

ПОСТРОЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ПРИМЕРЕ ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Введение

Реформа жилищно-коммунального хозяйства в Украине делает чрезвычайно актуальной проблематику, связанную с распределенными информационно-управляющими системами (РИУС), предназначенными для управления объектами жизнеобеспечения городского хозяйства. Анализ сложившейся ситуации к началу работ по созданию коммерческих систем учета энергоресурсов проведен в работах [1, 2], в которых рассмотрена специфика и системные аспекты создания подобных информационных систем.

В последнее время с момента опубликования этих работ в ряде регионов Украины было реализовано несколько пилотных РИУС. Из представленных данных следует, что вплоть до настоящего времени ведется выбор каналов связи для сбора информации с объектов и передачи команд управления, архитектурных и аппаратных решений нижнего уровня. Следует также отметить отчетливую тенденцию перехода от чисто информационных систем к информационно-управляющим системам [3]. Необходимо указать на одну важную особенность этого класса систем. Они обладают значительной инерцией в смысле возможности изменения принятых концептуальных решений, относящихся к выбору архитектуры системы, используемого аппаратного и программного обеспечения. Поэтому, для вновь создаваемых РИУС особую важность приобретает системный анализ возможных проектных решений [4].

С практической точки зрения представляет интерес описание апробированных на практике концептуально новых решений. Так, например, в работах [5 – 7] изложен ряд новых результатов, полученных в ходе создания РИУС, относящихся к классу MAN (Metropolitan Area Network) и реализованных на базе коммутируемых линий общего пользования (рис. 1).

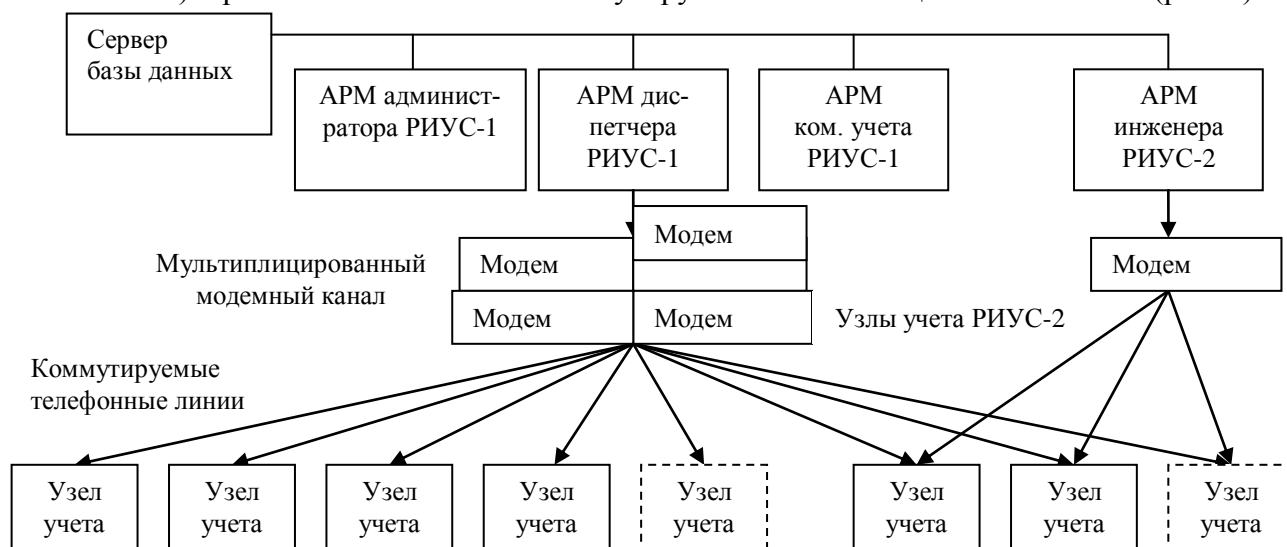


Рис. 1. Структура распределенных информационно-управляющих систем

В этом случае объекты РИУС разделяются на две группы по признаку наличия автономного контура регулирования. Архитектура верхнего уровня системы определяется экономическими характеристиками и преследует цель сокращения до минимально необходимого уровня обслуживающего персонала системы. За функции мониторинга и действий по устранению нештатных ситуаций в этом случае отвечает дежурный диспетчер,

для которого требуется создать максимально комфортные условия за счет максимальной автоматизации операций контроля параметров и состояния аппаратной составляющей системы (рис. 2).

