднані з блоками інтегрування і усереднення, підключенного після лінійного детектора, квадратичний детектор. Вихід першого блока інтегрування і усереднення і вихід квадратора підключені до входів блока обчислень і реєстрації. Недоліком також є обмежені функціональні можливості тому, що пристрій не дозволяє вимірювати вологість повітря.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАЛЬ

Пристрій для визначення параметрів турбулентності у атмосферному прикордонному шарі Патент UA №3818

Радіоакустичний спосіб вимірювання параметрів вітру і пристрій для його здійснення Патент UA №3819

Берлянд М. Е. Атмосферная диффузия и структура воздушного потока над неоднородной подстилающей поверхностью / М. Е. Берлянд, Е. Л. Генихович, И. Г. Грачева // Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы / под ред. М. Е. Берлянд. – Ленинград, 1971. – С. 49 – 66.

Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примесей / [Дж. А. Бусингер, Х. Теннекес, Дж. К. Вингаард и др.] ; под ред. Ф. Т. М. Ньистадта, Х. Ван Допа ; пер. с англ. под ред. А. М. Яглома. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1985. – 351 с.

# **РАДІОЕЛЕКТРОННИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ТРЕНАУВАНЬ**

## **У СТРІЛЬБІ**

Сендецький В.А.

Науковий керівник - к.т.н., проф. Сідоров Г.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки

61166, Харків, пр. Науки 14, кафедра МІРЕС, т. 70-21-587

email: d\_res@nure.ua

The developed device refers to the technical means of training the shooting of small arms without the use of combat kits and can be used for training in the firing of various types of small arms in indoor and outdoor conditions. In addition, such a rifle simulator can be used in a variety of entertainment centers thanks to the possibility of organizing competitions with instant indication of results and the number of shots

Пристрій, що розробляється належить до технічних засобів навчання стрільбі із стрілецької зброї без застосування бойових набоїв і може бути використана для навчання у стрільбі із різних видів стрілецької зброї в умовах закритих приміщень та в польових умовах. Крім цього, такий стрілецький тренажер може використовуватися в різноманітних розважальних центрах завдяки можливості організації змагань з миттєвою індикацією результатів та кількості пострілів.

В ході роботи було проведено огляд уже існуючих прототипів:

Відомий стрілецький тренажер з оптико-електронним реєструючим пристроєм [патент РФ № 99117071, МПК F41G 3/26, публ. 27.05.2001], який містить джерело і приймач випромінювання, обчислювач, пристрій відображення результатів, блок керування випромінювачами, розташованими на екрані тренажера, підсилювачі фотострумів, комплект навчальної зброю із спусковим механізмом, спорядженим контактом, який замикає електричне коло при натисканні на спусковий гачок, та оптично-електронні перетворювачі, встановлені на дульному зрізі кожної зброї.

Оптично-електронний перетворювач містить прямокутну діафрагму, за якою з зазором встановлено фотоприймач випромінювання, вихід підсилювача фотоструму кожного комплекту зброї з'єднаний зі входом схеми фіксації максимального рівня сигналу, з'єднаного з аналогово-цифровим перетворювачем, вихід якого з'єднаний зі входом обчислювача.

Відома оптико-електронна мішень стрілецького тренажера [патент РФ №214712, МПК F41G 3/26, публ. 27.03.2000]. Суть корисної моделі у тому, що пристрій містить навчальну зброю із спусковим механізмом, спорядженим контактом, який замикає електричне коло при натисканні на спусковий гачок, лазерний випромінювач, установлений на зброї, екран тренажера, на якому лазерним випромінювачем формується світлова пляма, встановлений навпроти екрана оптико-електронний приймач, який містить дві пари смугових діафрагм, фотофонів і фотоприймачів,

розділених під кутом 90° один до одного, а також підсилювач фотоструму, схеми фіксації максимального рівня сигналу, аналогово-цифрові перетворювачі.

В ході роботи було розроблено структурну схему пристрою яку представлено на рис. 1

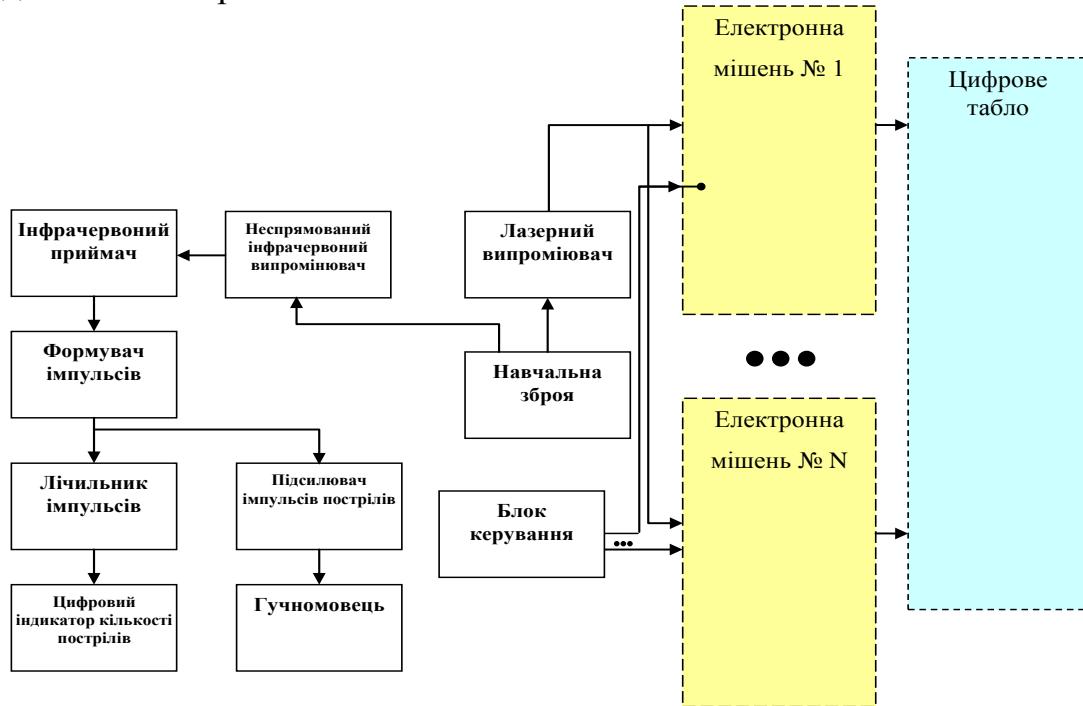


Рис. 1 Структурна схема радіоелектронного комплексу  
для тренувань у стрільбі

Система Працює наступним чином: спусковий механізм, споряджений контактами, який замикає електричне коло при натисканні на спусковий гачок, лазерний випромінювач, установлений на зброї, та електронну мішень, на екрані якої лазерним випроміненням формується світлова пляма, фільтр з кільцями різної прозорості, оптично пов'язаний з екраном фотодіод, на стволі зброї розташований не спрямований інфрачервоний випромінювач, який випромінює одночасно з лазерним випромінювачем, на мішенні.

Перелік посилань:

1. Електронний лазерний стрілецький тренажер Патент UA №83387
2. Лазерний стрілецький тренажер Патент UA №93312
3. Удосконалений лазерний стрілецький тренажер Патент UA №117009

# **СОЗДАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КВЕСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ**

Гречко А.В., Глубаковский Д.Д.

Научный руководитель – к.т.н. Колендовская М.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Науки 14, кафедра МИРЭС, т. 70-21-587  
email: d\_res@nure.ua

The project was created based on a children's folk tale and implemented in the style of a visual novel. The story is from the first person. The player can choose the course of events and take part in their development. The author's text is supplemented with illustrations. Dialogues in the story are voiced and reproduced upon appeal. The project was created with a system of extensive dialogues.

Понятие «квест» было известно еще в греческой мифологии и литературе. Дословно оно обозначало определенный способ создания сюжета – путешествие главного героя к конечной точке, встречая на пути различные сложности и решая задачи. На пути героя поджидают различные персонажи, которые могут как помочь в достижении цели, так и препятствовать ей. Структуры квестов могут быть разными:

из личной выгоды (когда герой получает вознаграждение лично для себя);

выполнение условий (когда для прохождения основной сюжетной линии, нужно выполнить несколько второстепенных заданий);

построенные на принятие выбора добра и зла.

Игровой квест – сюжетная игра Может быть реализована на компьютере или же в виде настольной игры), где вы примеряете роль главного героя, идете к выполнению основной задачи по сюжету и попутно разгадываете различные головоломки, получая информацию от других персонажей.

Такие ролевые игры имеют свою историю развития и классификацию.

Все началось с текстовых квестов (1970-е годы) – для управления героем использовали парсеры (анализаторы вводимого игроком текста), основанные на управляющих глаголах (идти вперед, повернуть направо, подняться по ступенькам и т.д.). Все описания окружения детально прорабатывались, чтобы дать полное представление о происходящем. Популярными были Colossal Cave Adventure, Охота на Вампира и Zork.

Развитие компьютерной техники и графических систем стало началом появления первых графических квестов (1980 г). Они по-прежнему управлялись текстовыми командами, но были дополнены изображениями, отражавшими происходящие. Полностью графическими

квесты стали в 1985. Разработчики перешли к принципу управления «point-and-click» (с помощью указателя посредством стрелок клавиатуры, джойстика или мышки. *Monkey Island* и *Space Quest*).

В начале 1990-х появляются квесты-головоломки. В них основной упор делается на решение логических задач, механизмов и загадок. При этом, сюжетная линия может быть схематической или вовсе отсутствовать. Здесь появляется возможность перемещения в пространстве не только игрока, но и некоторых объектов. Добавляют музыкальное сопровождение. *Myst* – первый в своем жанре был разработан в 1993 г братьями Миллерами.

Визуальные новеллы/романы – подвид текстового квеста, характерный для Японии. Существует множество видов и жанров, но суть остается одна: повествование со статическими или анимированными картинками и низкой интерактивностью. Игроку предлагается лишь изредка выбирать ход событий и ответы в диалогах.

В 2009 г появились первые видео-квесты на YouTube. Лондонская полиция запустила серию роликов под названием «Брось оружие!» (*Drop The Weapons*). В ней каждый игрок может сам выстраивать цепочку событий, выбирая варианты развития сюжета. Цель – попасть на вечеринку. Но если вы пошли по «ложному пути», есть все шансы оказаться в тюрьме. Миссия будет провалена!

В 2014-2015 годах появились аналоги таких квестов для нашей аудитории. Задача – выбраться из комнаты. При этом, вы можете быть пристегнуты к батарее, а выйдя на улицу, за вами организуют погоню. Тут главное выжить.

Сегодня уже никого не удивишь квест-комнатами. Они на каждом углу. В нашем университете радиоэлектроники квест – это отличная традиция и оригинальный способ познакомить первокурсников со структурой ВУЗа.

Наш проект написан по мотивам детской народной сказки и реализован в стиле визуальной новеллы. Повествование ведется от первого лица. Игрок может выбирать ход событий и наблюдать за их развитием. Авторский текст дополнен иллюстрациями. Диалоги в новелле озвучены и воспроизводятся при нажатии. Проект создан с системой разветвленных диалогов.

В дальнейшем, планируется добавление музыкального сопровождения. Введение мини-игр между этапами. Применение анимации к иллюстрациям и переходам на другие страницы. А также, появится возможность управлять диалогами героев.

Перечень ссылок:

[franch.biz/franch/file/4877/4877\\_chto-soderzhit-sts-kv-\(2\).pdf](http://franch.biz/franch/file/4877/4877_chto-soderzhit-sts-kv-(2).pdf)

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАЗОВЫХ ИСКАЖЕНИЙ АУДИОАППАРАТУРЫ НА КАЧЕСТВО ЗВУЧАНИЯ

Тушев В.О.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Шейко С.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua

The influence of phase distortions on the sound quality by the method of expert evaluations was investigated. As the initial sound fragments were chosen guitar, cymbals, soprano, tenor, pop music and symphony orchestra. A set of PFCs corresponding to run time differences from 10 to 160 ms at the LF and from 1 to 16 ms at the HF was generated. Listening was conducted in the studio through studio sound monitors. Dependences of an estimation of quality of sounding on size of phase distortions are received.

В оценке качества аудиоаппаратуры решающую роль играют искажения, которые имеют место при записи и воспроизведении звука. Традиционно большое внимание уделяют нелинейным и амплитудно-частотным искажениям [1,2]. Однако, фазовые искажения влияют на качество звучания не меньше, а в ряде случаев – даже больше, чем коэффициент гармоник и неравномерность АЧХ. В результате фазовых искажений сигналы разных частот сдвигаются один относительно другого во времени и форма результирующего сложного колебания искажается. Увеличение времени пробега ВЧ составляющих воспринимается как своеобразная «размытость» звучания. Фазовые искажения НЧ составляющих менее заметны на слух.

В данной работе описываются условия и результаты исследований влияния фазовых искажений на качество звучания методом экспертных оценок.

Сравниваемые звуковые фрагменты имели совершенно одинаковые характеристики, кроме характеристики группового времени запаздывания  $t_{cp}$  и разницы времени пробега  $\Delta t$

$$t_{cp}(\omega) = \frac{d\phi(\omega)}{d\omega}, \quad \Delta t_h = \left| \frac{d\phi}{d\omega} \right|_{\omega_h} - \left| \frac{d\phi}{d\omega} \right|_{\omega_{cp}}, \quad \Delta t_e = \left| \frac{d\phi}{d\omega} \right|_{\omega_e} - \left| \frac{d\phi}{d\omega} \right|_{\omega_{cp}}.$$

где  $\phi(\omega)$  – фазо-частотная характеристика (ФЧХ), согласно рекомендации МККТТ выбрана средняя частота 800 Гц.

В среде MATLAB был сформирован набор ФЧХ, соответствующих  $\Delta t_h = 10$  мс, 20 мс, 40 мс, 80 мс, 160 мс и  $\Delta t_e = 1$  мс, 2 мс, 4 мс, 8 мс, 16 мс. В качестве исходных звуковых фрагментов были выбраны как отдельные дорожки записи музыкальных инструментов, голоса, так и сведенные музыкальные композиции различных жанров. А именно: гитара, тарелки, сопрано, тенор, поп-музыка и симфонический оркестр. Таким образом

было подготовлено 6 исходных звуковых файлов и 60 файлов с фазовыми искажениями.

В качестве экспертов привлекались 10 студентов первого курса специальности "Системы, технологии и компьютерные средства мультимедиа", имеющие хороший музыкальный слух и интересующиеся звукозаписью. Прослушивание проводилось в студии телецентра ХНУРЭ через студийные звуковые мониторы.

Оценка качества фонограмм производилась по таким параметрам: пространственное впечатление; прозрачность; тембр; стереофоничность. Звуковые фрагменты демонстрировались вразброс, вне зависимости от величины фазовых искажений. Результаты экспертизы заносились в специальные протоколы, имеющие графы, соответствующие всем перечисленным параметрам. Оценка качества звучания производилась по пятибалльной шкале. Для формирования обобщённой оценки группы экспертов рассчитывалась средняя оценка (рис.1).

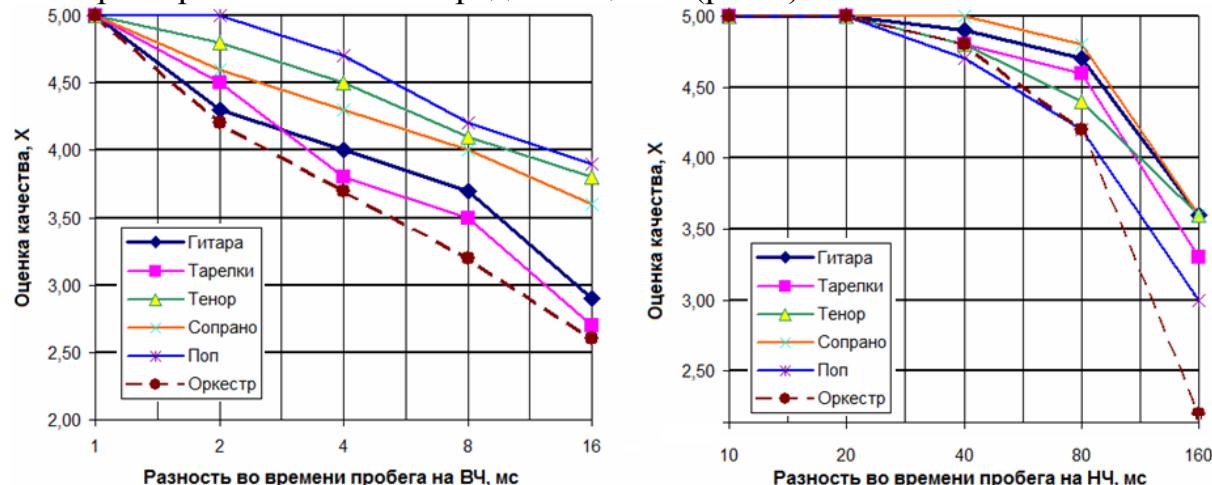


Рис.1. Обобщённые экспертные оценки качества звучания

Анализируя полученные графики, можно сделать следующие выводы. Порогом заметности фазовых искажений можно считать разницу во времени пробега более 1 мс на ВЧ и более 40 мс на НЧ. Фазовые искажения наиболее заметны на звуковых фрагментах, содержащих большое количество ВЧ: это тарелки музыкальных инструментов, женский вокал, симфонический оркестр. Жанр поп-музыки допускает больший уровень фазовых искажений без заметного ухудшения качества. Заметность фазовых искажений на НЧ для поп-музыки (на втором месте после симфонического оркестра) можно объяснить тем, что в исследуемой композиции присутствовало большое количество синтезированных НЧ звуков, неискажённое звучание которых было хорошо известно экспертам.

Список источников: 1. Радиовещание и электроакустика / [С.И. Алябьев, А.В. Выходец, Р. Гермер и др.]; под ред. Ю.А. Ковалгина. – М.: Радио и связь, 2000. – 792 с. 2. Алдошина И.А. Электроакустика и звуковое вещание / И.А. Алдошина, Э.И. Вологдин, А.П. Ефимов. – М.: Радио и связь, 2007. – 872 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕНСАЦИОННОГО МЕТОДА ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ В АКУСТИЧЕСКОМ ЛОКАТОРЕ

Приходько Г.С.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Шейко С.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua

The possibility of acoustic noise compensation arriving along the side lobes of the sodar receiving antenna is investigated. The adaptation system adjusts the linear noise filter coefficients to attenuate the noise components at the output of the subtractor. Used LMS-adaptive filtering algorithm (Least Mean Square). The filter is presented in the form of two quadrature channels, which makes it possible to compensate for the amplitude and phase of interference. The attenuation level was 25 dB at 1.2 kHz.

Акустические локаторы (содары) являются важными источниками информации о скорости, направлении ветра и степени турбулизированности воздушных масс на высотах до 1 км. Важным фактором, ограничивающим возможности содаров, являются внешние акустические шумы. Особенно заметно влияние шума в зоне аэропорта или в промышленных зонах.

В работе исследованы возможности компенсации акустических помех, приходящих по боковым лепесткам приемной антенны. Их можно компенсировать при использовании дополнительного канала приема. Компенсационный канал содержит отдельную антенну (рис.1), вспомогательный приемник и фильтр с изменяющейся передаточной характеристикой, которая подбирается таким образом, чтобы в отсутствии полезного сигнала минимизировать

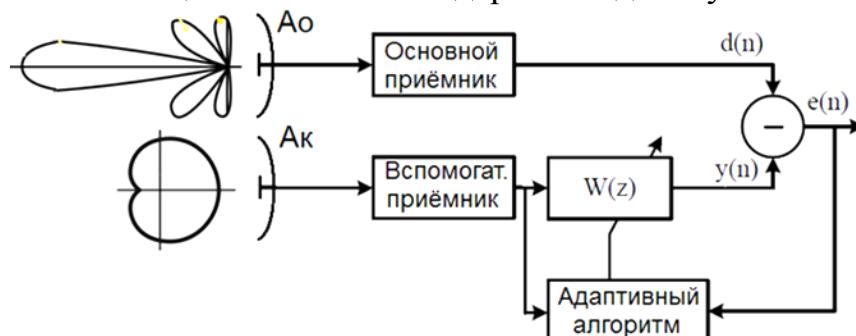


Рис.1

помехи на выходе вычитателя. Для эффективной компенсации помех основная антенна Ао должна быть узконаправленной. Для компенсационного канала можно применить всенаправленный микрофон, либо микрофон с кардиоидной ДН, направленный "нулем" в направлении зондирования.

Система адаптации подстраивает коэффициенты линейного фильтра помехи так, чтобы ослабить составляющие шума на выходе вычитателя. В работе использован LMS-алгоритм адаптивной фильтрации (Least Mean Square), широко используемый в различных аудиоустройствах. Его задача – получить минимум СКО сигнала ошибки на выходе, что соответствует

максимальной компенсации. Фильтр  $W(z)$  представлен в виде двух квадратурных каналов, что позволяет компенсировать амплитуду и фазу помехи (рис.2).

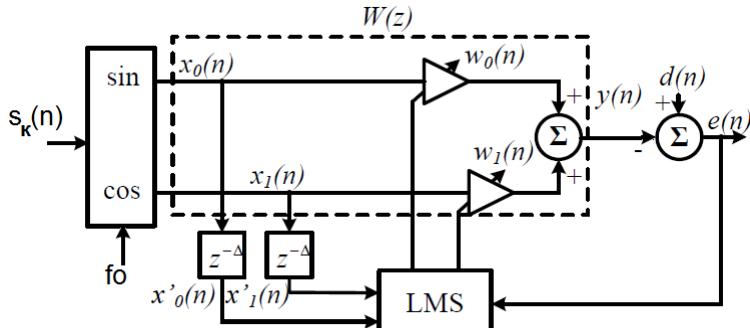


Рис.2

Проведен анализ уравнения для вектора весовых коэффициентов LMS адаптивного фильтра. Важным его параметром является шаг адаптации  $\mu$ . От него зависит скорость обучения фильтра, его устойчивость и эффективность подавления. Выполнение требований достигается, если  $\mu < 1$ . Было выбрано значение шага адаптации  $\mu = 0,01$ .

Исследование LMS алгоритма компенсации помехи было выполнено в среде LabVIEW. В качестве подавляемой помехи использовалась аудиозапись гармонического сигнала с частотой 1,2 кГц с белым шумом, отношение сигнал-шум около 20 дБ.

Получена кривая обучения LMS адаптивного фильтра (рис.3), т.е. зависимость СКО ошибки подавления от числа шагов адаптации.

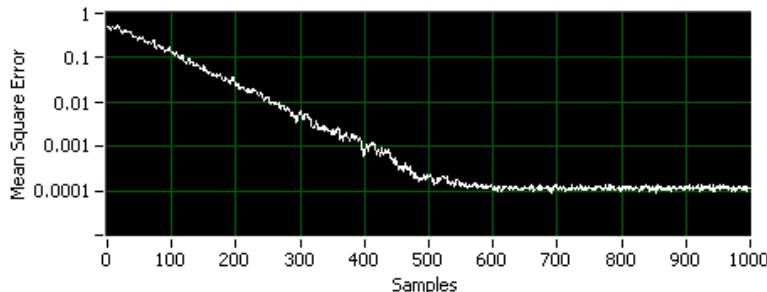


Рис.3

Исходные вектора весовых коэффициентов фильтра представляли собой нули. По мере увеличения шагов адаптации СКО ошибки подавления уменьшается и на 600-й выборке сходится к 10-4.

При частоте дискретизации 44,1 кГц это даст величину времени настройки 14 мс. Получена реализация коэффициентов фильтра, а также спектр и спектrogramма аудиозаписи реальной работы фильтра. Во время работы системы компенсации уровень ослабления помехи составил 25 дБ на частоте 1,2 кГц. Наибольшего подавления можно достичь при минимальной скорости изменения частоты помехи. В случае быстрого её изменения коэффициент подавления уменьшался с -25 дБ до -20...-18 дБ.

Список источников: 1. Дистанционные методы и средства исследования процессов в атмосфере Земли [Текст] / Под общ. ред. Б. Л. Кащеева, Е. Г. Прошкина, М. Ф. Лагутина. Харьков: Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники; Бизнес Информ, 2002. – 426 с. 2. Long, G., Ling, F., Proakis, J.G. The LMS algorithm with delayed coefficient adaptation, IEEE Trans. Signal Processing , vol. 37, no. 9, pp. 1397-1405, 1989.

# УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ПОДАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВОГО ШУМА ФОТО- И ВИДЕОКАМЕР

Крутко С.В.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Шейко С.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua

Traditionally for suppress of average matrix thermal noise use darkened lines and columns. It's assumed that the thermal noise in all pixels of the matrix is the same. For more effective suppression of thermal noise, it was proposed to subtract the average dark signal taking into account the mask, taking into account the uneven heating of the matrix. The mask was obtained using dark frame filtering with a Gaussian window. It allow to get rid of the noise emission in places of high temperature matrix.

Параметры телевизионных систем зависят от каждого узла тракта. Но, как и в каждой радиоэлектронной системе, наиболее ответственным звеном является начальное – матричный преобразователь свет-сигнал. От матрицы зависит уровень шума, чувствительность, динамический диапазон, разрешающая способность камеры [1,2].

Тепловой шум связан с нагревом сенсора и проявляется при длительной видеосъёмке, когда сенсор нагревается, а также на длинных выдержках при фотосъёмке. Традиционно среднее значение теплового шума подавляют с использованием затемнённых строк и столбцов, по которым вычисляют средний темновой сигнал  $\bar{s}_t$  и вычитают его из всех пикселей кадра:

$$s_1(x, y) = s(x, y) - \bar{s}_t. \quad (1)$$

В случае если  $s_1(x, y) < 0$ , то это значение приравнивают к нулю.

Действие такого шумоподавителя заметно на темновых кадрах камеры смартфона Xiaomi Redmi 5 (рис.1).

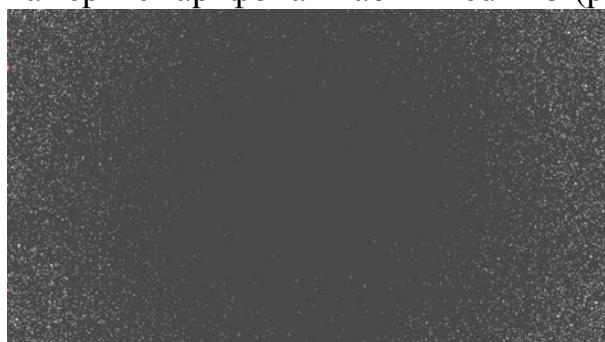


Рис.1

Обращают на себя внимание чёрные области между шумящими точками, что связано с обнулением пикселей с шумом ниже среднего.

Кроме того, распределение теплового шума по матрице неравномерно. Это характерно как для любительской, так и профессиональной аппаратуры.

Неравномерность шума, очевидно, связана с нагревом усилителя сигнала матрицы или другой электронной обвязки. Эффект виден как свечение в определённой части кадра, как правило, на краях.

Для более эффективного подавления теплового шума предлагается производить вычитание среднего теплового сигнала с учётом маски  $M(x, y)$ , учитывающей неравномерность нагрева матрицы:

$$s_l(x, y) = s(x, y) - \bar{s}_t \cdot M(x, y), \quad (2)$$

если  $s_l(x, y) < 0$ , то  $s_l(x, y) = 0$ . Для получения маски  $M(x, y)$  можно выполнить оконную фильтрацию темнового кадра  $s_t(x, y)$ :

$$M(x, y) = \frac{1}{XY} \sum_{i=-(X-1)}^{(X-1)} \sum_{j=-(Y-1)}^{(Y-1)} K(j, j) \cdot s_t(x+i, y+j), \quad (3)$$

где  $X, Y$  – размеры фильтрующего окна,  $K(j, j)$  – коэффициенты фильтра.

Практические исследования предложенного метода проведены в среде MATLAB. В качестве исходных изображений использованы темновые кадры камеры Nikon D800 (рис.2,а). Маска (рис.2,б) формировалась в соответствии с (3).

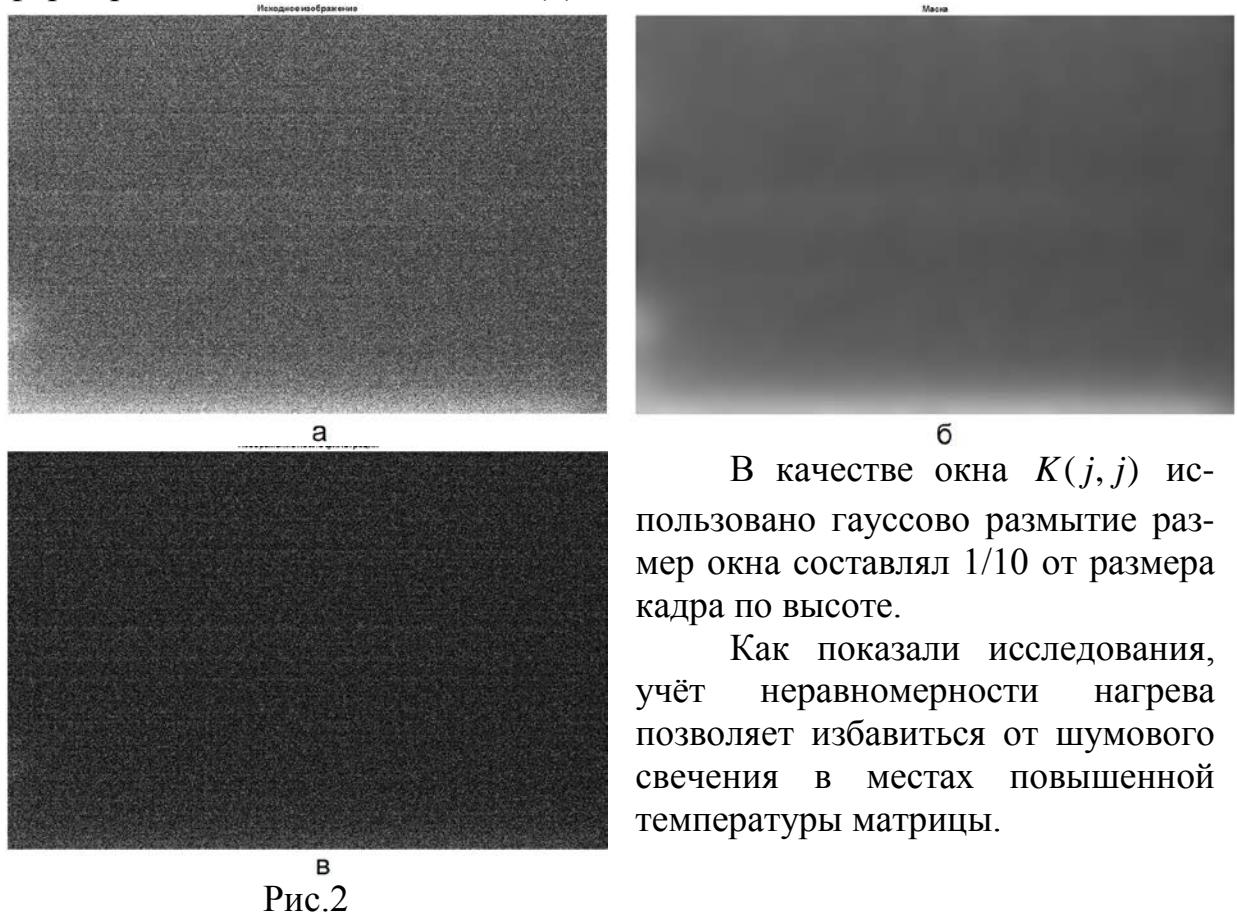


Рис.2

Список источников: 1. Березин В.В. Твердотельная революция в телевидении: телевизионные системы на основе приборов с зарядовой связью, систем на кристалле и видеосистем на кристалле / В.В. Березин, А.А. Умбиталиев, Ш.С. Фалмин и др.; под ред. А.А. Умбиталиева и А.К. Цыцулина. – М.: Радио и связь, 2006. – 300 с. 2. Уваров Н. Секреты высокой чувствительности ТВ камер // Алгоритмы безопасности, 2002 г. – №6. – С. 14 - 18.

# ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ АКУСТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

Зорин Д.Г.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Шейко С.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua

The multi-frequency method of measuring the relative humidity of the atmosphere with sodars is justified. Based on the experimental data, the methods of extra- and interpolation obtained the values of the sound absorption coefficient for a wide range of frequencies, temperatures and humidity. The research results confirm the possibility of determining the humidity of the air at a selected height by comparing the values of the powers of the received signals at two frequencies of acoustic sounding.

Акустические локаторы широко используются для получения метеорологической информации [1]. Традиционно содары измеряют скорость, направление ветра и интенсивность турбулентности. В работе проводится оценка возможности измерения влажности воздуха акустическими локаторами.

Известны работы, в которых приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований поглощения звука в атмосфере от влажности и частоты. Из этих результатов следует, что поглощение звука существенно зависит от частоты. Учёными кафедры МИРЭС предложено акустическое устройство для определения влажности в атмосферном пограничном слое, использующее зондирование на двух частотах. Мощность принимаемых сигналов  $P_r$  определяется из уравнения акустической локации. Если мощность излучаемого сигнала, длительность импульса  $\tau$  и площадь приёмной антенны не зависят от рабочей частоты акустического локатора, то мощность принимаемого сигнала  $P_{r1}, P_{r2}$  на разных частотах  $f_1, f_2$  зависит только от поглощения сигнала  $\alpha$ :

$$-\frac{\ln(P_{r1}/P_{r2})}{c\tau} = \alpha(f_1, T) - \alpha(f_2, T),$$

где  $c$  – скорость звука;  $T$  – температура.

Таким образом, алгоритм измерения влажности заключается в сравнении мощностей принятых сигналов двух частот и вычисления значений влажности.

За исходные данные для вычисления влажности приняты результаты исследований Харриса [3]. Он провёл измерения 1/3 октавных частотных интервалах на частотах 2, 4 и 6 кГц при температурах от 15 до 30 °C с шагом 5 °C при нормальном атмосферном давлении и влажности от 30% до 80%. Данные Харриса были интерполированы с шагом по температуре

1 оС и по частоте 0,5 кГц, а также выполнена их экстраполяция на частотный диапазон до 10 кГц и на диапазон изменения температур от 0 оС до +40 оС.

Результаты были оцифрованы и помещены в трёхмерный массив MATLAB. Т.е. исходными данными был массив зависимости коэффициента поглощения от влажности, температуры и частоты.

Экстраполяция исходных данных выполнена методом кубических сплайнов. Для получения адекватных результатов шаги экстраполяции выбраны такими же как и у исходных данных, а диапазон экстраполяции выбран исходя из скорости изменения функции  $\alpha(\mu, T, f)$  вдоль соответствующей координаты: экстраполяции выполнена в тех направлениях, в которых скорость изменения коэффициента поглощения наименьшая. Для интерполяции также выбран метод кубических сплайнов. Отличительной особенностью экстра- и интерполяции в данной работе является то, что эти операции трёхмерные и учитывают изменения коэффициента поглощения во всех трёх направлениях: вдоль оси влажности  $\mu$ , вдоль оси температур  $T$  и вдоль оси частот  $f$ .

Также выполнены расчёты зависимости относительной влажности воздуха  $\mu, \%$  от разности коэффициентов поглощения для различных сочетаний частот  $f_1$  и  $f_2$  при заданной температуре  $T$ . Результаты приведены на рис.1.

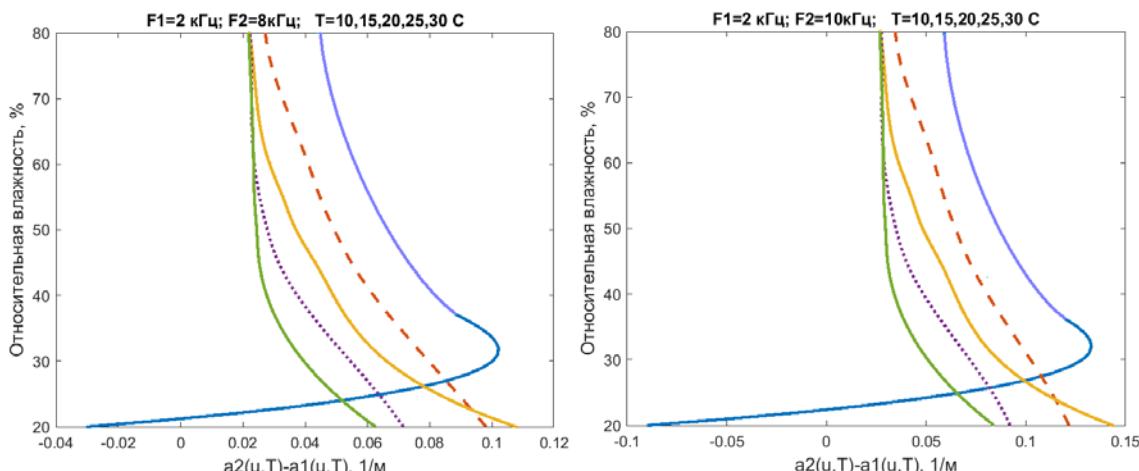


Рис.1

Анализ полученных зависимостей показал, что для обеспечения большей точности измерения влажности частоты зондирования должны отличаться в два и более раза. Кроме того, нижняя частота зондирования должна быть не менее 2 кГц, поскольку это обеспечивает большую производную коэффициента поглощения по частоте, а следовательно – и большую точность измерений.

Список источников: 1. Красненко Н.П. Акустическое зондирование атмосферного пограничного слоя. – Томск: Водолей, 2001. – 278 с. 2. Harris C.M. Absorption of sound in air versus humidity and temperature. – J. Acoust. Soc. America, V.40, 1966, N1, p.148-159.

# АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Буйницкий Д.В.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Шейко С.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua

In this paper the research methodology of audio devices is developed. The hardware configuration of the complex has been developed. The software in MATLAB is created. The program generates and records test signals, calculates the characteristics of audio equipment: impulse characteristics, frequency response, phase response. Experimental studies are performed. Software debugged. The practical possibilities and limitations of the laboratory complex are defined.

Исследование характеристик акустических устройств представляет большой интерес с учебной, научной и коммерческой точек зрения. Измерения должны проходить в заглушенной комнате [1,2], чтобы исключить влияние акустики помещения и шума на результаты измерений. В работе экспериментально исследованы возможности аппаратно-программного комплекса на базе компьютера со звуковой картой и программным обеспечением MATLAB по измерению импульсной реакции, АЧХ и ФЧХ.

Основой комплекса является персональный компьютер ПК со звуковой картой (рис.1).

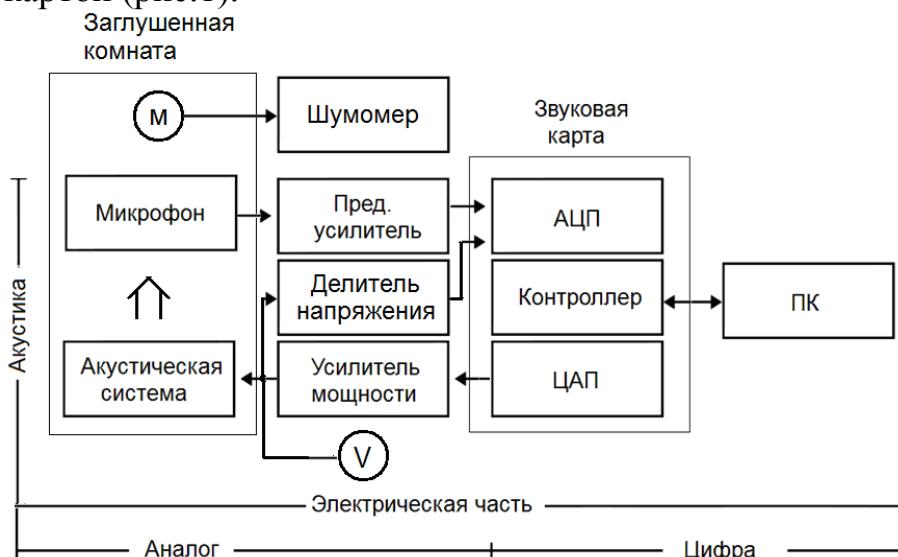


Рис.1

Выход звуковой карты подсоединенется через усилитель мощности ко входу акустической системы, на выход которой подключается вольтметр V для контроля номинальной величины сигнала. Чтобы

исключить влияние на результаты измерений характеристик усилителя, его выходной сигнал через делитель напряжения подаётся на второй канал звуковой карты. Этот сигнал будет опорным при вычислении. Для контроля уровня звука в заглушённой комнате установлен измерительный микрофон М, подключённый к шумомеру.

В зависимости от того, какое аудиоустройство тестируется – акустическая система или микрофон – измерительным должно быть второе аудиоустройство. Оно должно иметь максимально равномерную АЧХ и линейную ФЧХ в исследуемом диапазоне частот. Современная измерительная аудиоаппаратура, как правило, снабжается калибровочными файлами с АЧХ и ФЧХ, расположенными на сайте производителя.

Для исследования характеристик электроакустических систем и помещений находят широкое применение ЛЧМ сигналы и псевдослучайные последовательности MLS [1,2]. При воздействии ЛЧМ сигнала, излучаемого громкоговорителем, принятый микрофоном отклик обрабатывают синхронно перестраиваемым полосовым фильтром. При методе MLS при помощи регистра сдвига генерируется периодическая псевдослучайная последовательность значений 1 и -1. Период такого сигнала равен  $2N-1$ , где N – порядок последовательности, корреляционная функция близка к дельта-функции, а спектр близок к белому шуму.

В среде MATLAB созданы программы, генерирующие эти испытательные сигналы с заданными параметрами и воспроизводящие их через звуковую карту. С помощью разработанного ПО в системе MATLAB формировался тестовый сигнал ЛЧМ или MLS, который воспроизводился тестируемой активной акустической системой через звуковую карту. Звуковые волны улавливались микрофоном, который не был измерительным. Сигналы с микрофона обрабатывались в MATLAB, в результате чего сформированы графики импульсного отклика, АЧХ и ФЧХ. Расчёт импульсной характеристики системы, а также АЧХ и ФЧХ произведен при помощи операции противосвёртки системного отклика с опорным сигналом. Операция свёртки осуществлялась в спектральной области путём перемножения спектра принятого сигнала на комплексно сопряжённый спектр опорного сигнала.

Результаты исследований показали, что возможности разработанного и исследованного лабораторного комплекса ограничены характеристиками звуковой карты и акустическими условиями эксперимента. При использовании высококачественных звуковых карт и заглушенного помещения измерительные возможности лаборатории расширяются до профессиональных.

Список источников: 1. Радиовещание и электроакустика / [С.И. Алябьев, А.В. Выходец, Р. Гермер и др.]; под ред. Ю.А. Ковалгина. – М.: Радио и связь, 2000. – 792 с.  
2. Алдошина И.А. Электроакустика и звуковое вещание / И.А. Алдошина, Э.И. Вологдин, А.П. Ефимов. – М.: Радио и связь, 2007. – 872 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СТУДИИ ЗВУКОЗАПИСИ**  
Чернов К.А.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Шейко С.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua

The frequency characteristics of the recording studio reverb time are calculated. The acoustic characteristics of the studio are obtained by modeling in the EASE software. The method of measuring the acoustic characteristics of a sound recording studio in the EASERA program has been developed. The frequency characteristics of the reverberation time in a real sound studio experimentally obtained. Studies confirm the compliance of the calculated, model and experimental data.

Построение студий звукозаписи – это многоэтапный и дорогостоящий процесс. Важная его часть – акустический проект, осуществляемый как расчётным путём [1], так и путём моделирования [2]. В обоих случаях имеется ряд допущений. В работе исследовано, как и на сколько могут отличаться реальные акустические характеристики реальной студии звукозаписи от расчётных или модельных при тщательном учёте всех факторов.

Исследованы характеристики частной студии звукозаписи в г. Дергачи Харьковской области. Размеры помещения: 2,9x3,1x2,5 м. Пол – паркет, ковролин на резиновой основе. Для поглощения на средних и верхних частотах применена отделка потолка и стен пористо-волокнистыми плитами из минеральной ваты плотностью 35 кг/м<sup>3</sup>. Для уменьшения реверберации на низких частотах применен гипсокартон толщиной 2,4 см на расстоянии 10 см от стен и потолка. Установлены двери 2x0,6 м, имеется окно в операторскую 0,6x0,5 м.

Произведен расчёт времени реверберации по формуле Эйринга [1] для стандартного ряда частот от 125 до 4000 Гц. Учтён основной фонд звукопоглощения (т.е. поглощение стен, пола, потолка, дверей, окна), дополнительный фонд звукопоглощения (поглощение исполнителями, креслами) и добавочный фонд звукопоглощения (за счёт проникновения звуковых волн в щели и отверстия помещения).

Для площади студии менее 15 м<sup>2</sup> оптимальным временем реверберации считают 0,2...0,35 с [1]. В нашем случае площадь 9 м<sup>2</sup>, время реверберации около 0,2 с, что называют "мёртвой" акустикой. Это позволяет избавиться от провалов АЧХ на низких частотах, вызванных акустическими резонансами. В центре частотного диапазона допуски составляют ±10%, на краях диапазона ±25%.

В среде акустического проектирования EASE [2] создана трёхмерная

модель помещения, в месте расположения исполнителей размещены громкоговорители. Поверхности в модели заданы частотными зависимостями коэффициентов поглощения. Задана плоскость возможного расположения микрофонов – на расстоянии 1,5 м от пола.

Частотная характеристика времени реверберации по результатам моделирования вписывается в допустимые пределы и сравнима с расчётной. Модельный эксперимент дал среднее время реверберации приблизительно на 0,05 с меньше расчётного. Уменьшение времени реверберации является более благоприятным случаем по сравнению с увеличением, потому что разборчивость звука улучшается.

Проведены измерения в помещении реальной студии при помощи программы EASERA [3]. С помощью источника звука – активного студийного монитора, подключенного к внешней звуковой карте, в помещении студии возбуждались звуковые волны испытательных сигналов, давление которых регистрировалось в двух точках с помощью микрофонов. EASERA вычисляла времена реверберации T10, T20, T30 в октавных интервалах в соответствии с энергетическими диапазонами от -5 дБ до -15 дБ (T10), от -5 дБ до -25 дБ (T20) и от -5 дБ до -35 дБ (T30).

Измеренное время реверберации начиная с частоты 1 кГц постоянно и близко к 0,12 с, а на остальных частотах 125 Гц не превышает 0,22 с. Полученные экспериментальные результаты очень близки к расчётным и модельным.

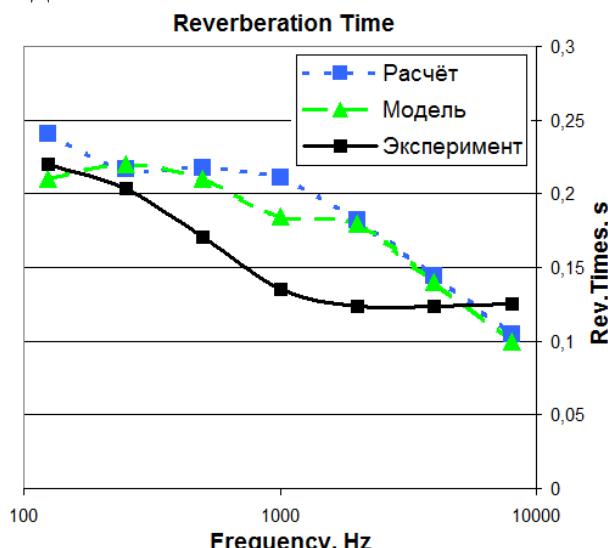


Рис.1

Расчётный, модельный и экспериментальный графики (рис.1) практически полностью совпадают на низких и верхних частотах. На средних частотах измеренное время реверберации несколько ниже расчётного и модельного. Уменьшение времени реверберации является более благоприятным случаем по сравнению с увеличением, потому что это уменьшает резонансы помещения малого объёма и делает частотную характеристику равномерной.

Список источников: 1. Радиовещание и электроакустика / [С.И. Алябьев, А.В. Выходец, Р. Гермер и др.]; под ред. Ю.А. Ковалгина. – М.: Радио и связь, 2000. – 792 с. 2. EASE 4.0: users manual. By Acoustic Design Ahnert. – Berlin. – 647 p. 3. EASERA: Users Manual. By Software Design Ahnert GmbH. – Berlin. – 212 p.

# ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОРРЕКЦИИ ЗВУКА С УЧЁТОМ ХАРАКТЕРИСТИК ПОМЕЩЕНИЯ

Ашихмин В.О.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Шейко С.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МИРЭС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua

In this paper, a technique has been developed for measuring the end-to-end frequency response and phase response of the sound system under study. Used RAV software for research. The best type of test signals was selected to tune the end-to-end equalization system and the necessary correction filter resolution. The possibilities of the system of through equalization are experimentally investigated, the limitations of its use are determined. The equalization system allowed to reduce the non-uniformity of the frequency response from 12 to 4 dB.

Коррекция звука под особенности помещения давно используется звукорежиссерами [1,2]. Цель коррекции – ослабление влияния акустических характеристик помещения на звук. Автоматические системы коррекции повторяют действия звукорежиссера, но делают это с использованием измерительного микрофона. В большинстве статей, описывающих подобную аппаратуру, тонкости работы и возможности систем калибровки практически не рассматриваются. А вопрос сравнения различных методов эквалайзации, не рассматривается вообще.

В данной работе исследуются системы и методы коррекции, проводятся количественные сравнения объективных параметров систем.

Для снятия характеристик звучания в точке прослушивания используется измерительный микрофон ИМ, который подключен через внешнюю звуковую карту ЗК в USB-порт персонального компьютера ПК.

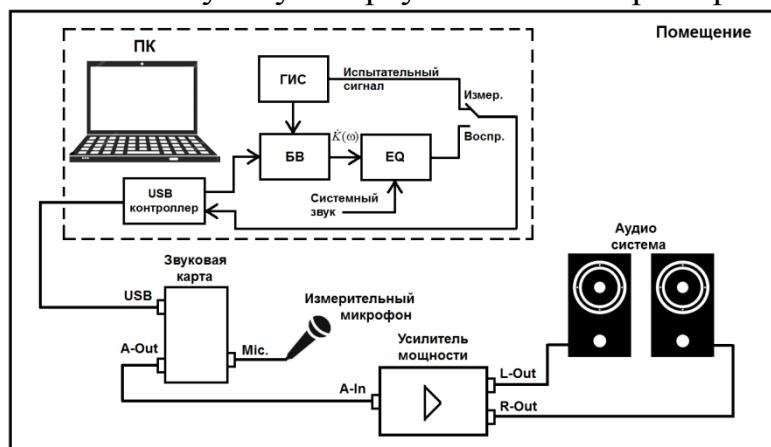


Рис.1

выбранной АС через УМ. Звуковые волны принимаются измерительным микрофоном, данные с которого обрабатываются в ПО. В результате чего формируется комплексный коэффициент передачи. Полученные АЧХ,

На ПК устанавливается специальное программное обеспечение (ПО) для проведения измерений. Выход звуковой карты подключается ко входу усилителя мощности УМ.

ПО формирует тестовый сигнал, который воспроизводится

ФЧХ, ГВЗ используются для настройки корректирующего эквалайзера в ПК или ресивере в ручном или автоматическом режиме.

Исследование проводилось в помещении жилой комнаты с размерами 5,7 x 3,1 x 2,7 м. В помещении есть входная дверь, окно и дверь на балкон, ковёр, диван для прослушивания. Для озвучивания применена система 5.1, причём акустические системы разных производителей. На этапе калибровки использован свип-тон, а на этапе коррекции – КИХ-фильтр, который позволяет корректировать исходную АЧХ по 512 точкам.

Можно отметить следующие особенности коррекции (рис.2).

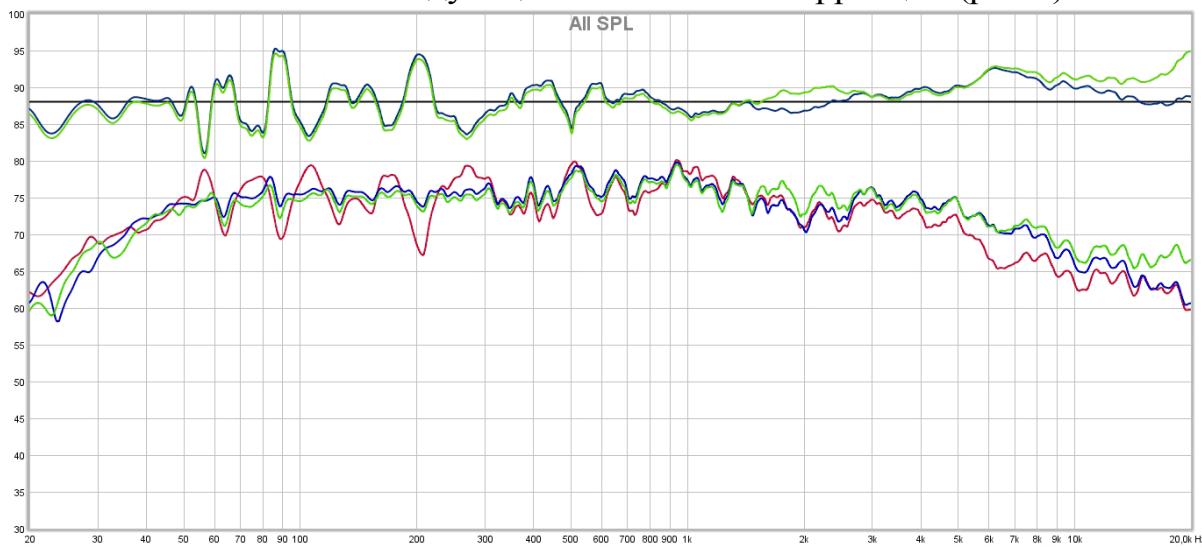


Рис.2.

Работа системы эквалайзации позволила уменьшить неравномерность АЧХ с 10...12 до 3...4 дБ. Однаковые колонки сильно отличаются по АЧХ в точке прослушивания, поскольку находятся на разных местах и имеют разную картину переотражений в связи с отсутствием полной симметрии в расстановке. При работе системы эквалайзации эта разница существенно сокращается.

Во всех экспериментах заметна склонность системы эквалайзации выравнивать АЧХ на любых частотах. Так, например, даже на частотах выше 400 Гц система пытается поднять уровень звука, который сабвуфер уже не воспроизводит. При отсутствии частотной фильтрации в усилителе мощности такая коррекция может привести к выходу из строя аппаратной части.

Список источников: 1. Акустика студий звукового и телевизионного вещания. Системы озвучивания: учебно-методическое пособие/сост. Л.Г. Стаценко, Ю.В. Паскаль. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006 – 96 с. 2. Давыдов В.В. Акустика помещений / В.В. Давыдов. – Санкт – Петербург: Санкт–Петербургский институт кино и телевидения, 1995. – 95 с.

# ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗБІЛЬШЕННЯ ДИНАМІЧНОГО ДІАПАЗОНУ ЦИФРОВИХ ЗВУКОЗАПИСІВ

Магаліс В.С.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Шейко С.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. МІРЕС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua

In this paper we analyzed the ability of increase the dynamic range of digital audio. Some methods of reduce the quantization noise audibility in digital audio signals is consider. The method of dithering is analyzed. Dithering parameters is investigate, such as the amplitude, spectrum and the probability distribution function of the noise amplitude. It is show that all dithering parameters give a good decorrelation of the quantization noise. Dithering noise with a triangular probability distribution reduces the audibility of quantization noise, despite the significant decrease of the signal-to-noise ratio.

Динамічний діапазон звукових сигналів є важливим показником їх якості. У цифровому звукозаписі динамічний діапазон обмежений помилками, що виникають при квантуванні. У даній роботі досліджуються методи, що дозволяють мінімізувати ці помилки, або зменшити помітність відповідних спотворень на слух.

Шум квантування виникає при округленні звукового сигналу до найближчого дозволеного рівня, його потужність визначається розрядністю АЦП. В середньому СЩП шуму квантування рівномірна в діапазоні від 0 Гц до половини частоти дискретизації [1]. На реальних синалах спектр шуму квантування може відрізнятися від рівномірного, зберігаючи при цьому свою сумарну потужність.

Для дослідження реальних спектрів шуму квантування використана модель, згідно з якою при квантуванні здійснюється балансная модуляція, що дає на виході шуканий набір гармонік [2]. У середовищі MathCad отримані спектри шумів квантування при різних співвідношеннях частот дискретизації і сигналу.

Результати досліджень показали, що спектр шумів квантування реальних сигналів дуже неоднорідний. Виникаючі гармоніки сприймаються як обертони, що змінюють тембральне забарвлення звуку. На слух це сприймається у вигляді неприємного відчуття "брудного" звуку. Зазначені особливості цифрового звуку робляться менш помітними на слух при використанні технології Dithering. Вона полягає в додаванні до сигналу невеликого шуму. Dithering використовується при реквантуванні, коли проводиться зменшення числа розрядів. Вихідний студійний запис має 24 розряда, а потім проводиться реквантування до 16 розрядів з дизерингом.

Технологія Dithering вирішує три основні завдання: лінеаризація

передавальної функції квантувача, декореляція помилок квантування, в результаті чого спотворення перетворюються в білий шум, який менш помітний на слух, за рахунок чого розширюється повний динамічний діапазон системи.

Цифровий шум в технології Dithering може мати різні закони розподілу ймовірності пікових значень: прямокутний (RPDF), трикутний (TPDF) і гаусів (GPDF). Пікові значення шуму можуть бути від 0,5 молодшого розряду і більш. СПМ вводиться шуму зазвичай має рівномірний розподіл в діапазоні від нуля до частоти Найквіста.

Дослідження технології Dithering в редакторі звуку Audacity. Для досліджень використано тестовий запис 16-ти розрядного сигналу з частотою 1 кГц і рівнем -40 дБ при відношенні сигнал-шум 60 дБ і частоті дискретизації 48 кГц. Тестовий сигнал піддавався реквантуванню 16–8 біт з дизерингом. При реквантуванні 16–8 біт спотворення найбільш помітні. Отримано спектри реквантованого сигналу для різних законів розподілу дизеринг-шуму.

При використанні дизеринга в Audacity незалежно від закону розподілу шуму спектр помилок квантування перетворюється в білий або забарвлений на ВЧ шум з рівнем близько -90 дБ.

Для білого дизеринг-шуму з прямокутним розподілом ймовірності втрати SNR практично відсутні. Однак, не досягається повна декореляція помилок – в спектрі залишаються дискретні складові. Збільшення пікових значень шуму до одного кванта усуває цей ефект, але при цьому SNR зменшується на 3 дБ. Використання гаусового шуму GPDF дозволяє дещо зменшити модуляційний шум, але значення SNR при цьому погіршуються на 1,8 дБ. У разі шуму з трикутним розподілом (TPDF), модуляційний шум повністю усувається, але SNR зменшується на 5 дБ. Найбільш сильно погіршується SNR при використанні шуму з трикутним розподілом з підвищеннем СПМ в області високих частот. В цьому випадку SNR дорівнює 2,5 дБ, що майже на 17 дБ менше вихідного значення.

Застосування трикутного закону розподілу дозволяє знизити слухову помітність шуму квантування, незважаючи на значне погіршення ставлення сигнал / шум. Це пояснюється тим, що високочастотний шум менше сприймається слухом.

#### Перелік джерел:

1. Никамин В.А. Цифровая звукозапись. Технологии и стандарты. – СПб.: Наука и техника, 2002. – 256 с.
2. Вологдин Э.И. Динамический диапазон цифровых аудио трактов: Конспект лекций. [Электронный ресурс] / Э. Вологдин // СПб, 2012. – 18 с. (<http://window.edu.ru/resource/863/77863>).

# **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ АКУСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИМІЩЕНЬ**

Литвинов О.О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Шейко С.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. MIPEC,  
тел. (057) 702-15-87  
e-mail: d\_res@nure.ua

Acoustic spectrum is a graphic representation of the composition of the noise depending by frequency. Acoustic spectrum is the most important component of noise characteristics. One of the most important methods of this work is the study of acoustic characteristics and solving problems of the acoustic spectrum. The architectural acoustic theory is now in the path of statistical description of sound fields.

Метою даної роботи є дослідження та аналіз акустичних характеристик та вирішення проблем акустичного звучання музичних приміщень.

Акустичний спектр – це графічне відображення складу шуму у залежності від частоти. Спектр є найважливішою характеристикою шуму. Спектр шуму вказує на розподіл коливальної енергії за звуковим діапазоном частот. Основними складовими акустичного спектру є: висота, тембр, гучність звуку.

Основним фактором який визначає акустичну якість є подовження процесів відгуку або як кажуть подовження реверберації. Під цим терміном мається на увазі остаточне звучання у приміщенні після закінчення дії звуку.

Архітектурно-акустична теорія на даний момент знаходиться на шляху статистичного описання звукових полів, оперуючи середніми значеннями щільності звукової енергії у приміщенні.

Згідно з загальноприйнятою архітектурно-акустичною теорією, одні і ті ж акустичні процеси в приміщеннях описуються трьома теоріями : хвильовою, статистичною та геометричною. Усі три теорії мають певний взаємозв'язок, доповнюючи один одного.

Геометрична теорія акустичних процесів в приміщеннях зумовлена на законах геометричної оптики, де рух звукових хвиль розглядають подібно до руху звукових променів. Характер відображень залежить від форми поверхні, що відбиває.

Хвильова теорія ґрунтуються на тому, що при включеному джерелі звуку, звукові хвилі поширяються в різних напрямках: осьовому, дотичному і похилому. При отриманні додаткової енергії загасання власних коливань буде тривати довше або зміниться період реверберації (акустичні властивості приміщення).

Статистична теорія говорить про те, що коли джерела не однаково віддалені від різних площин, не можна вважати рівною імовірність падіння звукових хвиль на різних ділянках площин. Відбиті хвилі від площини приходять у точку прослуховування з різним часом затримки.

Питання забезпечення якості акустичного спектру як було актуальним в стародавні часи при будівництві храмів, так і в наш час, коли все більш нові методи будівництва та обладнання використовуються в кінотеатрах, в конференц-залах, в університетських аудиторіях і т.д.

Основними проблемами акустики приміщення є реверберація, флаттер, ранні відображення, кімнатні резонанси і стоячі хвилі, граничні ефекти.

Ці проблеми вирішуються за допомогою технічних засобів (еквалайзери потужні акустичні системи), а також вибору потрібного розміру приміщення, планування та матеріалів.

Наприклад ефекту реверберації можна позбавитися за допомогою конструктивних та дизайнерських рішень у приміщенні, щоб видалити флаттер з приміщення достатньо заполонити його меблями. Для видалення ранніх відображень потрібно дотримуватися геометричної симетрії.

Не менш важлива акустична проблема, викликану низькочастотними відображеннями, SBIR – ефект (Speaker Boundary Interference Response). Вона присутня абсолютно у всіх приміщеннях, але особливо характерна для невеликих музичних кімнат. У деяких джерелах це явище також називають «граничним ефектом», підкреслюючи тим самим безпосередню залежність даної акустичної проблеми від взаємного розташування АС, а також від їх положення щодо найближчих огорожувальних конструкцій приміщення.

Основними засобами які використовуються для вимірювання шуму акустичного спектру є: шумоміри, спектрометри, вузькосмугові аналізатори спектру, дозиметри шуму. Широко використовуються апаратно-програмні засоби на основі програм EASERA, REW.

Висновок: виділені теорії та методи можуть бути використані для створення потрібної акустики музичального приміщення, а за допомогою сучасних технічних засобів акустичні характеристики цих приміщень будуть покращені.

#### Перелік джерел:

1. Романюк М.А. Теория исследования звукового поля – Научная статья, 2011- с. 6.
2. Григорян М.Н. Методика измерения акустических параметров студии звукозаписи – Научная статья , 2013 – с 7.
3. Давыдов В.В. Акустика помещений. – Текст лекций, 1995 – с. 50.

# **АНАЛІЗ МЕТОДІВ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ В ІГРОВІЙ ІНДУСТРІЇ**

Капуста А.І.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Шейко С.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. MIPEC,  
тел. (057) 702-15-87  
e-mail: d\_res@nure.ua

Compression method is one one of the most priorities in the development of computer games. For a long amount of time the quality of the textures were changing with the productivity of computers. The studies are based on the study of various compression methods of the early 90-th to modern methods. Despites of solving the main problems, such as bad quality, there are still a few unsolvable problems. By this time, the main problem is not the quality but the selection of a suitable computer.

У наш час професійно-технічне та соціально-культурне середовище сучасної людини стає все більш електронним, а комп’ютер стає не тільки засобом вирішення проблем, а і стає об’єктом ігрового процесу. Головною проблемою цього процесу є великий об’єм інформації та цифрових даних, який створюється та зберігається.

На початку 90-х років склалася цікава тенденція у світі комп’ютерних ігор: обчислювальної потужності комп’ютерів було недостатньо для розрахунку хоч якоїсь реалістичної графіки, а в той же час компакт-диски надавали можливість записати великий для тих часів об’єм інформації. На фоні цих змін було непогано покращити якість ігрової картинки за рахунок відеоконтента.

Так почалася епоха FMV-ігор (Full Motion Video games). На той час це виглядало досить реалістично, хоча і в основі стиснення відео файлів використовувалися лише 3 методи.

BFI (Brute Force&Ignorance).

Основою цього методу було пропускання деяких кадрів у динамічній сцені або дуже сильне заниження якості у два або навіть три рази зображення кадрів, які не були основою сюжету. Відео в іграх типу Lost Eden були закодовані саме так.

Векторне квантування (VQ).

Ідея цього методу дуже проста : якщо взяти, наприклад, 8 послідовних кадрів та «нарізати» їх на блоки по 4x2 пікселя, при умові що зображення буде 320x156 пікселів, це дає 50 тисяч 24-х мірних векторів. Кадри, що йдуть послідовно мають дуже багато спільнного, тому серед векторів цих зображень знайдеться дуже багато близьких між собою. В подальшому ці вектори поділяються на 4096 груп та для кожної групи вираховується центроїд та записується у файл у вигляді ланцюжка із 12-ти

бітних посилань.

Декодування цим методом дуже швидке та дешеве та якісно закодувати зображення цим методом майже неможливо.

#### Block Truncation Coding (BTC).

Метод складається з того щоб зберегти 256-те кольорове зображення. Розробники використовували цей метод таким чином: зменшували кількість кольорів до двох та отримували восьмикратне стиснення та зображення жахливої якості. Щоб покращити якість цілісного відео-файлу цей метод використовувався не для усього зображення, а тільки для його невеликих блоків. Цей метод був дуже популярним за рахунок того, що він дуже простий у кодуванні та декодуванні та його дуже легко реалізувати.

Коли потужності комп'ютерів дозволили використовувати кодеки на основі дискретного косинусного перетворення, а потім перейшли до відео вставок, епоха FMV-ігор закінчилася.

У наш час світ ігор розвивається дуже швидко. На зміну 2D формату прийшов 3D. Одним із самих цікавих нововведень у сучасному світі ігор є технології компресії текстур. Першою і найвідомішою програмою для стиснення зображень у сучасному 3D світі стала S3 Texture Compression (S3TC/Direct X).

Серед переваг цієї технології:

Розмір файлів істотно менше в порівнянні з PNG.

Непогана якість, мало накладень (артефакти не дуже помітні).

Висока швидкість компресії / декомпресії зображень.

Недоліком є якість, яка стає нижче (ніж при використанні PNG) оскільки формат S3TC передбачає стиснення з втратами.

Не дивлячись на те, що сучасні розробники ігор використовують модернізовані алгоритми стиснення, що призводить до підвищення якості зображень, вони стикаються з великою кількістю недоліків.

Висновки: Технологія стиснення текстур покликана допомогти у вирішенні питань за допомогою надання можливості зберігання більшої кількості і великих за обсягом текстур в тій же за обсягом області пам'яті і, в той же час, значно знижуючи вимоги до ширини смуги пропускання.

Перелік джерел:

1. Красильников М.М. Цифрова обробка 2D і 3D зображень – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 127 с.
2. Ватолин Д. Методы сжатия данных, Москва-Новосибирск-Екатеринбург, 2014. – 54 с.
2. Bovik A. Handbook of Image and Video Processing. – Academic Press, 2000. – 974 p.

# **ОБЗОР И АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ИГРОВЫХ ДВИЖКОВ**

Зиборов В.А., Воропаев В.Ю.

Научный руководитель – к.т.н. Колендовская М.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Науки 14, кафедра МИРЭС, т. 70-21-587

email: d\_res@nure.ua

The paper considers the main developers of game engines and analyzes the technologies of creating games.

В связи с развитием игровой индустрии еще много лет назад кодовая база для игр создавалась с нуля внутри компаний – разработчиков определенных продуктов. Немного позже (примерно в середине первого десятилетия XXI века) вслед за разработкой других компонентов игр, таких как арт или звук, создание движков вышло на аутсорсинг – выделилось в отдельную индустрию. В 90-е были игры на готовых движках (DOOM и Quake от id Software), но это было редким исключением, а правилом стало только в середине 2000-х. Во многом из-за дороговизны движков. Когда сформировалась обособленная кодовая индустрия, бизнес приобрел другой вид, появились движки широкой ценовой категории.

Одновременно с появлением полноценного рынка движков, в индустрии наметился отток геймеров от синглплеерных к мультиплеерным онлайновым играм. Результатом этого стало появление движков вроде HeroEngine и BigWorld.

Вслед за социальными сетями произошел всплеск интереса к веб-играм. На него разработчики движков отреагировали довольно оперативно, предоставив своим пользователям возможность запускать игры в браузере, установив плагин. Конечные пользователи в браузере получили игры, по качеству почти ничем не уступающие клиентским. С популярностью веб-игр большее распространение получила Flash-технология, в результате чего скромная Macromedia (разработчик Flash) была приобретена могущественным Adobe. А на базе Flash стали появляться не только игры, но и движки для их разработки. Хорошим примером служит движок Alternativa от отечественной компании Alternativa Platform.

С развитием мобильных технологий. Появились мобильные девайсы, по мощности сопоставимые с ПК средней ценовой категории и способные потянуть крутые игровые приложения со всеми спецэффектами, которыми обладали низкоуровневые графические интерфейсы. На этот факт разработчики игровых движков ответили кто созданием специализированных конверторов, создающих нативный для конкретного оборудования код (например, Unity 3D), а кто – адаптацией своих продуктов к кросс-платформенности (к примеру, Torque 2D).

Также на рынке появились новые игроки, предлагающие кросс-платформенные фреймворки для всего парка мобильных устройств, не требующие при этом даже перекомпиляции и выполняющиеся со скоростью

нативного кода. Среди подобных средств можно отметить Corona SDK, Marmalade SDK, AGK (App Game Kit).

Рассмотрим один из самых популярных движков для создания 2D- и 3D-игр стал Unity. Как только появляется новая игровая/графическая технология, разработчики незамедлительно реализуют ее в Unity. Кроме разработки синглплеерных игр для РС, посредством подключаемых экспортёров можно портировать игры под другие ОС, консоли и мобильные технологии (за экспортёр придется доплатить 1500 долларов за каждую платформу: iOS, Android, BlackBerry).

Torque 2D/3D был в свое время лидером, но под натиском Unity утратил свои позиции.

Различия между двумерной и трехмерной версиями весьма значительны, но есть и общие элементы, например развитая сетевая подсистема. После выхода в мир open source T3D сохранил и даже увеличил свои возможности, а T2D, напротив, многое потерял. На данный момент данный движок уже не является рентабельным на фоне конкурентов, потому расписывать его плюсы и минусы уже нет смысла.

Unity и UE4 являются довольно крупными движками, которые конкурируют между собой, то стоит рассматривать их минусы и плюсы в сравнительной характеристики.

В Unreal Engine 4 используется язык программирования C++. В Unity3d в основном C# или JavaScript. Какая программа лучше с точки зрения языков программирования – действительно сводится к личным предпочтениям.

Unreal Engine 4 имеет решение для людей, которые боятся высокого порога вхождения в C++. Это Blueprint – редактор визуального скриптинга. В Unity Asset Store можно приобрести расширение для редактора под названием Playmaker, которое так же позволяет разрабатывать прототипы игр без написания кода.

Оба движка Unreal Engine 4 и Unity3d имеют свой магазин ассетов: из них можно загрузить готовые 3d модели персонажей и окружения, текстуры и даже такие вещи, как звуки и системы частиц. Тем не менее, Unity3d однозначно выходит на первое место с точки зрения количества ассетов в магазине. В нем имеется все – от анимаций и генераторов GUI до расширений редактора для управления ИИ. Там есть все, что нужно для создания игры.

Таким образом, при разработке проекта был выбран UE4, т.к. в нём имеется удобная система BluePrints, которая позволяет не особо углубляться в код, но если необходимо будет работа с кодом, то C++ для является более оптимальным вариантом, нежели другие языки программирования. Также меня не особо интересует разработка игр для мобильного рынка. Имеется довольно справедливая механика лицензирования движка, а также широкие возможности в 3D моделировании.

# **ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗД РЕДАКТОРОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИГР ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

Момот И.В., Маркин Е.А.

Научный руководитель – к.т.н. Колендовская М.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Науки 14, кафедра МИРЭС, т. 70-21-587  
email: d\_res@nure.ua

We reviewed the most popular tools for 3D modeling, we opted for the Blender program. Since it has great functionality, and it's much faster and easier to do something in most programs, and most importantly it's free, which makes it the most accessible

Универсальные 3D редакторы, как правило, содержат все необходимое для CG: инструменты моделирования, анимации и визуализации.

Критерии отбора: функционал программы; удобство пользования (интуитивный интерфейс и т.д.); доступность, цена.

Большинство специалистов в своей работе используют сразу несколько программ: некоторые вещи проще и быстрее делать в сторонних приложениях (детализация, постобработка, симуляция и пр.).

Рассмотрим наиболее распространённые 3D пакеты.

1) Blender – единственный в списке бесплатный 3D пакет, который практически не уступает по функционалу платным приложениям. Blender включает в себя средства для 3D моделирования, анимации, а также набор опций для создания игр, визуальных эффектов и скульптурирования. Отличная альтернатива «монстрам» 3D анимации. Благодаря поддержке Blender Foundation, программа очень быстро и стабильно развивается.

Возможности:

- полигональное моделирование, сплайны, NURBS-кривые и поверхности;
- режим лепки;
- система частиц;
- динамика твердых и мягких тел: жидкость, шерсть/ волосы и т.д.;
- скелетная анимация;
- встроенные механизмы рендеринга и интеграция со сторонними визуализаторами;
- редактор видео;
- функции создания игр и приложений (Game Blender).

Плюсы: доступность, открытый код, кроссплатформенность, небольшой размер (около 50 мегабайт), широкий функционал, возможность создания игр.

Минусы: отсутствие документации в базовой поставке.

2) Maya – промышленный стандарт 3D графики в кино и телевидении. Maya популярна среди крупных студий и масштабных проектов в рекламе, кино, игровой индустрии. Пакет идеален для создания анимации.

Возможности:

- полный набор инструментов для NURBS- и полигонального моделирования;
- мощные средства общей и персонажной анимации;
- развитая система частиц;
- технология Maya Fur (создание меха, волос, травы);
- технология Maya Fluid Effects (моделирование жидкостей, атмосферы);
- динамика твердых и мягких тел;
- широкий набор средств создания динамических спецэффектов;
- UV-текстуры, нормали и цветовое кодирование;
- многопроцессорный гибкий рендеринг.

Плюсы: огромный функционал и возможности.

Минусы: длительное и сложное обучение, высокие требования к системе, высокая цена.

3) 3DS Max – «пионер» среди 3D редакторов, очень популярный инструмент, №1 в выборе многих начинающих и продвинутых специалистов. Занимает ведущие позиции в сфере дизайна и архитектурной визуализации. Часто используется в игровой индустрии.

Возможности:

- моделирование на основе полигонов, сплайнов и NURBS,
- мощная система частиц,
- модуль волосы/шерсть,
- расширенные шейдеры Shader FX,
- поддержка новых и усовершенствованных механизмов Iray и mental ray.
- анимация толпы,
- импорт из Revit и SketchUp,
- интеграция композитинга.

Плюсы: огромный функционал, множество плагинов и обучающей информации.

Минусы: не так прост в освоении, «старожилу» требуются серьезные обновления.

Как видно из обзора наиболее популярных инструментов для 3D моделирования, мы остановили свой выбор на программе Blender. Т.к. она имеет и большой функционал, и делать в ней что-либо намного быстрее и проще, чем в большинстве программ, и самое главное она бесплатная, что делает её самой доступной.

# АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Жуковский С.А.

Научный руководитель – к.т.н. Колендовская М.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Науки 14, кафедра МИРЭС, т. 70-21-587  
email: d\_res@nure.ua

Virtual reality simulates both impact and reaction to impact. "That is, it is a kind of artificially created world with which a person can interact and receive a reciprocal reaction from it.

В настоящее время виртуальная реальность находит все больше областей применения.

Одним из таких применений является обучении персонала путем симуляции различных ситуаций. Пчинка неполадок на космическом корабле, операция над сердцем, спуск на парашюте. Все эти и многие другие симуляции повсеместно начинают использоваться для повышения квалификации астронавтов, докторов, военных, инженеров и других профильных специалистов.

В медицине находит применение при лечении фобий и посттравматического синдрома. Во время одного из исследований 23 человека должны были приблизиться к виртуальному пауку, и под конец эксперимента 83% из нихправлялись с ситуацией значительно лучше.

Различным компаниям и предпринимателям становится проще продемонстрировать свои услуги или продукцию, будь-то каталог, размещенный в виртуальном пространстве или же визуализация будущей квартиры с возможностью для клиента пройтись по ней.

Появляются среды для создания визуальных произведений искусства, позволяющих работать в полноценной 3ёх-мерной среде, а не используя обычную проекцию на мониторе.

Самым крупным на данный момент сегменте виртуальной реальности – является индустрия развлечений.

Разрабатываются различные установки как и для домашнего использования, так и для размещения в центрах развлечений, для последующего просмотра фильмов и игры в видеоигры.

В 1838 году английский физик Сэр Чарльз Уитстон разработал первый в мире стереоскоп, который с помощью двух зеркал, повернутых к взгляду зрителя под углом в  $45^\circ$ , направлял отражение двух отдельных изображений в левый и правый глаз. В результате мозг зрителя объединял изображения и воспринимал их как один цельный 3ёх-мерный объект.



Рис - Симуляция чистки самолета от льда и снега

Стереоскоп Уитстона в заложил фундамент, который в будущем будет использован для создания шлема виртуальной реальности.

Стереоскоп View-Master, выпущенный в 1939 году, продавался вместе с коллекциями изображений, которые располагались на вращающихся картонных дисках. View-Master приобрел огромную популярность в первую очередь как устройство для виртуального туризма, а затем как игрушка.

Примечательным является тот факт, что военные силы США посчитали, что данное устройство отлично послужит в обучении персонала и закупили 100 тысяч самих стереоскопов и 6 миллионов дисков с изображениями на протяжении второй мировой войны.

Один из первых известных случаев использования виртуальной реальности в образовательных целях.

Таким образом, виртуальная реальность имитирует как воздействие, так и реакции на воздействие. То есть это некий искусственно созданный мир, с которым человек может взаимодействовать и получать от этого обратную реакцию.

# **МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ИНТЕРВАЛОВ МЕЖДУ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМИ ПОЕЗДАМИ, ПОПУТНО СЛЕДУЮЩИМИ ПО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМУ ПЕРЕГОНУ**

Бирюков Д.К., Волков М.О.

Научный руководитель – к.т.н. Колендовская М.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Науки 14, кафедра МИРЭС, т. 70-21-587  
email: d\_res@nure.ua

We reviewed the most popular tools for 3D modeling, we opted for the Blender program. Since it has great functionality, and it's much faster and easier to do something in most programs, and most importantly it's free, which makes it the most accessible

Система автоматического регулирования интервалов между железнодорожными поездами, попутно следующими по железнодорожному перегону, весьма актуальна и в наше время.

История развития систем безопасности движения поездов и создание автоблокировки начинается с 1837 – 1917 г. 11 августа 1841 г. на станции Шушары Царскосельской железной дороги произошло столкновение встречных поездов.

Несмотря на сравнительно низкие скорости движения, в результате происшествия среди кондукторского состава и пассажиров были пострадавшие.

Тогда же возник вопрос обеспечения безопасности и разработки устройств регулирования движения поездов. В основу решения этой проблемы был положен принцип разграничения подвижных единиц во времени и в пространстве. Дорогу оборудовали оптическим телеграфом, используемым на флоте для предупреждения об опасности, и с этого времени началось развитие систем железнодорожной автоматики.

Приведем классификацию, работы автоблокировки, сигналы, действие

Автоблокировка делится на:

Автоматическая

Полуавтоматическая

Основные функции автоблокировки:

определение занятости блок-участков, станционных путей и целостности рельсового пути, контролируя протекание тока через рельсовую цепь;

включение огней напольных светофоров в зависимости от занятости блок-участка за этим светофором или от количества свободных блок-участков за ним, при перегорании лампы красного огня в светофоре,

запрещающее показание автоматически переносится на впереди стоящий светофор;

передача информации в систему АЛС для кодирования рельсовых цепей, передача информации поездному диспетчеру, дежурному по станции посредством аппаратуры электрической централизации и диспетчерского контроля.

АБ не должна допускать:

открытие светофора, ограждающего блок-участок при его занятости; на однопутных перегонах должна исключаться возможность приготовления лобовых маршрутов на перегон;

должны обеспечивать перенос красного огня (на станциях реализована функция понижения огня).

Система, предназначенная для регулирования движения поездов на перегонах по сигналам проходных светофоров.

В на железнодорожном транспорте 12 видов светофоров, но для понимания работы их все перечислять не надо. Такие светофоры как: входные, выходные, маршрутные, маневровые – это светофоры которые стоят на станциях ими может управлять диспетчер, а проходными светофорами он не управляет они работают в автоматическом режиме.

Перегон (путь от одной станции до другой) делится на несколько блок-участков, по концам которых устанавливаются проходные светофоры, подающие сигналы о закрытии блок-участка, если он занят другим поездом либо имеет повреждения рельсовой линии (например, излом рельса), и об открытии перегона при его освобождении.

Как правило, на блок-участке одновременно может находиться только один поезд.

Автоматическое действие проходных светофоров достигается благодаря наличию в пределах каждого блок-участка электрической рельсовой цепи, через которую поезд воздействует на аппаратуру управления огнями светофоров. В зависимости от значности сигнализации АБ могут быть с двух-, трех- или четырехзначной сигнализацией.

Самыми современным видом автоблокировки является блокировка, построенная на микропроцессорах. Она дороже, но выгодней экономически и технически для дальнейшей эксплуатации.

Автоблокировка в том виде которая существует сейчас очень эффективна и единственное что может её улучшить или возможно даже заменить, это подвижной состав с автоведением, но так это система пока не совершенна, и даже такие поезда ездят с машинистами, для того, чтобы в случае чего взять управление на себя.

В работе рассмотрены методы и способы автоблокировок. Создана программная модель системы автоматического регулирования интервалов между железнодорожными поездами, попутно следующими по железнодорожному перегону.

# **ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ КОЛЬЦЕВЫХ МИКРОФОННЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В СВОБОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

Ярова Ю.Д.

Научный руководитель – к.ф.-м.н. доц. Цехмистро Р.И.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр.Науки,14, каф. МИРЕС,тел. (057) 7021-578 )

e-mail: yulia.yar04@gmail.com

The computer analysis of the spatial concentration of sound power radiation intensity of arrays consist of spherical radiators have been researched on a small distances with effects of near zone. An influence of radiator numbers and distance between radiators have been researched on the possibility to provide a even concentration of radiation power in near arrays. Amplitude and phase characteristics of field in near zone of annular sound dipole antenna arrays are studied by program for computer analysis. Physical law of sound field spatial distribution of sound radiators has been cared out.

Микрофонная решётка – один из видов направленных микрофонов, реализованный как множество приёмников звука, работающих согласованно. Геометрически решётки могут быть реализованы в разных конфигурациях - одномерные (линейные, дугообразные), двумерные (плоские, сферические), трёхмерные, спиралевидные, с равномерным или неэквидистантным шагом. Диаграмма направленности решётки создаётся при помощи изменения соотношения фазовых задержек для разных каналов (в простейшем случае – синфазная решётка с фиксированным положением главного лепестка. Актуальность данных исследований связана с применением: определение местоположения объектов по звуку, например, в военных целях – для определения точки нахождения снайпера или артиллерийской установки, производящих выстрел; определение местоположения и маршрута самолетов.

Более сложные фазированные микрофонные решетки обычно состоят из 4-х и более микрофонов. Их число может даже 512 штук [1].

Целью данной работы является моделирование пространственного распределения поля симметричной кольцевой решётки изотропных акустических излучателей представленных функцией сферической волны (рис. 1.вверху). Формула для расчета расстояний  $R_n$  зависит от взаимного расположения точки излучения и точки наблюдения. В общем случае:

$$R_n = \sqrt{(Y_n \pm Y)^2 + (X_n \pm X)^2}; \quad (1)$$

где  $X_n, Y_n$ - координаты n-ого излучателя,  $X, Y$  -координаты точки наблюдения в декартовых координатах, связанных с решёткой, как показано на рис 1.

На рис. 2 внизу представлены результаты расчета суммарного распределения амплитуды акустического поля, найденного путем суперпозиции единичных излучателей сферических волн. На данном рисунке (нижнем) представлено объемное распределение амплитуды звукового излучения решетки из  $N=20$  излучателей с радиусом решетки  $R=2\lambda$ . Разработанный алгоритм и программы мы численного моделирования позволяют изменять число излучателей (четное и нечетное), радиус решетки и расстояние между ними.

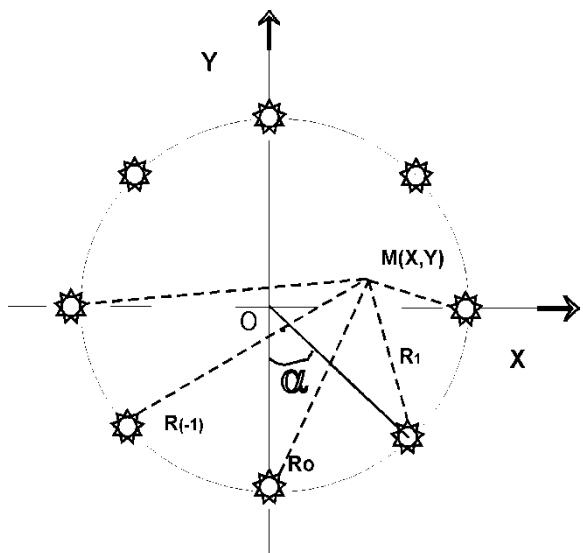


Рис. 1

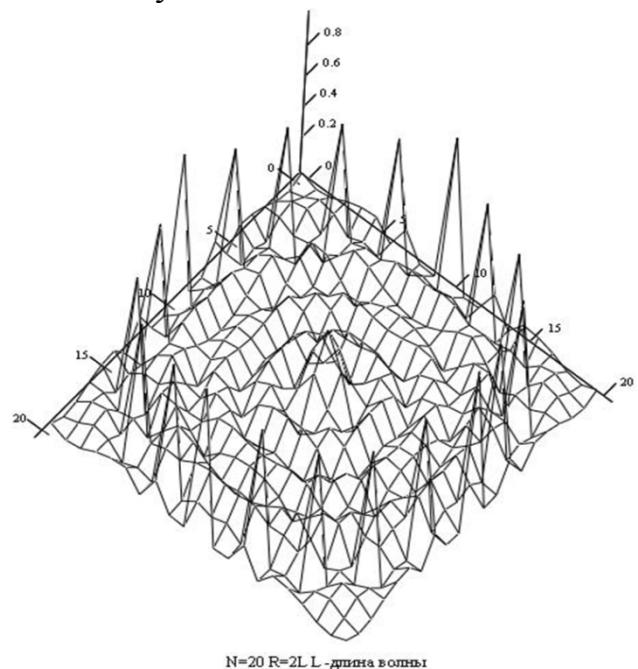


Рис. 2

#### Список источников:

1. Мощные излучающие акустические антенные решетки / Н.П. Красненко, А.С. Раков, Д.С. Раков, Ц.Д. Сандуков // Приборы и техника эксперимента. – 2012. – №3. – С. 129–130.

# ДИАГРАММА НАПРАВЛЕННОСТИ ФАЗИРОВАННОЙ КОЛЬЦЕВОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ

Алі Моджахед Алъхідер Омер

Научный руководитель – к.ф.-м.н. доц. Цехмистро Р.И.,

к.пед.н. доц. Лукьянова В.А

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

(61166, Харьков, пр.Науки,14, каф. ПН,тел. (057) 70211027,70211672)

e-mail: mjmjmojahed414@gmail.com

The numerical analysis of the directive pattern of sound power radiation intensity of arrays consist of spherical sound radiators have been researched on a small distances with effects of sound. An influence of radiator numbers and distance between radiators have been researched on the possibility to provide a even concentration of radiation power in near arrays. Amplitude characteristics of field in far zone of annular phased antenna arrays are studied by program for computer analysis. Physical law of sound field spatial distribution of sound radiators has been careed out.

Фазированные микрофонные решетки нашли широкое применение в устройствах обработки акустических сигналов с целью увеличения соотношения сигнал/шум в заданном направлении [1]. Например, в сотовом телефоне простейшая микрофонная решетка состоит всего из двух микрофонов и служит для увеличения соотношение сигнал/шум говорящего.