Верхний уровень РИУС включает в себя две подсистемы: информационную РИУС -1 (рис. 2, а) и информационно-управляющую РИУС -2 (рис. 2, б), обслуживающую станции с контуром автономного регулирования.

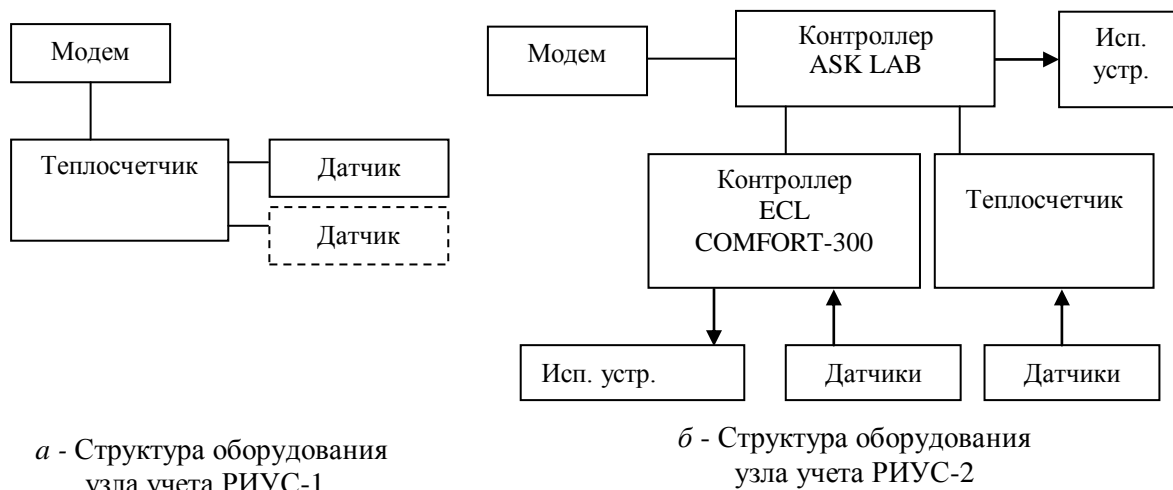


Рис. 2. Структуры оборудования узлов учета распределенных информационно-управляющих систем

С учетом опыта эксплуатации информационной системы КЛИВЕР использование которой для обеспечения функций мониторинга становится проблематичным при числе узлов порядка 100 с одного рабочего места, в концепцию РИУС заложено требование обеспечить возможность развития системы по числу контролируемых объектов до тысячи. Для реализации этого требования была выбрана база данных ORACLE и мультиплицированный модемный канал. Максимальное количество модемов – восемь, но в настоящее время используется только четыре. Подсистема РИУС-2 обеспечивает возможность дистанционного съема показаний датчиков контроллеров нижнего уровня ECL COMFORT-300, дистанционного изменения параметров регулирования тепловых режимов, а также ручного управления исполнительными механизмами узла теплоснабжения с АРМ инженера. В такую подсистему входит 10 телефонных станций, каждая из которых оснащена теплосчетчиком СПТ-942, контроллером ECL COMFORT-300 и специализированным контроллером ASK Lab. Информационный обмен с верхним уровнем системы осуществляется по унифицированному протоколу ASK Bus 3.1.

Постановка задачи исследования коммуникационной среды

Одна из ключевых задач, для решения которой создавалась РИУС, – мониторинг режимов теплоснабжения зданий телефонных станций с целью предупреждения выхода из строя телекоммуникационного оборудования, обеспечивающего жизнедеятельность крупного мегаполиса. В соответствии с принятой в настоящее время технологией обслуживания зданий и сооружений требуется обеспечить автоматический съем показаний с датчиков с периодом 1 час при общем количестве контролируемых узлов порядка 100. В каждом узле имеется от 6 до 12 датчиков, подключенных к теплосчетчику и контроллеру нижнего уровня. Съем данных осуществляется по коммутируемым линиям общего пользования с использованием стандартных модемов для коммутируемых линий. Функции реагирования на возникающие нештатные ситуации возлагаются на оператора системы. Для объектов, подключенных к подсистеме РИУС-2, АРМ инженера обеспечивает возможность реагирования на ряд нештатных и аварийных режимов в режиме ручного управления.