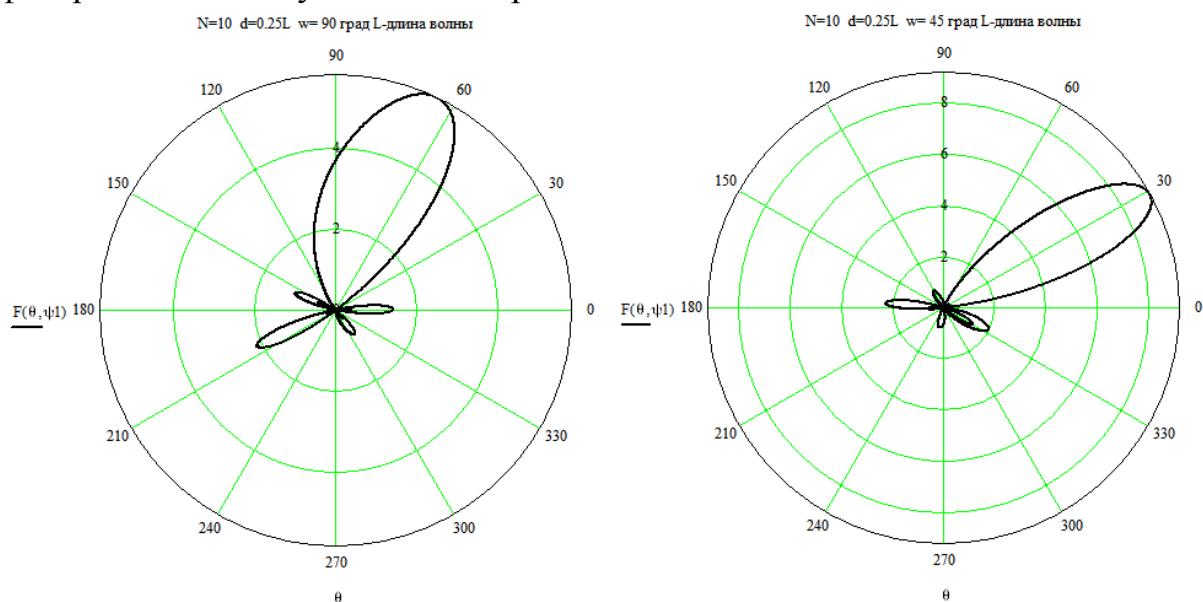
Разработанные мощные акустические антенные решетки для звуковой связи в атмосфере имеют один существенный недостаток. А именно то, что направлять данные устройства на цель наведения приходится за счет поворота антенной решетки в ручном режиме. Для ликвидации этого недостатка был предложен вариант электронного управления лучом диаграммы направленности. Принцип работы фазированной антенной решетки с электронным управлением лучом сводится к тому, что луч, формируемый парой элементов, может быть отклонен на угол  $\alpha$  от перпендикуляра к базе. Существует три основных способа формирования отклонения луча диаграммы направленности: с частотным качанием луча, с применением фазовращателей и применением линии задержки.)

$$F(\theta, \psi) = \frac{(1 + \sqrt{3} \cos(\theta))}{1 + \sqrt{3}} \frac{\sin\left(\frac{\pi N d (\sin(\theta) - \frac{\psi}{kd})}{\lambda}\right)}{\sin\left(\frac{\pi d (\sin(\theta) - \frac{\psi}{kd})}{\lambda}\right)} \quad (1)$$

Целью данной работы является демонстрация возможности моделирования управления диаграммой направленности акустической решетки в зависимости от числа излучателей, их расположения и сдвига фаз между ними.

Используя соотношение (1) показано, что при  $N=10$  излучателях и расстоянии между ними  $d=0,25\lambda$  направление главного лепестка диаграммы направленности изменилось при изменении  $\psi$  с 90 на 45 градусов. При увеличении числа излучателей наблюдается возрастание абсолютного значения амплитуды ДН и сужение ее ширины. Увеличение расстояния между излучателями –  $d$  приводит к увеличению уровня боковых лепестков.

Представленное в работе численное моделирование позволяет снизить затраты на дорогостоящую разработку систем управления фазированными акустическими решетками.



### Список источников

- Мощные излучающие акустические антенные решетки / Н.П. Красненко, А.С. Раков, Д.С. Раков, Ц.Д. Сандуков // Приборы и техника эксперимента. – 2012. – №3. – С. 129–130

# ВИЯВЛЕННЯ ХАРАКТЕРНИХ СПЕКТРАЛЬНИХ ОЗНАК АКУСТИЧНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ БПЛА

Серъожин І.І.

Науковий керівник – доцент Зубков О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра Медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем,

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: ivans.serozhin@nure.ua

**Abstract.** Записаны акустические излучения беспилотных летательных аппаратов в студии звукозаписи и вне помещения. Выявлены характерные спектральные признаки акустического излучения БПЛА. Разработана математическая модель акустического излучения БПЛА. Проведено исследование эффективности методов спектрального анализа для оценки положения спектральных максимумов акустического излучения БПЛА.

**Вступ.** Існує багато об'єктів, над територією яких політ безпілотних літальних апаратів (БПЛА) заборонений. Це аеропорти, військові бази, приватні території і т.д. Тому своєчасне виявлення БПЛА у зоні таких об'єктів дуже важлива задача, яка вирішується з використанням різних технічних засобів: радіолокаторів, відеокамер, детекторів акустичного випромінювання. Постійне вдосконалення методів обробки сигналів цих засобів та впровадження нових алгоритмів обробки є актуальною науковою задачею.

**Основна частина.** Для дослідження ефективності виявлення БПЛА було вирішено проаналізувати акустичне випромінювання (АВ) БПЛА, щоб визначити його характерні ознаки, за якими його можна відрізняти від природних та індустріальних шумів [1]. Для аналізу були використані звукові записи випромінювань двох моделей квадрокоптерів: DJI Phantom 3 та Syma X5SW. Звукозапис акустичних сигналів БПЛА проводився з використанням вимірювального конденсаторного мікрофона Superlux ECM-999 з круговою діаграмою спрямованості. Вихід мікрофона підключався по симетричному аудіо інтерфейсу XLR до входу зовнішньої звукової карти Behringer U-Phoria UM2. Звуковий сигнал оцифрувався з частотою дискретизації  $F_s = 48$  кГц і розрядністю 24 біта.

Звукозапис АВ БПЛА, а також природних та індустріальних шумов здійснювалися в студії звукозапису ХНУРЕ та на відкритій місцевості в межах міста чи пригорода. На рисунку 1 наведено характерну спектральну щільність потужності АВ у студії для DJI Phantom 3.

Така СЩП містить частоту основного тона та не менше 10-40 гармонік цієї частоти. Аналіз СЩП проаналізованих БПЛА, здатних нести корисне навантаження, наприклад у вигляді професійної відеокамери, показав, що частота основного тона АВ БПЛА знаходиться в межах від 90

до 240 Гц. Кількість гармонік основного тону АВ БПЛА - від 10 до 40, але зі збільшенням відстані до БПЛА, через поглинання звуку в атмосфері, високочастотні гармоніки істотно послаблюються до рівня фонових шумів і не можуть бути оброблені. Тому для обробки використовується від 2-х до 8-ми гармонік основного тону АВ БПЛА.

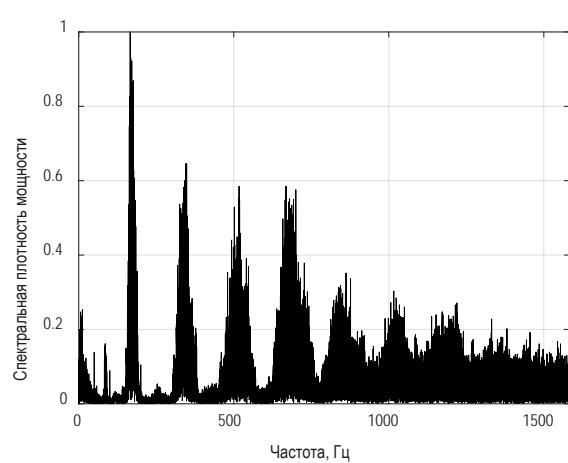


Рисунок 1

За характерними ознаками СЩП була створена її математична модель з шумовою складовою [2]. Згенеровані реалізації СЩП оброблялися з використанням: бистре перетворення Фур'є, періодограмний метод у сукупності з використанням спектральних вікон Ханна, Хеммінга, Кайзера, коваріаційним методом, модифікованим коваріаційним, music. Моделювання виконано у середовищі Matlab.

**Висновки.** При використанні коваріаційного, модифікованого

коваріаційного методів та метода music для аналізу положення 6-8 спектральних максимумів АВ БПЛА необхідно обчислювати не менш ніж 350 коефіцієнтів, що потребує часу 1с при кількості відліків 32768. Із зменшенням відношення сигнал/шум до 12-0 дБ оцінки положення максимумів СЩП значно зміщуються (5- 50%) відносно істинного положення цих максимумів. Тому ці методи непридатні для аналізу АВ БПЛА.

Періодограмні методи спектрального аналізу дають незміщені спектральні оцінки положення максимумів та дозволяють обробляти АВ БПЛА у реальному часі.

Найбільш ефективним є метод [3] обчислення СЩП не по реалізації сигналу, а по першій, другій, третій і т.д. автокореляційним функціям реалізації сигналу. Він дозволяє отримувати оцінки положення спектральних максимумів при низьких відношеннях сигнал/шум, тобто розширити дальність виявлення БПЛА.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Andrea Bernardini, Federica Mangiatordi, Emiliano Pallotti, Licia Capodiferro; Fondazione Ugo Bordoni. Drone detection by acoustic signature identification. – Electronic Imaging, Imaging and Multimedia Analytics in a Web and Mobile World. – 2017. – pp. 60-64
2. Солонина А.И. Цифровая обработка сигналов и MATLAB С.-П.: БХВ-Петербург, 2013. – 512 с.
3. Останин С. А. Увеличение отношения сигнал-шум методом последовательного вычисления автокорреляционной функции. Журнал радиоэлектроники. – 2011. – №12. – С. 20-29.

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МОБИЛЬНОЙ ФОТО- И ВИДЕОСЕМКИ

Беликова Д.В.

Научный руководитель – к.т.н. Колендовская М.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Науки 14, кафедра МИРЭС, т. 70-21-587  
email: d\_res@nure.ua

The development of mobile photography has come to the conclusion that commercial orders are being taken on a smartphone. In some countries, there are agencies instagramerov, which order advertising photography Toyota, PayPal, Nike. Mobile photos were on the cover of Time magazine.

Сегодня мобильная фотография – это больше, чем селфи и снимки еды для Instagram. Камеры современных смартфонов позволяют делать настоящие шедевры.

Развитие мобильной фотографии пришло к тому, что на смартфон снимают коммерческие заказы. В некоторых странах есть агентства инстаграмеров, которым заказывают рекламную съемку Toyota, PayPal, Nike. Мобильные фотографии попадали на обложку журнала Time. Даже репортеры агентства Magnum Photos для съемок в горячих точках используют смартфоны. Это позволяет окунуться в процесс, глубже взаимодействовать с местом, где находится журналист. Телефон не создает барьер между репортером и участником событий. Большая камера всегда отталкивает.

В настоящее время ведутся споры о том, что мобильная фотография не является разновидностью искусства, являясь лишь модой на любительские фотографии. Однако, есть мнение и о том, что с совершенствованием технических средств жанр окончательно приживётся. Но тут стоит учесть момент, что при нынешнем развитии мобильной фотографии данный вид искусства останется обособленным, так как в мобильной фотографии ценится в основном объект съемки и необычность точки съемки, а не качество получившегося фото. То есть важна не четкость кадра, а то, что на нём запечатлено.

Рассмотрим преимущества мобильной фотографии. Во-первых, мобильность. Человек может снимать где угодно, когда угодно. Это позволяет запечатлеть самые спонтанные моменты. Мобильный фотограф снимает то, что даже не придет в голову обычному фотографу.

Во-вторых, скорость. За считанные секунды вы готовы к съемке даже в самые неожиданные моменты. От момента съемки до сдачи материала проходят считанные минуты. Ты снял несколько кадров, отобрал лучшие, сделал минимальную обработку и отправил. Через короткое время фотография либо в твоем аккаунте в Instagram, либо у заказчика, либо в редакции.

В-третьих, незаметность. Ты растворяешься в толпе и не привлекаешь внимание. Человек с телефоном - это просто человек с телефоном. В тебе не заподозрят фотографа. Люди не понимают: ты снимаешь их, пейзаж или отправляешь сообщение. Это позволяет сделать жизненные кадры, уловить эмоции, не спугнуть людей.

Так же, к преимуществам мобильной фотографии можно отнести быструю пост-обработку (фотографии обрабатываются буквально на месте съемки) и цена вопроса. Ведь не каждый может позволить себе зеркальную камеру даже начального уровня, а комплектующие к ней тем более, цена которых может превышать стоимость тушки в 2, а то и в 3 раза. И не стоит забывать о таких вещах, как штатив, сумка для камеры, светофильтры и подобные мелочи, которые потянут еще на полстоимости камеры. С другой стороны, мы имеем смартфон, который можно купить как минимум в 2-3 раза дешевле зеркалки и наслаждаться процессом фотосъемки. А у многих смартфон с хорошей камерой уже есть по умолчанию, и никаких материальных затрат на то, чтобы начать делать красивые фотографии, делать вообще не нужно.

Рассмотрим недостатки мобильной фотографии. Первое: меньшая чувствительность к свету по сравнению с цифровой камерой, из-за чего сложно сделать качественные снимки в условиях низкой освещенности. Второе: определенный (неизменный) угол обзора объектива. Но если знать об ограничениях, можно умело с ними справляться.

Следующий этап – мобильная видеосъемка. Уже сейчас продукцию Apple широко используют для съемок настоящего полнометражного кино. Сначала это с осторожностью опробовал Спайк Ли в фильме «Лето в Ред Хук», герой которого снимал кино на iPad, а недавно известный экспериментатор Шон Бейкер снял на iPhone 5s свою новую работу «Мандарин».

Из снятых на iPhone фильмов внимания заслуживает детище Стивена Содерберга в жанре хоррор «Не в себе», мобильность устройства позволила автору монтировать фильм прямо на съемочной площадке.

По мимо фильмов, на смартфоны сейчас так же снимают музыкальные клипы. Клип группы Vintage Trouble на песню Nancy Lee был отснят всего за один день на iPhone 4s. А клип Terry Poison на песню Gorgeous был снят с использованием большого количества айфонов и другой техники, включая кейсы для сменной оптики. Он занял первое место на iPhone Film Festival в рубрике музыкальных видео.

Данные примеры показывают нам, что мобильная фотография и видеосъемка все больше становятся неотделимой частью искусства, так же как и классическая фотография. Таким образом камера превращается в невидимого спутника повседневной жизни.

## **ОБЗОР ПРИНЦИПА РАБОТЫ ТРИАНГУЛЯЦИОННОГО ДАТЧИКА**

Рогач О.О., Мясоедов В.Г.

Науковий керівник - к.т.н., доц. Колендовская М.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, пр. Науки 14, кафедра МІРЕС, т. 70-21-587

email: d\_res@nure.ua

The triangulation control method is based on the calculation of the desired distance through triangle relations using known system parameters. It allows you to measure both the relative change in the distance from the sensor to the object being monitored and its absolute value. Moreover, the controlled distance can have a scale from several micrometers (for example, when monitoring the surface of microelectronic crystals) to hundreds and thousands of meters (for geodetic applications).

Триангуляционный метод контроля основан на расчете искомого расстояния через соотношения треугольника с использованием известных параметров системы. Он позволяет измерять как относительное изменение расстояния от датчика до контролируемого объекта, так и абсолютную его величину. Причем контролируемое расстояние может иметь масштаб от нескольких микрометров (например, при контроле поверхности кристаллов микроэлектроники) до сотен и тысяч метров (при геодезических применениях).

Триангуляционную можно условно разделить на три части: излучательный (или осветительный) канал, контролируемая поверхность, приёмный канал.

Первая часть схемы – излучательный канал, который состоит из источника излучения и объектива, который формирует зондирующий пучок на контролируемой поверхности. В качестве источника излучения, как правило, используется лазерный диод.

Объектив состоит из одной или нескольких оптических линз. Относительное положение объектива и лазерного диода определяет настройку излучательного канала. Чтобы настроить лазерный модуль необходимо выставить перетяжку в центр диапазона измерения и отцентрировать зондирующий пучок.

Результатом хорошей настройки является отцентрированный пучок, ширина и интенсивность которого симметрично изменяются относительно центра диапазона измерения.

Вторая неотъемлемая часть триангуляционной измерительной схемы – это контролируемая поверхность. Каждая поверхность имеет свойство отражать или рассеивать падающее излучение. Рассеяние излучения поверхностью контролируемого объекта используется в триангуляции как физическая основа для получения информации о расстоянии до этой поверхности.

Задача триангуляционного датчика – измерить расстояние от выбранной точки на оси зондирующего пучка до физической точки поверхности с высокой точностью. Любая контролируемая поверхность характеризуется неровностью или степенью своей гладкости – шероховатостью  $Rz$ . Как правило, требуемая точность измерения обратно пропорциональна шероховатости контролируемой поверхности. Так, шероховатость поверхности кристаллов микроэлектроники, а значит и измеряемое расстояние до них, имеют масштаб от нескольких микрометров. А, например, в геодезической отрасли необходимо определять расстояния с точностью до сотен и тысяч метров.

Каждая поверхность имеет также свойство отражать или рассеивать падающее излучение. Рассеяние излучения поверхностью контролируемого объекта используется в триангуляции как физическая основа для получения информации о расстоянии до этой поверхности. Поэтому, контролируемая поверхность является неотъемлемой частью триангуляционной измерительной схемы.

Третья часть схемы триангуляционного измерителя – приемный канал, который состоит из проецирующего объектива и фотоприемника.

Проектирующий объектив формирует изображение зондирующего пятна в плоскости фотоприемника. Чем больше диаметр  $D$  объектива, тем выше его светосила. Иначе говоря, тем интенсивнее и качественнее строится изображение пятна.

В зависимости от конкретной реализации, для регистрации сформированного изображения качестве приемника используют либо фотодиодную линейку, либо позиционно-чувствительный приемник.

#### Література:

Sergiyenko O. Robust Control of Excavation Mobile Robot with Dynamic Triangulation Vision / O. Sergiyenko, A. Gurko, W. Hernandez, V. Tyrsa, J. I. Nieto Hipólito, D. Hernandez Balbuena and P. Mercorelli. // Proceedings of the 9th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics(ICINCO-2012), Rome, Italy, 28 - 31 July, 2012. – 2012. - Volume 2. - P. 481-485.

Murrieta-Rico, F.N. Rational Approximations Principle for Frequency Shifts Measurement in Frequency Domain Sensors. / Murrieta-Rico, F.N.; A. Tchernykh; V. Petranovskii; O. Raymond-Herrera; Sergiyenko, O.; Flores-Fuentes, W.; Rodriguez-Quiñonez, J.C.; Hernandez-Balbuena, D.; Nieto-Hipolito, J.I.; V.Tyrsa; and V. M. Kartashov. // Proceedings of 41st Annual Conference of IEEE Industrial Electronics (IECON-2015), Yokohama, Japan, November, 9 - 12, 2015, pp. 226-231.

# ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ МІКРОФОНУ У АКУСТИЧНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ З ВИКОРИСТАННЯМ М-ПОСЛІДОВНОСТЕЙ

Огірняк В.А.

Науковий керівник – к.т.н., проф. Олейніков В.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. MIPEC, тел. (057)702-13-06)  
e-mail: fgberhgthdcd@mail.com, факс (096) 702-73-350

For measurements and the search for an optimal location of the microphone with the target to eliminate the disturbance, using auxiliary signals are modeled using M-sequences. Also M-sequences are used indoors as an alternative to a anechoic chamber. The paper presents the experimental results necessary for the development of methods noise measurements using M-sequences.

Для проведення акустичних вимірювань і пошука оптимальногорозташування мікрофона з цілью усунути заважаючі відбиття використовують допоміжні сигнали, які зформувати за допомогою М-послідовностей.

Вимірювання імпульсних відгуків приміщені є найбільш часто використовуваним способом отримання структури звукових відбиттів, оскільки маючи імпульсний відклика і вхідний сигнал, можна знайти вихідний сигнал.

Імпульсний відгук – найбільш інформативна характеристика акустичного розсіювача, оскільки будь-який вхідний сигнал, звернутий з інімпульсним відгуком, дає вихідний сигнал.

Як відомо, М-послідовність являє собою псевдовипадкову періодичну двійкову послідовність, автокореляційна функція якої близька до періодично повторюваного одиничного імпульсу.

Послідовність  $\{S_k = \pm 1\}$  порядку  $M$  має період  $L = 2M-1$ , а її автокореляційна функція  $\{A\}$  має вигляд:

$$A_k = \frac{1}{L} \sum_{n=1}^{L} S_n S_{n+k-1} = \begin{cases} 1, & k=1 \\ -\frac{1}{L}, & k=2 \dots L \end{cases}$$

Використавши цю властивість М-послідовності можна вимірювати імпульсні відклики лінійно стаціонарних систем. Подавши на вхід системи сигнал у вигляді М-послідовності і обчисливши взаємну кореляційну функцію вихідного і вхідного сигналів, вийде сигнал, що представляє собою відгук системи на автокореляційну функцію М-послідовності.

В дослідженні створене монопольне джерело для вимірювання таких відгуків за допомогою випромінення псевдовипадкових послідовностей максимальної довжини.

Для надійного поділу корисного і паразитного сигналів слід

роздавати розсіювач на достатньому віддаленні від підлоги та інших предметів, а потім застосовувати вікно в часовій області, відсікаючи паразитні сигнали. Перевагою цієї експериментальної техніки також є те, що для її використання не потрібно заглушене приміщення - корисний сигнал від розсіювача з'являється в імпульсному відгуку системи раніше, ніж перешкоди від акустичного оточення.

Акустичні вимірювання шуму проводилися на відкритому стенду, рис. 1.

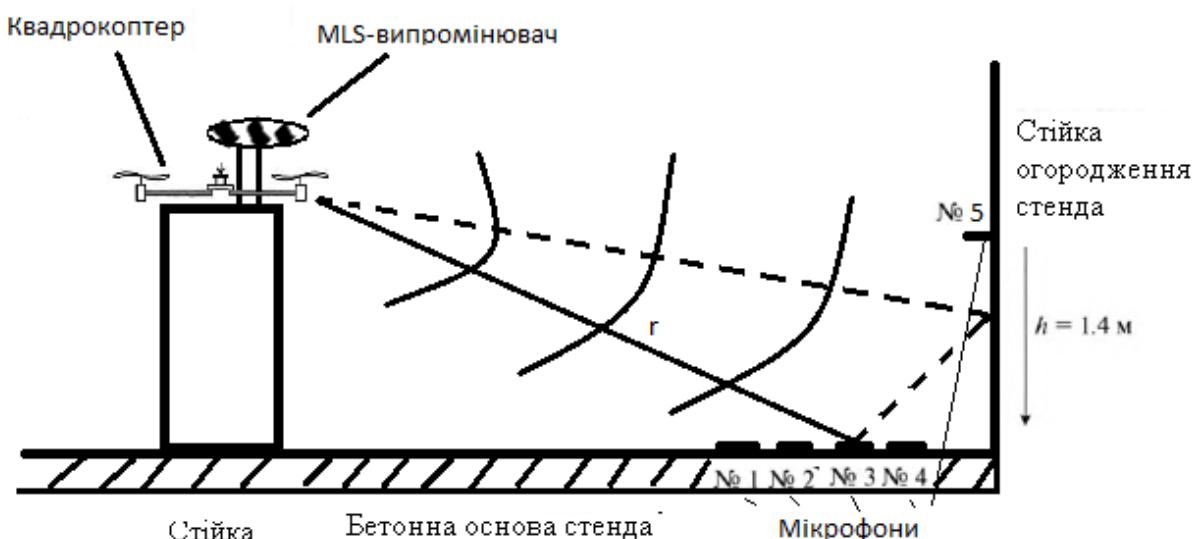


Рисунок 1- Схема стенда для дослідження оптимального розташування мікрофону.

Джерело мало монопольну спрямованість в широкому діапазоні частот і генерувало синтезований сигнал, що дозволяє за допомогою спеціальної програми обробки для кожного положення мікрофона обчислювати імпульсний відгук, визначати джерело відображеній і оцінювати відносний внесок відбитого сигналу в загальний сигнал, вимірюваний мікрофоном в даній точці.

#### Література:

1. Валяев, В.Ю. Экспериментальное и теоретическое исследование дифракции акустических волн на конусах специального вида и препятствиях типа полосы / В.Ю. Валяев. – М.: МГУ им. Ломоносова, 2011. - 83с.
2. Исакович, М. А. Общая акустика. / М.А.Исакович. - М.: Наука, 1973. 496 с.
- 3.Шанин, А.В. Метод последовательностей максимальной длины в акустическом эксперименте / А.В. Шанин. – М.:ЗОРЯ-М, 2011. 82с.

**ТЕХНІЧНИЙ ЗАХИСТ  
ІНФОРМАЦІЇ**

## **ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ**

Янченко І.А.

Науковий керівник – викладач вищої категорії Петренко Ю.О.

Кам'янський державний енергетичний технікум

(51918, м. Кам'янське, вул. Енергетиків, 36, тел. (0569)56-06-40

email: det\_dndz@ukr.net, факс (0569) 56-06-41

Nowadays there is no single security device or technologies that would allow to solve all the problems of network security. There is an enormous amount of security devices and software tools. It is important, for them to work simultaneously the operation. Security devices are the most effective, when they are a part of the system. Security means can also be realized in programs and run on a network device. Hardware problems are often caused by drawbacks yet on the stage of its planning. Hardware problems are typical vulnerability for specific models of devices and are not usually used during random attempts of compromentation.

Оскільки апаратні експлойти найчастіше зустрічаються в цілеспрямованих атаках, традиційний захист від зловмисного програмного забезпечення та фізична безпека є достатнім захистом для звичайного користувача.

Комп'ютерні пристрої зберігають ваші дані та є порталом до вашого онлайн-життя. Наведемо короткий перелік кроків, які можна виконати, щоб захистити ваші комп'ютерні пристрої від вторгнення:

Тримайте файервол увімкненим в комп'ютерних мережах.

Використовуйте антивірусні та антишпигунські програми.

Керуйте операційною системою та веб-переглядачем.

Захистіть всі свої пристрої паролем для запобігання несанкціонованого доступу.

Вразливості програмного забезпечення, як правило, є наслідками помилок в коді операційної системі або програми. Незважаючи на те, що всі компанії намагаються знайти та виправити вразливі місця ПЗ, регулярно виявляються нові вразливості. Програмне забезпечення оновлюється з метою підтримки його актуального стану та запобігання використання вразливостей.

Бездротові мережі дозволяють пристроям, які мають Wi-Fi-модулі, ноутбукам та планшетам, під'єднуватись, використовуючи ідентифікатор мережі, відомий як Service Set Identifier (SSID). Щоб запобігти втручанню до вашої домашньої бездротової мережі, потрібно змінити попередньо заданий SSID та пароль за замовчуванням для доступу до адміністративного веб-інтерфейсу.

Багато мобільних пристройів, наприклад смартфони та планшети, підтримують бездротовий протокол Bluetooth. На жаль, Bluetooth може використовуватися хакерами з метою прослуховування пристройів,

віддаленого контролю доступу, розповсюдження шкідливого ПЗ та виснаження акумуляторів. Щоб уникнути цих проблем, вимикайте Bluetooth, коли не використовуєте його.

Використовуйте унікальні паролі для кожного облікового запису.

Ваші дані завжди мають бути зашифровані. Тільки саме шифрування не може завадити перехопленню даних. Шифрування може завадити неавторизованій особі переглядати або отримувати доступ до вмісту даних.

Робіть резервні копії ваших даних. Наявність резервних копій зможе запобігти втраті унікальних даних.

Видаляйте свої дані остаточно. Коли ви переміщуєте файл у кошик для сміття та видаляєте його остаточно файл стає недоступним для операційної системи.

Двофакторна аутентифікація. Популярні онлайн-сервіси, такі як Google, Facebook, Twitter, LinkedIn, Apple та Microsoft, використовують двофакторну аутентифікацію, щоб забезпечити додатковий рівень захисту при вході до облікових записів.

Якщо ви хочете зберегти вашу конфіденційність у соціальних мережах, поширяйте якомога менше інформації.

Конфіденційність електронної пошти та веб-браузера. Повідомлення електронної пошти також передається у незашифрованому вигляді і може бути прочитано усіма, хто має до нього доступ. Ці повідомлення передаються між різними серверами поки досягнуть пункту призначення. Будь-хто, хто має фізичний доступ до вашого комп'ютера або маршрутизатора, може бачити які веб-сайти ви відвідали, використовуючи історію веб-переглядача, кеш-пам'ять та, можливо, файли журналів. Цю проблему можна звести до мінімуму, увімкнувши режим приватного (анонімного) перегляду у веб-браузері.

Зрештою, ви відповідаєте за захист ваших даних, комп'ютерних пристройів, і за те, щоб ніхто не видавав себе за вас. Тому кілька простих заходів безпеки можуть позбавити вас від проблем у майбутньому.

#### Перелік посилань

1. Лісовська Ю. Інформаційна безпека України/ Юлія Лісовська ; [пер. с англ. – 4-е изд.]. – Київ. : Кондор, 2018. – 172 с. , 24 с
2. Інформаційна та кібербезпека: соціотехнічний аспект/ [В. Л. Бурячок, В. Б. Толубко, В. О. Хорошко, С. В. Толюпа]. – Київ : Вища освіта, 2015. – 287 с, (Бібліотека спеціаліста. Професійно–технічна освіта).
3. Захист інформації в інформаційних системах [електронний ресурс]. Режим доступу:  
[https://pidruchniki.com/13670622/informatika/zahist\\_informatsiyi\\_informatsiynih\\_sistemah](https://pidruchniki.com/13670622/informatika/zahist_informatsiyi_informatsiynih_sistemah)

## **SCOREX - BLOCKCHAIN CONSTRUCTOR**

Пионтковский А.И.

Научный руководитель - д.т.н, проф. Олейников Р.В.

Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина  
(61022, Харьков, площадь Свободы 4, факультет компьютерных наук, каф.

Безопасности информационных систем и технологий, тел. 707-50-19)

e-mail: ant.piontkowski@gmail.com тел: +38 (066) 203 22 26

With the invention of cryptocurrency, Bitcoin, which became the first application which uses blockchain technology, and with its further development, this technology has been mentioned more and more often in the conversations of the whole world. And now, after ten years of development, in our days, it is one of the most promising areas of activity. Nowadays, it is used not only in the field of finance, for creating cryptocurrencies, but also in such industries as authorship and ownership, data management, digital identity, authentication and confirmation of access rights, and so on. But there is one big problem - the complexity of development and implementation. One of the goals of Scorex is to provide way to simplify development using blockchain technology.

Сбор и обработка данных имеют чрезвычайно важное значение. Не менее важным фактором является верификация собранных данных, но подтверждение подлинности информации традиционными методами делает этот процесс очень длинным и, соответственно, неэффективным, поскольку через некоторое время данные теряют свою актуальность. Использование блокчейн-технологий может ускорить этот процесс, поскольку данные не требуют дополнительной проверки в связи с невозможностью их фальсификации. [2]

Чтобы создать систему, в которой доверие является одним из основных факторов успеха, традиционным компаниям понадобились десятилетия. Доверие в классической экономической модели компании - это вещь, которую очень тяжело получить. А блокчейн-технологии позволяют развернуть систему, в которой доверие является ключевым элементом, практически без затрат времени. При построении системы, базирующейся на блокчейн-технологиях, всегда есть возможность проверить все транзакции, которые проводились в сети. Кто-угодно в любой момент времени может проверить соглашение и убедиться в его честности и правдивости. Отпадает необходимость привлечения посредников, риски для обеих сторон значительно уменьшаются.[2]

Все вышеперечисленные позитивные аспекты использования системы блокчейн решают много современных проблем над которыми трудятся люди разных профессий не первый год. Однако не все так хорошо, как казалось бы, проблема в том, что процесс разработки таких систем и продуктов отнимает много времени, а сам процесс очень проблематичен и таит в себе много каверзных проблем.

К моменту написания тезисов, было проведено исследование для поиска программного обеспечения, которое бы решало эти проблемы. В результате было найдено немало такого ПО, но интерес к себе привлекают лишь некоторые из них: HyperLedger, Exonum, Ethereum Scorex. После беглого изучения документации мой выбор остановился на последнем, и вот почему.

Ключевой особенностью Scorex является его модульная архитектура, которая позволяет пользователям легко выбирать и комбинировать согласованные протоколы, транзакционные структуры с сетевой инфраструктурой. Scorex состоит из ядра и различных модулей, которые дополняют ядро. Все компоненты созданы с учетом гибкости, элегантности и производительности. [1]

Scorex содержит множество существующих решений для блокчейна, а также экспериментальные прототипы, которые можно комбинировать для создания экспериментальной или готовой к использованию криптовалюты. Scorex делает процесс от разработки криптовалюты до ее реализации намного короче и эффективнее.

Цель Scorex - быть быстродействующим, легко расширяемым, но и защищенным от всех известных атак на блокчейны фреймворком. Разработчики постоянно внедряют больше функциональных возможностей, улучшают покрытие кода тестами, улучшают производительность, а также разрабатывают механизмы защиты сетевого уровня от атак DDoS. [1]

В настоящее время существует общедоступная тестовая сеть, использующая Permacoin в качестве согласованного протокола. Так же с помощью Scorex был реализован Twinscoin который объединяет PoW и PoS протоколы консенсуса.

Выводы: технология блокчейна - перспективное направление развития в сфере информационных технологий, оно развивается и имеет высокий потенциал. К сожалению, это относительно молодое направление и тем самым на данный момент существует очень малое количество ПО которое имеет за цель упростить и ускорить разработку и сопровождение, таким образом можно сделать вывод что в дальнейшем Scorex может стать прародителем мощных фреймворков которые существенно упростят процесс разработки.

### Список литературы

Alexander Chepurnoy and an anonymous contributor. The Blockchain and the Scorex Tutorial. Jun-Dec, 2016. 26c.

Coin News. Пять причин применения блокчейн компаниями. [Электронный ресурс]: <http://coineWS.io/ru/category/5-blockchain/article/192> (дата обращения: 27.12.2016).

# АЛГОРИТМ ПОДАВЛЕННЯ ЗАВАД У РЕЖИМІ ПСЕВДОВИПАДКОВОГО ПЕРЕНАЛАШТУВАННЯ ЧАСТОТИ

Маленчик Т.В.

Науковий керівник – старший викладач Булащенко А. В.;  
Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна  
(03056, Київ, пр. Перемоги, 37, каф. теоретичних основ радіотехніки)  
e-mail: an\_bulashenko@i.ua, 095-702-99-09

The work describes an algorithm for improving noise immunity in modern communication systems. It uses a pseudorandom radio-frequency mode in the radio-alert mode. To counteract such a signal, the algorithm of suppressing the pseudorandom radio frequency reconfiguration is used.

Для покращення показників завадозахищеності у сучасних системах зв’язку використовують режим квазівипадкового переналаштування частоти у системах радіоелектронного подавлення. Для протидії сигналам із псевдовипадковим переналаштуванням радіочастоти можуть використовуватися станції активних завад. В них застосовують алгоритм подавлення псевдовипадкового переналаштування радіочастоти у УКХ діапазоні.

У разі використання методу псевдовипадкового переналаштування радіочастоти розширення спектру досягається шляхом скачкоподібної зміни носійної частоти у виділеному діапазоні. У загальному випадку сигнали з псевдовипадковим переналаштуванням частоти можна розглядати як послідовність модульованих радіоімпульсів, носійні частоти яких переналаштовуються. Порядок чергування частот, що переналаштовуються, та їх кількість визначаються псевдовипадковими кодами. Основні елементи структурних схем таких передавача та приймача системи радіозв’язку у випадку цифрової одноканальної модуляції зображені на рис. 1.

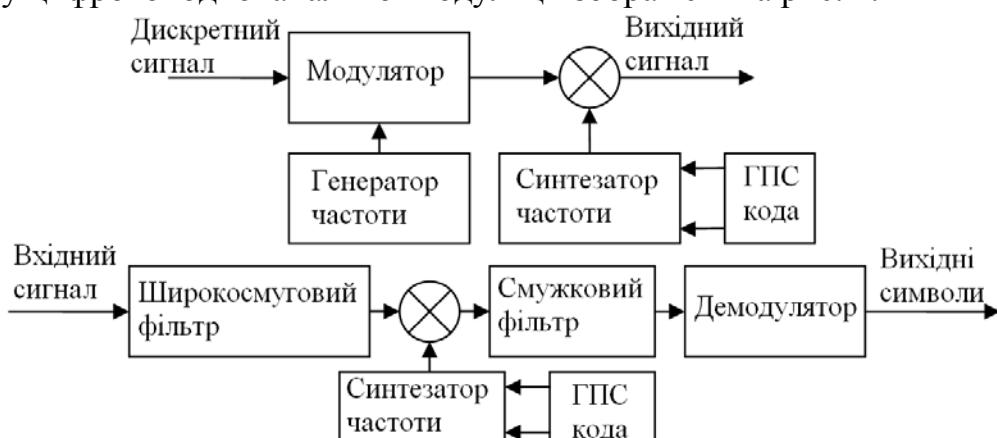


Рисунок 1

Приймальний пристрій може сприймати завади не тільки у смузі основного каналу, але і за її межами. Приймач має побічні канали приймання, в якому можуть проявлятися так звані позасмугові ефекти.

У приймачах до таких ефектів, при дії великого за рівнем сигналу завади відносяться блокування та перехресне спотворення. Блокування проявляється у зміні рівня сигналу або відношення сигнал/завада на виході радіоприймача при дії радіозавади, частота якої не співпадає з частотою основного та бічного каналів. Блокування виникає в підсилювачі резонансної частоти та змішувачах через нелінійний закон зміни коефіцієнта передачі або корисного сигналу при дії завади.

Нехай нелінійний елемент має характеристику

$$i = b_0 + b_1 u + b_2 u^2 + b_3 u^3 + \dots$$

На вході цього елементу діє загальна напруга із суміші сигналу та завади

$$u(t) = u_{\text{сигнал}}(t) + u_{\text{завада}}(t) = U_{mc} \cos(\omega_C t) + U_{m3} \cos(\omega_3 t).$$

Виділимо першу гармоніку складової струму корисного сигналу

$$i_{\omega_C}(t) = U_{mc} \left[ b_1 + \frac{3}{4} b_3 u_{mc}^2 + \frac{3}{2} b_3 u_{m3}^2 \right].$$

Другий та третій доданки у дужках визначають зміну підсилення за рахунок нелінійності третього порядку. Якщо  $b_3 < 0$ , то струм на виході при дії завади буде зменшуватися. Для випадку, коли  $b_1 + \frac{3}{4} b_3 u_{mc}^2 + \frac{3}{2} b_3 u_{m3}^2 = 0$ , вихідний струм буде відсутній та корисний сигнал на виході приймача не пройде, бо буде заблокований. Для виключення блокування корисного сигналу необхідно, щоб  $b_3 = 0$ .

Другий доданок виразу за реальних рівнів корисного сигналу у приймачі значно менше величини  $b_1$ , тому їм можна знехтувати. Коли величини  $U_{m3}$  та  $U_{mc}$  будуть співвимірні, то теж саме можно сказати про третій доданок. Щоб ефект блокування помітно проявлявся, необхідно виконати умову  $U_{m3} \gg U_{mc}$ . Отже, рівень завад має бути значно вище рівня корисного сигналу. Тому ефект блокування називається ефектом великого.

Якщо напруга завади, що подається на вхід нелінійного елемента, має амплітудну модуляцію

$$u_{\text{завада}}(t) = U_{m3} (1 + m_3 \cos(\Omega_3 t)) \cos(\omega_C t).$$

У результаті струм прийме вигляд

$$i_{\omega_C}(t) = U_{mc} \left[ b_1 + \frac{3}{4} b_3 U_{m3} (1 + m_3 \cos(\Omega_3 t)) \right] \cos(\omega_C t).$$

Отже, підсилення корисного сигналу змінюється за законом модуляції напруги завади. Це є еквівалентне перенесення модуляції завади на корисний сигнал. В цьому полягає суть ефекту перехресних завад.

Таким чином, можна зробити висновок, що існує можливість подавлення передавача псевдовипадкового переналаштування радіочастоти, впливаючи на побічний канал приймання, зменшуючи при цьому відношення сигнал/завада, роблячи приймання сигналу не можливим.

Перелік посилань

- Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты // под ред. В.И. Борисова; изд. 2-е, перераб. И доп. – М.: РадиоСофт, 2008. – 512 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО УСТРОЙСТВА ОХРАНЫ ОБЪЕКТОВ ОСОБОЙ ВАЖНОСТИ

Манухина А.Н.

Научный руководитель – к. т. н., доц. Стрельницкий А.Е.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. ОРТ, тел. (057) 702-14-30),

We study a pulsed magnetoelectric drive as an inductor in which a flat spiral inductor coil is used, a capacitive drive (a battery of high-voltage pulse capacitors) is used as an energy storage device, and solid electrically conducting bodies are used as swept bodies (indenters).

Традиционные системы физической защиты объектов (СФЗО) относятся к категории пассивных систем, назначение которых заключается только в фиксировании фактов (или попыток) вторжения на охраняемый объект, передачи тревожного сигнала на пульт централизованного наблюдения и задержки нарушителя на некоторое время физическими барьерами. Специфика функционального назначения систем активной защиты (САЗ) отражается в самом названии и заключается в активном противодействии несанкционированным вторжениям. В пассивных СФЗО нейтрализация нарушителей выполняется за счет действий сил охраны. В данном случае вероятность успешной нейтрализации зависит от многих факторов (численного состава и уровня боевых навыков нарушителей и сил охраны объекта, их вооружения и технического оснащения, временных параметров реагирования сил охраны и т.д.).

В работе исследуется импульсный магнитоэлектрический привод в качестве индуктора в котором используется плоская спиральная катушка-индуктор, в качестве накопителя энергии - емкостной накопитель (батарея высоковольтных импульсных конденсаторов), а в качестве метаемых тел (инденторов) - твердые электропроводящие тела.

Принцип высокоскоростного магнитно-импульсного метания твердых электропроводящих тел, лежащий в основе работы магнитно-импульсного привода, основан на возникновении механических сил отталкивания между проводниками, по которым течет электрический ток - явлении, описываемом законом Био-Савара-Лапласа.

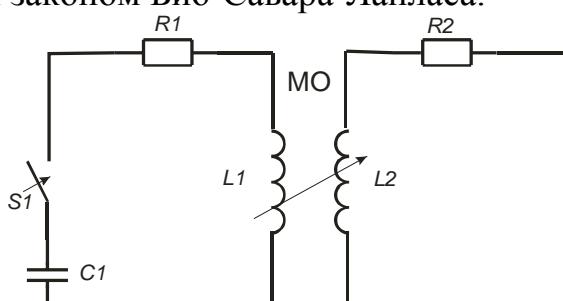


Рис. 1 – Эквивалентная электрическая схема системы “индуктор–метаемый проводник”

Для теоретической оценки основных тактико-технических характеристик устройства разработана математическая модель магнитно-импульсного метания. Основу модели составляет дифференциальное уравнение движения проводящего тела в импульсном магнитном поле, созданном индуктором [1]. С учетом ряда допущений магнитно-импульсное метание проводящего тела можно представить в виде системы интегро-дифференциальных уравнений, основным из которых является уравнение аксиального движения проводящего тела под действием электромагнитного давления, возникающего между индуктором и метаемым телом:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_1 i_1 + M \frac{di_2}{dt} + i_2 \frac{dM}{dt} + L_1 \frac{di_1}{dt} + \frac{1}{C} \int_0^t i_2 dt = 0 \quad (1) \\ R_2 i_2 + M \frac{di_1}{dt} + i_1 \frac{dM}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt} = 0 \quad (2) \\ m \frac{d^2 x}{dt^2} = i_1 i_2 \frac{dM}{dx} \quad (3) \end{array} \right.$$

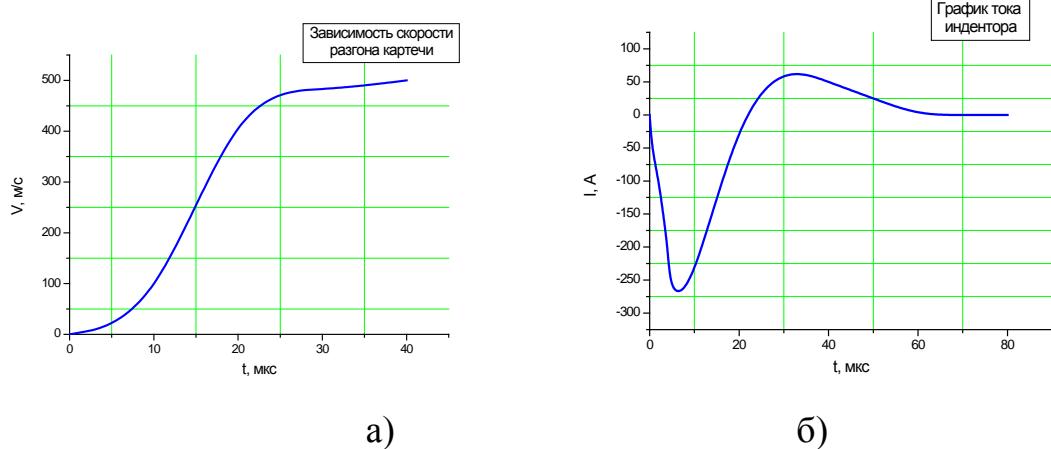


Рис. 2 – Результаты расчетов процесса метания индентора:  
а) график скорости индентора, б) график тока индентора

Указанное устройство позволяет достичь следующих преимуществ: возможности быстрой перезарядки, возможности метания групп тел поражающих элементов различной формы, возможности регулирования скорости метания путем изменения напряжения заряда накопителя магнитно-импульсного метательного устройства, обеспечивая тем самым летальное или нелетальное действие поражающих элементов.

#### Список литературы

1. Андреев АН., Бондалетов В.Н. Индукционное ускорение проводников и высокоскоростной привод // Электричество. - 1973, №10, с.36-40.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСТОТНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЕФІЦІНТА ЕКРАНУВАННЯ

Коломоєць Р.Ю.

Науковий керівник – доц. Бєлявцев В.Б.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. Комп’ютерної радіоінженерії та систем  
технічного захисту інформації, тел. (057) 702 14 30)  
e-mail: raya.kolomoets@mail.ru, факс (057) 702 14 30

The frequency characteristic of the shrinkage factor for a metal screen version is investigated. The conditions of the minimum of this characteristic and the influence of the main screening factors - reflection, absorption and multiple reflection are found. It is established that in the low-frequency region the main screening factor is multiple reflection, and in the high-frequency region, it is a superficial effect.

Відомо, що коефіцієнт екранування металевого екрана залежить від його товщини  $d$  та глибини скін-шару  $\Delta$ , та визначається за формулою [1], в якій перший доданок характеризує поглинання, другий доданок - відбиття, третій – багаторазове відбиття.

$$K_{ekp} = 8.68 \frac{d}{\Delta} + 66.645 \cdot \Delta + |20 \cdot \lg(1 - e^{-2d/\Delta})|, \text{дБ.} \quad (1)$$

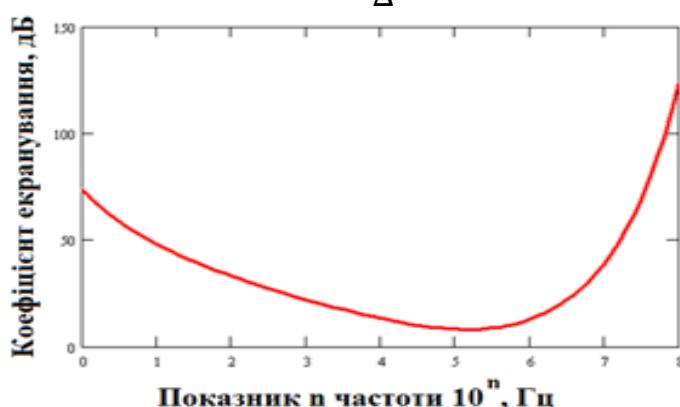


Рис.1 – Приклад частотної залежності

Відповідно отриманого рисунка можна зробити висновок, що коефіцієнт екранування досягає мінімума, після чого зростає. Для знаходження числового значення цього мінімума визначаємо вплив кожного із доданків формули (1). Графічне зображення проілюстровано на рис. 2.

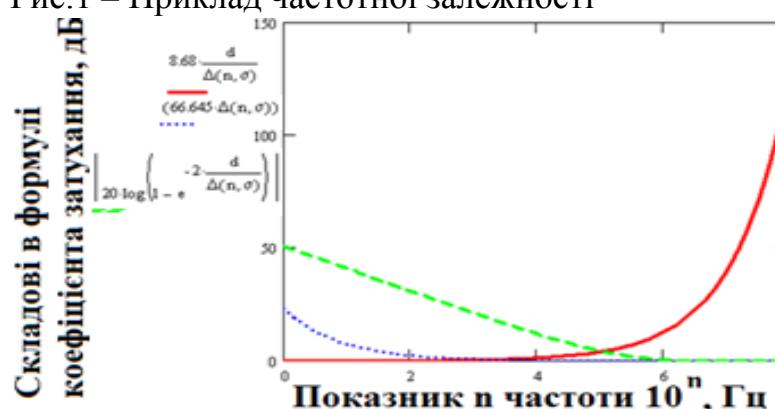


Рис.2 – Частотні залежності впливаючих ефектів

Проаналізувавши отриманий рис. 2 можна зробити висновок, що в смузі високих частот вплив поглинання зростає із зростанням частоти, а відбиття та багаторазове відбиття має несуттєве значення.

В смузі нижчих частот вплив багаторазового відбиття набагато сильніший, ніж вплив простого відбиття, а ефектом поглинання можна знехтувати.

Аналіз кривих на рис. 1, 2 показує, що мінімум частотної залежності знаходиться поблизу точки, де дві криві по рис. 2 перетинаються. З формулі (1) для двох додатків. Після введення нормованого параметра  $d/\Delta$ , записуємо трансцендентне рівняння

$$8.68x = |20 \cdot \lg(1 - e^{-2d/\Delta})|, \text{дБ.} \quad (2)$$

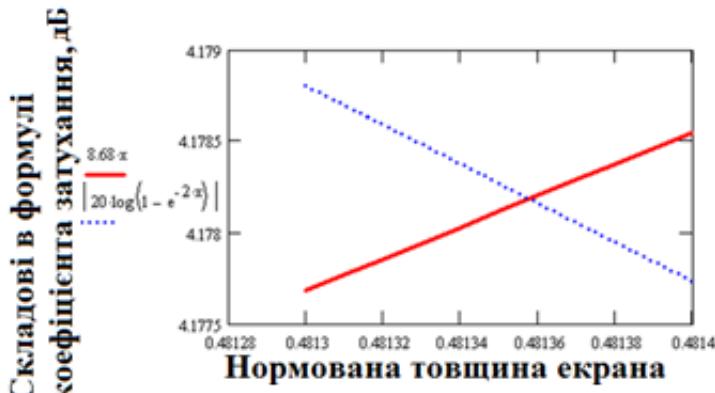


Рис.3 – Графічне рішення рівняння відносно нормованої електричної товщини екрана  $d/\Delta$ ,  
де  $d$  – геометрична товщина,  
 $\Delta$  – глибина скін-шару

Таким чином, у точці мінімума

$$d/\Delta = 0.481358. \quad (3)$$

Також, можна знайти частоту, на якій необхідно забезпечити мінімальне значення коефіцієнта екранування, якщо мінімум знаходиться у наданій смузі частот:

$$f = \frac{1}{\pi \cdot \mu_0 \cdot \sigma} \left( \frac{0.481358}{d} \right)^2, \text{Гц.} \quad (4)$$

Знайшовши з формули (4) товщину екрана  $d$ , далі з формули (5) виберемо питому провідність металу, з якого треба зробити екран

$$\sigma = \frac{1}{\pi \cdot \mu_0 \cdot f} \left( \frac{0.481358}{d} \right)^2, \text{См/м.} \quad (5)$$

Існує три варіанти розрахунку мінімального значення коефіцієнта екранування:

1) якщо значення найбільшої частоти fBTЗ в смузі частот в технічному завданні менше 0,1 МГц, то необхідно забезпечувати мінімальне значення коефіцієнта екранування на верхній частоті fBTЗ;

2) якщо смуга частот 0,1 ... 1 МГц входить до робочої смуги частот екрана, то мінімальне значення лежить на частоті з цієї смуги, а на інших частотах значення коефіцієнта екранування буде більшим;

3) якщо значення найменшої частоти fHTЗ в технічному завданні більше 1 МГц, то необхідно забезпечувати мінімальне значення коефіцієнта екранування на верхній частоті на нижній частоті fHTЗ.

Перелік джерел посилання:

- Чернушенко А.М. Конструирование экранов и СВЧ-устройств. [Текст]: / Петров Б.В., Малорацкий Л.Г., Меланченко Н.Е., Бальсевич А.С. 1990. – 295 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ АНТЕННЫХ СИСТЕМ РАДИОЛУЧЕВЫХ СРЕДСТВ ОХРАНЫ ОБЪЕКТОВ

Войтович В.И.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Стрельницкий А.Е.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, кафедра КРиСТЗИ, тел. +38(057)7021430)  
E-mail:vadym.voitovych@nure.ua

The paper presents the results of experimental studies of the antennas of radio-beam sensors, proposed as an alternative cone antenna with a vertical slit, experimentally determined its electrical characteristics.

Системы охраны периметра предназначены для фиксирования попытки проникновения на охраняемый объект. Это один из наиболее эффективных средств защиты от несанкционированного проникновения, выдает сигнал тревоги значительно раньше того, как злоумышленник успел проникнуть в охраняемую зону. Чаще всего применяются радиолучевые системы. Поэтому исследование антенных систем радиолучевых средств является актуальной задачей. Зарубежные производители, как правило, не указывают рабочую частоту средства. Структурная схема установки по определению рабочей частоты радиолучевого датчика представлена на рис.1.

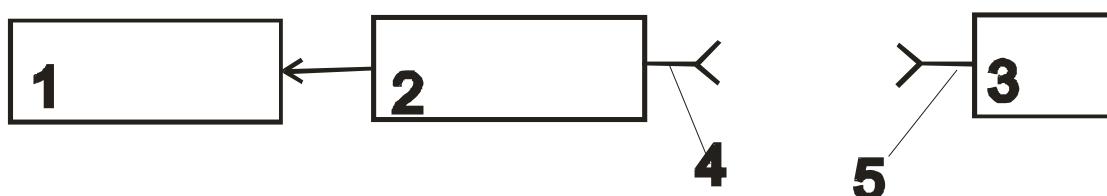


Рисунок 1 – Структурная схема установки по определению рабочей частоты радиолучевого датчика

1 Измерительный блок прибора П5-34, 2 ВЧ блок прибора П5-34,

3 радиолучевой датчик, 4 рупорная антенна ВЧ блока прибора П5-34,

5 антенна радиолучевого датчика

Измеренная частота радиолучевого датчика составила 9,9 ГГц.

Большой интерес для пользователя представляет диаграмма направленности антенны радиолучевого датчика.

Структурная схема установки для измерения диаграммы направленности антенны радиолучевого датчика представлена на рис.2.

На рис.3а представлена нормированная диаграмма направленности радиолучевого датчика, измеренная экспериментально. Как видно из рис.3а такой датчик лишь позволяет определить присутствие нарушителя в охраняемом пространстве. Определить азимут нарушителя не представляется возможным.

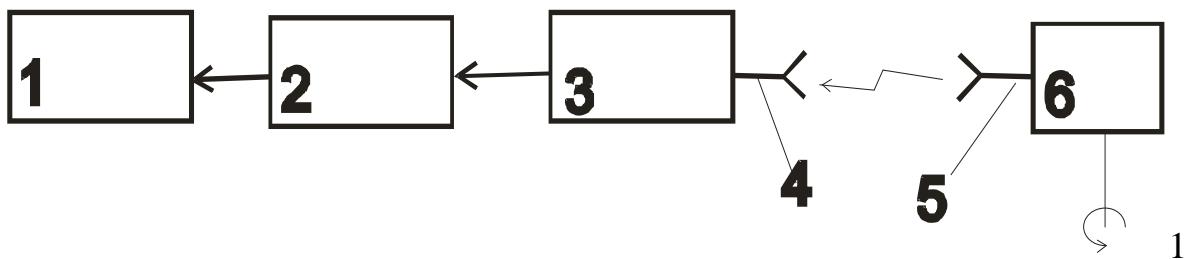


Рисунок 2 – Структурная схема установки для измерения диаграммы направленности антенны радиолучевого датчика

1 Селективный усилитель, 2 детекторная секция, 3 аттенюатор,

4 рупорная антенна, 5 антенна РЛ датчика

6 РЛ датчик, установленный на поворотном устройстве.

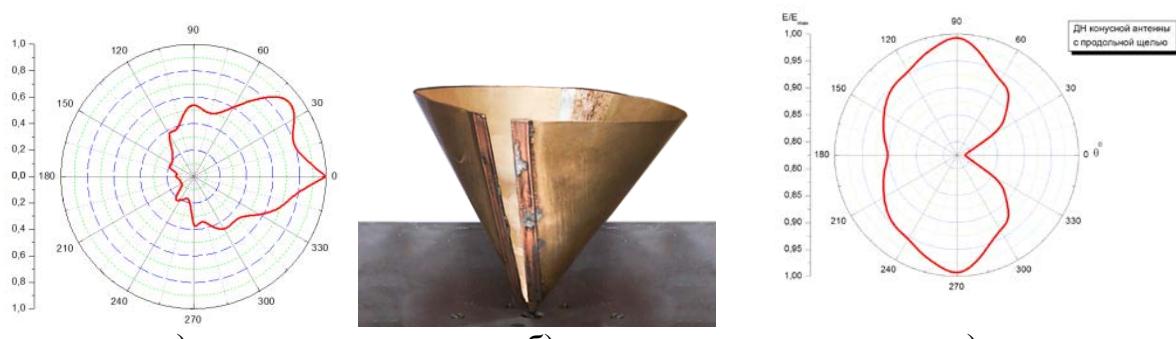


Рисунок 3 – Диаграмма направленности импортного радиолучевого датчика (а), конусная антenna с вертикальной щелью (б),

экспериментально измеренная диаграмма направленности конусной антенны с вертикальной щелью.

Предлагается использовать в качестве антенны радиолучевого датчика конусную антенну с вертикальной щелью рис 3б. Диаграмма направленности такой антенны представлена на рис.3в. Как видно из рисунка диаграмма направленности такой антенны имеет кардиоидную форму, что позволяет определить азимут нарушителя, а это очень важно, в особенности, для систем охраны периметра объекта. Оператору это дает возможность определить и направление движения нарушителя.

В докладе так же представлены и другие электрические характеристики конусной антенны с вертикальной щелью измеренные экспериментально. Результаты экспериментальных исследований антенны показали хорошую сходимость с результатами теоретических исследований.

#### Список литературы:

1. Курілляк, Д.Б. Аналітико – числові методи в теорії дифракції хвиль на конічних та клиноподібних поверхнях [Текст]: Д.Б. Курілляк, З.Т. Назарчук / – К.: «Наукова думка», 2006. – 280 с.

2. Морита, Н. Методы интегральных уравнений для электромагнетизма [Текст]: пер. с англ. – К.: Ваклер; М.: Реал-бук, 1990. – 312 с.

# **ОСОБЕННОСТИ ЗИ ОДНОПРОЛЕТНОГО РАДИОКАНАЛА ММДВ**

Цалко Е.А.

Научный руководитель – доц. Щербина А.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

(61166, Харьков, пр. Науки, 14,

каф. Компьютерной радиоинженерии и СТЗИ, тел. (057) 702-14-30)

e-mail: d\_ref@kture.kharkov.ua, факс (057) 702-11-13

In the millimeter wavelength range (MMWR), multi-channel messages are transmitted, both by ground-based communications and using artificial Earth satellites. Due to the fact that antennas with highly directional radiation are used in this range, they have efficient navigation and radar systems. Radio links in MMWR have a number of advantages, such as gigabit speeds, high electromagnetic compatibility and high security from removing or violating the integrity of information. The reason for this is the concentration of energy of the radio link in a narrow angular sector (units or fractions of degrees). For these reasons, the topic of the report related to solving the problems of technical protection of information is relevant.

В миллиметровом диапазоне волн (ММДВ) осуществляется передача многоканальных сообщений, как наземными средствами связи, так и с использованием искусственных спутников Земли. Благодаря тому, что в этом диапазоне используются антенны с узконаправленным излучением, в них работают эффективные навигационные и радиолокационные системы. Радиолинии в ММДХ имеют ряд преимуществ, такие как гигабитные скорости, высокая электромагнитная совместимость, высокая защищенность от снятия или нарушения целостности информации. Причиной тому является концентрация энергии радиолинии в узком угловом секторе (единицы или доли градусов). По этим причинам тема доклада, связанная с решением проблематики ТЗИ, актуальна.

В докладе рассмотрены решения проблем защиты информации как на организационном (выбор методов и стандартов, по которым осуществляется защита информации), так и на техническом (выбор и оптимизация составляющих радиолинии связи путем расчета её энергетики) уровнях. На длину радиолинии в миллиметровом диапазоне длин волн влияют атмосферные осадки (поглощение энергии радиоволн молекулами воды и кислорода). Это представляет угрозу качественной передаче информации.

Для исследования радиолинии в работе рассчитан её бюджет, в состав которого входят и характеристики приемной и передающей антенн (параболоид вращения с рупорным облучателем), потери на трассе, выходная мощность передатчика. При известной чувствительности приемника рассчитан энергетический запас. Его минимальное значение выбрано как с точки зрения надежности беспроводной связи, так и

требований ТЗИ. Проведен расчет коэффициента усиления и геометрических размеров зеркальной антенны, по указанным критериям на частоте в  $f = 30$  ГГц для длины радиолинии связи  $r = 5$  км.

Для параболической антенны коэффициент усиления рассчитан по формуле:

$$G = \frac{4\pi S}{\lambda^2} \nu = \frac{4\pi D_3^2}{4\lambda^2} \nu = \left(\frac{\pi D_3}{\lambda}\right)^2 \nu,$$

где  $S$  – площадь апертуры зеркала;  $\nu$  – эффективность или коэффициент использования площади антенны (принимается равным 0,55–0,6);  $D_3$  – диаметр зеркала;  $\lambda$  – длина волны;

Одним из путей утечки информации в радиолинии ММДХ может быть канал, который возникает при передаче данных не только по главному лепестку ДН, но и по направлению боковых лепестков. Дело в том, что снять информацию по главному лепестку ДН проще, но при этом существует риск быть замеченным. Рассматривается более нетрадиционный способ снятия информации по направлениям боковых лепестков.

Отмечается, что уровень боковых лепестков определяется амплитудным распределением вдоль раскрыва зеркала, от которого также зависят направления боковых лепестков по отношению к главному лепестку диаграммы направленности. Используя закон амплитудного распределения типа «косинус на пьедестале», реализовано соответствующее снижение уровня боковых лепестков. Тем самым повышается степень защищенности радиоканала, как по направлению основного, так и боковых лепестков. Например, при изменении амплитудного распределения по величине ступеньки на краю апертуры  $\Delta$ , равной 0,8, 0,5, 0 уровень боковых, а следовательно, и уровня сигнала изменяется в пределах -15,2, -17,1, -20,6 дБ.

#### Список источников

1. Шифрин Я.С. Расчет и проектирование антенн сверхвысоких частот [Текст] : / Я.С. Шифрин, Ю.Г. Гукасов, Л.Г. Корниенко, – Х.: ВИРТА, 1971. – 285 с.
2. Склар Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение [Текст] : учеб. / Под ред. Б Склар. – М.: Вильямс, 2007. – 1104 с.
3. Заикин И.П. Проектирование антенных устройств СВЧ [Текст] : / А.В. Тоцкий, С.К. Абрамов, В.В. Лукин. / Под ред. А. А. Куликовского. – Х: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2005. – 107 с.

# **ИНТЕГРАЛЬНЫЙ КРИТЕРИЙ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРОВ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ**

Келеберда В.С.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Горелов Д.Ю.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. компьютерной радиоинженерии  
и систем технической защиты информации (КРиСТЗИ),  
тел. (057) 702-13-06, email: keleberda16@gmail.com.

It is proposed to use a complex criterion (uniformity, independence, stochasticity, cryptographic stability) for checking statistical properties of sequences of random numbers. As an integral criterion for the quality of generators of pseudorandom numbers, it is proposed to use the mathematical expectation of the number of tests passed by the sequences generated by the investigated RNG.

Базовым компонентом современных алгоритмов шифрования являются генераторы псевдослучайных последовательностей (ГПСП), которые во многом определяют их быстродействие и криптографическую устойчивость. Поэтому задача создания хороших генераторов и эффективных методов их оценки представляет большой интерес.

Для исследования ГПСЧ применяются две группы тестов: 1) графические; 2) оценочные. В первом случае статистические свойства последовательностей отображаются в виде графических зависимостей, по виду которых делаются выводы о свойствах исследуемой последовательности случайных чисел. Во втором случае статистические свойства последовательностей определяются числовыми характеристиками. На основе оценочных критериев делаются заключения о степени близости свойств анализируемой и истинно случайной последовательностей. В отличие от графических тестов, где результаты интерпретируются пользователями, вследствие чего возможны различия в трактовке результатов, оценочные тесты характеризуются тем, что они выдают численную характеристику, которая позволяет однозначно сказать, пройден тест или нет.

На данный момент самым эффективным методом комплексного контроля является методика NIST STS. Она содержит 16 статистических тестов, совокупность которых предлагает критерии принятия решения относительно не только отдельной псевдослучайной последовательности (ПСП), но и относительно всего ГПСП. Основным недостатком NIST STS является сложность методики тестирования – рассчитываются 188 численных показателей, следовательно, ее нельзя рекомендовать для использования в реальном времени.

При разработке способов оценки качества ГПСП следует отметить следующие условия: 1) основной целью ГПСП является получение

последовательностей, которые ведут себя так, как будто являются случайными. Это означает что при проверке надо использовать критерии случайности: стохастичность, независимость, равномерность; 2) если  $n$  критериев подтверждают, что последовательность ведет себя случайным образом, это еще не означает, что проверка с помощью  $(n + 1)$ -го критерия будет успешной. Однако каждая успешная проверка дает все больше и больше уверенности в случайности последовательности, следовательно, необходимо применять большое количество критериев.

В предложенном алгоритме оценка качества ГПСП осуществляется в два этапа. На первом этапе проверяется соответствие сгенерированных ГПСП последовательностей безусловным критериям стохастичности, независимости, равномерности и криптостойкости.

Проверка на равномерность производится с помощью  $\chi^2$ -критерия ( $R_1$ ), критерия Колмогорова-Смирнова ( $R_2$ ) и частотного теста ( $R_3$ ). Проверка на независимость проводится с помощью критерия монотонности ( $N_1$ ), спектрального анализа на основе дискретного преобразования Фурье ( $N_2$ ) и теста Маурера ( $N_3$ ). Проверка на стохастичность производится с помощью эмпирических критериев интервалов ( $S_1$ ), перестановок ( $S_2$ ) и энтропийного теста ( $S_3$ ). Проверка на криптографическую стойкость производится с помощью теста на следующий бит ( $KS_1$ ). Если проверка пройдена, то соответствующий критерий равен единице, в противном случае – нулю.

Так как приведенные критерии являются безусловными, то интегральный критерий качества рассматриваемой ПСП может быть рассчитан по формуле:

$$K = R_1 \oplus R_2 \oplus R_3 \oplus N_1 \oplus N_2 \oplus N_3 \oplus S_1 \oplus S_2 \oplus S_3 \oplus KS_1, \quad (1)$$

где  $\oplus$  – операция конъюнкции. Таким образом, считается, что исследовательская СВЧ прошла все проверки, если все критерии равны единице.

На втором определяется оценка самого ГПВЧ. Второй этап необходим, ведь большинство эмпирических статистических тестов предоставляет оценку только для конкретной последовательности, а не для источника, то есть генератора, этой последовательности. Считается, что исследуемый ГПВЧ прошел проверку, если математическое ожидание результатов тестирования статистических свойств сгенерированных им последовательностей является неизменным во времени и от реализации к реализации, т.е. генератор можно считать стационарным.

**Список используемой литературы:** 1. Вембо Мао. Современная криптография. Теория и практика. / Вембо Мао. Пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2005. – 768 с. 2. Горбенко І.Д. Прикладна криптологія. Теорія. Практика. Застосування: Монографія / І.Д. Горбенко, Ю.І. Горбенко. – Х.: Видавництво «Форт», 2012. – 880 с. 3. NIST SP 800-22. A Statistical Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications [Електронний ресурс]. April 2000.

# МЕТОД РОЗПІЗНАННЯ КЛАВІАТУРНОГО ПОЧЕРКУ КОРИСТУВАЧІВ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ НА ОСНОВІ DTW-АЛГОРИТМУ

Ожоганич О.В.

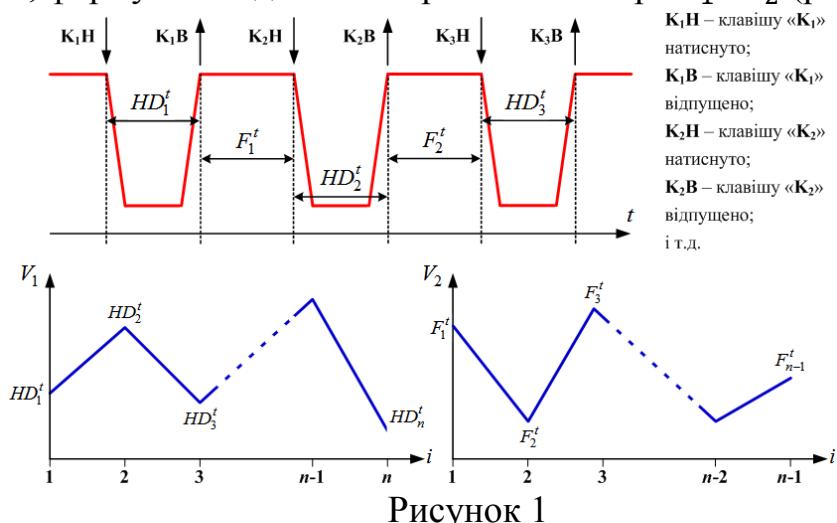
Науковий керівник – к.т.н., доц. Горелов Д.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. Комп'ютерної радіоінженерії  
і систем технічного захисту інформації (КРiСТЗІ),  
тел. (057) 702-13-06, email: oleksandr.ozhohanych@nure.ua

The focus of the research is biometric recognition systems. The study subject is person authentication via keystroke dynamics. The algorithm of keystroke authentication based on the DTW algorithm is developed.

Однією з тенденцій розвитку інформаційних технологій є персоніфікація електронних пристрой, якими люди користуються для спілкування, пошуку інформації, торгівлі, банківських та інших операцій. Кожен з користувачів подібних пристрой кілька разів на день стикається з процедурою ідентифікації, яка є обов'язковим первинним етапом отримання доступу до будь-якої сучасної комп'ютерної системи. Одним з елементів подібних систем є підсистема управління доступом до інформаційних ресурсів, яка дає можливість розмежувати доступ кола користувачів, що мають доступ до інформації.

У біометричних системах ідентифікації за клавіатурним почерком зразок динаміки набору парольної фрази довжиною  $n$  символів може бути представлений послідовністю тривалостей  $HD^t$  натискань клавіш та пауз  $F^t$  між відпусканням попередньої та натисканням наступної клавіші. Таким чином, формуються два біометричні вектори  $V_1$  і  $V_2$  (рис. 1).



Недоліком подання біометричних характеристик користувачів за допомогою векторів  $V_1$  та  $V_2$  є той факт, усі події клавіатури розглядаються як одиночні, тобто реалізації деякого марківського процесу. Перехід до

аналізу комбінацій буквосполучень дозволяє значно повніше описувати індивідуальні характеристики клавіатурного почерку особи. Найбільша доцільність вбачається у використанні диграфів (подвійних подій клавіатури).

Популярним підходом в задачі розпізнавання мови є методи і алгоритми, засновані на порівнянні мовних даних із зразками. Одним з таких підходів є алгоритм динамічного трансформування часу – Dynamic Time Warping – або скорочено DTW-алгоритм, запропонований в роботі Т.К. Вінценка [1]. Оскільки задача порівняння біометричних векторів парольної фрази, як часових рядів, дуже подібна до задач, в яких використовується DTW-алгоритму, то доцільним виглядає використовувати цей алгоритм в задачі парольної аутентифікації за клавіатурним почерком.

Алгоритм динамічного трансформування часу обчислює оптимальну послідовність трансформації часу між двома часовими рядами.

Припустимо, що в нас є дві послідовності (часові ряди)  $\{a_1, a_2, \dots, a_k\}$  і  $\{b_1, b_2, \dots, b_m\}$ . Як бачимо, довжина двох послідовностей може бути різною. Алгоритм починається з розрахунків локальних відхилень між елементами двох послідовностей. Найпоширеніший спосіб для обчислення відхилень є метод, що розраховує абсолютне відхилення між значеннями двох елементів (Евклідова відстань). У результаті отримаємо матрицю відхилень  $D$ , що має  $k$  рядків і  $m$  стовпців з елементами:

$$d_{ij} = |a_i - b_j|, \quad i = 1 \div k, \quad j = 1 \div m. \quad (1)$$

Далі, використовуючи значення матриці  $D$ , розраховуємо матрицю трансформації  $S$ , що також має  $k$  рядків і  $m$  стовпців, а її елементи розраховуються за виразом:

$$\left\{ \begin{array}{l} s_{11} = d_{11}; \\ s_{i1} = d_{i1} + s_{(i-1)1}; \\ s_{1j} = d_{1j} + s_{1(j-1)}; \\ s_{ij} = d_{ij} + \min[s_{(i-1)1}, s_{1(j-1)}, s_{(i-1)(j-1)}], \quad i = 1 \div k, \quad j = 1 \div m. \end{array} \right. \quad (2)$$

Шлях трансформації  $W$  – це набір суміжних елементів  $\{w_1, w_2, \dots, w_k\}$  матриці трансформації  $S$ , який встановлює відповідність між послідовностями  $\{a\}$  і  $\{b\}$ , мінімізуючи відстань між ними.

Шлях трансформації повинен задовільнити чотирьом умовам.

1. Границя умова: початок шляху  $W$  – це перший елемент матриці трансформації  $w_1 = s_{11}$ , а кінець шляху – останній елемент матриці трансформації  $w_k = s_{km}$ . Ця умова гарантує, що шлях трансформації містить усі точки обох часових рядів, що аналізуються.

2. Умова неперервності: будь-які два суміжних елементи шляху трансформації  $w_q = s_{uv}$  і  $w_{q+1} = s_{u'v'}$  знаходяться за принципом  $u - u' \leq 1$  та  $v - v' \leq 1$ . Ця умова забезпечує обмеження на один крок при виборі наступного елемента шляху.

3. Умова монотонності: будь-які два суміжних елементи шляху трансформації  $w_q = s_{uv}$  і  $w_{q-1} = s_{u''v''}$  знаходяться за принципом  $u - u'' \leq 0$  та  $v - v'' \leq 0$ . Ця умова гарантує, що шлях трансформації не має повертатись назад до вже пройденої точки.

4. Шлях трансформації повинен задовольняти умові мінімальної вартості  $CW = \min\left(\frac{1}{k} |\sum w_q|\right)$ .

Результати порівняння за допомогою DTW-алгоритму часових рядів, що відповідають парольній фразі «weekend\_started\_for\_me\_on\_thursday» довжиною 35 символів для одного користувача та двох користувачів наведено на рис. 2, а) та рис. 2, б) відповідно. Розрахунки проводились в пакеті Matlab. В якості інформативних часових параметрів використовувалась відносна тривалість утримання першої клавіші диграфу (подвійної події клавіатури) до тривалості диграфу. Як можна побачити з рис. 2, вартість шляху трансформації у випадку порівняння двох парольних фраз, що вводив один і той же користувач, досить мала. В той же час вартість шляху трансформації парольних фраз, що вводили різні користувачі, досить велика.

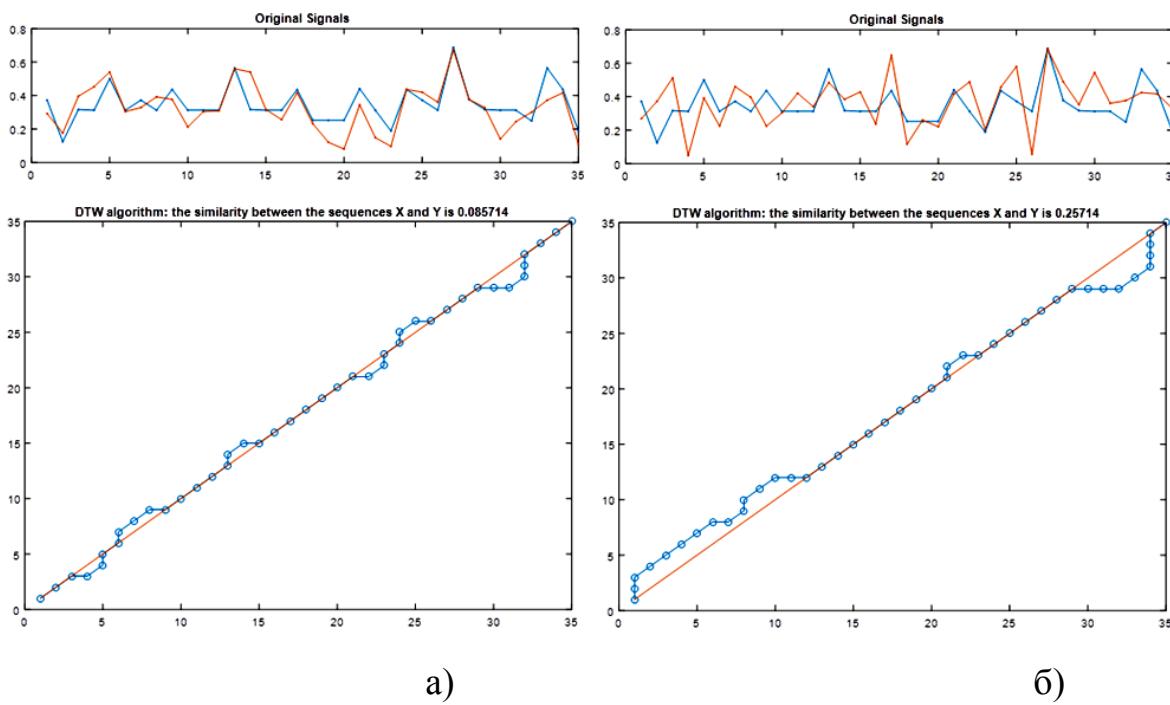


Рисунок 2

**Перелік джерел посилання:** 1. Vintsyuk, T. K. «Speech discrimination by dynamic programming». Kibernetika, Vol. 4, pp. 81-88, Jan.-Feb. 1968. 2. Alieksieiev Vasyl, Elena Sharapova, Olena Ivanova, Gorelov Denis, Synytsia Yuliia. Web-Based Application to Collect and Analyze Users Data for Keystroke Biometric Authentication. In Proceedings of the First IEEE Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). Pages 917-922, 2017.

## **ВРАЗЛИВОСТІ МЕРЕЖ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ НА ОСНОВІ ПРОТОКОЛУ SS7**

Барсук А.Т.

Науковий керівник – проф. Олейніков А.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. КРiCT3I, тел. (057) 702-14-30)  
e-mail: andrii.barsuk@nure.ua

SS7 hack is the process of getting calls or sms for a subscriber, getting on another mobile number or in an application. These days many applications uses confirmation of a user identity from sms or voice call. . If somehow call and sms routed to another number then its possible to hack. In this ss7 hack tutorial, the ss7 protocol and call flows will be explained.

SS-7 (система сигналізації №7) – система, заснована на використанні загального каналу сигналізації і придатна для застосування в мережах різної конфігурації. В телефонії сигналізацією називають передачу керуючої інформації для встановлення/розв'єднання з'єднань «точка-точка». Зараз є обов'язковою до застосування в телефонних мережах загального користування, ISDN, мережах стільникового зв'язку, інтелектуальних мережах та ін. Система SS7 має модульну структуру і складається з двох основних частин: підсистеми передачі повідомлень (MPT) і різних підсистем користувачів, структура і характеристики яких залежать від виду переданої інформації (мова, дані та ін.).

Для того щоб здійснити атаку на абонента потрібно підключиться до сигналної мережі SS7 і відправити службову команду Send Routing Info для SM (SRI4SM) в мережевий канал, вказуючи номер телефону абонента що атакується в якості параметра. Домашня абонентська мережа відправляє у відповідь таку технічну інформацію: IMSI (International Mobile Subscriber Identity) і адреса MSC – унікального коду комутатору стільникового оператору, за яким в даний час надаються послуги передплатнику.

Після цього змінюється адреса білінгової системи в профілі абонента на адресу своєї власної псевдобілінгової системи (наприклад, повідомляє, що абонент прилетів на відпочинок і в роумінгу зареєструвався на новій білінговій системі). Як відомо, ніяку перевірку така процедура не проходить. Далі атакуючий вводить оновлений профіль в базу даних VLR через повідомлення «Insert Subscriber Data» (ISD).

Коли абонент здійснює вихідний дзвінок, його комутатор звертається до системи зловмисника замість фактичної білінгової системи. Система зловмисника відправляє комутатора команду, що дозволяє перенаправити виклик третій стороні, яку контролює зловмисник.

У сторонньому місці встановлюється конференц-зв'язок з трьома передплатниками, два з них є реальними (абонент A і абонент B), а третій

вводиться зловмисником незаконно і здатний прослуховувати і записувати розмову.

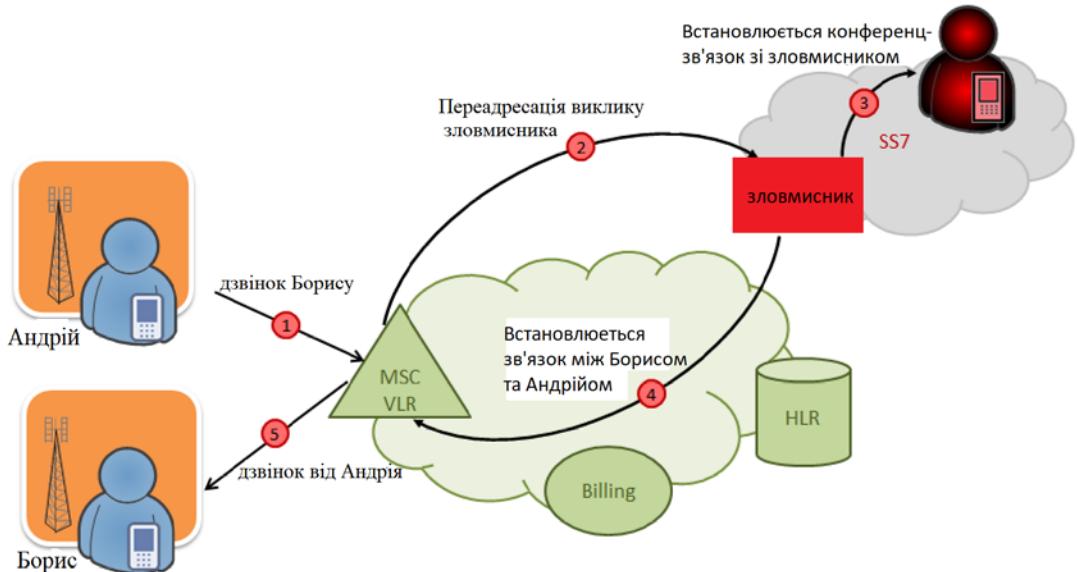


Рисунок 1 – Схема перехоплення голосових і SMS-повідомень.

Відповідним чином можливо отримати і SMS абонента що атакується. Маючи доступ до псевдобілінгової системи, на яку вже зареєструвався наш абонент, можна отримати будь-яку інформацію, яка приходить або йде з його телефону.

Доступ продають в даркнеті, а при бажанні можна знайти і безкоштовно. Така доступність обумовлена тим, що в мало розвинутих державах отримати статус оператора дуже просто, відповідно і отримати доступ до SS7 хабам. Так само присутні недобросовісні працівники у операторів.

Перелік посилань:

1. Атака на протокол SS7: как перехватить чужие звонки и SMS [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://networkguru.ru/ataka-na-protokol-ss7/>.
2. Система сигнализации 7 в телефонии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://translate.academic.ru/SS7/en/ru/>
3. Взлом мобильной связи через SS7: перехват SMS, слежка и прочее [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://tgraph.io/Vzлом-mobilnoj-svyazi-cherez-SS7-perehvat-SMS-slezhka-i-prochee-08-19>

# ДИНАМІЧНА АУТЕНТИФІКАЦІЯ ЗА КЛАВІАТУРНИМ ПОЧЕРКОМ З ВИКОРИСТАННЯМ КРИТЕРІЮ МАННА-ВІТНІ

Маслій Д.В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Горелов Д.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. Комп’ютерної радіоінженерії  
і систем технічного захисту інформації (КРiСТЗІ),  
тел. (057) 702-13-06, email: masliyd93@gmail.com.

In work the algorithm of keystroke authentication based on the Mann-Whitney *U*-test is developed. The algorithms of formation of the user profile and its authentication has been designed.

Аналіз літератури в області біометричних систем контролю доступу за клавіатурним почерком показує, що найбільш поширеними є методи класифікації клавіатурного почерку на основі параметричних статистичних підходів. Ці методи порівняння параметрів розподілів припускають, що дослідник заздалегідь володіє фундаментальною інформацією – йому відомий вид закону розподілу ймовірностей, найчастіше нормальній закон, що дозволяє звести задачу розпізнавання до перевірки гіпотез про подібність таких характеристик як середнє, медіана і стандартне відхилення. У тих випадках, коли припущення про гіпотетичний закон розподілу ймовірностей не є переконливими, слід застосовувати непараметричні статистичні методи.

Для нивелювання впливу ергономіки клавіатури було прийнято в якості інформаційних характеристик клавіатурного почерку використовувати чотири часові інтервали:  $T_1$  – тривалість натискання 20 найважливіших букв англійської мови E, A, R, I, O, T, N, S, H, D, L, C, U, M, W, F, G, Y, P, B;  $T_2$  – час паузи в 20 найважливіших біграм англійської мови IN, TH, TI, ON, AN, HE, AT, ER, RE, ND, HA, EN, TO, IT, OU, EA, HI, IS, OR, TE;  $T_3$  – тривалість в 20 найважливіших біграм англійської мови IN, TH, TI, ON, AN, HE, AT, ER, RE, ND, HA, EN, TO, IT, OU, EA, HI, IS, OR, TE;  $T_4$  – тривалість 20 вживаних слів англійської мови FOR, AND, THE, IS, IT, YOU, HAVE, OF, BE, TO, THAT, HE, SHE, THIS, THEY, WILL, I, ALL, A, HIM.

В експерименті приймали участь клавіатурні почерки 4-х чоловік. Для кожного користувача за результатами введеного тексту № 1 було сформовано по 20 векторів параметрів  $\vec{T}_1 \div \vec{T}_4$ . Цю сукупність з 80-ти векторів можна вважати початковим біоеталоном користувача:

$$ET = \left\{ \begin{array}{l} \vec{T}_1^E, \vec{T}_1^A, \vec{T}_1^R, \dots \vec{T}_1^B \\ \vec{T}_2^{IN}, \vec{T}_2^{TH}, \vec{T}_2^{TI}, \dots \vec{T}_2^{TE} \\ \vec{T}_3^{IN}, \vec{T}_3^{TH}, \vec{T}_3^{TI}, \dots \vec{T}_3^{TE} \\ \vec{T}_4^{FOR}, \vec{T}_4^{AND}, \vec{T}_4^{THE}, \dots \vec{T}_4^{HIM} \end{array} \right\}. \quad (1)$$

Далі за результатами введеного тексту № 2 для кожного користувача за допомогою непараметричного критерію Манна-Вітні для кожного з 20-ти векторів множини  $\{\vec{T}_1^E, \vec{T}_1^A, \vec{T}_1^R, \dots \vec{T}_1^B\}$ , що відповідає часовому параметру  $T_1$ , було перевірено гіпотезу про відсутність відмінностей між еталонним вектором  $\vec{T}_1^X$  та дослідним  $\vec{T}_1^{X_{\text{досл}}}$ . Якщо більше 12 і більше (60 % і більше) гіпотез з 20 було прийнято, то вважалось, що множина  $\{\vec{T}_1^E, \vec{T}_1^A, \vec{T}_1^R, \dots \vec{T}_1^B\}$  є біоеталоном. Якщо кількість прийнятих гіпотез було меншою 12, то користувачеві пропонувалось знову пройти процес формування біоеталону. Для формування повного біоеталону аналогічні розрахунки було проведено для множин  $\{\vec{T}_2^{IN}, \vec{T}_2^{TH}, \vec{T}_2^{TI}, \dots \vec{T}_2^{TE}\}$ ,  $\{\vec{T}_3^{IN}, \vec{T}_3^{TH}, \vec{T}_3^{TI}, \dots \vec{T}_3^{TE}\}$  та  $\{\vec{T}_4^{FOR}, \vec{T}_4^{AND}, \vec{T}_4^{TNE}, \dots \vec{T}_4^{HIM}\}$ .