Второй по важности задачей являлось создание эффективной по затратам на ее эксплуатацию системы коммерческого учета. Эффективность системы обеспечивалась возможностью дистанционного съема архивных данных с теплосчетчиков посредством модемной связи. Это обеспечивает оперативность и существенную экономию транспортных затрат, так как радиус системы измеряется несколькими десятками километров. Сбор данных для системы коммерческого учета ведется в соответствии с собственным расписанием. Типовой

является задача съема суточных архивов с периодом 24 часа. Описанные выше режимы имеют циклический характер. Вместе с тем, ряд режимов в системе имеют асинхронный характер, так как должна обеспечиваться возможность ручного опроса оборудования конкретной станции по команде с АРМ диспетчера и задания параметров регулирования теплового режима с АРМ инженера. Это, в свою очередь, предполагает наличие в системе запаса по производительности коммуникационной составляющей. При заданной архитектуре верхнего уровня системы для решения описанных выше задач имеется возможность варьировать

количество модемов, что подразумевает необходимость разработки специализированных дисциплин диспетчеризации, обеспечивающих возможность реализации многоуровневого расписания в условиях неопределенности поведения канала связи.

Эта неопределенность связана с рядом обстоятельств, таких как:

- многовариантность путей доставки информации от приборов учета на АРМ оператора системы;
- различия в длительности опроса узлов, оборудованных разными типами учетного оборудования, из-за различий в используемых протоколах обмена данными;
- зависимость надежности передачи данных от времени суток и погодных условий.

Следует также отметить существенную разнородность использованного в системе оборудования, что является характерной чертой крупномасштабных систем, создаваемых поэтапно. Поэтому, многообразие типов используемого оборудования, сложный характер его поведения в реальных условиях эксплуатации, сложная дисциплина обслуживания не позволяют свести задачу разработки специализированной подсистемы диспетчеризации к решению известных задач теории расписаний. Наиболее общим подходом для решения прикладных задач системного анализа для такого класса задач является применение методов имитационного моделирования. Применение этого класса методов требует наличия моделей поведения компонента системы, что диктует необходимость проведения экспериментального исследования характеристик коммуникационной среды и приборного оборудования. Фактически, это означает, что задача построения моделей поведения канала и аппаратной составляющей компоненты является ключевой с точки зрения возможности проведения системных исследований.

Результаты исследования коммуникационной среды

Для решения поставленной задачи реализован фрагмент РИУС, оснащенный подсистемой сбора информации о временных параметрах выполнения заданий опроса узлов учета. Эта информация использовалась при выборе параметров мультиплицированного модемного канала и разработке специализированного алгоритма диспетчеризации. Первоначально подсистема сбора данных рассматривалась как вспомогательная. Однако, как показала практика, она оказалась эффективным средством поддержки разработки, и в настоящее время используется в штатном режиме эксплуатации системы. Фиксация времени выполнения задания по каждому узлу не требует значительных ресурсов, что вместе с существенно возросшими возможностями современных персональных компьютеров, обеспечивает возможность сбора данных за весь отопительный сезон.

В ходе исследования в базе данных РИУС фиксировались данные о сеансах сбора информации: узел учета, тип опрашиваемого теплосчетчика, тип телефонной линии, с использованием которой произведена попытка сбора данных, длительность сеанса связи, результат сеанса. Функции регистрации этой информации были встроены в программное приложение, осуществляющее автоматический опрос контролируемых узлов. При неудаче съема данных с первой попытки производились повторные попытки опроса. Количество повторных попыток и интервалы между ними задавались оператором системы.

Фактически, в результате использования данного подхода к построению системы созданы предпосылки для использования адаптационных подсистем диспетчеризации, а сама база данных РИУС может использоваться для построения моделей, необходимых для проведения имитационного моделирования системы при решении конкретных прикладных задач системного анализа. Длительность установления соединения с узлом учета и чтения показаний теплосчетчиков при этом зависит от используемой линии, типа счетчика и информации, снимаемой со счетчика, которую можно разделить на текущую и архивную. Данные о текущем состоянии параметров системы теплоснабжения используются для отслеживания аварийных ситуаций на узлах учета. Архивные данные используются при составлении отчетной документации о потребленной тепловой энергии.