На *першому* кроці аутентифікації дослідного користувача розраховувались 80 векторів:

$$ET = \left\{ \begin{array}{l} \vec{T}_{1exp}^E, \vec{T}_{1exp}^A, \vec{T}_{1exp}^R, \dots \vec{T}_{1exp}^B \\ \vec{T}_{2exp}^{IN}, \vec{T}_{2exp}^{TH}, \vec{T}_{2exp}^{TI}, \dots \vec{T}_{2exp}^{TE} \\ \vec{T}_{3exp}^{IN}, \vec{T}_{3exp}^{TH}, \vec{T}_{3exp}^{TI}, \dots \vec{T}_{3exp}^{TE} \\ \vec{T}_{4exp}^{FOR}, \vec{T}_{4exp}^{AND}, \vec{T}_{4exp}^{TNE}, \dots \vec{T}_{4exp}^{HIM} \end{array} \right\}. \quad (2)$$

На *другому* кроці аутентифікації за допомогою непараметричного критерію Манна-Вітні для кожного параметру  $T_i$  перевіряються 20 гіпотез про відсутність відмінностей між векторами  $\vec{T}_i^{X_{\text{exp}}}$  та біоеталоном:

$$H_0^{iX}: \vec{T}_{iexp}^X = \vec{T}_i^X. \quad (3)$$

Якщо більше 12 і більше з 20 гіпотез було прийнято, то приймалось загальне рішення про відсутність відмінностей між вектором аутентифікації та еталоном за параметром  $T_i$ .

На *третьому* кроці аутентифікації приймалось загальне рішення про аутентифікацію: якщо для трьох і більше з чотирьох параметрів  $T_i$  прийнято позитивні рішення про відсутність відмінностей, то висувається рішення про позитивну аутентифікацію. В іншому випадку система приймає рішення про негативну аутентифікацію.

За результатами проведених досліджень загальна помилка надання системою доступу неавторизованому користувачеві та заборони доступу авторизованому користувачеві склала 12 %.

**Перелік джерел посилання:** 1. Alieksieiev Vasyl, Elena Sharapova, Olena Ivanova, Gorelov Denis, Synytsia Yuliia. Web-Based Application to Collect and Analyze Users Data for Keystroke Biometric Authentication. In Proceedings of the First IEEE Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). Pages 917-922, 2017. 2. Vasyl Alieksieiev, Aleksey Strelntskiy, Dmitry Gavva, Denis Gorelov, Yuliia Synytsia. Studying of keystroke dynamics statistical properties for biometric user authentication. Proceedings of 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Pages 559-563, 2018.

## **АНАЛІЗ ЗАХИЩЕНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ В БЕЗДРОТОВІЙ МЕРЕЖІ LORAWAN**

Болінова М.М.

Науковий керівник – доц. Ликов Ю. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. КРiCT3I, тел. (057) 702-14-30)  
e-mail: maryna.bolinova@nure.ua

This article is devoted to the importance of data security in the LoRaWAN network. This report describes the principles of encrypting session keys using the AES algorithm, over-the-air activation and activation by personalization.

LoRa – одна з перших технологій сучасних мереж LPWA, яка призначена для обслуговування IoT-пристроїв. LoRa - це частотне розширення спектра, яке було запатентовано в 2008 році компанією Cycleo (Франція) [1].

Безпека є основним завданням для будь-якого масового розгортання IoT, а специфікація LoRaWAN визначає два рівня криптографії:

Унікальний 128-роздрядний ключ мережевого сесісу, яким користуються між кінцевим пристроєм та сервером (NwkSKey)

Унікальний 128-бітний ключ сесісу додатка (AppSKey), яким користуються на рівні додатку [2].

NwkSKey – ключ мережевого сесісу, який використовується для взаємозв'язку між вузлом і мережевим сервером. Його задача – провірити достовірність повідомлень (перевірка MIC).

Ключ AppSKey використовується для шифрування і дешифрування корисного навантаження. Корисне навантаження повністю зашифроване між вузлом і компонентом обробника/сервера додатків Інтернету речей (який можна запустити на своєму власному сервері).

До початку ОТАА активації в кінцевому вузлі вже повинні зберігатися такі дані:

DevEUI – (8-ми байтовий, EUI64) глобально унікальний ідентифікатор пристрою (End-device identifier). Може бути присвоєний виробником пристрою, в обмеженій кількості може бути отриманий з доступного пулу ідентифікаторів оператора, або отриманий власником вузла в складі пулу в IEEE.

AppEUI – (8-ми байтовий, EUI64) глобально унікальний ідентифікатор додатка для маршрутизації отриманих даних сервером мережі (Network Server)

AppKey – унікальний (16-ти байтовий, AES-128) ключ шифрування, згенерований сервером додатків (AppServer) саме для цього пристрою.[3]

ABP (Activation by Personalization) - спрощена процедура, при якій сесійні ключі відразу зашиваються в радіомодуль і відразу ж прописані з

серверної сторони [4].

Надійність шифрування залежить від сесійних ключів мережевого сервера і сервера додатку. Спрощений алгоритм шифрування наступний: шифроване повідомлення розбивається на 128-бітові блоки. Кожен блок шифрується окремо AES-ключем. Причому, при шифруванні другого блоку, крім ключа, використовується результат шифрування першого. А при шифруванні третього - результат другого і (опосередковано) першого. Такий чином ланцюг ускладнюється [5].

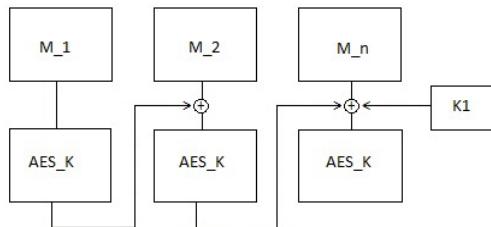


Рисунок 1 – Принцип шифрування AES-СМАС

Будь-які дані в мережі LoRaWAN надійно захищені від несанкціонованого доступу. Такий рівень безпеки став можливим завдяки шифруванню унікальних AES-ключів на мережевому і прикладному рівнях. Шифрування виконується відповідно до RFC-4493. Важливі дані (payload) шифруються безпосередньо на кінцевому вузлі (end-node) і проходять весь шлях від відправника до одержувача в зашифрованому вигляді.

Для того, щоб зламати систему знадобиться велика вибірка пакетів, в кілька тисяч. Але на практиці за 10 років невдалих спроб зі сторони хакерів-зловмисників, стало зрозуміло, що проблема зламу більш теоретична.

Представлена технологія шифрування двома різними AES-128 ключами дозволяє уникнути спотворення, або підміни даних, перехоплення повідомлень в LoRaWAN мережі також втрачає сенс для зловмисників.

Абсолютно безпечних способів передачі даних не існує, але концепції безпеки протоколу LoRaWAN, роблять злам практично неможливим, обчислювальні потужності здатні підібрати комплект з двох AES-128 ключів за оптимальний час з'являється ще дуже не скоро.

Перелік посилань:

1. <http://orion-m2m.kz/ru/news/lorawan-shirokie-vozmozhnosti-seti-dalnego-radiusa/>
2. [https://deps.ua/knowegable-base-ru/spravochnaya-informatsiya /item/6-6633.html](https://deps.ua/knowegable-base-ru/spravochnaya-informatsiya/item/6-6633.html)
3. <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/security.html>
4. <http://lo-ra.ru/lorawan-end-node-activation-and-security/>
5. <https://habr.com/ru/post/413105/>

# **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ БЛОКУВАННЯ ТЕЛЕФОНУ ТА ЇХ ЗЛАМОСТІЙКІСТЬ**

Куценко О.В.

Науковий керівник – к.т.н., доцент. Ликов Ю.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. КРiCTЗI, тел. (057) 702-14-30  
e-mail: oleksandra.kutsenko@nure.ua

This work is devoted to modern developments in the field of information security. The main focus is on methods for locking smartphones namely fingerprint scanning. The problem of information security is one of the most important problems of our time. Especially when people save almost all information on their mobile phones to date.

З появою NFC і прив'язкою пластикових карт до смартфону його захист став дуже актуальним питанням. Сучасний телефон легко захистити від несанкціонованого використання за допомогою блокування різними методами. Такими методами є:

- пароль та PIN-код;
- графічний ключ;
- сканер відбитка пальця;
- сканер розпізнання обличчя;
- сканер райдужної оболонки;
- блокування "Smart Look".

Метою роботи є знайти вразливі місця сучасних методів блокування телефону, а саме дактилоскопічного сканера.

Дактилоскопічні сканери (thumbscanners, dactyloscopic scanners) - активно прогресуючий клас сканерів, заснований на зчитуванні відбитків пальців з відповідним кожному індивідууму папілярних візерунків з метою його автоматичної ідентифікації та прийняття певного рішення. Це зручний і швидкий спосіб розблокування. Якість в даному випадку означає швидкість, з якою сканер зможе розпізнати ваш палець і розблокувати смартфон. Що стосується безпеки, то це, мабуть, один з найбільш надійних методів тому що обійти захист дактилоскопічного сканера не так легко. На даний момент сканер відбитка пальця має найвищий захист. [1] Можна зустріти дактилоскопічні модулі таких типів:

- Оптичний
- Напівпровідниковий
- Ультразвуковий

Виробники використовують злегка різні один від одного за швидкістю і точністю алгоритми ідентифікації ключових характеристик відбитка. Зазвичай ці алгоритми «шукають» місце, де закінчуються бугорки і лінії або де бугорок розділяється на два. Ці та інші відмінні риси називаються шаблоном відбитка або детальним протоколом введення

відбитка. Якщо у відсканованому відбитку збігаються кілька таких особливостей, то відбиток буде зарахований як схожий. Замість того, щоб порівнювати кожен раз цілий відбиток, порівняння особливостей шаблону зменшує кількість необхідної для ідентифікації відбитка обчислювальної потужності, допомагає уникнути помилок при змазуванні відбитка і також дозволяє сканувати поміщеній не по центру палець або взагалі лише частина відбитку. Злом датчика відбитків мають на увазі імітацію пальця, за допомогою якого можна розблокувати смартфон. Наскільки докладної і якісної повинна бути імітація, з якого матеріалу виконана - залежить від технології, на якій побудований датчик конкретної моделі смартфона. Так, ультразвукові датчики марно намагатися обійти за допомогою відбитка, роздрукованого з високою роздільною здатністю на спеціальній токопровідному папері, але стандартні ємнісні сканери таким чином перехитрити можна. [2]

Один з таких методів використали співробітники Університету штату Мічиган. Використовуючи спеціальні струмопровідні чорнила виробництва компанії AgIC, вони роздрукували на звичайному струменевому принтері різні зразки відбитків. За допомогою надрукованих "пальців" дослідникам вдалося без проблем розблокувати відразу два популярних смартфона - Samsung Galaxy S6 і Huawei Honor 7. Розблокування відбувається без будь-яких помилок – папірець з нанесеним на нього рисунком смартфони сприймають як звичайний палець. Єдиною умовою, за словами вчених, є точна відповідність роздруківки реальному розміру пальця.[3]

В роботі досліджено взламостійкість різних дактилоскопічних сканерів. Було виявлено що біометрична ідентифікація не є абсолютною надійною. Особливо на великих обсягах даних (тобто, при великій кількості користувачів), адже датчику треба буде порівнювати з великою кількістю відбитків і ймовірність того, що система ідентифікації дасть збій збільшується. Щоб захистити смартфон, не потрібно використовувати прості графічні ключі (шаблони фігур) для блокування екрану. Треба уникати посилань на імена, дати і загальні слова при використанні ПІН-коду і паролів. Вимикати всі функції, які дозволяють дати доступ до смартфону третій стороні. І найкраще – використовувати подвійний захист і мінімізувати кількість невдалих спроб розблокування.

#### Список використаних джерел

1. <https://megabook.ru/article/%D0%94%D0%B>
2. <http://android.mobile-review.com/articles/discussion/41448/>
3. <https://rg.ru/2016/03/09/najden-prostoj-sposob-vzlomat-liuboj-smart-fon.html>

# **О ЧИСЛЕННОЙ ОЦЕНКИ УЯЗВИМОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИНТЕРНЕТ-БАНКИНГА**

Найденова Д.Р.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Антипов И.Е.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Науки, 14, кафедра КРиСТЗИ, (057) 702 14 30  
e-mail: diana.naidonova@nure.ua, тел.: (095) 416 55 37

With each payment on the Internet, we disclose our personal data. This may pose a risk for possible fraud. To assess this risk and the effectiveness of protective measures, a numerical vulnerability assessment is needed. Abstracts on the numerical assessment of the vulnerability of personal data, by analogy with the credit rating. Factors to consider are indicated.

В настоящее время развитие информационных технологий способствует активному и повсеместному внедрению интернет-банкинга. Это вызвано как объективными причинами (удобство, удалённость, скорость обслуживания), так и имеющим место навязыванием со стороны банковских структур, которые заинтересованы в сокращении персонала и в получении дополнительных комиссионных. Вместе с тем, сам по себе технический прогресс не делает нашу жизнь ни более счастливой, ни более безопасной. Те же информационные технологии позволяют мошенникам совершать свои действия удалённо, быстро и скрытно.

Причём, речь может идти о хищении не только денежных средств, но и персональных данных. И если о первом аспекте пользователи в большинстве своём знают, то о втором, порой, даже не подозревают.

При каждой покупке или оплате услуг в интернете мы оставляем не только формальные персональные данные (фамилия, данные банковской карты), но и многочисленные сведения о себе:

- о месте жительства, номерах телефон (при оплате счетов);
- о своих интересах, вкусах, увлечениях;
- о финансовых возможностях (категория товара, объёмы покупок);
- о состоянии здоровья (покупка лекарств, оплата медицинских услуг);
- времени отсутствия, маршрутах движения (покупка билетов, бронирование гостиниц);
- о своём окружении (заказ подарков, билетов).

Риски, обусловленные утечкой персональных данных не столь очевидны, как непосредственное хищение денежных средств. Но следует учитывать, что эти данные могут храниться сколь угодно долго и оказаться в чьих угодно руках.

Различные рекомендации по защите своих средств и персональных данных, также как и применение различных технических средств, безусловно, помогают. Но мне, как специалисту по защите информации,

важно рассмотреть эту задачу с научной точки зрения. А для этого нужно выработать механизм численной оценки уязвимости и, соответственно, эффективности тех или иных предлагаемых мер по защите.

В первую очередь необходимо оценить потенциальную уязвимость пользователя.

В качестве примера можно рассмотреть способ расчёта кредитного рейтинга клиента, который те же банки используют для оценки возможных рисков. Эти рейтинги формируются на основании нескольких параметров (история платежей, количество кредитов и т. д.), каждый из которых оценивается определённым числом и учитывается со своим весом. В результате получается число (от 300 до 850) [1], которое, как считается, определяет степень доверия и возможность банка выдать кредит данному клиенту.

По аналогии с кредитным рейтингом сформируем рейтинг уязвимости. Предполагается, что для его оценки будет использоваться 5-7 простых и очевидных параметров.

В значительной степени степень уязвимости пользователя характеризовали бы его знания психологии и действия манипуляции, а также его информированность в сфере защиты информации. К сожалению, для того, чтобы объективно оценить эти параметры, необходимо проводить полноценный экзамен. Поэтому в предлагаемом перечне параметров вместо них учитывается только пол и возраст пользователя.

Следующий параметр – наличие или отсутствие учётной записи в социальной сети. Здесь влияние двойное. Во-первых, публикуемая информация может стать доступной посторонним, а во-вторых, само наличие аккаунтов в социальных сетях предполагает стиль поведения пользователя, допускающий невнимательное отношение к персональным данным.

Непосредственно влияет на уязвимость количество оплат в интернете и количество интернет-ресурсов, на которых она производилась.

Немаловажным параметром, влияющим на уязвимость, является использование смартфона как основного гаджета пользователя. В [2] объясняется, насколько много информации может быть получено о пользователе при помощи его собственного смартфона.

Также следует учитывать частоту использования банковской карты и участие пользователя в различных рекламных акциях.

В докладе будут представлены оценки и весовые коэффициенты указанных параметров, полученные на основе данных о пользователях, пострадавших от мошеннических действий злоумышленников.

Список литературы: 1. Д.Г. Алексеева, С.В. Пыхтин, Я.М. Фальковская. Комментарий к Федеральному закону «О кредитных историях» Москва, 2006г -82 стр. 2. И. Е. Антипов, А. И. Шкарлет. «О возможности создания гибридной метеорной системы связи» Радиотехника: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2018. Вип. 192. С. 89–93.2018 р

# ОСОБЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ СРЕДСТВ АКУСТИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ ПРИ ИХ ОГРАНИЧЕННЫХ ГАБАРИТАХ

Носулько И.В.

Научный руководитель – проф. Олейников А.Н.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. ОРТ, тел. (057) 702 -14 -30)

This article describes the features of the parameters of acoustic reconnaissance devices with limited overall dimensions.

Акустическая разведка (АР) ведется с использованием узконаправленных микрофонов (УМ). К ним относятся: линейная группа микрофонов (ЛГМ), трубчатые микрофоны органного типа (МОТ), рефлекторные микрофоны (РМ). Основным параметром определяющим дальность разведывательного акустического контакта является индекс направленности (ИН) акустического приемника. Он зависит от апертуры узконаправленного микрофона (расстояние между крайними МКФ) и, при симметричной характеристике направленности (ХН), определяется по формуле:

$$Q = 10 \lg \left( \frac{2}{\int_0^\pi R(\theta)^2 \sin(\theta) d\theta} \right),$$

где  $R(\theta)$  – ХН микрофона (для различных типов УМ указана в таблице 1).

Оценочное значение ИН на частоте 2 кГц для разных апертур приведено в таблице 2.

Апертура УМ равна:  $L = (n - 1)d$ , где  $n$  – к-во микрофонов (трубок),  $d$  – расстояние между микрофонами.

При проведении АР существенным становится требованием минимизации геометрических размеров микрофонов (МКФ). Одним из факторов, ограничивающих габариты акустических средств разведки является удобство практического использования.

Количество МКФ при фиксированной апертуре определяет максимально применимую рабочую частоту и влияет на уровень боковых лепестков диаграммы направленности. С увеличением  $n$  уменьшается уровень боковых лепестков и наоборот.

Ограничение по максимальной рабочей частоте приема РМ не имеет, а для ЛГМ и трубчатого МОТ они следующие:

- трубчатый МОТ:  $F_{\max \text{ MOT}} \leq \frac{c}{2d}$ ;
- ЛГМ:  $F_{\max \text{ ЛГМ}} \leq F_{\max \text{ MOT}} \cdot 1.5 \leq 1.5 \left( \frac{c}{2d} \right)$  [1].

Для апертуры  $L = 20$  см и  $n = 25$ , расстояние между МКФ составляет 0.83 см. Габариты электретных МКФ (около 1 см в диаметре) не позволяют применять их в столь малых средствах АР. Необходимо

использовать МКФ с технологией MEMS (Micro Electro Mechanical System), так как в этой технологии они представляют собой конденсаторы с габаритами в 1-3 мм, такие размеры позволяют вместить большее количество МКФ по сравнению с электретными при одинаковой апертуре.

При исследовании зависимости ИН от частоты введено ограничение максимальной частоты до 5,6 кГц, так как в данной полосе частот содержится 95% энергии речевого сигнала [1]. Из таблицы 3 видно, что лучший показатель ИН на низких частотах у ЛГМ, а на высоких частотах - РМ. Для достижения наилучшего ИН во всем диапазоне рабочих частот, предлагается использовать составную систему из двух типов МКФ - РМ и ЛГМ. Такая система использует преимущества ЛГМ на низких частотах, а РМ на высоких.

Таблица 1 – Формулы ХН для УМ [1]

Тип микрофона	Формула ХН
Линейная группа микрофонов (ЛГМ)	$R(\theta) = \frac{\sin\left(\frac{n\pi d}{\lambda} \sin(\theta)\right)}{n \cdot \sin\left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin(\theta)\right)}$
Трубчатый микрофон органного типа (МОТ)	$R(\theta) = \frac{\sin\left(\frac{n\pi d}{\lambda} (1 - \cos(\theta))\right)}{n \cdot \sin\left(\frac{\pi d}{\lambda} (1 - \cos(\theta))\right)}$
Рефлекторный микрофон (РМ)	$R(\theta) = \frac{2J_1(\psi)}{\psi}, \text{ где } \psi = \frac{2\pi}{\lambda} L \sin(\theta)$

Таблица 2 – Зависимость ИН от линейных размеров ( $n = 40, f = 2$  кГц)

Тип микрофона	ИН при $L = 20$ см	ИН при $L = 30$ см
ЛГМ	10.2 дБ	17.1 дБ
Трубчатый МОТ	15.7 дБ	15.8 дБ
РМ	11.5 дБ	12.3 дБ

Таблица 3 – ИН в дБ от частоты при  $L = 30, n = 20$

Тип микрофона	Частота, Гц							
	100	200	500	1000	2000	3000	4000	5600
ЛГМ	23.9	22.4	14.4	13.6	13.58	13.61	13.72	13.67
Трубчатый МОТ	15.3	13.7	13.3	13.2	13.05	13	12.99	13.1
РМ	-9.7	-4.1	0.3	5.6	12.3	15.1	17.9	20.2

Перечень ссылок: 1. Засоби та системи технічного захисту інформації: Навч. посібник для студентів ЗВО / І.Є. Антіпов, А.М. Оленіков, Ю.В. Ликов, В.Д. Кукуш, І.О. Милютченко. - Харків: ХНУРЕ, 2019. - 216 с.

## **ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ БЕСПРОВОДНЫХ ДОМАШНИХ WI-FI СЕТЕЙ**

Вечирко К.О.

Научный руководитель – ст. препод. Медведев Е.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. КРиСТЗИ, тел. (057)702-14-30)  
e-mail: eugene.medvedev@nure.ua

Nowadays, wireless Wi-Fi networks are an essential attribute of the majority of private apartments and houses. The technology of wireless data transmission has firmly entered our lives and settled in many devices, from mobile phones to refrigerators.

The report reviews the security features of home wireless Wi-Fi networks and provides their statistical security analysis. It also suggests basic recommendations for setting up home budget routers.

На сегодняшний день беспроводные сети Wi-Fi, являются неотъемлемым атрибутом большинства приватных квартир и домов. Технология беспроводной передачи данныхочно вошла нашу жизнь и поселилась во многих устройствах, начиная с мобильных телефонов и заканчивая холодильниками. Так же все больше находят внедрения системы «умного дома», которые отвечают за различные узлы жизнеобеспечения дома (отопление, системы кондиционирования, подача питания, контроль утечки газа, сигнал и др.) и для удаленного управления так же требуют подключения к сети интернет.

Как правило при создании домашней беспроводной сети среднестатистический пользователь покупает недорогой Wi-Fi маршрутизатор или точку доступа и настраивает его при помощи опциональной настройки предложенной заводом изготовителем, такой вариант настройки является не надежный и может привести к возможному проникновению в сеть и фатальным последствиям. Так как покрытие беспроводной сети зачастую больше квартиры, а значит потенциальный злоумышленник может произвести атаку на точку доступа за пределами помещения то необходимо уделять особое внимание настройке безопасности таких сетей.

Предположим ситуацию, что в жилой квартире развернута система умного дома, которая подключена к беспроводной сети, которую раздает бюджетный роутер, настроенный при помощи «быстрой заводской настройки». Вероятность проникновения в такую сеть будет достаточно высокая и как следствие злоумышленник сможет влиять на работу умного дома, например, отключить автономную сигнализацию, отключать различные датчики, иметь данные есть ли в данный момент кто то дома и т.д. Так же злоумышленник может перехватывать данные из домашней сети, внедрять вредоносное ПО и совершать другие действия, которые

могут нанести вред их обладателю.

При оценке безопасности домашних беспроводных сетей был проведен статистический сбор данных с жилых домов. Для анализа применялся мобильный телефон Samsung Galaxy A3 с бесплатным ПО Wi-Fi Analyzer, а так же ноутбук Dell Inspiron с ОС Kali Linux. При анализе беспроводных точек получили данные со 100 устройств установленных в жилых квартирах. Нас интересовали следующие параметры: модель роутера, тип используемого шифрования, наличие включенного WPS.

Для определения модели роутера использовалась программа-анализатор трафика Wireshark, для анализа самой точки и определения наличия включенного WPS использовалось встроенное ПО в ОС Kali Linux. Анализ показал, что подавляющее число беспроводных точек доступа относятся к бюджетному сегменту, и не имеют дополнительных защит от различных атак. У 70% используется шифрование WPA2-PSK, 25% -WPA, 3%-WEP, 2% – не имеют шифрования. Так же у 46% беспроводных точек была включена функция WPS. Так же был проведен опрос 40 квартир о том, как они настраивали свои беспроводные точки доступа, 33 были настроены при помощи быстрой настройки, что по нашему наблюдению является неправильным. Опрашивали только те квартиры, у которых на беспроводной точке доступа была включена функция WPS, так как вероятность взлома в таком случае равна 99,9%.

В докладе рассмотрены особенности безопасности домашних беспроводных Wi-Fi сетей. Как показал статистический анализ преобладающая часть роутеров являются бюджетными и не имеют встроенных систем препятствующих взлому. Так же наблюдение показало, что у 46% беспроводных точек включена функция WPS, и, следовательно такие точки легко поддаются взлому. Предложены базовые рекомендации по настройке бюджетных роутеров, которые значительно усложняют взлом беспроводной точки доступа.

### **Список литературы**

1. Виды атак на Wi-Fi, портал «Hackware.ru», [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://hackware.ru/?p=158> – Загл. с экрана.
2. Как взломать Wi-Fi, портал «Codeby», [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://codeby.net/tags/kak-vzlomat-wi-fi/> – Загл. с экрана.
3. Хабракен Д., Домашние беспроводные сети [Текст] / Д.Хабракен - М: НТ- Пресс, 2009, 250 с.
4. Флённов, М.Е. Linux глазами хакера. 4-е изд / М.Е. Флённов. – СПб.:БХВ-Петербург, 2016. – 432 с.
5. Как взломать Wi-Fi, портал «codeby.net» [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://codeby.net/tags/kak-vzlomat-wi-fi/> – Загл. с экрана.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛИЗАТОРА РАЗБИТИЯ СТЕКЛА

Разницын В.Ю.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Стрельницкий А.Е.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, кафедра КРиСТЗИ, тел. +38(057)7021430)  
E-mail: wower0513@gmail.com

The paper considers a single-frequency security acoustic device that detects penetration of a guarded object to destroy the glazing of a room, breaking doors, windows, the floor and ceiling, which is one of its advantages over all other security devices.

В основу принципа действия одночастотного акустического охранного устройства заложен известный эффект возникновения положительной обратной связи в системе микрофон – усилитель звуковой частоты – излучатель звука (рис. 1). Из теории известно, что в системах с обратной связью возникают незатухающие колебания, если выполняются условия баланса фаз и баланса амплитуд.

Условие баланса фаз:

$$\psi = 2\pi n, \quad (1)$$

где  $\psi$  – набег фаз в рассматриваемой системе;  $n = 0, 1, 2 \dots$

Условие баланса амплитуд:

$$\beta \geq 1/K, \quad (2)$$

где  $\beta$  – коэффициент передачи окружающей среды между микрофоном и излучателем;  $K$  – коэффициент усиления усилителя звуковой частоты.

Амплитуда установившихся незатухающих колебаний в этой системе равна максимально возможному выходному напряжению усилителя, значение которого определяется напряжением источника питания.

Если хотя бы одно из указанных условий (1) или (2) не выполняется, то система находится в устойчивом состоянии – в линейном усилительном режиме, то есть усиливает звуки окружающей среды.

Одночастотное акустическое охранное устройство предназначено для охраны объектов, имеющих замкнутый объём (герметичных объектов), например помещений. Принцип его действия рассмотрим на примере охраны помещения.

Микрофон и излучатель устанавливают с разных сторон границы охраняемого помещения, которая является акустическим экраном между ними. На вход микрофона поступают из окружающей среды акустические сигналы, которые преобразуются в переменное напряжение  $x(t)$  соответствующей частоты и амплитуды. Это напряжение поступает на полосовой фильтр с коэффициентом усиления  $K_\phi$ , далее на линейный усилитель звуковой частоты с коэффициентом усиления  $K_y$ , а с его выхода

полученное напряжение  $y(t)$  подаётся на излучатель, в котором происходит его преобразование в звуковой сигнал  $z(t)$ .

Воспроизведённый излучателем сигнал  $z(t)$  распространяется в окружающей среде (воздух, граница охраняемого объекта) с общим коэффициентом передачи  $\beta(t)$  и поступает как звуковой сигнал  $e(t)$  на вход микрофона, смешиваясь со звуками окружающей среды  $g(t)$ , где они опять преобразуются в напряжение  $x(t)$  и тд.

Поскольку граница объекта является акустическим экраном между излучателем и микрофоном, то можно считать, что обратная связь в охранном устройстве практически отсутствует:

$$\beta \leq 1/K, \quad (3)$$

где  $K = K_\phi \cdot K_y$  – общий коэффициент усиления устройства.

В одночастотном акустическом охранном устройстве применяется узкополосный полосовой фильтр. Выбрав среднюю (центральную) частоту фильтра  $f_0$  в области частот 15-20 кГц, можно отстроиться от многих звуковых помех  $g(t)$ , лежащих, в основном, в диапазоне ниже 10 кГц.

Когда происходит проникновение на объект, то нарушается целостность (или герметичность) объекта, коэффициент передачи среды  $\beta(t)$  увеличивается и приводит к нарушению условий (1) и (2) устройства – появляются незатухающие колебания. Оценивая амплитуду колебаний на выходе усилителя  $y(t)$ , выносят суждение о нарушении целостности стеклянного ограждения объекта.

Для этого напряжение  $y(t)$  подают на вход порогового устройства.

В дежурном режиме выполняется условие:

$$w(t) \leq U_{\pi} \quad (4)$$

поэтому на выходе порогового устройства сигнал тревоги отсутствует. При проникновении происходит самовозбуждение устройства и выполняется условие:

$$w(t) \geq U_{\pi} \quad (5)$$

и на выходе порогового устройства появляется сигнал тревоги.

Список литературы:

1. Шепитько Г.Е. Адаптивные охранные извещатели: обзорная информация. – М.: ГНИЦУИ, 1985. – 32 с.
2. ГОСТ 52435-2005. Технические средства охранной сигнализации. Классификация. Общие технические требования и методы испытаний.
3. Технические средства обнаружения проникновения и угроз различных видов. Особенности выбора, эксплуатации и применения в зависимости от степени важности и опасности объектов. Рекомендации (Р 78.36.028-2012). – М.: НИЦ «Охрана», 2012. – 359 с.

**ПРИСТРОЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ  
СИСТЕМ**

# **ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРЫ НА РАСПОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА**

Ярова Ю.Д.

Научный руководитель – ассистент Мерзликин А.А  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Науки, 14,  
каф. Радиотехнологий информационно-коммуникационных систем,  
тел.(057)7021-444  
e-mail: yuliya.yar04@gmail.com, тел.(050)5642369

This report describes the influence of the atmosphere on the propagation of the millimeter wave range. Research is relevant, because of the rapid development of super-high-speed communication channels, there is a lack or lack of information about the effect of precipitation on the attenuation of the millimeter-wave range.

Характеристики ослабления и радиотеплового излучения земной атмосферой радиоволн ММД в настоящее время широко используется в телекоммуникационной практике и в задачах дистанционного зондирования окружающей среды (ДЗ ОС) для оценок надежности линий связи и для восстановления физических параметров земной поверхности и атмосферы.

Актуальность исследований значений полного вертикального ослабления радиоволн миллиметрового диапазона с учетом региональных и сезонно-погодных особенностей для большинства регионов мира связана с отсутствием либо недостатком такой информации на фоне стремительного развития мировых тенденций создания сверхскоростных (до 10 Гбит/с) беспроводных наземнокосмических и радиорелейных каналов связи, сетей передачи мультимедийной информации.

Кроме телекоммуникационных приложений, задачи обеспечения дистанционного контроля фазовой структуры облачного покрова, а также оценки влагосодержания полей облачности являются актуальными для таких направления науки, как климатология, метеорология, искусственная стимуляция и подавление осадков. Возможность мониторинга водозапаса облаков методами радиометрии ММ ДВ имеет важное значение для эффективного решения задач активного воздействия на облака с целью подавления либо стимуляции осадков или в противоградовой защите.

Особенности ослабления миллиметровых радиоволн ясной атмосферой земли

Полное вертикальное и погонное тропосферное поглощение и излучение атмосферы в ММ ДВ при отсутствии гидрометров практически полностью определяется однокомпонентным молекулярным поглощением в парах воды и кислороде. В связи с тем, что поглощение в этих компонентах имеет резонансный характер, радиояркостная температура

атмосферы зависит не только от распределения термодинамической температуры, давления, и влажности с высотой, но и от длины волны. Эти функциональные зависимости могут быть получены по квантово-механическим формулам.

Для таких состояний воды, как жидкие, кристаллические или смешанные гидрометеоры, поглощение по спектру, в общем случае, является непрерывным в ММ ДВ. Что касается водяного пара и влажного воздуха. То здесь поглощение по спектру - селективное с обилем «окон» прозрачности между интенсивными линиями поглощения. Линии поглощения обусловлены многочисленными вращательными переходами молекулы воды, что вызывает трудности точного теоритического расчета поглощения водяным паром. Интенсивность линий поглощения зависит от температуры, давления и содержания водяного пара в единице объема. Содержание паров воды в атмосфере зависит от погодных условий, что приводит к его пространственной и временной изменчивости и к трудностям прогнозирования.

В странах бывшего СССР широко применялись и применяются методики расчета поглощения радиоволн атмосферой (кислородом и паром) по моделям Жевакина С.А Наумова А.П и Зражеского Ф.Ю. В странах Европы и США в последние 15 лет расчеты чаще проводятся методами Гросмана, Розенкранца, Воторса, с помощью модификаций МРМ модели Лииба, или программных пакетов AT и ATM моделей Пардо. Основные отличия между ними связаны с количеством учитываемых в расчетах спектральных линий, с методами описания их формы, а также с количеством добавок, учитывающих влияние так называемого континуума сухого воздуха и его парообразной компоненты.

Основными компонентами, определяющими погонное приземное и полное вертикальное поглощение безоблачной атмосферы, являются кислород и водяной пар. Вкладом остальных компонент атмосферы при расчетах этих параметров поглощения можно пренебречь.

Существует не только сезонный, но и суточный и территориальный изменчивости статистики погонного и полного вертикального ослабления даже для соседних регионов, находящихся в одной климатической зоне.

Гидрометеорное ослабление радиоволн ММ и суб ММ диапазонов в ряде синоптических ситуаций может существенно ухудшать либо полностью ограничивать работоспособность, как тропосферных так и наземнокосмических линий связи.

Список литературы:

А.С. Михайлов, Н.В. Руженцев. Исследование свойств пространственного распределения атмосферного поглощения для территории Украины в миллиметровом диапазоне волн//Прикладная радиоэлектроника, №2, 2009,- с.149-155.

## **ПРИМЕНЕНИЕ RFID ТЕХНОЛОГИЙ В IoT**

Горбовцова И.В., Ярова Ю.Д.

Научный руководитель – ассистент Мерзликин А.А

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

61166, Харьков, пр. Науки, 14,

каф. Радиотехнологий информационно-коммуникационных систем,

тел.(057)7021-444

e-mail:gorbowzowai@gmail.com

This report discusses RFID technology and its application in IoT. RFID – extensive radio frequency identification technology objects, based on radio signals, used to write data on the transponder- RFID- tag , and reading it with a reader.

RFID технологии или радиочастотная идентификация – технология, использующая радиочастотное электромагнитное излучение для зачтения/записи информации на небольшое устройство.

Задачей RFID системы является хранение информации об объекте с возможностью её удобного считывания. Метка может содержать данные о типе объекта, стоимости, весе, температуре, данные логистики, вообще любой информации, которая может хранится в цифровой форме.

RFID система состоит из трех базовых компонентов: Считывающего устройства, называемого ридером (передатчик/приемник). Антенны. Радиочастотных меток (смарт-меток) с встроенной антенной, приемником и передатчиком.

Существует большое количество разновидностей этих компонентов. Они различаются по устройству, размерам и форме. Базовая RFID система работает следующим образом. Радиотехническое устройство, метка, прикрепляется к объекту, который необходимо идентифицировать. Уникальные идентификационные данные об объекте хранятся в метке. Когда отмеченный объект подносится к считающему устройству (ридеру), метка передает эти данные в ридер через antennу ридера. Далее происходит считывание данных ридером и их ретрансляция прикладной программе, выполняющейся на компьютере через определенные каналы связи (сетевое или последовательное соединение). После этого программа использует полученные сведения для идентификации объекта, поднесенного к ридеру. Кроме этого, программа может обновлять информацию в базе данных о местоположении объекта, посыпать сигнал тревоги персоналу или просто игнорировать данные. RFID система – это составляющий единое целое набор компонентов, реализующий какое-либо RFID-решение. RFID система поддерживает двухсторонний обмен информацией от ридеров к автоматизированной информационной системе и от автоматизированной информационной системы к ридерам. RFID технологии активно применяются в IoT.

Интернет вещей - (IoT) – можно рассматривать как окружающую среду, где физические устройства объединены между собой через Интернет для сбора и обмена данными.

Интернет вещей является новым этапом развития Интернета, который значительно расширяет возможности сбора, анализа и распределения тех данных, которые человек может преобразовать в информацию и знания.

Среди проводных технологий важную роль в проникновении «интернета вещей» играют RFID. Коммерческую эффективность RFID технологии первыми оценили компании, занимающие лидерские позиции на мировом рынке - Wal-Mart, Metro Cash&Carry, Tesco, Macy, 3M, M&S, American Apparel, DHL Supply Chain и т.д. Тем самым, с начала 2000-х годов эти компании помогли RFID технологии завоевывать полочное пространство и стать частью современного сервиса.

Основная ценность RFID технологии для логистики заключается в обеспечении возможности управления движением каждой единицы товара в цепи поставок от производства до продажи конечному покупателю. В настоящий момент существует множество способов расширить спектр предлагаемых услуг, вкладывая в них меньше усилий, которые при этом помогут компаниям оперативнее реагировать на происходящие изменения, повышая свою эффективность. Все компании стремятся получать более точную информацию в более короткий срок. «Интернет вещей» позволит не только моментально получать информацию о любой транзакции, любом человеке, любой продукции, но и делать это в любой момент времени, что особенно релевантно для международных компаний, функционирующих в разных часовых поясах.

Ценность продуктов из IoT-сферы заключается не в технологии или в интернет-подключении как таковом. Важен не сам сенсор и приложение для парковки – важна информация о том, где быстро и удобно можно припарковать машину в разгар рабочего дня.

#### Список литературы

Сандип Лахири. RFID. Руководство по внедрению. Москва.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2007.-298с.

Клаус Финкецеллер. RFID- технологии. Москва.: ДМК Пресс, 2010.- 496с.

# **ЗБИРАННЯ ЕНЕРГІЇ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ З НИЗЬКИМ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ**

Костюк С.О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Філіппенко І.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. АПОТ, тел. (057) 702-13-26)  
e-mail: contact@s-kostyuk.me

This work is devoted to the application of various energy harvesting technologies in the context of low-power autonomous sensor networks. The various sources of ambient energy were compared in the terms of availability, applicability and amounts of energy available for harvesting. Reviewed the ongoing scientific researches and ready-to-market commercial products that enable energy harvesting from different sources. Reviewed the structure of typical sensor node which uses energy harvesting as the main or secondary source of power, with or without energy buffering using batteries or capacitors.

Серед основних напрямів розвитку індустрії можна відмітити використання великих обсягів даних для покращення виробничих процесів. Основним джерелом таких даних є сенсорні мережі – мережі пристрій, що виконують вимірювання критичних параметрів обладнання та навколошнього середовища і передають отримані дані для подальшої обробки за допомогою деяких засобів зв’язку [1].

Такі пристрій називаються сенсорними вузлами та складаються з трьох основних частин: вимірюального елемента (сенсора), засобу зв’язку (transceiver), пристрою управління (мікроконтролера) та деякого джерела живлення [1-2]. Вибір цих компонентів безпосередньо пов’язаний з особливостями експлуатації сенсорних вузлів: робота в автономному режимі, встановлення в місцях з обмеженим доступом, обмеження щодо максимальної вартості та розміру вузлів.

Важливою стає проблема забезпечення пристрій стабільним джерелом енергії. Для безпровідних сенсорних мереж найчастіше використовують одноразові батареї та акумулятори. Однак, такі елементи мають обмежену ємність та потребують періодичного обслуговування.

Альтернативним рішенням є збирання енергії навколошнього середовища та інших зовнішніх джерел – energy harvesting (scavenging) [3]. Серед доступних джерел енергії найчастіше використовують світло, різницю температур, кінетичну та радіочастотну енергію [1-4].

У порівнянні з традиційною альтернативною енергетикою, energy harvesting оперують з дуже малими об’ємами доступної енергії – порядку сотень мікроват та десятків міліват [2-4]. Малі об’єми доступної енергії диктують підвищені вимоги до енергоефективності всіх компонентів системи: від пристрій зв’язку та мікроконтролерів до алгоритмів та

підсистем керування живленням.

При проектуванні враховуються стабільність джерела енергії, його передбачуваність та можливість контролю [3]. Стабільне у часі та відносно потужне джерело енергії дозволяє відмовитися від акумуляторів та забезпечити безперебійну роботу пристрою [4]. Відсутність стабільності компенсується доданням буферних елементів та «розумним» керуванням режимами енергозбереження [5]. Наявність коротких потужних імпульсів енергії дозволяє відмовитися від буферних елементів, але потребує максимальної швидкості «пробудження» сенсорного вузла [2].

При порівнянні ефективності використання різноманітних джерел енергії, найкращі показники належать сонячним батареям. Максимальна ефективність забезпечується при встановленні на відкритому просторі з використанням батарей у якості буферів для живлення в темний період дня, проте у приміщенні їх ефективність різко зменшується [2].

Серед інших перспективних джерел можна відмітити кінетичну енергію, вібрації та деформації [2-3, 5]. Використання радіочастотної енергії обмежене через сильну залежність від відстані до передавача [2]. Теплова енергія використовується для живлення індустріальних сенсорів, в умовах високої різниці температур.

В рамках цієї роботи досліджено можливості використання енергії навколошнього середовища для живлення сенсорних мереж з низьким енергоспоживанням. Розглянуті питання доступності, застосовності та ефективності рішень для генерації електричної енергії.

Перелік джерел посилання:

1. Internet of things: wireless sensor networks [Текст] / IEC – Geneve : IEC, 2014. – 78 с. – (White paper). – ISBN 978-2-8322-1834-1.
2. Vullers, R. Energy Harvesting for Autonomous Wireless Sensor Networks [Текст] / R. Vullers, R. Schaijk, H. Visser, J. Penders, C. Hoof // IEEE Solid-State Circuits Magazine. – 2010. – 2(2). – C. 29–38.
3. Sudevalayam, S. Energy Harvesting Sensor Nodes: Survey and Implications [Текст] / S. Sudevalayam, P. Kulkarni // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2011. – 13(3). – C. 443–461.
4. Harb, A. Energy harvesting: State-of-the-art [Текст] / A. Harb // Renewable Energy. – 2011. – 36(10). – C. 2641–2654.
5. Ruan, T. Energy-Aware Approaches for Energy Harvesting Powered Wireless Sensor Nodes [Текст] / T. Ruan, Z. J. Chew, M. Zhu. // IEEE Sensors Journal. – 2017. – 17(7). – C. 2165–2173.

## ВЗГЛЯД НА АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СО СТОРОНЫ

Чертыова Д.А.

Научный руководитель – ст. пр. каф. РТИКС Алфьоров Н.Е.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. РТИКС, тел. (057) 702-14-44)  
e-mail: daria.chertova@nure.ua, тел. 0681887025

The needs of the population and industry in electricity increases, and oil and gas reserves are limited and depleted. This leads to the need to use renewable energy sources. Conversion of solar radiation into electricity can be carried out in two main ways: photothermal (conversion of light energy into heat, and then, if necessary, into electrical) and photoelectric (direct conversion of light energy into electrical). According to the forecasts of the European Association of Photovoltaic Industry (EPIA), solar energy will replace oil and nuclear energy in the future.

Солнечная энергетика может стать основным источником электроэнергии в мире. Об этом Европейская технологическая и инновационная платформа для фотоэлементов (ETIP PV) заявила на 24-х климатических переговорах ООН [ссылка]. Через три десятилетия солнечные электростанции и панели на крышах потенциально могут занять 69% всего энергетического рынка. Доля ветрогенераторов составит 18% к 2050 году [1].

Основное условие интенсивного использования солнечной энергии – это относительно низкая себестоимость генерируемой ей электроэнергии.

Солнечное излучение - один из наиболее перспективных источников энергии будущего. В ясную погоду на 1м<sup>2</sup> земной поверхности в среднем падает 1000 Ватт световой энергии солнца. Солнечная энергия поступает на Землю неравномерно: в одной местности солнце светит 320-350 дней в году, в другой солнечные дни - редкость. Исходя из этого, прежде чем ставить солнечные батареи с целью выработки электричества, необходимо рассчитать эффективность применения данного метода в конкретных климатических условиях[2].

Преобразование солнечной энергии осуществляется двумя способами:

- фотоэлектрическим (прямое преобразование световой энергии в электрическую);
- фототермическим (преобразование световой энергии в тепловую, а затем, при необходимости, в электрическую).

При построении фотоэлектрической установки следует учитывать следующие параметры:

- Координаты (широта и долгота) нахождения объекта, который требуется снабдить энергией;

- Количество солнечной радиации приходящие на эти координаты;

- Приблизительный расчет требуемой мощности, который определяется из суммы суточного потребления энергии всеми участниками проекта.

Принцип действия солнечных фотоэлектрических установок (СФЭУ) состоит в прямом преобразовании солнечного света в постоянный электрический ток. Энергия может использоваться как напрямую, так и запасаться в аккумуляторных батареях. Если требуется получить 220 В переменного тока, нужно использовать преобразователи - инверторы.

Преимущества СФЭУ:

- экологичность;
- простота в обслуживании;
- автономность работы;
- бесшумность работы (достигается отсутствием движущихся частей);
- значительный срок службы.

Солнечные батареи сохраняют работоспособность при:

- диапазоне температур от –50 до +75 °C
- атмосферном давлении 84–106,7 кПа;
- относительной влажности до 100%;
- интенсивности дождя до 5мм/мин;
- снеговой, ветровой нагрузке до 2000 Па.

Список литературы:

1. К 2050 году солнечная энергетика займет 70% мирового энергетического рынка // [Электронный ресурс]: <https://elektrovesti.net/>
2. Энергия солнца. Солнечные батареи и солнечные коллекторы // [Электронный ресурс]: <http://www.altenergo-nii.ru/renewable/solar/>
3. Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті, 2018, том-3, 151-152 // Чертова Д. О.

# **ОГЛЯД КОНТРОЛЕРІВ 8МИ-РОЗРЯДНИХ: ОСОБЛИВОСТІ MICROCHIP ТА ATMEL**

Орлик І.В.

Науковий керівник – Житло В.Я.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, пр. Науки 14, кафедра РТІКС, т. 70-21-587  
email: d\_res@nure.ua

The paper discusses the families of the most common 8 – bit microcontrollers (MC), which have low cost and are suitable for use in products for various purposes. Such microcontrollers are produced by a large number of firms.

В роботі розглянуті сімейства найбільш поширених 8-розрядних мікроконтролерів (МК), що мають невисоку вартість і придатних для використання у виробах різного призначення. Такі мікроконтролери випускає велику кількість фірм.

## **Мікроконтролери фірми Microchip**

Випускаються цією фірмою МК сімейств PIC12 і PIC 16/17 (Peripheral Interface Controller) об'єднують всі передові технології мікроконтролерів: електрично програмовані пользователем ППЗУ, мінімальне енергоспоживання, високу продуктивність, добре розвинуту RISC-Архітектура, функціональну закінченість і мінімальні розміри. Широка номенклатура виробів забезпечує використання мікроконтролерів в пристроях, призначених для різноманітних сфер застосування.

В кінці 1980-х років фірма Microchip випустила МК P1C16C5x, які заснували широко поширене нині сімейство PIC 16. Завдяки високій продуктивності, малому споживанню і низької вартості це сімейство з RISC -Архітектура склало серйозну конкуренцію випускається в той час 8-розрядних МК з CISC- архітектурою. В основу концепції PIC була покладена RISC -Архітектура з системою простих однословівих команд, які виконуються за один машинний цикл (команди переходу виконуються за два цикли). В процесі виконання поточної команди відбувається вибірка з пам'яті наступної команди. Система команд базового сімейства PIC16C5X містить тільки 33 команди. Продуктивність P1C16C5x при частоті тактирування в 20 МГц становить 5 MIPS (мільйонів інструкцій у секунду).

В даний час фірма Microchip випускає п'ять сімейств МК з RISC-архітектурою:

- PIC15C5X включає недорогі контролери з мінімальним набором периферійних пристрій;
- P1C12Cxxx містить МК в мініатюрному 8-вивідному корпусі з вбудованим тактовим генератором і модулем 8-розрядного АЦП (для деяких моделей);

- PIC16x / 7x / 8x / 9x об'єднує МК з розвиненою периферією (таймери-лічильники з опціями захоплення / порівняння, широтно-імпульсні модулятори, аналогові компаратори, АЦП, контролери послідовних інтерфейсів);
- PIC17C4x / 5xx включає високопродуктивні контролери з розширеною системою команд і великої периферією. Мікроконтролери цього сімейства мають вбудований апаратний помножувач  $8 \times 8$ , виконує операцію множення за один машинний цикл;
- PIC18Cxxx - нове сімейство МК з оптимізованим під використання Сі-компілятора з RISC -ядро і частотою внутрішньої шини до 10 МГц.

### **Контролери фірми Atmel**

Ця фірма виробляє два сімейства мікроконтроллеров: сімейство AT89, сумісний з фактичним промисловим стандартом MCS-51, і сімейство високопродуктивних RISC-мікроконтролерів AT90 власної архітектури.

Характерною особливістю мікроконтролерів фірми Atmel є Flash пам'ять програм, що забезпечує швидкість програмування і зменшення циклу розробки додатків.

Представлені в 1997 р контролери сімейства AVRAT90S містять:

- потужний RISC-процесор з Гарвардської архітектурою, що забезпечує роздільний доступ до пам'яті програм і даних;
- АЛУ з апаратним помножувачем, 32 регистра загального призначення, паралельні порти, таймери-лічильники, послідовні інтерфейси, АЦП, аналогові компаратори;
- базовий набір з 120 команд, більшість яких виконується за один машинний цикл. Продуктивність ряду моделей становить 20 MIPS.

Мікроконтролери AVR поділяються на три серії:

- tiny AVR - МК в 8-вивідному корпусі низької вартості;
- classic AVR - основна серія контролерів з продуктивністю до 16 MIPS, що мають Flashпам'ять програм обсягом до 8 Кбайт і статичне ОЗУ даних 128 ... 512 байт;
- mega AVR - МК з продуктивністю до 6 MIPS для складних додатків, що вимагають великого обсягу пам'яті (FlashПЗУ до 128 Кбайт), ОЗУ до 4 Кбайт.

Література:

1. [microchipinf.com/ua\\_articles/54/724](http://microchipinf.com/ua_articles/54/724)
2. [pue8.ru/protsessory/685-obzor-kontrollerov-8mi-razryadnykh.html](http://pue8.ru/protsessory/685-obzor-kontrollerov-8mi-razryadnykh.html)

## **ОГЛЯД КОНТРОЛЕРІВ 8МИ-РОЗРЯДНИХ: ОСОБЛИВОСТІ MCS-51 І MOTOROLA**

Сокіркаєв Д.В.

Науковий керівник – Житло В.Я.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
61166, Харків, пр. Науки 14, кафедра РТІКС, т. 70-21-587  
email: d\_res@nure.ua

The paper discusses the families of the most common 8 – bit microcontrollers (MC), which have low cost and are suitable for use in products for various purposes. Such microcontrollers are produced by a large number of firms.

В роботі розглянуті сімейства найбільш поширених 8-розрядних мікроконтролерів (МК), що мають невисоку вартість і придатних для використання у виробах різного призначення. Такі мікроконтролери випускає велику кількість фірм.

Перший контролер 8051АН цього сімейства розробила і випустила фірма Intel в 1980 р Мікроконтроллер містив ПЗУ обсягом 4 Кбайта, ОЗУ в 128 байт, 4 порту введення / виведення, 2 таймера і асинхронний порт.

На його кристалі розміщувалося 128 тисяч транзисторів частота внутрішньої шини становила 1 МГц. У наступних моделях мікроконтролерів були збільшені частота внутрішньої шини (до 3 МГц) і обсяг пам'яті програм (8, 16 і 32 Кбайта), до складу контролерів введені нові периферійні вузли (АЦП, сторожовий таймер і ін.).

Сімейство контролерів MCS-51 виконано на основі гарвардської архітектури. Процесорний ядро MCS-51 виявилося настільки вдалим, що протягом двох десятиліть стало по суті справи стандартом в області 8-розрядних контролерів.

Широке поширення отримав мікроконтролер 1816BE51 - аналог контролера 8051АН. Одночасно ряд фірм (Philips, Infineon, Atmel та ін.) Розробив контролери, програмно сумісні з сімейством MCS-51, що володіють сучасними типами пам'яті програм і даних (Flash, EEPROM), що мають розширеній набір периферійних модулів, що працюють в широкому діапазоні напруги живлення.

Мікроконтролери фірми Motorola. Фірма Motorola має найширшу в світі номенклатурою мікроконтролерів (блізько 300 моделей - від найпростіших дешевих 8-розрядних до високопродуктивних 32-розрядних мікроконтролерів з RISC-ядром і потужною периферією), що охоплює практично всі сфери застосування. Тому користувач має можливість вибрати для свого застосування оптимальну модель мікроконтролера, як по набору вбудованих функцій, так і за економічними параметрами. Важливою особливістю мікроконтролерів є їхня висока якість і надійність, оскільки фірма Motorola відноситься до основних постачальниках

військово-промислового та аерокосмічного комплексів.

Перший МК популярного до теперішнього часу сімейства HC05 з'явився одночасно з контролером 8051AH.

Пізніше з'явилися універсальні і більш продуктивні МК (блізько 40 моделей) сімейства HC11 як доповнення до дешевих «замовним» контролерам сімейства HC05.

Відмінними рисами сімейства HC11 є:

- можливість виконання операцій над 16-розрядними операндами;
- додаткові способи адресації;
- підвищена частота внутрішньої шини (до 4 МГц);
- три типи пам'яті на кристалі: одноразово програмованого ПЗУ програм, статичного ОЗУ даних і ПЗУ даних з електричним способом програмування і стирання.

Представлене в кінці 1990-х років фірмою «Motorola» нове 8-розрядний сімейство HC08 має поступово замінити МК сімейства HC05 і стати новим «промисловим стандартом» 8-розрядних МК фірми. Основні переваги сімейства HC08:

- програмна сумісність «знизу вгору» з процесорним ядром сімейства HC05 (на рівні початкового тексту і об'єктних кодів);
- наявність 8-розрядного АЛУ, Це стало можливим завдяки:
- підвищення частоти обміну внутрішньої шини до 8,0 МГц;
- поєднанню циклів виконання і вибірки наступної команди;
- введенню спеціальних команд перегляду таблиць і організації циклів;
- збільшення способів адресації операндів.
- використання FLASH-технології для ПЗУ програм користувача;
- наявність розширеного набору контролерів послідовного обміну в бібліотеці периферійних модулів сімейства;
- поліпшенні можливості налагодження МК;
- використання спеціальних схемотехнічних рішень для підвищення надійності роботи МК в умовах електромагнітних перешкод.

Література:

1. [microchipinf.com/ua\\_articles/54/724](http://microchipinf.com/ua_articles/54/724)
2. [pue8.ru/protsessory/685-obzor-kontrollerov-8mi-razryadnykh.html](http://pue8.ru/protsessory/685-obzor-kontrollerov-8mi-razryadnykh.html)

# **СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ**

Власов Ю.А.

Научный руководитель: ассистент Мерзликин А.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, г.Харьков, пр.Науки, 14, каф. Радиотехнологий информационно-коммуникационных систем)

E-mail: yuri.vlasov@nure.ua

This report examines the relevance of solar energy as an alternative source of energy, the advantage among other alternative sources of energy, ways of obtaining solar energy, the principle of operation.

Потребности человека в энергии увеличиваются с каждым годом. Учитывая это и тот факт, что запасы традиционных природных топлив (нефти, угля, газа и др.) конечны и вредны для окружающей среды, на их замену приходят альтернативные источники энергии. Это в первую очередь солнечная, ветровая и геотермальная энергии. Среди вышеперечисленных, солнечная энергия наиболее перспективна по масштабам ресурсов, экологической чистоте и повсеместной распространенности.

Солнечная энергия – энергия от Солнца в форме радиации и света. Эта энергия имеет значительное влияние на климат и природу, и является основой жизни. Преобразование солнечной энергии в электрическую имеет массу достоинств. Прежде всего это надежность, а так же это чистый и соответственно безопасный для здоровья источник энергии.

Для преобразования солнечного света в электричество используются солнечные батареи. Обычно под термином «солнечная батарея» подразумевается несколько объединённых фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) – полупроводниковых устройств, прямо преобразующих солнечную энергию в постоянный электрический ток. Они также считаются наиболее эффективными, с энергетической точки зрения, устройствами для превращения солнечной энергии в электрическую, поскольку это прямой, одноступенчатый переход энергии. Преобразование энергии в ФЭП основано на фотоэлектрическом эффекте. Фотоэлектрический эффект возникает в солнечном элементе при его освещении светом в видимой и ближней инфракрасной областях спектра. В солнечном элементе из полупроводникового кремния толщиной 50мкм поглощаются электроны, и их энергия преобразуется в электрическую посредством p-n соединения. КПД производимых в промышленных масштабах фотоэлементов в среднем составляет 16%, у лучших образцов до 25%. В лабораторных условиях уже достигнут КПД 40,7 %.

Эффективность преобразования зависит от электрофизических характеристик неоднородной полупроводниковой структуры, а также

оптических свойств ФЭП, среди которых наиболее важную роль играет фотопроводимость. Она обусловлена явлениями внутреннего фотоэффекта в полупроводниках при облучении их солнечным светом.

Основные необратимые потери энергии в ФЭП связаны с:

1. отражением солнечного излучения от поверхности преобразователя,
2. прохождением части излучения через ФЭП без поглощения в нём,
3. рассеянием на тепловых колебаниях решётки избыточной энергии фотонов,
4. рекомбинацией образовавшихся фото-пар на поверхностях и в объёме ФЭП,
5. внутренним сопротивлением преобразователя,
6. некоторыми другими физическими процессами.

Список литературы:

1. Солнечная энергетика: учебное пособие для вузов /под ред. Виссарионова В. И., М.: изд. дом МЭИ, 2008.
2. Челяев В. Ф. Солнечная энергетика – энергетика будущего. «Энергия: экономика, техника, экология», № 10, 2008.
3. Андреев С.В. Солнечніє електростанції. М.: «Наука», 2002

# **АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ДОМА**

**Зеленов Н.В.**

**Научный руководитель: ассистент Мерзликин А.А.**

**Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, г. Харьков, пр .Науки 14, каф. Радиотехнологий информационно-  
коммуникационных систем)**

**E-mail: mykyta.zelenov@nure.ua**

This report discusses the use of alternative energy sources to supply the house with electricity and heating. All about the use of small autonomous wind turbines and solar panels in the home.

Альтернативная энергетика – это методы и способы получения энергии из окружающей среды и представляет интерес из-за выгодности их использования, а так же добыча такой энергии представляет низкий риск причинения вреда экологии. Из окружающей среды можно получать неисчерпаемую энергию для обслуживания автономных коммуникаций. Причем данный ресурс ежедневно восстанавливается без участия человека.

Альтернативный источник энергии является возобновляемым ресурсом, он заменяет собой традиционные источники энергии, функционирующие на нефти, добываемом природном газе и угле, которые при сгорании выделяют в атмосферу углекислый газ, способствующий росту парникового эффекта и глобальному потеплению.

В наше время альтернативные источники энергии все больше применяются в крупных компаниях и обычных домах. Одними из часто используемых источников энергии в быту являются энергия солнца и ветра.

Получение электрической энергии ветра осуществляется при помощи ветрогенератора – устройство для преобразования кинетической энергии ветрового потока в механическую энергию вращения ротора с последующим её преобразованием в электрическую энергию.

Но применение малых автономных ветрогенераторов в быту малоцелесообразно из-за:

- высокой стоимости аккумуляторных батарей.
- достаточно высокой стоимости инвертора.
- нередкой необходимости добавлять к нему дизель-генератор, сравнимый по стоимости со всей установкой.

Самым основным и более выгодным возобновляемым источником энергии для дома является солнечная энергетика.

Солнечная энергетика – направление альтернативной энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения.

Энергия солнца добывается при помощи солнечных батарей.

Принцип работы батареи следующий: Панель преобразователя состоит из двух тонких пластин из чистого кремния, сложенных вместе.

На одну пластину наносят бор, а на вторую фосфор. В слоях, покрытых фосфором, возникают свободные электроны, а в покрытых бором – отсутствующие электроны. Под влиянием солнечного света электроны начинают движение частиц, и между ними возникает электрический ток. Чтобы снять ток с пластин их пропаивают тонкими полосками специально обработанной меди. Одной кремниевой пластины хватит для зарядки маленького фонарика. Соответственно, чем больше площадь панели, тем больше энергии она вырабатывает.

Спаянные между собой пластины, пропускающие УФ лучи, ламинируют пленкой и крепят на стекло. Скрепленные слои заключают в алюминиевую раму.

Ниже приведена структурная схема построения солнечной электростанции для дома.



Рис. 1 - Структурная схема построения солнечной электростанции для дома

### Достоинства солнечных электростанций. (Достоинства СЭС)

Общедоступность и неисчерпаемость источника.

Теоретически, полная безопасность для окружающей среды, хотя существует вероятность того, что повсеместное внедрение солнечной энергетики может изменить альбедо (характеристику отражательной (рассеивающей) способности) земной поверхности и привести к изменению климата (однако при современном уровне потребления энергии это крайне маловероятно).

### Список литературы:

1.Нетрадиционная энергетика / С. В. Алексеенко // Большая российская энциклопедия : [в 35 т.] / гл. ред. Ю. С. Осипов. – М. : Большая российская энциклопедия, 2004–2017.

2.Солнечная энергетика / учебное пособие для вузов / Виссарионов В. И., М.: изд. дом МЭИ, 2008.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ В КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Верягин В.В.

Научный руководитель – ассистент Мерзликин А.А

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. Радиотехнологий информационно-коммуникационных систем, тел.(057)7021-444)

e-mail: vladyslav.veriahin@nure.ua.

This report discusses the use of solar modules in the space industry. Systems and devices for spacecraft power. Positive and negative points when using solar panels.

Идея применять солнечные батареи в космосе впервые появилась больше полувека назад, во время первых запусков искусственных спутников земли. В тот период, в СССР, профессор и специалист в области физики, особенно в сфере электричества – Николай Степанович Лидоренко, обосновал необходимость применения бесконечных источников энергии на космических аппаратах. Такой энергией могла быть только энергия солнца, которая добывалась с помощью солнечных модулей.

В настоящее время все космические станции функционируют исключительно за счет солнечной энергии.

Система энергоснабжения космического аппарата (система энергопитания, СЭП) – система космического аппарата, обеспечивающая электропитание других систем, является одной из важнейших систем, во многом именно она определяет геометрию космических аппаратов, конструкцию, массу, срок активного существования. Выход из строя системы энергоснабжения ведёт к отказу всего аппарата.

В состав системы энергопитания обычно входят: первичный и вторичный источник электроэнергии, преобразующие, зарядные устройства и автоматика управления.

В качестве первичных источников используются различные генераторы энергии: солнечные батареи, химические источники тока, в частности: аккумуляторы, гальванические элементы, топливные элементы, а так же радиоизотопные источники энергии и ядерные реакторы.

На сегодняшний день солнечные батареи считаются одним из самых надёжных и достаточно хорошо отработанных вариантов обеспечения космического аппарата энергией.

На некоторых спутниках применяют не ориентируемые батареи, располагая их на поверхности так, чтобы при любом положении аппарата обеспечивалась необходимая мощность.

Солнечные батареи со временем деградируют под действием следующих факторов:

- метеорная эрозия уменьшающая оптические свойства поверхности фотоэлектрических преобразователей;
- радиационное излучение понижающее фотоэдс, особенно при солнечных вспышках и при полёте в радиационном поясе;
- термические удары из-за глубокого охлаждения конструкции на затенённых участках орбиты, нагрева на освещённых и наоборот. Это явление разрушает крепление отдельных элементов батареи, соединения между ними.

В научных лабораториях всей земли, в настоящее время, происходит схожая задача – поиск бесплатной электроэнергии от солнца. Только не в масштабах отдельного дома или города, а в размерах всей планеты. Суть этой работы состоит в том, чтобы создать огромные по своим размерам, а соответственно и выработкам энергии, солнечные модули.

Площадь таких модулей огромна и размещение их на поверхности земли повлечет много трудностей, таких как:

- значительные и свободные площади для установки приемников света,
- влияние метеоусловий на КПД модулей,
- затраты на обслуживание и чистку солнечных панелей.

Все эти отрицательные аспекты исключают установку подобного монументального сооружения на земле. Но выход есть. Заключается он в установке гигантских солнечных модулей на околоземной орбите. При воплощении в жизнь такой идеи, человечество получает солнечный источник энергии, который всегда находится под воздействием солнечных лучей, никогда не потребует чистки от снега, и самое главное не будет занимать полезное пространство на земле.

Список литературы:

- 1) В. А. Ванке, МГУ 5 декабря 2007. Опубликовано в «Журнал радиоэлектроники» ISSN 1684–1719 N 12, 2007.
- 2) А. Косарев. Космические электростанции дразнят землян огромной энергией.

## ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ (ІОТ)

Глюза А.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. Комп'ютерної інженерії та управління,  
тел. (057) 702-13-06)

e-mail: anastasiia.hliuza@nure.ua, +38(095) 057-97-07

The given work is devoted to the technologies of the so-called Internet of Things, which are now drastically changing the world, and these changes are not only in high-tech industries or infrastructure, but also in everyday life. This article will partially review what the Internet of Things is and what technologies are used for it. Today, the concept of “Internet of Things” is an important stage in the development of a global network and is characterized by connecting a considerable number of devices that perform automated data processing without human assistance.

У сімдесяті роки минулого століття, з того часу, коли комп'ютери перестали бути поодинокими і унікальними виробами, почалася масова автоматизація за двома практично незалежними напрямками. Одне – автоматизація бізнес-процесів, яку ми називаємо інформаційними технологіями (IT, Information Technology). Інше – автоматизація технологічних процесів, названа операційними технологіями на противагу IT (OT, Operational Technology).

Слід зауважити, IT мають справу не з інформацією, а з даними, тому їх варто було б називати «технології даних». IT об'єднують в собі комп'ютери, системи зберігання даних і мережі з процесами створення, обробки, зберігання, забезпечення безпеки і обміну будь-якими формами електронних даних. OT – це теж комплекс апаратного і програмного забезпечення, але призначеного для контролю та управління фізичними процесами.

Понад сорок років IT і OT розвивалися незалежно і за цей час набули рис, які істотно розрізняють їх. Але в другому десятилітті ХХІ століття під впливом ряду факторів, зокрема сенсорної революції, розвитку мережевих технологій, хмарного комп'ютингу, аналітики великих даних і інших сучасних трендів, почався процес конвергенції, який об'єднує два підходи – орієнтацію на дані і орієнтацію на події в фізичному світі.

Термін «Інтернет речей» позначає мережу фізичних предметів («речей»), підключених до Інтернету і взаємодіючих між собою або з зовнішнім середовищем. Одним з перших відомих IoT-пристроїв став вендинговий апарат з прохолодними напоями, модернізований американськими студентами у 1982 році. Він дозволяв віддалено перевіряти наявність напоїв, а також інформацію чи охолонули вони.

У 90-і роки вже була закладена теоретична база IoT, заснована на ідеях бездротової передачі даних, мобільності і штучного інтелекту. У

2000-х роках технології розвивалися стрімко, з'явилися перші реалізовані проекти IoT, будувалися масштабні плани про розумні міста та повної автоматизації рутинні процеси.

У наш час мільярди пристрій обмінюються інформацією між собою. Світ Інтернету речей зростає, освоює нові технології, а розвинені країни навіть готують правову базу, яка регулюватиме новий інформаційний простір.

Спектр можливих технологій, що використовується для передачі трафіку «Інтернету речей», охоплює як бездротові, так і провідні мережі. Для бездротової передачі даних особливо важливу роль в побудові Інтернету речей грають такі якості, як ефективність в умовах низьких швидкостей, відмовостійкість, адаптивність, можливість самоорганізації.

Бездротові мережі для Інтернету речей підрозділяються на наступні типи:

- Low Power Short Range Networks – енергоефективні мережі малого радіусу дії;
- Low Power Wide Area Networks (LPWAN) – енергоефективні мережі великого радіусу дії;
- Cellular Network – технології, засновані на використанні стандартів стільникових мереж в діапазоні, де є дозвіл.

Успішна реалізація рішень на базі всеосяжного інтернету – не ізольований і незалежний процес. В Cisco вважають, що для цього потрібно технічна і комерційна платформа, на якій можна буде легко вибудовувати різні рішення для раціонального і ефективного досягнення обіцянних комерційних переваг. В основі такої платформи інтернету лежать надійний зв'язок і технологічна інфраструктура, операційні та управлінські сервіси, а також ряд вертикальних і горизонтальних рішень.

Сучасна концепція Інтернету речей має на увазі, що всі сучасні пристрії незалежно від платформи повинні мати можливість спільно функціонувати з іншими пристроями і сервісами, утворюючи єдину взаємопов'язану екосистему, а не існувати ізольовано.

Використані джерела:

1.   Боцман Я. А. Інтернет-речей / Я. А. Боцман. – 2016.
2.   Лекторій. Що таке інтернет речей і навіщо він потрібен? [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://techno.nv.ua/popscience/chto-takoe-internet-veshchej-1326653.html>.

**СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПРИСТРОЇВ  
НА МІКРОПРОЦЕСОРАХ,  
МІКРОКОНТРОЛЕРАХ ТА ПЛІС**

## **ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ АЦП НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДІОПРИЙМАЧА НА БАЗІ DSP**

Білоцерківець О.Г.

Науковий керівник – старший викладач Мальцев О.С.  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра Мікропроцесорних технологій і систем,  
(Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14)  
E-mail: oleksii.bilotserkivets@nure.ua

The introduction of digital signal processing into the radio receiver to improve the reception quality of the signal. The main element in the digital radio is the DSP, but the ADC is equally important. It is from the characteristics of the ADC that depends on the quality of the received signal and its subsequent digitization. The article presents the main characteristics of the ADC and examines in detail the ratio of SNR. The SNR ratios are calculated and a graph of the SNR dependency on IF and ADC discharges is constructed.

Сьогодні цифрова обробка сигналів та DSP широко використовуються в радіоприймацах. Їх впровадження дозволяє реалізувати повністю цифрові схеми демодуляції. Обробка сигналів за допомогою DSP має багато переваг перед аналоговою обробкою. DSP здатний виконувати математичні операції, які дозволяють подолати паразитні ефекти аналогових компонентів. На додаток до цього, можна легко оновити процесор цифрових сигналів, завантаживши нове програмне забезпечення.

Такі схеми є ефективним способом поліпшення якості прийому в існуючих аналогових системах мовлення. У сценарії, коли обробка аналогових сигналів повинна бути замінена на цифрові функції, АЦП є ключовою частиною сучасного приймача. Цифрова обробка сигналу в приймальних системах може бути застосована в тій області радіотракту, де частота сигналу зменшується настільки, щоб можна було без втрат дискретизувати сигнал за допомогою АЦП і потім обробити цей сигнал цифровим сигнальним процесором.

Одним з важливих компонентів в цифровому радіоприймачі є АЦП. Від його характеристик залежать такі важливі параметри, як робоча смуга частот, коефіцієнт шуму в перетвореному сигналі, чутливість всієї системи в цілому.

Сучасні виробники мікроелектронних пристройів випускають високошвидкісні АЦП з великою роздільною здатністю. Від характеристик АЦП залежить мінімальний рівень прийнятого сигналу, який може бути оцифрований, що визначає чутливість приймача і рівень необхідного попереднього підсилення. Також важливою характеристикою є співвідношення сигнал/шум, яке залежить від розрядності АЦП та частоти дискретизації. Для ідеального АЦП розрядністю 12 біт відношення

сигнал/шум становить 74 дБ.

Для розрахунку відношення сигнал/шум можна використати формулу, оскільки формула включає ефекти теплового шуму та диференціальної нелінійності, що покращить точність визначення даного параметру.

$$\frac{P_C}{P_{\text{Ш}}} = 20 \lg \sqrt{(2\pi F_{\text{ПЧ}} \Delta t)^2 + \left(\frac{1+\varepsilon}{2^n}\right)^2 + \left(\frac{v_{\text{Ш}}}{2^n}\right)^2}, \quad (1)$$

де:  $F_{\text{ПЧ}}$  – частота ПЧ;  $\Delta t$  – апертурна затримка;  $\varepsilon$  – відносна диференційна нелінійність;  $v_{\text{Ш}}$  – шум в найменшому значущому біті;  $n$  – розрядність АЦП.

При розрахунку залежності підставлялися  $F_{\text{ПЧ}}$  від 115 кГц до 10.7 МГц та розряди АЦП від 8 до 10. Результати даного аналізу наведені на рис. 1.

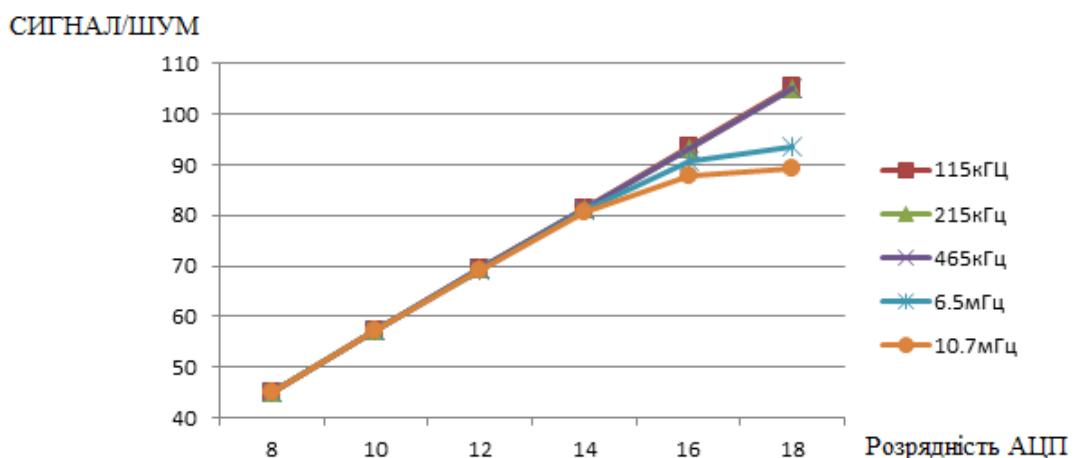


Рисунок 1 – Залежність співвідношення  $P_C/P_{\text{Ш}}$  від  $F_{\text{ПЧ}}$  та розрядності АЦП

**Висновки.** Сигнальні процесори DSP дозволяють проводити високу обробку сигналів найслабшого рівня. У поєднанні із застосуванням автоматичної фільтрації відбувається покращення співвідношення сигнал/шум – і якість сигналу підвищується. Проведено аналіз співвідношення сигнал/шум, при якому підставлялися різні ПЧ частоти та розрядність АЦП на підставі чого отримано результат у вигляді графіка.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Васюков В.Н. Цифровая обработка сигналов и сигнальные процессоры в системах подвижной радиосвязи.: Новосибирск:Изд-во НГТУ, 2006. – 292 с.
2. Walden R.H. Analog-to-Digital Converter Survey and Analysis/R.H. Walden//IEEE Journal on selected areas in communications.–1999.– № 7.–С. 539–550.
3. Basics of Designing a Digital Radio Receiver [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.analog.com/en/technical-articles/basics-designing-digital-radio-receiver.html>

# ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ СИСТЕМ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Юзовицкий С.И.

Научный руководитель – доц. Кучеренко Д.Е.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. АПВТ, тел. (057) 702-13-26)  
e-mail: serhii.yuzovskyi@nure.ua, тел. +380507160378

Features of logical control systems design and their description language were analyzed. As a model for the description of control systems finite state machines and their modification are considered. It is proposed to use simulation methods to verify the correctness of logical control systems which is operating in real time.

**Введение.** Имитационное моделирование является относительно новым и динамическим методом исследования поведения систем логического управления. Этот метод заключается в том, что с помощью ЭВМ воспроизводится поведение исследуемой системы управления, а исследователь-системотехники, управляя ходом процесса имитации и осматривая получаемые результаты, делает вывод о ее свойствах и качестве поведения. Поэтому имитацией следует понимать численный метод проведения на ЭВМ экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение системы управления для определения функциональных характеристик.

**Содержание исследования.** Достаточно широкое применение метода имитации при исследовании поведения системы управления обусловлено следующими причинами:

1. сложностью модели поведения системы, наличием множества случайных факторов, ограничивающих эффективность применения традиционных аналитических методов исследования.

2. новыми возможностями, которые позволяют осуществлять: наблюдение за поведением системы в таких условиях, в которых натурный эксперимент просто невозможно.

3. детальное наблюдение за поведением имитированной системы позволяет лучше понять содержание самой системы и разработать такие предложения по ее улучшению.

4. Но, как и у любого инструмента исследования, у метода имитации преимущества и недостатки. К недостаткам можно отнести:

5. сложная имитационная модель приводит к такому числу различных результатов, в результате получаемую информацию не так легко интерпретировать;

6. анализ результатов имитации основан только на использовании математической статистики.

7. имитационное моделирование пока не располагает хорошо методически обоснованных принципов построения моделей для широкого

класса систем

Поэтому, цель работы - разработка имитационных моделей систем логического управления реального времени с помощью ПЛИС Spartan 3E.

Широкое распространение подхода, основанного на идее программной имитации исследуемого объекта, позволяет ряду исследователей заявлять о наступлении "эры компьютерного моделирования". Инструменты компьютерного моделирования получили широкое распространение в промышленности. Программные пакеты предоставляют автоматизированные средства и библиотеки элементов, позволяя обыгрывать различные варианты размещения оборудования, моделировать материал потоком, создавать учебные комплексы для операторов и технологов, готовить программируют специалистов уровня программируемых логических контроллеров (ПЛК), оптимизировать ТП.

Программная имитация позволяет

1. манипулировать ходом модельного времени, ускорять медленные процессы и замедлять мимолетные, повышая эффективность восприятия исследователем поведения системы;
2. изменять параметры запуска модели в широком диапазоне, тем самым предоставляя исследователю мощный эвристический инструмент, чтобы разрабатывать и выдвигать новые гипотезы, модели, теории;
3. существенно сократить число натурных экспериментов, во многих случаях заменяя их многочисленными, что особенно важно в случае рисков (например, аварийной остановки производства при исследовании систем со скрытыми связями) или этических последствий (например, при решении задачи оптимизации числа рабочих мест);
4. решать педагогические задачи, в частности, сокращая сроки и повышая качество подготовки персонала (операторов, технологов)
5. упростить анализ взаимозависимостей, предоставляя возможность настройки, упрощения модели, исключение тривиальных параметров.

**Выводы.** Сначала в качестве средств создания программных имитаторов использовались универсальные языки программирования (Algol, Fortran), позже стали появляться специализированные языки программирования (GPSS, Simula). Однако подобные средства не могут претендовать на роль промышленного инструмента, так как сложность освоения, трудоемкость моделирования, слабые средства визуализации результатов сильно ограничивают их применение для решения инженерных задач по сравнению со специализированными пакетами визуального программирования.

#### **Список источников:**

1. Зюбин В.Е. Итерационная разработка управляющих алгоритмов на основе имитационного моделирования объекта управления: учеб.-метод. пособие / В.Е. Зюбин // Автоматизация в промышленности. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т., 2010. – С. 43- 48.

# **МОДЕЛИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ АВТОМАТНЫХ СИСТЕМ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Фоменко В.В.

Научный руководитель – д.т.н., доц. Шкиль А.С.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. АПВТ, тел. (057) 702-13-26)  
e-mail: vladyslav.fomenko@nure.ua, тел. +380951588171

The purpose of work is development of methods of increase of testable models of finite state machines and also methods of realization of diagnostic experiments above the models of finite state machines. Conducted analysis of existent methods of realization of diagnostic experiments above finite state machines, analyzed methods of increase of testability of finite state machines, worked out methods of realization of diagnostic experiments above finite state machines in the conditions of introduction of vehicle surplus in the model of finite state machines. The worked out methods are realize CAD on the basis of hardware description languages.

**Введение.** На современном этапе развития техники в качестве ядра системы промышленной автоматизации используется специализированный вычислитель – программируемый логический контроллер (ПЛК), к которому со стороны объекта автоматизации подключаются датчики и исполнительные органы.

**Содержание исследования.** При построении систем логического управления через датчики в ПЛК поступает информация о текущем состоянии объекта, а через исполнительные органы ПЛК изменяет состояние управляемого объекта. Эта базовая схема может усложняться. Например, ПЛК может подключаться к АРМ оператора для супервизорного управления или к базе данных для накопления информации и интеграции в автоматизированную систему управления предприятия.

Объект исследования в работе - процедуры проектирования конечных автоматов в системах логического управления.

Предмет исследования - модели, методы и процедуры построения и верификации автоматных программ логического управления.

Цель работы - разработка моделей и методов построения систем логического управления на основе конечных автоматов реального времени и методов верификации их моделей.

Специфика автоматизации предусматривает наличие собственно системы управления, включая датчики обратной связи и органы управления, и внешней (по отношению к системе управления) среды - объекта управления (ОУ) - технической системы, реализующей некоторую производственную технологию, на которую система управления воздействует через органы управления. Воздействия или другими словами,

реакция системы управления, определяется алгоритмом управления в зависимости от событий на объекте управления, информация о которых поступает через датчики обратной связи. Для цифровых систем это обстоятельство обуславливает цикличность управляющего алгоритма: считывание состояния входных сигналов - их обработка и формирование выходных сигналов - выдача выходных сигналов.

Алгоритм управления предусматривает синхронизацию своего выполнения с физическими процессами во внешней среде, что обуславливает необходимость развитой службы времени и активную работу с временными объектами: задержками, паузами, тайм-аутами.

Другая характерная черта алгоритмов управления - логический параллелизм, что отражает существование множества параллельно протекающих процессов в ОУ. Поскольку события, происходящие в различных компонентах системы, возникают независимо и в произвольной последовательности, то попытка поставить реакцию системы единым блоком означает комбинаторный перебор большого числа вариантов и неоправданный рост сложности описания. Логический параллелизм предполагает наличие в алгоритме управления независимых или слабо зависимых частей.

Независимость и неопределенность при возникновении событий на объекте управления при параллельных алгоритмах может привести к конфликтам между одновременно выполняемыми частями алгоритма, называемым «гонками». Факт гонок трактуется как некорректность алгоритма. Поэтому методика создания алгоритма управления должна обеспечивать отсутствие таких ситуаций. На практике это достигается либо через процедуру формальной верификации алгоритма, или обеспечивается конструктивными особенностями средств разработки, гарантирующие принципиальную невозможность гонок.

Технологической программной платформой реализации ПЛК является микроконтроллерная программа, как правило, на языке С.

**Выводы.** При верификации микроконтроллерных программ целесообразно применять автоматный подход. Для построения теста реализуется стратегия обхода всех дуг графа переходов конечного автомата начиная с начальной вершины при условии допустимости наличия более, чем одной дуги  $a_i \Rightarrow a_j$ . Предложенные методы позволяют находить ошибки проектирования типа «не выполняется переход из состояния  $a_i$  в состояние  $a_j$ » в языковых фрагментах кода на С, описанных двухпроцессным автоматным шаблоном при условии, что спецификацией на этот фрагмент кода является содержательный график переходов конечного автомата Мили.

# АКУСТИЧНИЙ ВИМІРЮВАЧ ТОВЩИНІ ПРЕДМЕТІВ

Волошин Д.Є., Д'яченко С.Ф.

Науковий керівник – доцент Зубков О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки,

кафедра Мікропроцесорних технологій і систем,

(Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14)

E-mail: denys.voloshin@nure.ua

**Abstract.** Methods and devices for measuring thickness are analyzed. The impossibility of measuring the thickness of wood with standard gauges is shown. A method for measuring the thickness of the board or timber is proposed. Calculated technical parameters of the meter. The basic and structural schemes, the algorithm and the software have been developed. Created an experimental sample. Accuracy test performed.

**Вступ.** Сучасні товщиноміри промислового та побутового призначення використовуються для вимірювання товщини труби, шару краски, товщини металевого листу і т.і. При вимірюванні товщини використовуються дві основні групи методів: магнітні та ультразвукові.

Найбільш поширеними на практиці є ультразвукові методи вимірювання товщини. На базі цих методів працює переважна більшість серійно випускаємих пристройів. Сутність ультразвукових методів базується на вимірюванні часу розповсюдження ультразвуку в предметі чи в атмосфері. Швидкість розповсюдження ультразвукових хвиль (від сотен до тисяч метрів за секунду) значно менше ніж електромагнітних, тому пристрой вимірювання часу затримки розповсюдження хвиль відносно прості. Якщо ми знаємо час розповсюдження хвиль та тип ізотропного матеріалу, то можемо дуже точно визначити товщину предмету. Але основним недоліком як магнітних та і ультразвукових методів є вимога ізотропності матеріалу пристрою.

**Основна частина.** При вимірюванні товщини дерев'яного брусу чи дошки слід враховувати наступні особливості:

- існує багато порід дерев, деревина яких відрізняється щільністю, вмістом смол та вологи;

- деревина однієї породи дерева теж може суттєво відрізнятися вмістом вологи.

Тому, можна зробити висновок, що деревина не є ізотропним матеріалом з відомими параметрами і існуючі пристрой не дозволяють точно вимірювати товщину дошки чи брусу.

Пропонується вимірювати не безпосередньо товщину брусу чи дошки, а обчислювати її як різницю відстані між двома ультразвуковими датчиками та відстаней до поверхні дошки чи брусу від цих датчиків. Пристрой функціонує у двох режимах: калібрування та вимірювання. При калібруванні обчислюється відстань між датчиками та досягається

ідентичність показань датчиків. При вимірюванні визначається відстань від кожного з датчиків до дошки та обчислюється товщина дошки за формулою.

$$h = L - L1 - L2,$$

де  $L$  – відстань між датчиками;  $L1, L2$  – відстані від датчиків до дошки.

Теоретичні розрахунки показали, що для отримання дискретності вимірювань 0,1мм та похибки понад 0,2мм необхідно:

- використати мікропроцесор для керування датчиками та обчислення результатів вимірювань;
- забезпечити тактову частоту лічильних імпульсів понад 35МГц при вимірюванні часу розповсюдження ультразвукових хвиль;
- забезпечити вимірювання температури з похибкою до  $0,5^{\circ}\text{C}$ , бо швидкість розповсюдження ультразвукових хвиль в атмосфері  $c_e$  пов'язана з температурою  $T$ , вологістю повітря  $e$  та атмосферним тиском  $p$  формулою:

$$c_e = 20,06\sqrt{T} \left( 1 + 0,14 \frac{e}{p} \right);$$

- забезпечити вимірювання вологості повітря з похибкою до 10%;
- забезпечити накопичування та усереднення результатів вимірювань за інтервал часу 1с, що відповідає інтервалу стаціонарності показань температури.

Аналіз серійних товщиномірів та теоретичні розрахунки дозволили розробити електричні структурну та принципову схеми, що відповідають методу вимірювань.

**Висновки.** За результатами теоретичних розрахунків було розроблено прототип пристрою, у якому використовується мікропроцесор STM32F407 з тактовою частотою лічильних імпульсів 84МГц, цифровий датчик температури DS18B20 та датчик вологості повітря DHT11. Розроблено алгоритм функціонування мікропроцесора та програмне забезпечення. Результати експериментальних вимірювань доказали, що точність вимірювань відповідає теоретично обґрунтований.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Красненко Н.П. Акустическое зондирование атмосферы. — Новосибирск.: Наука. 1986. — 168 с.
2. Р. Дикинсон, Р. Эккерсли, С. Лиман, Д. Нассири, А. П. Сарвазян, К. Хилл, Дж. Бэмбер, Г. Тер Хаар Ультразвук в медицине. Физические основы применения. М.: Физмалит, 2008. — 542 с.
3. Агранат Б.А. Основы физики и техники ультразвука. М.: Высшая школа, 1987. — 352 с.
4. Романов В.Н. Теория измерений. Методы обработки результатов измерений. — СПб.: СЗТУ, 2006. — 127 с.
5. Geoffrey Brown. Discovering the STM32 Microcontroller. USA, 2016. — 244 р.