В рассматриваемый период при опросе теплосчетчиков использовались три телефонные линии, обеспечивающие съем текущей информации о теплопотреблении. При выполнении заданий на опрос объекта длительность выполнения съема данных с объекта обычно включала:

- длительность установления модемного соединения;
- длительность чтения всех значений заданных параметров с теплосчетчика согласно принятому протоколу обмена.

Использование этого интегрального показателя позволяло задавать параметры моделей контролируемых объектов при проведении имитационного моделирования системы стандартными средствами. При этом имеющаяся база экспериментальных данных обеспечивала получение детализированной информации, в т. ч. длительность установления модемного соединения и длительность выполнения запросов значений параметров теплосчетчиков.

Следует сказать, что доля успешных сеансов – это отношение числа успешных сеансов к общему количеству произведенных сеансов, с учетом всех проведенных попыток опроса для каждого задания. Успешным считается сеанс опроса, во время которого были получены все требуемые целевые данные. Рассчитывалось математическое ожидание и дисперсия длительности сеанса связи для успешных сеансов, причем доля успешных сеансов не всегда равна доле неуспешных. Эти две величины связаны через количество попыток выполнения заданий. Более высокий процент успешных сеансов соответствует выполнению задания за меньшее число попыток.

Наиболее существенные изменения длительности опроса узла связаны с типом установленного на нем теплосчетчика и типом опросной телефонной линии. На качество связи (долю успешных сеансов) также влияет тип модемов, между которыми устанавливается соединение. При проведении имитационного моделирования для получения вероятностной величины с заданной плотностью распределения используется ее функция распределения $f(y < Y)$ и генератор случайной величины x , равномерно распределенной в интервале $[0-1]$. При этом конкретное значение случайной величины получается в результате пересчета конкретной реализации x_1 в Y_1 с использованием функции эмпирического распределения. Так как проведение имитационного эксперимента невозможно без использования вычислительных средств, целесообразно использовать табличный способ описания эмпирических распределений. В этом случае для генерации последовательности случайных величин с заданной плотностью распределения используется тот или иной вид интерполяции, как правило, линейный.

База экспериментальных данных обеспечивает возможность построения и более детальных моделей, например по каждому типу запроса. Определение долевых точек распределений длительности опроса дает возможность оценить вероятностные характеристики функционирования системы учета при заданных значениях максимальных длительностей опроса узлов.

Пользовательские интерфейсы

Телефонные станции относятся к инфраструктурной составляющей города, и одной из главных функций системы является своевременное обнаружение возникающих на объектах нештатных ситуаций (НС). НС делятся на два класса: нарушение договорных условий по параметрам теплоносителя и нештатные ситуации с оборудованием (рис. 3).