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ

Радченко Я.О.

Научный руководитель – доц. Сайковская Л.Ф.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки 14, кафедра МТС, тел. (057) 70-20-229)  
E-mail: yakiv.radchenko@nure.ua

The STM32 series are some of the most popular microcontrollers used in a wide variety of products. STM32 microcontrollers offer a large number of serial and parallel communication peripherals which can be interfaced with all kinds of electronic components including sensors, displays, cameras, motors, etc. SCADA systems are crucial for industrial organizations since they help to maintain efficiency, process data for smarter decisions, and communicate system issues to help mitigate downtime.

Разработка системы мониторинга и диспетчерского контроля большого числа удаленных объектов – сложная научно-техническая задача, решение которой требует системного подхода от начальной задачи построения функциональной системы до программно-аппаратного комплекса сбора данных реального времени. Обобщенная структурная схема такой системы представлена на рисунке 1.

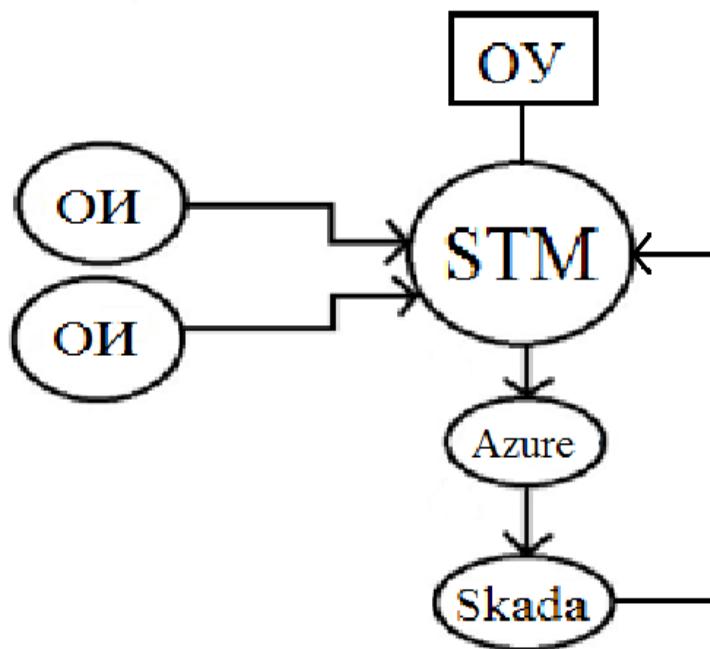


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема системы

Взаимодействие системы контроля и мониторинга данных с программной частью может быть реализовано с помощью микроконтроллера STM 32. Объектами измерения могут служить, например, датчики температуры [1].

Анализ конструкций данной схемы показал, что имея объект управления, подключенный к микроконтроллеру STM 32, можно передавать контролируемые данные на облачную платформу Microsoft Azure. Далее происходит считывание введенных параметров на серверах хранения и, после проверки данных операций, происходит отправка на верхний уровень полного автоматизированного контроля исследуемого объекта, то есть, на так называемую автоматизированную систему управления технологическим процессом SCADA.[2]

Реализованное аппаратное решение дает полную возможность контроля исходных характеристик. Полное управление возможно как с аппаратного комплекса SCADA, так и напрямую, через программное вмешательство STM 32. Таким образом, происходит взаимная отправка данных на сервер хранения и на аппаратную часть автоматизированной системы управления, которые позволяют расширить возможности реализаций «автоматизированной системы управления» выбранных зон контроля.

В качестве основы для разработки можно использовать отладочную плату STM 32 F4 Discovery. Эта плата включает 32-битный микроконтроллер STM32F407VGT с ядром ARM CortexM4F и тактовой частотой до 168 МГц, 1 МБ памяти программ, 193 КБ ОЗУ, встроенный программатор. Наличие в микроконтроллере модуля для работы с числами с плавающей точкой позволяет увеличить скорость обработки информации.[3]

Анализ существующих отладочных плат показал, что данный тип является наиболее эффективным для сложных математических вычислений, которым нужна высокая производительность.

#### Список источников:

- 1.Boushaog A. Daison R. STM Marketbrief, iSuppli / Boushaog A. Daison R – STM Tehnology in Automotive Industry. – 2011. – 86 р.
2. Занимательная робототехника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/services/sql-database/>
3. Квашнін В.О. Програмування та застосування мікроконтролерів STM 32 F4 Discovery: монографія / В.О. Квашнін, А.В. Бабаш, В.В. Квашнін. – Краматорськ: ЦТРІ «Друкарський дім», 2017. – 143 с.

# **ПАРАЛЕЛІЗМ ТА ПСЕВДОПАРАЛЕЛІЗМ СИСТЕМ ЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ШАБЛОНІВ АВТОМАТНОГО ПРОГРАМУВАННЯ**

Гога М.В.

Науковий керівник – доц. Шкіль О.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. АПОТ, тел.(057) 702-13-26)  
e-mail: apvt@kture.kharkov.ua

In this paper, we consider the implementation of the automaton pattern with the hardware, software and hardware methods, the main parts of this pattern, its advantages and disadvantages when describing the pattern, and when it is directly executed. This template is implemented on such technical platforms as FPGA and MK, which complement and eliminate the shortcomings of each other, especially the functioning of the template in pseudo-parallel or parallel mode of performing tasks, such as transferring data to input/output interfaces, switching between processes to eliminate delays devices.

Одним зі стилів опису алгоритму функціонування цифрових пристройів логічного керування в САПР цифрових пристройів є стиль автоматного програмування. Суть автоматного програмування полягає у відокремленні опису логіки поведінки (за яких умов необхідно виконати ті чи інші дії) від опису його семантики (сенсу кожної дії).

Автоматні програми строго структуровані. В них виділено три види функцій: функції переходів, функції виходів, функції реалізації затримок і переходу в новий стан. Автоматні програми строго шаблонізовані з використанням операторів багатопозиційного вибору (switch, case), умовних операторів (if, select) і функцій реалізації таймера або фронту (синхросигналу Clk). Автоматні програми інваріантні до способу кодування (мови програмної реалізації). Є приклади автоматних програм на різних мовах програмування (C, Jscript тощо) та опису апаратури [1].

При апаратному способі реалізації пристройів керування заданий алгоритм описується на мові опису апаратури (Hardware Description Language, HDL) і синтезується інструментальними засобами систем автоматизованого проектування (САПР) в ПЛІС (програмовані логічні інтегральні схеми) або ASIC (application-specific integrated circuit або інтегральна схема спеціального призначення).

При програмно-апаратному способі реалізації алгоритм описується на апаратно-орієнтованої мові програмування (наприклад, на мові C зі спеціальними бібліотеками) з урахуванням апаратної архітектури, на якій буде реалізовуватися задана програма. Це, як правило, різні сімейства мікроконтролерів (МК). Перевагою даного підходу є наявність спеціальних апаратно-орієнтованих функцій (таймерів контролерів переривань), а також наявність апаратно-реалізованих інтерфейсів обміну з зовнішніми

пристроями.

Одною з основних проблем при реалізації автоматних систем логічного управління реального часу є одночасне та паралельне формування груп вихідних сигналів. Реалізація автоматного шаблону на HDL виключає послідовну передачу даних при реалізації функції виходів. Також, перевагою такого підходу є апаратна гнучкість (можливість реалізувати будь-який алгоритм) і досить велику швидкодію.

До недоліків апаратної реалізації алгоритму можна віднести необхідність розробки інтерфейсу введення-виведення для зв'язку розроблюваного пристрою із зовнішніми пристроями і складності в реалізації часових параметрів.

До недоліків програмно-апаратної реалізації алгоритму слід віднести обмеження, що накладаються апаратної архітектурою на реалізований алгоритм, тобто операції, що виконуються в функції виходів в автоматному шаблоні, послідовно записують дані в порт мікроконтролера.

Дану проблему можна вирішити такими способами, як використання додаткових електронних мікросхем - зсувних регістрів, додаткова реалізація протоколу передачі даних і використання операційних систем реального часу (ОСРВ) [2].

Розглянуті варіанти усунення недоліків МК виконують завдання паралелізму і псевдопаралелізму, але зі збільшенням апаратних витрат, збільшенням витрат пам'яті МК та, відповідно, зменшенням його швидкодії. Однак, всі витрати відповідають складності пристрою, схемній реалізації та опису алгоритму його функціонування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шкиль А.С. Автоматизированное проектирование систем логического управления с использованием шаблонов автоматного программирования / А.С. Шкиль, Э.Н. Кулак, И.В. Филиппенко, Д.Е. Кучеренко, М.В. Гога. // Радіоелектроніка та інформатика – 2018. – №3 – С. 72-79.
2. Ослэндер Д. М., Риджли Дж. Р., Рингенберг Дж. Д. Управляющие программы для механических систем: Объектно-ориентированное проектирование систем реального времени. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2004. – 416 с.

# **УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЕ ГЛЮКОЗЫ И ЭКСТРЕННОГО ОПОВЕЩЕНИЯ В КРИТИЧЕСКОЙ СИТУАЦИ**

Трубчанинов Р.Н.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Свид И.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники,  
кафедра Микропроцессорных технологий и систем,  
(Украина, 61166, Харьков, пр. Науки 14, ауд. 383)  
ruslan.trubchaninov@nure.ua

Diabetes is one of the most common diseases in the world. Representing a significant public health problem, diabetes is one of the four priority noncommunicable diseases (NCDs) that are planned to be addressed at the level of world leaders. In the course of this work, a device was developed which, with a low content of glucose in the blood, implements the emergency call function in the shortest possible time.

**Введение.** Люди, болеющие диабетом, нуждаются в постоянном контроле уровня глюкозы в крови. На рынке существует много различных устройств, которые измеряют глюкозу в крови (как единожды, так и постоянно ведут динамический анализ уровня сахара за целый день или даже неделями). Эти устройства незаменимы для больных диабетом. Однако ни в одном из них нет такой функции как экстренный вызов скорой помощи. Это важно, потому что при снижении уровня глюкозы в крови развивается почти моментальная кома, при которой, если человеку не будет оказана первая помощь, то начинаются дегенеративные изменения в мозге и это приводит к тяжелым последствиям.

**Основная часть.** Система состоит из водонепроницаемого датчика, который крепится к задней части предплечья пластырем, и устройства, которое считывает и отображает показания датчика. Датчик измеряет концентрацию глюкозы в тканевой жидкости человека, находящейся между клетками волосяных фолликул, и тем самым не требует прокола кожи для забора крови. Рабочая зона пластиря состоит из четырех датчиков. Пластирь прикрепляется на кожу, и из-за высокой плотности волос хотя бы один из его датчиков с большой вероятностью оказывается над волосяным фолликулом. Датчик с помощью электроосмоса захватывает тканевую жидкость в небольшую камеру с гидрогелем, что позволяет проводить измерения глюкозы в организме без калибровки. Принцип обнаружения глюкозы основан на том, что в гидрогеле содержится глюкозооксидаза, которая реагирует с глюкозой и образует, в том числе, пероксид водорода, который и обнаруживается сенсором. На рис. 1 представлена блок-схема устройства.

Устройство непрерывно работает в течение 10 дней, после чего сенсор необходимо заменить. Это уже работающая система, обеспечивающая необходимую точность измерений.

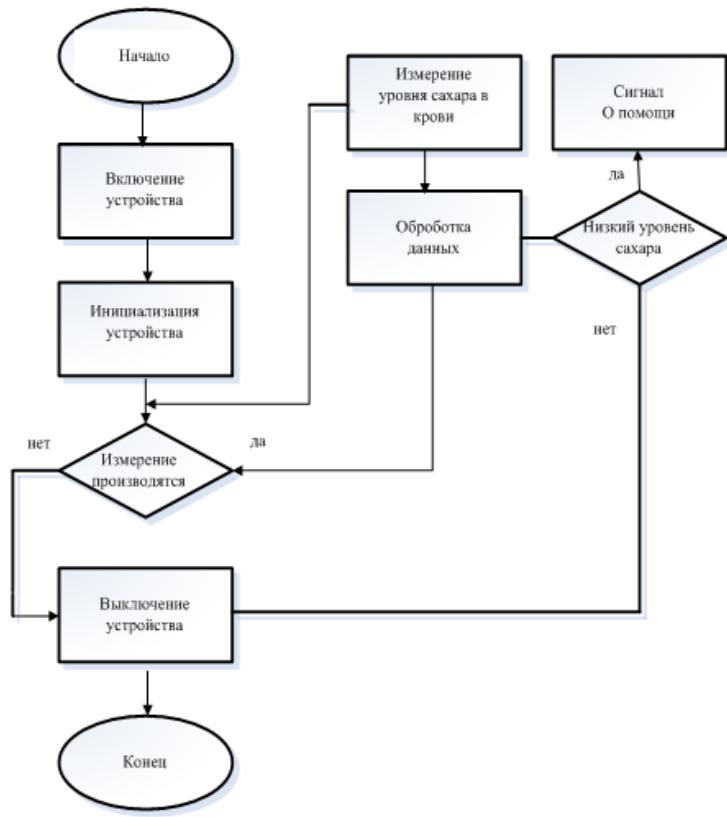


Рисунок 1

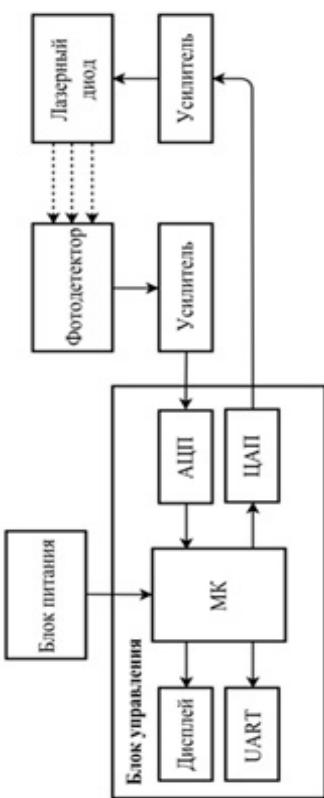


Рисунок 2

Чтоб реализовать функцию оповещения о критическом состоянии больного, к этой системе добавляется разрабатываемое устройство.

Логика работы устройства заключается в том, что, когда при длительном понижении уровня сахара (3,33-2,77 ммоль/л (60-50 мг %)) в крови (около 3-5 минут) на передатчик подается питание, и он выдает экстренный сигнал на ближайшие пункты быстрой помощи или по заданному телефонному номеру. Также на устройстве реализована кнопка, которая позволил отключить функцию вызова экстренной помощи (передачи сигнала на участки первой медицинской помощи), если человеку уже начали оказывать первую помощь. Когда уровень глюкозы только начнет падать, пользователь будет сразу оповещен с помощью звукового и светового сигналов.

**Выводы:** В ходе данной работы разработано устройство, которое при низком содержании глюкозы в крови, реализует функцию вызова экстренной помощи в кратчайшие сроки.

### Список использованных источников

1. Диабет. Современная энциклопедия с новейшими рекомендациями. / Татьяна Карамышева, 2016. – 464 с.
2. Первая медицинская помощь при неотложных состояний/ / Юрий Невский, 2010. – 310 с.

# **ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПЛИС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Лобов В.А.

Научный руководитель – асс. Заворотная М.Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, кафедра микропроцессорных технологий и систем, e-mail: viktor.lobov@nure.ua

Modern society can not be imagined in all spheres of human activity. Comprehensive implementation, on the one hand, noticeably helps in many work and everyday tasks. The introduction of new information technologies in the management and communications system is accompanied by the development and wide dissemination of new ways to ensure the security of information transmission and data protection. Formed two main areas in which in recent years, developing cryptographic tools to ensure secure transmission of information. The first is the improvement of traditional encryption systems. The second is the introduction of fundamentally new means of closing information.

В настоящее время существует несколько подходов к построению вычислителей для суперкомпьютеров: первый – традиционный, применяется при проектировании суперЭВМ; второй – для построения специализированных вычислителей на базе ПЛИС.

Современное общество невозможно представить без информационных технологий, они присутствуют во всех сферах человеческой деятельности. Повсеместное их внедрение, с одной стороны, заметно помогает в решении многих рабочих и повседневных задач, а с другой стороны – таит в себе множество угроз. Поэтому внедрение новых информационных технологий в системы управления и связи сопровождается разработкой и широким распространением новых способов обеспечения безопасности передачи информации и защиты данных.

Анализ развития средств защиты данных в информационных сетях показывает, что в настоящее время наблюдается тенденция к резкому расширению использования криптографических средств в информационных инфраструктурах многих государств. Сформировалось два основных направления, по которым в последние годы развиваются криптографические средства обеспечения безопасной передачи информации. Первое – совершенствование традиционных систем шифрования. Второй – внедрение принципиально новых средств закрытия информации.

Традиционно широкое применение ПЛИС нашли в системах цифровой обработки сигналов (ЦОС), что определяется большим удельным весом ресурсов, пригодных для ЦОС. При этом практически все производители ПЛИС сегодня располагают умножителями в виде

аппаратных модулей на кристалле (который полностью аналогичен умножителю в сигнальном процессоре или микроконтроллере). В то же время ПЛИС обладают не только максимальными абсолютными показателями производительности в задачах цифровой обработки, но и лучшим соотношением производительности и цены, чем современные сигнальные процессоры, выполненные по аналогичной ПЛИС и инструментальные средства разработки проектов на их основе, представляют собой надежную платформу для создания реконфигурируемых высокопроизводительных вычислительных систем. Расширение сферы ПЛИС определяется растущим спросом на устройства с быстрой перестройкой выполняемых функций, сокращением проектно-технологического цикла новых или модифицируемых изделий, востребованностью режимов изменения внутренней структуры в реальном масштабе времени, повышением быстродействия, снижения потребляемой мощности, а также снижением цен на эти устройства. Рассматривая опыт использования ПЛИС в вычислительных системах, в частности, в распределенных, многопроцессорных и других подобных системах, где ПЛИС нашли наиболее широкое применение, обратимся к использованию ПЛИС в суперкомпьютерах, в том числе для решения графовых задач. Как отмечается в работе, сегодня обработка графов является одним из быстро развивающихся направлений, что связано, в первую очередь, с необходимостью решения новых задач – анализа социальных сетей.

Область применения БВР (блок реконфигурированный) – это задача линейной алгебры, цифровой обработки сигналов, математической физики, символьной обработки. Вычислитель может быть использован во многих встраиваемых решениях. Главные его особенности - возможность конфигурирования собственной структуры и возможность объединения с другими аналогичными устройствами для создания кластерных структур с выполнением функций основного вычислительного элемента.

В настоящее время общество уязвимо перед угрозами, исходящими из этой сферы, более чем, когда либо, так же уязвимо от надлежащего функционирования информационных и коммуникативных технологий. Новые подходы и технологии в области защиты информации ныне настолько актуальны и востребованы, так-как они решают самую насущную задачу по реализации безопасного мира. Индустрия спецвычислителей адекватно и своевременно реагирует на запросы информационного общества и за последние годы прошла большой путь перед тем, как найти свое место в решении задач обеспечения информационной безопасности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ: 1. КиберЛенинка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenie-plis-dlya-posroeniya-vychislitelyh-sistem-i-ih-komponentov>. 2. Применение специализированных вычислителей на основе ПЛИС для решения задач ИБ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://issuu.com/cta-mag/docs/20134076>

# **ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА ОБНАРУЖЕНИЯ**

Сергиенко С.И.

Научный руководитель – асс. Заворотная М.Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, кафедра  
микропроцессорных технологий и систем

e-mail: stas2001sergi@gmail.com

Today, many problems of detection, observation, guidance and tracking are solved with the direct use of optical and optical-electronic means, whose role is increasing from year to year. Of particular relevance is the problem of observation in low light conditions acquired during the Second World War. Its practical implementation provided an opportunity to act at dusk and at night without using visible light sources. With the help of them it is possible to conduct ground, sea and air reconnaissance of the enemy and the terrain in virtually any terrain conditions, weather and time of day. Exploration can be conducted from open and hidden observation posts to a depth of several kilometers. But they have their pros and cons.

Сегодня множество задач обнаружения, наблюдения, наведения и слежения решается при непосредственном использовании оптических и оптико-электронных средств, роль которых возрастает из года в год. Особенную актуальность проблема наблюдения в условиях низкой освещенности приобрела в ходе Второй мировой войны. Ее практическая реализация предоставила возможность действовать в сумерках и ночью без использования источников видимого света.

Оптоэлектронные приборы наблюдения(ОПН) – приборы для приема и последующего преобразования собственного или отраженного от объектов оптического излучения в целях обнаружения и распознавания объектов, а в отдельных случаях и определения их координат.

К ним относятся:

- приборы ночного видения(ПНВ), использующие принцип преобразования невидимого для невооруженного глаза изображения местности и целей ночью в видимое изображение;
- ПНВ, использующие лазерную подсветку целей для наблюдения в ограниченных условиях видимости днем и ночью;
- ПНВ, основанные на использовании телевизионных передающих трубок, работающих при низких уровнях ЕНО;
- тепловизоры , использующие принцип преобразования собственного теплового излучения местности и целей в изображение, наблюдаемое человеческим глазом, в том числе в условиях тумана, дождя, снегопада и искусственных помех - задымления и применения маскирующих аэрозольных образований днем и ночью.

С помощью них возможно вести наземную, морскую и воздушную разведку противника и местности практически в любых условиях

местности, погоды и времени суток. Разведка может вестись с открытых и скрытых наблюдательных постов на глубину до нескольких километров. Но у них имеются свои плюсы и минусы. Перечислим основные достоинства ОПН:

- высокая информативность (она достигается за счет получения визуальной информации - наиболее наглядной и объективной);
- краткое время обработки информации. (обусловливается тем, что информация поступает к оператору в виде картинки, схемы, карты);
- большой спектральный диапазон. (оптико-электронные средства предоставляют слежение почти во всех спектрах света).

Перечислим основные недостатки ОПН:

- подвержены влиянию метеоусловий (дождь, дымка, густой туман);
- зависимость от дальности действия
- большой вес и габариты отдельных типов приборов (телеизионные, тепловизионные);
- существенная дороговизна приборов.

Положительные качества тепловизора по сравнению с ПНВ:

- полная независимость от освещенности как днем, так и ночью;
- абсолютно пассивный принцип работы, исключающий возможность обнаружения аппаратуры по признакам демаскировки, а также путем наблюдения в ПНВ ;
- значительная дальность действия, обеспечивающая наблюдение тактических целей по их собственному излучению в условиях маскировки в редком кустарнике или маскетами;
- возможность обнаружения следов транспортных и боевых машин на местности;
- возможность определения тактических ситуаций (засад).

Как видно в проделанной работе тепловизор имеет ряд преимуществ перед ПНВ, таких как: полная независимость от освещенности как днем, так и ночью; безотказная работа в условиях слепящих засветок интенсивными источниками света и тд. Главным недостатком остается высокая стоимость оборудования. Сейчас ОПН существенно модернизировались со времен Второй мировой войны, они используются во всех армиях мира. Оптоэлектронные приборы наблюдения используются во многих сферах не только военной, а и гражданской деятельности, в медицине, строительстве, промышленности, при тестировании электрооборудования, механических коммуникаций.

#### **Список источников:**

1. Оптико-электронные средства наблюдения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://border.academic.ru/729/>.
2. Средства оптико-электронного противодействия [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<https://ru.bmstu.wiki/> <http://dok.opredelim.com/docs/index-69924.html>

# ЭВОЛЮЦИЯ ПЛИС СЕРИИ SPARTAN НА АРХИТЕКТУРЕ FPGA

Красношапка Т.Ю.

Научный руководитель – асс. Заворотная М.Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
кафедра микропроцессорных технологий и систем,

E-mail: taras65556@mail.ru

The evolution of the FPGA chips of the Spartan series is considered in the paper. Describes the relevance of the chip at the moment, as well as the distinctive features of each device. A comparative characteristic shown in graphical form. FPGA Spartan series is a family of programmable chips with built-in RAM by Xilinx. They are widespread. The FPGA Spartan series is the affordable prices of the XC400 series. The FPGA community in two ways. The first direction allows the implementation of efficient and technically complex architectures.

ПЛИС серия Spartan это семейство программируемых микросхем с встроенной оперативной памятью фирмы Xilinx. На данный момент они актуальны потому, что используются для решения широкого спектра задач. ПЛИС серия Spartan является развитием базовой серии XC400. Со временем развития архитектур ПЛИС оказалось, что можно развивать серию ПЛИС в двух направлениях. Первое направление позволяет осуществление эффективных и технически сложных архитектур. А второе дает возможность создания простых и дешёвых архитектур. Данное решение привело к появлению двух развивающихся семейств: Vertex и Spartan. На данный момент существует три семейства Плис серии Spartan.

Семейство Spartan, в которых матрица основных логических ресурсов состоит из конфигурируемых логических блоков. Каждый блок ПЛИС Spartan вмещает в себя четыре логических ячейки. Логическая ячейка представляет собой два устройства: генератор логических функций и триггер. Для 4-ходового устройства достаточно иметь 16 бит статического ОЗУ в каждой таблице. FPGA фирмы Xilinx позволяют использовать таблицу истинности в роли обычного ОЗУ с организацией 16W1, а также в роли 16-разрядного сдвигового регистра. Второй особенностью является наличие аппаратно реализованных буферов с тремя состояниями, обеспечивающими подключение выходов триггеров логических ячеек к внутренним трассировочным линиям. Семейство Spartan-II было основано на архитектуре семейства Vertex, что основательно расширяет их функционал. Улучшены характеристики цепей ускоренного переноса. Стало возможно использование модулей с автоматической подстройкой задержек, для распространения тактового сигнала по кристаллу с минимальными задержками. Было значительно увеличено количество локальных и глобальных трассировочных ресурсов. В логические ячейки были добавлены выделенные ресурсы, облегчающие

построение умножителей целочисленных операндов; также в ПЛИС серии Spartan-II были изменены структура и взаимное расположение логических ячеек. Две ячейки образовывают конфигурируемый логический блок (КЛБ), что позволило внедрить в КЛБ дополнительные трассировочные ресурсы. Техническое развитие семейства привело увеличению минимального количества системных вентилей до 50 тыс. и повышению производительности.

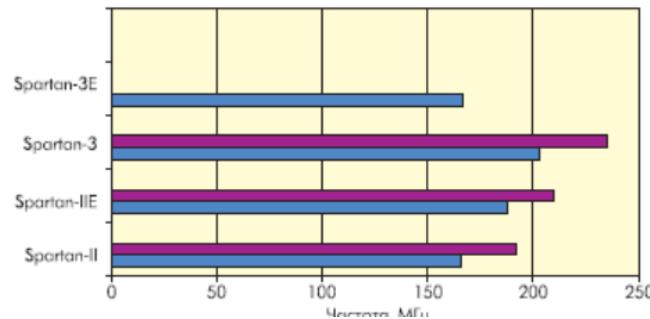


Рисунок 1

Каждое устройство из этого семейства имеет свои показатели сравнительная характеристика которых показана на графике приведённом выше.

Семейство Spartan-III принесло некоторые новшества. Одно из новшеств – это построение КЛБ из четырёх секций, сгруппированных в пары. Левая пара имеет название Slice и содержит полнофункциональные логические генераторы, которые могут использоваться в качестве сдвигового регистра или распределённого ОЗУ. Внутренние буферы с тремя состояниями были заменены на эмуляцию с помощью программируемых мультиплексоров. Такое решение позволило снизить стоимость и уменьшить время распространения сигнала. В свою очередь Spartan-III также имел несколько модификаций: Spartan-III L, Spartan-III E. Spartan-III L имеет специальный режим, снижающий потребление тока на 98 %. Spartan-III E имеет новое техническое решение, которое позволяет облегчить реализацию алгоритмов DSP в ПЛИС.

В ходе проделанной работы было выяснено, что с помощью этих микросхем можно создавать вычислитель с высокой производительностью в задачах цифровой фильтрации, спектрального анализа и т.п. Их можно заменять в качестве рассыпной логики или несложного интерфейсного устройства. ПЛИС серия Spartan на архитектуре FPGA – это качественные, универсальные и доступные программируемые микросхемы, которые могут помочь вам в решении множества различных задач.

**Список источников:** 1. Xilinx Inc. The Programmable Logic Data Book. 1999 2. Кузелин М.О. Кнышев Д.А. Зотов В.Ю. Современные семейства ПЛИС фирмы Xilinx. 3. Тарасов И.Е. Разработка цифровых устройств на основе ПЛИС Xilinx с применением языка VHDL.

# **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ**

Гисцев А.Ю.

Научный руководитель – асс. Заворотная М.Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники,

кафедра микропроцессорных технологий и систем,

e-mail: agiscev@gmail.com

Data mining is the selection of information in large amounts of raw data. These data can be different types of materials: photos, graphics, sounds, experimental data, etc. Data mining uses well-researched statistical principles to highlight patterns in the data. By applying data mining algorithms to your data, you can predict trends, highlight patterns, create rules and recommendations, analyze the sequence of events in complex datasets, and discover new dependencies. Patterns and trends can be combined, with the resulting mining models. The process of intellectual analysis consists of certain stages, which include comparisons, classifications, synthesis, repetition, typing, abstraction. In turn, this whole process is directly related to the decision-making process.

Интеллектуальный анализ данных является собой выбор нужных сведений в больших объемах необработанных данных. Этими данными могут быть различные виды материалов: фото, графика, звуки, данные экспериментов и т.д. Для обнаружения закономерностей и тенденций используется математический анализ. При обычном просмотре данных сложно обнаружить их ввиду большого объема и разнообразия по различным критериям. Закономерности и тенденции можно объединить, при этом получим модель интеллектуального анализа данных. Средства интеллектуального анализа данных в SQL Server 2017 имеют широкие возможности, легко доступны и интегрированы со средствами, которые многие пользователи предпочитают применять для анализа и составления отчетов.

Процесс интеллектуального анализа состоит из определенных этапов, которые включают в себя сравнения, классификации, обобщения, повторения, типизации, абстрагирования. В свою очередь весь этот процесс напрямую связан с процессом принятия решений. В конце мы получаем готовую модель, для дальнейшего применения.

Существует семь основных этапов интеллектуального анализа данных:

- 1) Постановка задачи
- 2) Подготовка данных
- 3) Просмотр данных
- 4) Построение различных моделей
- 5) Оценка и проверка моделей
- 6) Выбор и применение модели;
- 7) Правка и обновление модели

В интеллектуальных анализа данных существует множество алгоритмов (набор вычислений). При создании модели, алгоритм анализирует полученные данные, осуществляя поиск определенных закономерностей и тенденций. Алгоритм применяет результаты этого анализа ко множеству итераций, чтобы выбрать оптимальные параметры для создания моделей. А данных. Затем эти параметры применяются ко всем данным, чтобы определить пригодные к использованию и получить подробную статистику.

Рассмотрим основные алгоритмы (методы) интеллектуального анализа:

Метод ассоциации (или отношение) основывается на сравнение двух или более элементов, которые принадлежат одному типу.

Метод классификации – это алгоритм, который требует меньшего количества вычислений, чем другие алгоритмы, и может применяться для быстрого формирования моделей интеллектуального анализа данных для обнаружения отношений между входными и прогнозируемыми столбцами.

Метод прогнозирования анализирует прошлые события или экземпляры, может предсказывать будущие.

Метод последовательных моделей – это алгоритм, который можно использовать для просмотра данных, содержащих события, которые могут быть связаны в последовательность. Алгоритм находит самые распространенные последовательности и выполняет кластеризацию для поиска идентичных последовательностей.

Метод древа решений используется в рамках критериев отбора или же для поддержки выбора определенных данных в рамках общей структуры. Одной из частых проблем в моделях интеллектуального анализа данных является высокая чувствительность к небольшим различиям в данных.

Большое количество данных привели к активному росту популярности более широких методов интеллектуального анализа данных потому, что информации становится с каждым днем все больше и больше, и она становится более разнообразной и объемной. Средства интеллектуального анализа данных предохраняют людей от информационной перегрузки, перерабатывая оперативные данные в полезную информацию так, чтобы нужные действия могли быть приняты.

Список источников: 1. Основные понятия интеллектуального анализа данных [Электронный ресурс] / Режим доступа: www / URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/sql/analysis-services/data-mining/data-mining-concepts?view=sql-server-2017>  
2. Алгоритмы интеллектуального анализа данных (службы Analysis Services – интеллектуальный анализ данных) [Электронный ресурс] / Режим доступа: www / URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/sql/analysis-services/data-mining/data-mining-algorithms-analysis-services-data-mining?view=sql-server-2017> 3. Технология интеллектуального анализа данных <http://elib.tyuiu.ru/wp-content/uploads/2014/02/61.pdf>

**МЕТОДЫ ПОИСКА БЛИЖАЙШИХ СОСЕДЕЙ В ЗАДАЧЕ  
АНАЛИЗА ГРАФИЧЕСКОГО ОБРАЗА СТРУКТУРИРОВАННОГО  
ДОКУМЕНТА**

Пономаренко Б.А.

Научный руководитель – асс. Заворотная М.Г.  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники,  
кафедра микропроцессорных технологий и систем,  
e-mail: bohdan.ponomarenko@nure.ua

In some tasks of artificial intelligence, the problem arises of searching among a multitude of information objects most similar to this material. For example, the ability to recognize text, information retrieval, data compression, classification and clustering, building a database of images, video documents. In order to build an effective search method, it is necessary to take into account the peculiarities of this task. For example, strings must be processed in one way, and vectors in another. Therefore, the algorithms used will depend on how well it fits the description.

В некоторых задачах искусственного интеллекта возникает проблема поиска среди многих информационных объектов наиболее схожего на заданный материал. Например, способность распознавать текста, поиск информации, сжатие данных, построение баз изображений, видео документов. Для построения эффективного метода поиска нужно учитывать особенности данной задачи. К примеру, строки должны одним способом обрабатываться, а вектора иным. Следовательно, использованные алгоритмы будут зависеть от того насколько он подходит под описание.

Для распознавания образа графического документа нужно начинать с анализа самого документа. Во время анализа оцениваются многие причины. Например, оценивается перекос образа при сканировании, выделяются ли линии и текстовые фрагменты, изображение сегментируется. Для сканирования изображения понадобится, конфигурация пикселей, интервалов компонентов связности оцениваются на основании геометрических, цветовых и текстурных характеристик. Количество пикселей изучаемого объекта на изображении могут достигать от десятков до сотен тысяч, в этом случае требуется использовать специальные алгоритмы обработки для достижения наиболее приемлемого результата.

Наиболее общей задачей может считаться задача инкрементного поиска (непрерывный ближайший поиск соседей). Эта задача состоит из регулирования заданных объектов в порядке возрастания от объекта запроса. Поэтому оптимальнее будет воспользоваться похожим решением задачи, которое на каждом шагу находит следующего по удаленности соседа. Перечислим методы для поиска ближайших соседей. В

одномерном случае задача поиска самых близких соседей будет иметь оптимальное решение, которое будет опираться на бинарный поиск. В бинарном методе большой размерности используются диаграммы Вороного, случайные выборки (random sampling) и иные методы вычислительной геометрии. Если для исходной практической задачи требуется найти соседей в определенном участке, то можно будет использовать ассоциативные структуры. Иным способом решения задачи может являться использование вспомогательных структурных данных, которые описывают рекурсивное разбиение исходных множеств точек данных и самого пространства соответственно. Например, всевозможные варианты R-деревьев, region quadtrees, kd-деревьев и алгоритмы над этими структурами.

R-деревья применяются для организации доступа к пространственным данным, то есть для индексации многомерной информации. Построение, как правило, выполняется благодаря многократному вызову операции вставки элемента в дерево. Если добавление элемента приводит к переполнению то вершина разделяется.

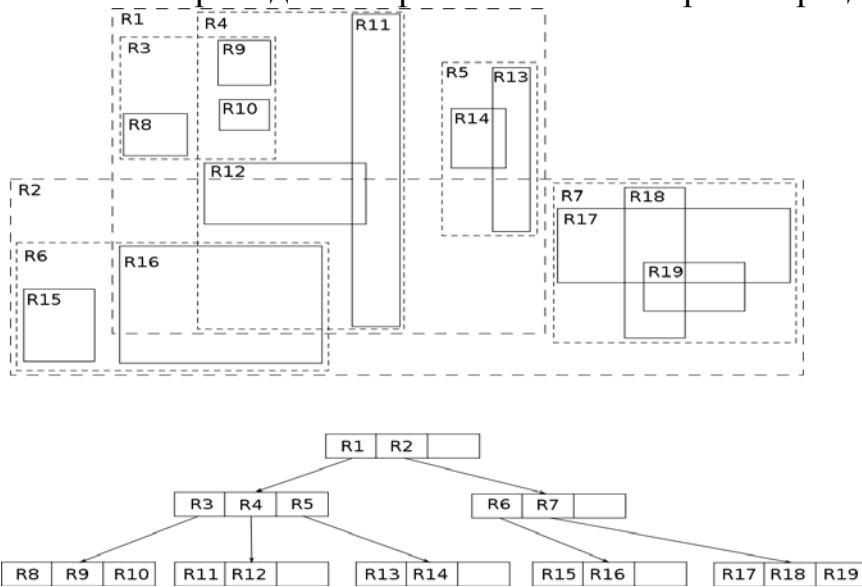


Рисунок 1

На рисунке 1 изображена схема построения R-дерева. Перечислим достоинства R-дерева: эффективно хранят локализованные в пространстве группы объектов; сбалансированы, то есть, быстрый поиск в худшем случае; вставка или удаления одной точки не изменит существенно дерево.

В данной работе были описаны методы поиска ближайших соседей с помощью R-дерева и других алгоритмов. О программной реализации этих методов с использованием алгоритмов быстрого поиска ближайших соседей, также о достоинствах и недостатков методов.

**Список источников:** 1 Методы поиска ближайших соседей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.isa.ru/proceedings/images/documents/2007-29/302319>.

# **ВЫБОР СТРУКТУРЫ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ФУНКЦИЙ РАСПОЗНАВАНИЯ**

Болбас Ю.А.

Научный руководитель – асс. Заворотная М.Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники,  
кафедра микропроцессорных технологий и систем

E-mail: yuliia.bolbas@nure.ua

The neural network is a series of neurons connected by synapses. The structure of the neural network came from biology. The machine has the ability to analyze and memorize various information. Neural networks are able not only to analyze incoming information, but also to reproduce it from its memory. In order for the human brain to use neural networks. When learning without a teacher, the model uses unpartitioned data, from which the algorithm independently tries to extract features and dependencies. Learning without a teacher is often used when there are no known results in advance.

Нейронная сеть – это последовательность нейронов, соединенных между собой синапсами. В мир программирования структура нейронной сети пришла из биологии. С помощью такой структуры, машина имеет возможность анализировать и запоминать различную информацию. Нейронные сети способны не только анализировать входящую информацию, но и воспроизводить ее из своей памяти. Для решения сложных задач, которые требуют аналитического расчета подобных тем, что делает человеческий мозг используются нейронные сети.

Самыми распространенными применениями нейронных сетей является:

Классификация – распределение данных по параметрам. Например, медицинские задачи, в которых необходимо определить, например, исход заболевания.

Предсказание – возможность предсказывать следующий шаг. Например, Букмекерские компании и опытные игроки активно используют нейросети в прогнозировании, и сами того не подозревая.

Распознавание – в настоящее время, самое широкое применение нейронных сетей. Используется в поисковых системах, когда вы ищете фото или в камерах телефонов, когда оно определяет положение вашего лица и выделяет его. Кроме этого нейронные сети позволяют производить распознавание цифр.

Для нейронных сетей существует 2 типа обучения: «без учителя» и «с учителем». В данном случае «учитель» - это заранее известный выходной вектор, конечный результат, к которому должна прийти система. При обучении с учителем нейронная сеть обучается на размеченном наборе данных и предсказывает ответы, которые используются для оценки точности алгоритма на обучающих данных.

При обучении без учителя модель использует неразмеченные данные, из которых алгоритм самостоятельно пытается извлечь признаки и зависимости. Обучение «без учителя» часто используется, когда заранее известных результатов нет. Такое обучение ближе к естественному процессу жизни и развития нейросети, по аналогии с мозгом человека или животного. По этому признаку существует также два варианта сетей. Фиксированные связи – предустановлены сразу и динамические – устанавливаются в процессе работы нейросети.

Под связями здесь понимается то, какие нейроны с какими взаимодействуют, и с каким количеством соседних нейронов соединен каждый из них. По способу ввода нейросети делятся на аналоговые и двоичные. Данный параметр важен, для правильного скоординирования электронной нейросети с другой программой, через которую будут поступать данные.

В ходе исследований были обозначены основные сферы применения ИНС, их преимущества и недостатки. Можно выделить основные достоинства нейросетей: устойчивость к шумам входных данных; адаптация к изменениям; отказоустойчивость; сверхвысокое быстродействие;

Несмотря на широкий спектр возможностей ИНС, решению задач с их помощью сопутствует ряд недостатков:

- для построения модели объекта на основе ИНС требуется выполнение многоцикловой настройки внутренних элементов и связей между ними;
- обучение сети в ряде случаев приводит к тупиковым ситуациям;
- продолжительные временные затраты на выполнение процедуры обучения зачастую не позволяют применять ИНС в системах реального времени;
- поведение обученной ИНС не всегда может быть однозначно предсказуемо, что увеличивает риск применения ИНС для управления дорогостоящими техническими объектами.

Сравнительные исследования различных подходов так и не привели к однозначным выводам. Очевидно, что в такой ситуации необходимо понять возможности, предпосылки и область применения всех существующих подходов и максимально использовать их преимущества для дальнейшего развития интеллектуальных систем. Подобные усилия могут привести к абсолютно новым алгоритмам, которые объединят искусственные нейросети с другими технологиями.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Применение нейронных сетей для задач классификации [Электронный ресурс] / Режим доступа: www / URL: <https://basegroup.ru/community/articles/classification>

# **РАЗВИТИЕ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ И СООТВЕТСТВУЮЩИХ АРХИТЕКТУРНО-СТРУКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

Романчуков Н.Н.

Научный руководитель – асс. Заворотная М.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра кафедра микропроцессорных технологий и систем

E-mail: nikita.romanchukov@gmail.com

Improving the performance of computers, in addition to the application of new architectural and structural solutions, organization of the computational process, as well as new methods and algorithms for solving complex problems, is always a consequence of the development of integrated technologies. When switching to a lower speed, the technical process of the elements allows to increase reliability and reduce energy consumption and dimensions. At present, a course has been taken to develop, based on the use of electronic nanotransistors, the development of various architectural.

Повышение производительности ЭВМ, помимо применения новых архитектурно-структурных решений, организации вычислительного процесса, а также новых методов и алгоритмов решения сложных задач, всегда есть следствием развития интегральной технологии. При переходе на уменьшенные нормы техпроцесса элементов позволяет повысить надежность и уменьшить потребление энергии и размеров. В настоящее взят курс на развития в основе которого лежит использование электронных нанотранзисторов, разработка разных архитектурных вариантов нанокомпьютеров на данной технологии ведется очень активно.

Интегральная технология – основа построения высокопроизводительной элементной базы. В ближайшем прошлом были опасения по поводу реализуемости высокопроизводительной элементной базы (ВЭБ) с техпроцесом ниже 50 нанометров. Теперь найдены способы обхода физических ограничений для перехода к производству микросхем при размерах элементов менее 7 нм. Производство серий чипов ВЭБ с нормами ниже 30 нм обеспечивают соответствующие технологические линии, одна из них приведена ниже.

- заводов DIX, Fab42, Fab24, Fab28, компаний Intel и др.

Основную роль среди типов ВЭБ играют многоядерные процессоры в условиях современных жестких ограничений для допустимых уровней энергозатрат. Тактовая частота – это лишь одна из переменных производительности процессора, большое количество ядер позволяет обрабатывать большое количество инструкций, выполняемых за один такт.

Достигнутый уровень развития элементной базы обеспечил возможность создания распределенной компьютерной системы на одном кристалле, каждая разновидность которой ориентирована на решение

определенного класса задач.

Известно, что переход при построении СВВ на новую элементную базу с большой вероятностью может обеспечить повышение производительности системы примерно на порядок, а совершенствование архитектур и структур и организации вычислительного процесса – на несколько порядков. В соответствии с этим нельзя оставить без внимания некоторые архитектурные новации в области построения суперкомпьютеров. Суперкомпьютеры стали признанным лидером прогресса компьютерной индустрии, основным инструментом моделирования сложных процессов. Эксперты ведущего производителя микросхем компании Intel приводят ряд показателей быстродействия суперкомпьютера, необходимого для решения задач

Ориентировочная оценка быстродействия суперкомпьютера, необходимого для решения сложных задач. Ускоренное инновационное развитие ВЭБ формирует дальнейшие перспективы развития СВВ. После успешных внедрений ВЭБ в структуры СВВ отдельные типы ВЭБ, например многоядерные процессоры, используются и для массовых приложений. Для ускорения расчетов сложных и трудоемких задач, например, расчеты гравитационных взаимодействий тел, частиц в астрофизике, химии, биологии применяют в составе кластеров дополнительные специализированные средства ускорения вычислений. Сложность таких задач показывает пример эволюции системы  $N$  гравитирующих тел (материальных точек), описываемых системой уравнений:

$$\frac{dr_i}{dt} = v_i, \quad \frac{dv_i}{dt} = \sum_{j \neq i}^N G m_j \frac{r_j - r_i}{|r_j - r_i|^3},$$

где  $m_j$ ,  $r_i$ ,  $v_i$  – масса, радиус-вектор и скорость  $i$ -го тела соответственно ( $i$  изменяется от 1 до  $N$ ),  $G$  – гравитационная постоянная необходимо найти положения и скорости всех частиц в произвольный момент. Анализ развития интегральной технологии показал, применение ускорителей вычислений не только повышает быстродействие вычислений, но и за счет аппаратной реализации укрупненных специализированных операций значительно упрощает программирование задач. Такие ускорители, ориентированные на круг задач, требующих сравнительно небольшого объема начальных данных для последующего множества вычислений, особенно востребованы для исследований взаимодействий белка с наборами внешних молекул, взаимодействий тел в астрофизике.

**Список источников:** 1. СКІТ-4 – суперкомп'ютер Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАНУ / А.Л. Головинський, А.А. Маленко, О.Ю. Бандура та ін. // Міжнар. конф. «Високопродуктивні обчислення» НРС-УА’2012. Київ: 8–10 жовтня 2012 року. 2. Яковлев Ю.С. Об оптимизации архитектуры компьютерных систем на современной элементной базе // УСиМ. – 2007. – № 5. – С. 43–51.

# МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ГРАНИЦ ОБЪЕКТОВ

Таран М.В.

Научный руководитель – асс. Заворотная М.Г.

Харьковский национальный университет радиотехники,

кафедра микропроцессорных технологий и систем,

Украина, 61166, Харьков, пр. Науки 14

E-mail: spielgutes@gmail.com

In the modern world, information progress instigate the emergence of various kinds of tasks, the application of which can be found in many branches of science and technology. One of the main tasks that are actively demanded in IT is the problem of delimiting objects in digital images. The method of detecting the boundaries of objects has a wide range of applications: from sporting goods, based on its external forms, in enterprises, to artificial intelligence. In this paper, we consider several methods for delimiting objects using various algorithms. During the work done, three main methods, which will be discussed in the next.

В современном мире, информационный прогресс провоцирует появление разного рода задач, применение которым можно найти во многих отраслях науки и техники. Одной из основных задач, которые активно востребованы в ИТ, является задача разграничения объектов на цифровых изображениях. Методика обнаружения границ объектов имеет широкий спектр применения: от сортировки товаров, по признаку его внешних форм, на предприятиях, до искусственного интеллекта. В данной работе рассмотрены несколько методов разграничения (выделения границ) объектов посредством различных алгоритмов.

В ходе проведенной работы были выделены три основных метода:

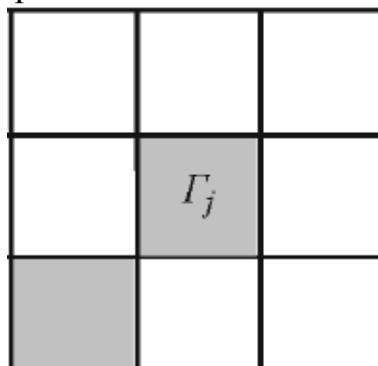


Рисунок 1

Первый метод – использование статистического алгоритма обнаружения и оценивания параметров перепада яркости. Принцип довольно прост. Алгоритм разбивает изображение на фракции (матрицы, размером  $m \times m$  элементов (рис. 1)) и для каждой из них проводит оценку параметров перепада яркости, благодаря чему можно с большой точностью

предсказать, является ли пиксель, проверяемый в данный момент частью границы объекта.

Второй метод - использование нейросетей для обнаружения идеального перепада яркости. Для реализации алгоритма обнаружения границ объекта средствами нейронных вычислительных сетей используют нейронную сеть типа многослойный перцептрон. Обучение нейронной сети – это, возможно, самый важный этап, т. к. производится выборка огромного количества паттернов для обучения, количество которых может достигать тысяч и даже миллионов образцов.

Третий метод - алгоритм выделения границы реализующий метод динамического программирования. Используя метод динамического программирования, поставленная задача разбивается на ряд более мелких подзадач. Например, область изображения делится в виде сетки и обрабатываются отдельные её элементы используя алгоритмы, описанные выше (например, алгоритм обнаружения и оценивания параметров перепада яркости).

В докладе описан метод обработки реальных изображений. Приведём пример работы с произвольным изображением  $m \times n$  пикселей (рис. 2).

Такое изображение разбивается на сетку прямоугольных участков  $k \times k$  пикселей. Каждый участок обрабатывается одним из выбранных алгоритмов. В результате работы данного алгоритма мы получаем изображение очертаний объектов (рис. 3).

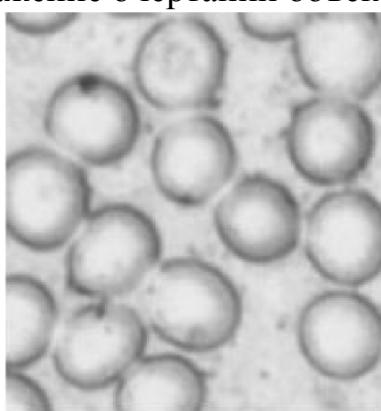


Рисунок 2

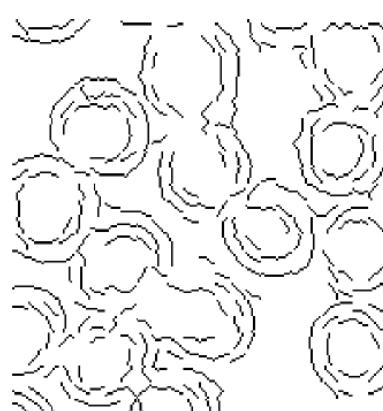


Рисунок 3

Процесс детектирования границ объектов весьма затратный как по ресурсам, так и по времени процесс. Однако его востребованность с каждым годом растёт всё больше. Возможно, однажды именно этот метод сделает прорыв в области искусственного интеллекта.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Статистические алгоритмы обнаружения границ объектов на изображениях [Электронный ресурс] / Режим доступа: www / URL: [http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/analiz/2008/01/sirota\\_2.pdf](http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/analiz/2008/01/sirota_2.pdf)

# КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Стахив Ю.Н.

Научный руководитель – асс. Заворотная М.Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники,  
кафедра микропроцессорных технологий и систем.

Украина, 61166, Харьков пр. Науки 14

E-mail: i.am.samyrai@gmail.com

**Abstract.** An important and urgent task in machine learning is the introduction and optimization of the technology for classifying objects in real time. For this project, completely local solutions were needed, for none of the existing ones in this area met the requirements of the planned one. Yolo - is an advanced object detection system in real time. It has a wide variety of configurations for any requirements. One of the tasks was the choice of configuration, which we will adapt to meet the objectives of the project. A suitable one was found among them, one that could work quickly even on smartphones or the Raspberry Pi - Tiny YOLO.

**Вступление.** Важной и актуально задачей в машинном обучении является внедрение и оптимизация технологии классификации объектов в режиме реального времени. Для этого проекта понадобились полностью локальные решения, ибо ни одно из существующих, в этой области, не отвечало потребностям запланированного.

**Основная часть.** Yolo – передовая система обнаружения объектов в реальном времени. Обладает большим разнообразием конфигураций по любым требованиям. Одной из задач был выбор конфигурации, которую мы будем адаптировать для выполнения целей проекта. Была найдена среди них и подходящая для, ту которая смогла бы работать быстро даже на смартфонах или Raspberry Pi – Tiny YOLO.

Модель Yolo была создана для нейронной сети на основе DarkNet, но из-за сложности интегрирования и неумения приспосабливаться к оборудованию разной мощности после обучения на сверхмощном DarkNet не подошел для этого проекта.

Но был найден аналог в лице TensorFlow, который оказался гибкой и удобной вычислительной системой, подходящей для большинства платформ, к тому же имеющей ряд преимуществ в виде возможности установок специальных пакетов, масштабируемости, кластеризации и возможность использования нескольких графических процессоров.

Так что, было принято решение адаптировать модель YOLO для TensorFlow, дабы максимально упростить процесс разработки новой и получить ту оптимизированную модель, которая удовлетворит все запросы данного проекта.

При переносе модели YOLO на TensorFlow возникла потребность

повторить ее послойно. Для этого использовали DarkNet и автоматизировали процесс. После, был разработан интерфейс на TensorFlow и Python-модуль с помощью которого были получены ограничивающие поля для прогнозируемых классов.

Было решено использовать уже обученную модель YOLO. После чего были импортированы веса DarkNet в TensorFlow.

Скорость работы YOLO объясняется тем, что модель не выполняет тысячи прогнозов на каждое изображение, а разделяет изображение на ячейки, каждая из которых помогает определить зоны объектов и индицировать их, после, информация полученная из ячеек дополняет друг друга, чтобы получить окончательный вывод относительно типов объектов в кадре.

В результате был создан демопроект модели TensorFlow YOLO2, который может индицировать 80 классов. Но для запуска данной модели потребуется установить и открыть python eval.py, чтобы он захватывал видеопоток с вашей веб камеры, после чего результаты прогнозов будут отображаться в простом окне. И из-за того, что модель будет оценивать видеопоток покадрово процесс оценки будет не моментальным и скорость ее выполнения будет зависеть от возможностей оборудования.

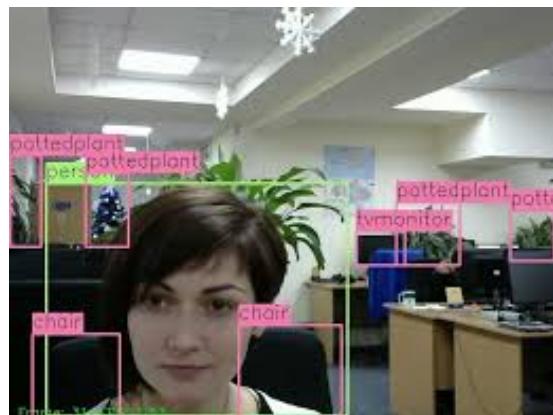


Рисунок 1

На рисунке 1 приведенном выше показан пример работы системы Yolo с использованием видеотрафика с веб-камеры ПК.

Процесс оценки скриптом кадров будет проходить поочередно, но не для записаних видео. Нет необходимости пропускать все кадры для получения результатов оценки в реальном времени.

**Выводы.** Подводя итоги, пришли к пониманию того, что не обязательно создавать новую модель с нуля, когда существует такое разнообразие готовых, которые в ходе не всегда сложных манипуляций смогут помочь вам достичь запланированного.

#### Список ссылок источников

1. Классификация объектов в режиме реального времени [Электронный ресурс]  
URL: <https://dataart.ua/news/klassifikaciya-ob-ektov-v-rezhime-realnogo-vremeni/>

## **УЗАГАЛЬНЕНА СТРУКТУРА ПРИЙМАЧА НА БАЗІ DSP ПРОЦЕСОРА**

Литвиненко О.В., Білоцерківець О.Г.

Науковий керівник – старший викладач Мальцев О.С.  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра Мікропроцесорних технологій і систем,  
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14, т. (057)70-20-229  
E-mail: oleksandr.lytvynenko@nure.ua

Theoretical and experimental studies of the digital receiver onbased on the basis of the DSP signal processor, the possibility of constructing digital processing receivers is shown, a digital protocol receiver with a detailed description of components used in the radio is proposed. A new perspective direction of development of microelectronic digital and analogue digital elemental base and the emergence of new components allow the development of high-quality digital receivers principles of radio signal processing.

DSP is a digital processor designed for special digital signal processing. At present, digital signal processing technologies receive the highest priority when developing new radio receivers. The implementation of these methods allows us to create more reliable and flexible systems. The value of systems using DSP is especially enhanced due to rough and unpredictable interference in the locations of the radio. The purpose of this article is to build a digital receiver based on the DSP signal processor.

Розвиток й удосконалення систем зв'язку та систем автоматичного керування в значній ступені обумовлені широким впровадженням засобів цифрової техніки. Впровадження цифрової техніки обумовлено відомими перевагами цифрових пристрій у порівнянні з аналоговими. Вони є більш надійними, мають високу стабільність параметрів, а також забезпечують високу точність обробки сигналів.

Сьогодні уже неможливо собі уявити телекомунікаційне обладнання без сучасних мікропроцесорів та мікроконтролерів. Цифрова обробка сигналів виконує широкий спектр функцій, які реалізують системи комутації, шлюзи, маршрутизатори, інтегровані платформи, сервери, робочі станції, системи автоматичного керування. DSP (Digital Signal Processor) широко використовуються в радіоприймах, завдяки своїй високій продуктивності та багатофункційності.

Проведено прототипування цифрового радіоприймача на DSP процесора, в результаті чого отримано узагальнену структурну схему, яка зображена на рисунку 1. Даний прототип використовує архітектуру з низьким рівнем ПЧ, це дає змогу уникати проблем, пов'язаних з відхиленням зображення, які були присутні в рішенні з прямим перетворенням частот, що ефективно знижує складність і вартість компонентів. Прототип складається з шумового підсилювача (LNA), який має однополосний, ортогональний мікшер відмови зображення,

програмованого підсилювача посилення (PGA), аналого-цифрових перетворювачів з високою роздільною здатністю, DSP, який відповідає за обробку сигналу та високоякісних цифро-аналогових перетворювачів (ЦАП). LNA підсилює РЧ-сигнал і перетворює його в диференціальний сигнал; ортогональний змішувач зображення змінює частоту диференціального РЧ-сигналу на сигнал з низьким рівнем IF.

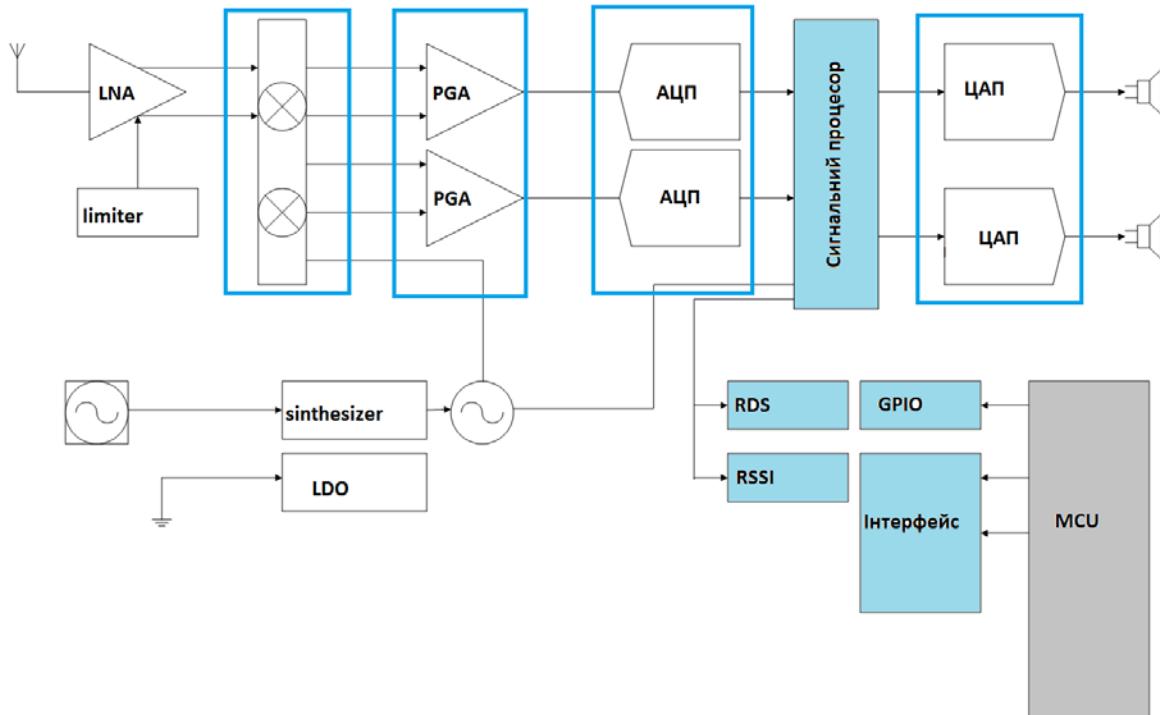


Рисунок 1 – Узагальнена структурна схема пристрою.

PGA збільшує ортогональне зображення, відхиляє ПЧ-сигнал, який був отриманий від змішувача. Потім сигнал проходить через АЦП після чого стає цифровим. Далі сигнал надходить до DSP для подальшої обробки. Після того, як DSP опрацював сигнал, сигнал знову перетворюється в аналоговий за допомогою ЦАП, та подається на динаміки.

Створена узагальнена структурна схема цифрового приймача на основі цифрового сигналного процесора, який забезпечує високі характеристики пристрою. Отримані результати актуальні для практичних застосування при проектуванні нових радіоприймальних пристрів і модернізації існуючих.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:** 1.Марков, Ю. В. Проектирование устройств приема и обработки сигналов учебно-методическое пособие / Ю.В. Марков, А.С. Боков.– Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2015. – 112 с. 2.Басюков В.Н. Цифровая обработка сигналов и сигнальные процессоры в системах подвижной радиосвязи: Новосибирск:Изд-во НГТУ, 2006–292 с. 3. Basics of Designing a Digital Radio Receiver [Электронный ресурс] .– Режим доступа: <https://www.analog.com/en/technical-articles/basics-designing-digital-radio-receiver.html>

# **АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ САПР XILINX VIVADO HLX DESIGN SUITE ПРИМЕНЕНИТЕЛЬНО К ПЛИС СЕДЬМОЙ СЕРИИ**

Ткач О.Д.

Научный руководитель – к.т.н., доц. Воргуль А.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, кафедра Микропроцессорных технологий и  
систем, тел. (057) 702-02-29)

E-mail: d\_mts@nure.ua

The given work is devoted to the modern developments in the field of digital signal processing.

Современный разработчик должен уметь создавать современные устройства. Их область применения может быть очень широкой. Это и измерительные интеллектуальные устройства, и медицинское оборудование, и даже телекоммуникации с мультимедиа. Постоянно появляется что-то новое и к этому нужно быть готовым.

Специалисты в этой области требуются в фирмах, занимающихся исследованием и проектированием (R&D) аппаратуры и встраиваемых решений вычислительной и измерительной техники, телекоммуникации, медицины, автомобильного направления, охраны окружающей среды и проч.

Большие возможности для разработчика предоставляет программное обеспечение фирмы Xilinx, специализированное для микросхем, выпускаемых этой же фирмой. Усилиями фирмы программное обеспечение постоянно совершенствуется в плане эффективности и гибкости. Для ПЛИС 7 го поколения рекомендован к использованию пакет программ Vivado. Расширяются возможности за счёт работы на разных логических уровнях: кроме традиционного уровня регистраций передач в новой версии появилась возможность работы на системном уровне. Соответственно обновился список допустимых языков программирования: если на уровне регистраций передач это VHDL или Verilog, то на системном уровне это SystemC, C или Python.

Пакет программ Vivado относится к программным системам сквозного проектирования. Он позволяет проектировать современные устройства на микросхемах, произведенных фирмой Xilinx.

Данная фирма на сегодняшний день выпускает ПЛМ (CPLD), ПЛИС (FPGA), ПЛИС с предустановленными ядрами процессоров (SoC), а также заказные интегральные схемы (ASIC). Эти разновидности микросхем относятся к микросхемам разной степени интеграции, отличаются по однородности внутренней структуры, внутренним ресурсам и назначению.

Так, у ПЛМ основной структурной единицей является 4-х или 6-ти входовый конфигурируемый логический блок (CLB) с возможностью буферизации выходов, позволяющий реализовывать всевозможные

логические функции.

ПЛИС 7 серии отличается от ПЛМ не только тем, что у них на борту таких блоков большее количество, но и наличием специализированных подсистем, расположенных в отдельных зонах. Для цифровой обработки сигналов это 12-ти разрядный АЦП и блок (слой) цифровой обработки DSP48E1. При наличии дополнительной памяти на кристалле и возможностью подключения по широкому скоростному каналу внешней памяти возможности ПЛМ и ПЛИС отличаются существенно. Фирма выпускает линейку ПЛИС, оптимизированных по стоимости, соотношению цена/качество, эффективности (соотношению энергопотребления и быстродействия).

Для реализации алгоритмов, требовательных к вычислительным ресурсам, фирма предлагает ПЛИС с процессорами, размещёнными на том же кристалле, что, с многих точек зрения, упрощает разработку системы.

Все эти нововведения ставят перед разработчиками программного обеспечения задачу по обслуживанию очень разнородных изделий. Так, для ПЛМ, видимо, достаточно поддержки языков уровня VHDL или Verilog. Конечно, потребуется модуль моделирования с учётом временных ограничений и модуль моделирования реализованной структуры. Только вот для работы с ПЛИС потребуются возможности работы с более сложной системой, с гораздо большими объёмами памяти и логических связей, с большим количеством выделенных аппаратных сумматоров и умножителей на борту. А для работы ещё и с несколькими процессорами на борту потребуется язык, позволяющий оперировать более высоким уровнем абстракций, чем позволяет Verilog и VHDL.

В таких условиях перед нами стоит увлекательная, но непростая задача по изучению номенклатуры изделий фирмы Xilinx и программного обеспечения, их возможностей, особенностей применения для создания аппаратуры различного назначения.

#### Список использованных источников

1. Соловьев В. В. Архитектуры ПЛИС фирмы XILINX: CPLD и FPGA 7-й серии / В. В. Соловьев. – М.: Горячая линия - Телеком, 2016. – 392 с. : ил. – ISBN 978-5-9912-0500-9.
2. Зотов В. Ю. Проектирование встраиваемых микропроцессорных систем на основе ПЛИС фирмы XILINX® / В. Ю. Зотов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2006. – 520 с.
3. Аврунін О. Г. Основи мови VHDL для проектування цифрових пристрійв на ПЛІС : навч. посіб. / О. Г. Аврунін, Т. В. Носова, В. В. Семенець ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 196 с.

# **АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ ПО ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЮ**

Заворотная М.Г.

Научный руководитель – проф., д.т.н., Семенец В.В.,  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МТС, тел. (057) 702-02-29)  
E-mail: mariia.zavorotna@nure.ua

Currently, in the field of computer vision technology of autorecognition and image tracking is a significant interest for scientific research. The main factors for increasing interest in this topic are a large number of scientific studies that create the basis for developments in this field and further study it. Over the past few years, clear results have been obtained in the actual application of methods for recognizing flying objects. The evolution of hardware and the growth of computing power of modern electronics, and the popularity of cloud services, makes it possible to actively use software based on computer vision algorithms, not only in the field of scientific and engineering activities, but also in the defense sector.

В настоящее время востребованы технологии распознавания и отслеживания образов из видеопотоков, которые можно реализовать с помощью встраиваемых систем реального времени. Для решения таких задач хорошо подходят ПЛИС седьмой серии фирмы Xilinx. Разработка методов и алгоритмов распознавания образов по видеоизображению (РОВИ) представляют интерес для научного исследования. Это обусловлено большим количеством научных разработок в данной области. За последние годы получены результаты реального применения методик распознавания летательных объектов. Эволюция аппаратных средств и рост вычислительных мощностей электроники, популярность облачных сервисов, позволяет активно использовать программные средства, базирующиеся на алгоритмах РОВИ, причем не только в сфере научной и инженерной деятельности, но и оборонной сфере.

Многообразие практических задач требует не только большого количества алгоритмов, но и программных средств, облегчающих решение этих задач на пользовательском уровне. Одной из перспективных областей применения РОВИ является обработка изображений и видеозаписей, полученных с помощью летательных и космических аппаратов.

Главной задачей, возникающей при отслеживании и обнаружении объектов в видеопотоке, является их автоматическое нахождение на каждом отдельно взятом кадре. Перечислим основные методы распознавания объектов на изображении.

Сегментация – это разделение цифрового изображения на несколько подмножеств пикселей и присвоение каждому пиксели меток, чтобы пиксели с идентичными метками имели общие характеристики.

Сегментация позволяет упрощать представление изображения, для облегчения его анализа. В результате сегментации будут выделены границы и объекты на изображениях.

Метод поиска по шаблону – это сравнение шаблона, на котором изображен искомый объект, с подобластями обрабатываемого изображения.

Метод детектирования признаков объекта, в данном случае, основан на сравнении характерных признаков обрабатываемого кадра и шаблона, на котором изображен искомый объект.

Категориальное распознавание состоит из двух основных элементов: определения набора признаков или дескрипторов и машинного обучения классификатора.

В табл. 1 представлены сравнительные характеристики методов РОВИ. Показано, что метод детектирования характерных признаков хорошо подходят для решения задачи РОВИ. Однако, требуется не просто обнаруживать на кадрах видеоряда области, соответствующие некоторому эталону, но и распознавать все объекты определенного класса. Поставленную задачу можно решить методами детектирования признаков, но при этом потребуется создание большого количества эталонов, что затратно по времени и вычислительным ресурсам. Показано, что оптимальным решением для РОВИ является категориальное распознавание.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика методов РОВИ

Метод	Недостатки	Преимущества
Сегментация	Отсутствие универсальности методов, необходимость тонкой настройки параметров работы алгоритма распознавания в каждом отдельном случае, высокая чувствительность к погодным условиям и освещению	Простота использования если исследуемые объекты значительно отличаются от остального фона по какому-либо параметру
Поиск по шаблону	Неустойчивая работа в случае масштабирования, сдвига, поворота изображений, а также в случаях, когда распознаваемый объект виден не полностью.	Хорошая применимость при анализе сцен, в которых камера статична, а все экземпляры искомых объектов выглядят одинаково.
Детектирование признаков объекта	Невозможность определения объекта, как экземпляра класса, сложность распознавания динамически видоизменяющихся объектов	Инвариантность к малым поворотам, масштабированию объектов, к изменению освещения сцены.
Категориальное распознавание	Длительное время обучения классификатора объектов, потребность в большом количестве изображений искомого объекта для формирования обучающей выборки.	Высокая скорость поиска объектов, наилучшее среди рассмотренных подходов качество распознавания (зависит от качества обучения классификатора).

#### Список использованных источников

1. Соловьев В. В. Архитектуры ПЛИС фирмы XILINX: CPLD и FPGA 7-й серии / В. В. Соловьев. – Москва: Горячая линия - Телеком, 2016.
2. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений. Пер с англ. – М.: Радио и Связь, 1986.

# **РОЗРОБКА ПОРТАТИВНОГО МЕДИЧНОГО ВИМІРЮВАЧА З МІКРОПРОЦЕСОРНИМ УПРАВЛІННЯМ**

Запорожець В.А.

Науковий керівник – доц. Сайківська Л.Ф.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Хар'ков, пр. Науки 14, кафедра МТС, тел. (057) 70-20-229)  
E-mail: volodymyr.zaporozhets@nure.ua

In the paper presents relevance of use portable medical measuring devices with microprocessor control, the basic stages of devices development. It shows the main components of which consist of devices and their functions. It is shown that the main functions of managing, processing and transforming signals are performed by the microcontroller, and the importance of its correct choice is indicated.

У сучасному світі інновацій та жаги до нового, людина намагається покращити усі галузі, які її оточують, та відокремити старе. Глобальне відцифрування та поширення портативних пристрій у військовій справі, науці та медицині обумовлено спробами створити малу та розумну систему. Стрімке поширення портативної медичної вимірювальної техніки обумовлюється ще й запровадженням телемедицини, яка в цей час активно запроваджуються. Інтегрування нових пристрій наприклад мікроконтролерів у медичні пристрії допоможе більш детально слідкувати за біомедичними показниками. Також це дозволить знизити фінансові затрати у медичному секторі та поліпшити ситуацію з якістю медицини.

Портативні медичні вимірювачі призначені для вимірювання одного або декількох параметрів крові, серцево-судинної, дихальної та інших систем людини. Так, цифрові пристрії для вимірювання, наприклад, рівня глюкози, газів крові, частоти серцевих скорочень, тиску чи температури тіла, мають системні блоки, які є однаковими за виконуваними функціями: блок датчиків, блок керування живленням, блок керування та обробки даних, блок підсилення, дисплей, блок зберігання інформації, блоки візуалізації та передавання біомедичної інформації.

В залежності від виду параметра, який контролюється, змінюються і типи датчиків. Так як біосигнали мають дуже малу амплітуду, то для подальшої обробки необхідне попереднє підсилення. Наступним етапом є аналого-цифрове перетворення, яке виконується окремо або в інтегрованому АЦП в мікроконтролері.

В якості блоку керування та обробки даних найчастіше можна використовувати мікроконтролер. Він контролює процес вимірювання та обробки біомедичного сигналу, проводить основну обробку сигналу, керує інтерфейсом пам'яті та периферійних пристрій, процесами візуалізації та передавання даних на ПК чи до мобільного пристроя. Він виконує основні функції і є основою для розробки портативних медичних вимірювачів.

Отримана біомедична інформація може накопичуватися в самому пристрії, для цього використовується оперативний запам'ятовуючий пристрій мікроконтролера, та візуалізуватися на електронному дисплеї, або передаватися використовуючи бездротове з'єднання, таке як Wi-Fi, WiMAX, Bluetooth, ZigBee та інші.

При розробці портативних медичних вимірювачів з мікропроцесорним управлінням важливим параметром виступає енергоспоживання, адже їх живлення здійснюється від одноразової батареї чи акумулятора.

Виходячи зі сказаного видно, що більшість функцій, таких як обробка, збереження, управління, аналого-цифрове та цифро-аналогове перетворення, бере на себе мікроконтролер. Тому його вибір має важливе значення. Високий рівень інтеграції спрощує проектування пристрій та знижує вартість системи. Широкий асортимент випускаємих промисловістю мікроконтролерів мають високу продуктивністі, низьке енергоспоживання, широкий вибір необхідної периферії, мініатюрні розміри, надійність та безпеку при використанні та роблять його ідеальним вибором при проектуванні портативних медичних вимірювачів.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Строев В.М. Проектирование измерительных медицинских приборов с микропроцессорным управлением : учебное пособие / В.М. Строев, А.Ю. Куликов, С.В. Фролов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 96 с.
2. Квашнін В.О. Програмування та застосування мікроконтролерів STM 32 F4 Discovery: монографія / В.О. Квашнін, А.В. Бабаш, В.В. Квашнін. – Краматорськ: ЦТРІ «Друкарський дім», 2017. – 143 с.
3. STM32. Медицинское применение. Тонометр. Введение и аппаратная часть [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/250455/>
4. ИМС для портативных медицинских приборов. Информационный бюллетень компании analog devices. / Перевод с английского В. Романова. - № 1, январь 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ekis.kiev.ua/UserFiles/Image/pdfArticles/AD\\_bul\\_EKIS\\_1\\_2013-2.pdf](http://www.ekis.kiev.ua/UserFiles/Image/pdfArticles/AD_bul_EKIS_1_2013-2.pdf)

**ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ  
БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ЦЕЛЬЮ  
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ  
СОСТОЯНИЙ**

Чумак В.С.

Научный руководитель – канд.техн.наук, доц. Свид И.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МТС, тел. (057)- 702-02-29)

e-mail: valeriiachumak@nure.ua

Such features of the signal as, for example, sudden drops and bursts result in only minor changes in the spectrum of the signal, which are distributed along the entire frequency axis, which makes it impossible to detect and analyze them. From the composition of the higher components of the spectrum, it is almost impossible to determine the location of the features of the time dependence of the original signal and this makes it necessary to use new methods for analyzing bioelectric signals, which are fundamentally suitable for analyzing pseudo-random nonstationary processes. These methods include fractal and wavelet analysis.

В медицинской практике широко используется анализ биоэлектрических сигналов, порождаемых электрической активностью органов и тканей. Анализ таких сигналов применяется для определения состояния органов и систем человеческого организма с диагностической целью. Примерами таких сигналов являются электрокардиограммы, электроэнцефалограммы, реограммы, записи во времени и пространстве данных ультразвуковых исследований и т. п. Стандартный спектральный анализ подобных сигналов показывает, что всем им присуща периодическая составляющая. Однако, особенно велика роль квазипериодических и стохастических составляющих в записях сигналов при обследованиях. Попытка применить обычный спектральный анализ сигналов со значительной долей стохастической составляющей в задачах распознавания патологических состояний, как правило, заканчивается неудачей из-за принципиальных ограничений Фурье-анализа, заключающихся в сложности его применения для анализа стохастических сигналов. По этому для анализа псевдослучайных нестационарных процессов относятся методы фрактального и вейвлетного анализа.

Для стандартного фрактального анализа удобна в использовании программа FRACTAN. Программа фрактального анализа для каждого пациента рассчитывает основные характеристики фракталов: размерность фазового пространства, фрактальную размерность, показатель Херста, корреляционную размерность и корреляционную энтропию. Основные характеристики фракталов используются как входные переменные для дискриминантного анализа. По рассчитанным характеристикам фракталов

применялся дискриминантный анализ с расчетом нормированных и ненормированных коэффициентов дискриминирующей функции с полным включением всех переменных и пошаговый метод для выявления информативных фрактальных показателей. В зависимости от количества классов патологии на плоскости отображаются результаты дискриминантного анализа с расчётом дискриминирующих функций, и положение групп пациентов разных патологий в координатах дискриминирующих функций. Нормированные коэффициенты используются для сравнения силы влияния показателей на распознавание патологий, ненормированные значения - должны использоваться при расчетах.

В дальнейшем для выявления только информативных показателей фрактального анализа целесообразно использовать метод дискриминантного анализа. При этом на каждом шаге использовать для анализа только самые информативные показатели. Когда вклад очередного показателя не превышает 0,05, анализ останавливается. Для дифференциальной диагностики достаточно только двух показателей фрактального анализа: корреляционной размерности и показателя Херста. Применяя пошаговый метод коэффициенты канонической корреляции становятся меньше, но не существенно. При этом значимость функций сохраняется. Для вывода территориальной карты с центрами распределений патологий и выбранные дискриминантным анализом линии, разделяющие эти патологии вычисляются значения двух дискриминирующих функций, эти значения используются как координаты на плоскости. Эти координаты наносятся на территориальную карту, и в какую область попадает точка для данного пациента, выносится предположительный диагноз для него.

Комбинированное использование фрактального и дискриминантного анализа показывает высокую эффективность для решения задач дифференциальной диагностики патологических состояний по данным временных разверток ультразвуковых сигналов. Может найти широкое применение в статистической обработке регистрационных кривых, имеющих периодическую, квазипериодическую и стохастическую составляющие, таких как электрокардиограмма, электроэнцефалограмма, реограмма, запись ультразвукового сканирования и т. д.

### Перечень ссылок

1. Бюоль, А. SPSS: Искусство обработки информации/ А. Бюоль, П Цёфель.-М: Dio.Soft, 2002.
2. Амосов О.С., Муллер Н.В. применение методов вейвлет и фрактального анализа для математического и численного моделирования временных рядов // Современные научные технологии. – 2014. – № 3. – С. 122-124;

# **О ПРОБЛЕМАТИКЕ РАЗРАБОТКИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

Колесник Д.А.

Научный руководитель – канд.техн.наук, доц. Свид И.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, пр. Науки, 14, каф. МТС, тел. (057)- 702-02-29)  
e-mail: kdenis535@gmail.com

Experiments in biomedicine and electronics require the construction of experimental models of various devices, measurements of various physical quantities, and often automated control over the course of the experiment. The feature of Arduino is that to work with it you do not need to be a programmer, you do not need special knowledge about how a microcontroller works to build a simple project.

Проведение экспериментов в биомедицине и электронике требует построения экспериментальных макетов различных устройств, измерения различных физических величин и зачастую автоматизированного управления ходом эксперимента. Современная база электронных компонент и измерительная техника предоставляет весьма широкие возможности для экспериментатора и позволяет создавать измерительные комплексы, обеспечивающие не только сбор данных, но и организацию обратной связи для управления экспериментальным макетом. В то же время для создания специализированного измерительного комплекса необходимы большие временные вложения, а также высокая инженерно-техническая квалификация разработчиков. С другой стороны, универсальные платформы, предлагающие готовые мощные аппаратные модули сбора данных и управления, работающие в широком диапазоне частот и амплитуд сигналов и обеспечивающие их анализ и обработку, а также управление оборудованием с помощью легких в освоении языков графического программирования, обладают при решении ряда задач недостаточной гибкостью. Они отличаются высокой ценой и часто требуют выделения значительных рабочих площадей. В такой ситуации определенную тактическую нишу занимает программно-аппаратная платформа Arduino.

С ее помощью может быть эффективно и быстро решен целый ряд задач, связанных с постановкой радиофизического эксперимента. Платформу отличает низкая цена, наличие бесплатного программного обеспечения, возможность быстрого освоения за счет использования упрощенных языков программирования, минимальные требования к наличию дополнительных элементов и монтажного оборудования. При этом платформа предоставляет широкие возможности по генерации сигналов, сбору данных и управлению ходом эксперимента.

Особенность Ардуино в том, что для работы с ней не нужно быть

программистом, не требуется специальных знаний о том, как работает микроконтроллер, чтобы построить простой проект. Стандартные библиотеки Ардуино открывают простор для творчества в плане автоматизации чего-либо. Можно сказать, что Ардуино является универсальным расширяемым программируемым контроллером-конструктором, который может стать незаменимым помощником при решения любых творческих задач, связанных с электроникой произвольного назначения, хоть будильник, хоть не сложный робот, хоть шаговый двигатель, - всем этим, и не только, можно управлять по нужному алгоритму при помощи Ардуино.

Огромное количество всевозможной периферии: кнопки, датчики, светодиоды, ЖК-индикаторы, и другие органы взаимодействия с окружающим миром, доступны для работы с Ардуино.

Одним из не маловажных факторов при выборе данной платформы следует учесть ее вычислительную мощность, которая зачастую является ограниченной введу упрощенности и доступности платформы. Во-первых, Ардуино это восьми битный SoC (система на одном чипе), со скоростью в 16 МГц, что накладывает ограничения по количеству операций о в секунду и количеством уровней квантования АЦП и ЦАП. Во-вторых, ограничение по памяти в виде 32 Кбайт встроенной и 2Кбайт «оперативной», которые при большом количестве библиотек оказывается недостаточно, что негативно сказывается на скорости работы. К минусам можно отнести также малое количество портов ввода вывода, всего 20 штук, что накладывает ограничения по количеству возможных подключений, также СОМ порт работает через эмуляцию что делает невозможным ввод данных через него напрямую (исправлено в Ардуино Леонардо).

Как вывод из всего выше сказанного можно сказать, что данная платформа подходит для раннего прототипирования, где не требуются сложные вычисления. Благодаря своей распространённости и широкий поддержке как стороны производителей (в виде шилдов дополнений), так и со стороны разработчиков (в виде библиотек). Создание прототипа не потребует обширных знаний в программировании микроконтроллеров и времени для создания прототипа, при условии, что сложность задачи не превышает вычислительные мощности платформы.

### Перечень ссылок

1. Пономаренко В. И., Караваев А. С. Использование платформы arduino в измерениях и физическом эксперименте // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика.2014 Т. 22, вып. 4. С. 77-90
2. Разработка под Arduino [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/357908/>

## АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

<b>A</b>		
Алі Моджахед		Д'яченко С.Ф.
Альхідер Омер	114	<b>E</b>
Ашихмин В.О.	58, 96	Емец В.С.
<b>B</b>		<b>Ж</b>
Багнюк Е.В.	12	Жуковський Є.А.
Базавляк О.С.	38	<b>З</b>
Барсук А.Т.	144	Заворотная М.Г.
Беликова Д.В.	118	Запорожець В.А.
Бережний В.В.	46	Зеленов Н.В.
Бирюков Д.К.	110	Зиборов В.А.
Білощерківець О.Г.	182, 214	Зорин Д.Г.
Бобас Ю.А.	206	Зубенко Я.А.
Болінова М.М.	148	<b>И</b>
Бузоверов А.В.	14	Іванов А.В.
Буйницкий Д.В.	92	<b>K</b>
<b>V</b>		<b>K</b>
Верягин В.В.	177	Капуста А.І.
Вечирко К.В.	156	Келеберда В.С.
Висоцький О.В.	32	Колесник Д.А.
Власов Ю.А.	173	Коломоець Р.Ю.
Войтович В.И.	135	Костюк С.О.
Волков М.О.	110	Кравченко М.М.
Волошин Д.Є.	188	Красношапка Т.Ю.
Ворона І.В.	36	Крутько С.В.
Воронин В.В.	56, 58	Кулак Г.К.
	60, 70	Курило И.Е.
Воропаев В.Ю.	104	Куценко О.В.
<b>G</b>		<b>L</b>
Гисцев А.Ю.	202	Ленский Р.В.
Глубаковский М.М.	82	Лисовой Р.О.
Глюза А.П.	179	Литвиненко О.В.
Гога М.В.	192	Литвинов О.О.
Горбовцова И.В.	163	Лісогорський Б.А.
Гречко А.В.	82	Ліщенко В.М.
<b>D</b>		<b>M</b>
Дзюбан В.Н.	16	Магаліс В.С.
Довбня А.А	20	Маленчик Т.В.
Дремова К.А.	62	
Дядечко И.М.	42	

Манухина А.Н.	131	Слободюк В.М.	18
Маркин Е.А.	106	Сова О.В.	28
Маслій Д.В.	146	Сокіркаєв Д.В.	171
Мачула О.Г.	52	Солодов В.Д.	48
Місюк Г.В.	28	Стахив Ю.Н.	212
Момот И.В.	106		
Мясоедов В.Г.	120		
		<b>Т</b>	
		Таран М.В.	210
		Ткач О.Д.	216
Найденова Д.Р.	152	Трубчанинов Р.Н.	194
Наумкін Р.В.	44	Тушев В.О.	84
Носулько И.В.	154		
		<b>Ф</b>	
		Федоров А.В.	26
		Фоменко В.В.	186
		<b>Х</b>	
		Харченко Д.М.	50
		<b>Ц</b>	
Пенчук А.Е.	76	Цалко Е.А.	137
Пионтковский А.И.	127		
Пономаренко Б.А.	204		
Попрыгин А.А.	23	<b>Ч</b>	
Преснякова А.Д.	14, 16	Чернов К.А.	56, 94
Приходько Г.С.	86	Чертова Д.А.	167
Пунин Д.В.	12	Чумак В.С.	222
		<b>Ш</b>	
		Шевченко П.Д.	74
		Шутко В.М.	7
		<b>Ю</b>	
		Юзовицкий С.И.	184
		Юткін Є.В.	54
		<b>Я</b>	
		Яновський Ф.Й.	7
		Янченко І.А.	125
		Ярова Ю.Д.	112, 161
			163
		<b>С</b>	
Сальник С.В.	5		
Сендецький В.А.	80		
Сергиенко С.І.	198		
Сердюк О.В.	26		
Серьожин І.І.	116		
Сліпухіна О.О.	7		

## **ЗМІСТ**

Електродинамічні системи, радіотехнічні пристрої та засоби радіозв'язку.....	4
Інформаційні радіоелектронні системи .....	25
Технічний захист інформації .....	124
Пристрої та технології інформаційно-комунікаційних систем .....	160
Системи та технології пристрійв на мікропроцесорах, мікроконтролерах та ПЛІС .....	181
Алфавітний покажчик .....	226
Зміст .....	228

# **«РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА МОЛОДЬ В ХХІ СТОЛІТТІ»**

**Матеріали 23-го Міжнародного молодіжного форуму**

**Відповідальні за випуск:**

**С.М. Сакало  
(Голова конференції)  
Д.Ю. Горелов  
(Вчений секретар)**

**Комп'ютерна верстка**

**Д.Ю. Горелов**

**Матеріали збірника публікуються в авторському варіанті  
без редагування**

Підп. до друку 02.04.19.      Формат 60x84 1/16.      Спосіб друку – ризографія.  
Умов.друк.арк. 13,5.      Облік. вид.арк. 12,2.      Тираж 122 прим.  
Ціна договірна      Зам № 2-313.

---

ХНУРЕ. Україна. 61166, Харків, просп. Науки, 14

---

Віддруковано в редакційно-видавничому відділі ХНУРЕ  
61166, Харків, просп. Науки, 14