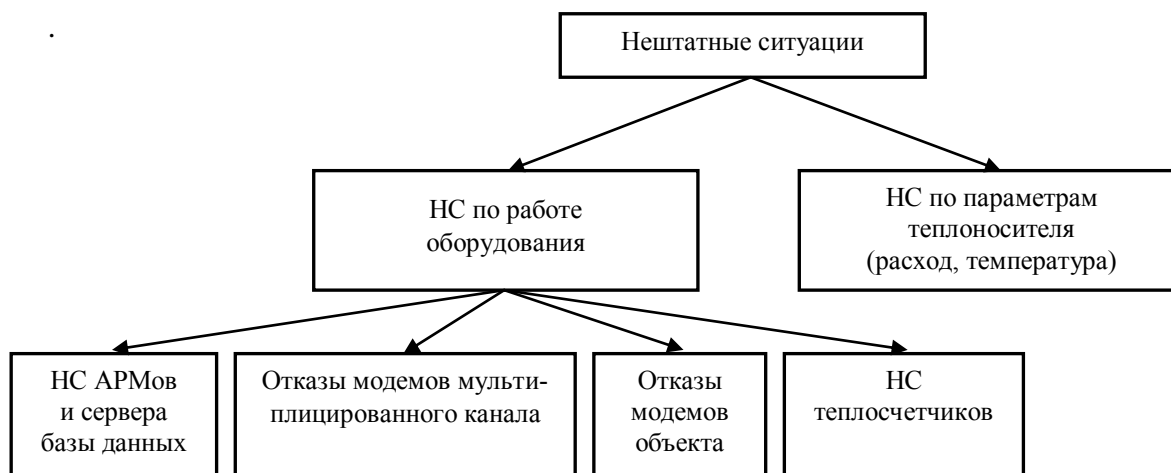


Рис. 3. Укрупненная классификация нештатных ситуаций

Основную проблему представляют нештатные ситуации с нарушениями условий поставки теплоносителя, так как в этом случае возможно нарушение теплового режима объекта. Причиной возникновения нештатных ситуаций этого класса могут быть как аварии на оборудовании теплосетей, так и выход параметров поставляемого теплоносителя за допустимые пределы. Однако обнаружение этих нештатных ситуаций возможно лишь при отсутствии НС с оборудованием. Сложившаяся к настоящему времени технология обслуживания предполагает круглосуточное дежурство диспетчера, который ответственен за принятие адекватных мер по устранению НС обоих классов. При этом устранение НС, отнесенных ко второму классу, осуществляется персоналом РИУС. В соответствии с принятой концепцией развитие системы направлено в сторону использования автоматического анализа ситуации в системе с целью уменьшения влияния человеческого фактора на вероятность пропуска НС.

Особенности систем описанного выше класса таковы, что диспетчер остается неотъемлемой частью контура управления. В силу этого для такого класса систем первостепенную роль играют удобные пользовательские интерфейсы.

Интерфейс АРМ диспетчера системы

В состав РИУС обычно входит АРМ автоматического опроса, обеспечивающее сбор показаний в циклическом режиме. Фактически этот интерфейс является наиболее употребляемым, и от его качества зависит удобство эксплуатации комплекса. На АРМ автоматического опроса, для отображения текущей ситуации в системе, были использованы байтовые адресно-временные карты (АТ-карты).

Для отображения состояния системы используется байтовая АТ-карта с системой координат: номера телефонной станции – квантованное время, за период, определяемый оператором АРМ. Оператор системы имеет возможность визуального контроля ситуации в

системе по крупномасштабной АТ-карте, мелкомасштабной АТ-карте, а также по одномерной шкале наличия нештатных ситуаций. Представление об этом способе отображения дает АРМ диспетчера системы РИУС в режиме автоматического опроса. В этом случае для отображения текущего состояния используется цвет, что позволяет оператору без лишнего напряжения контролировать ситуацию на объектах. Левое окно отображает все контролируемые объекты на заданном временном интервале. Правое окно позволяет получить детальную информацию о характере возникшей НС. Например, зеленый цвет прямоугольника означает, что опрос произведен по расписанию и нет НС, красный, что сеанс связи оказался неудачным, синий, что имеются нештатные ситуации на объекте и т.п.

Кроме этого, при подведении курсора на соответствующий прямоугольник, оператору выводится текстовая информация о типе НС на объекте. Интегральную ситуацию в системе без привязки ко времени отображает правый столбец в каждом из окон. В терминах АТ-формализма – это результат операции проецирования АТ-карты на ось адресов. Как показала практика, АТ-формализм представляет собой удобный аппарат описания пользовательских интерфейсов в многоканальных системах управления. Кроме этого, он обеспечивает возможность компактного описания алгоритма обработки АТ-карты текущей ситуации в системе с целью обнаружения НС, что иллюстрируется таблицей. Соответственно, открывается возможность развития системы по пути настраиваемого (открытого) пользовательского интерфейса как с точки зрения отображения динамической ситуации в системе, так и с точки зрения алгоритмов обнаружения НС.

$\max_i [\perp A]AT = a \geq a_{HCmin}$	Наличие НС хотя бы на одном объекте;
$\max_i [\perp A][t1/t2]AT = a \geq a_{HCmin}$ a2 a1	Наличие НС хотя бы на одном объекте из [a1; a2] за интервал времени [t1; t2];
$\max_i [\perp A][t1/t2]AT = a \geq a_{HCcrit}$	Наличие критической НС хотя бы на одном объекте за интервал времени [t1; t2];
где $a_{GOOD} < a_{HCmin} < a_{HCcrit}$	

Интерфейс АРМ инженера

АРМ инженера обеспечивает возможность реализации ряда функций, которые переводят систему из класса информационных в класс информационно-управляющих систем. Одной из функций системы является обеспечение возможности принятия экстренных мер в случае возникновения аварийных ситуаций, например при возникновении угрозы замораживания станции из-за разрыва питающего трубопровода.

В этом случае осуществляется удаленное ручное управление работой теплосистемы с АРМ инженера. Ошибка оператора может привести к серьезным материальным потерям, так как такие действия по определению выполняются в экстремальной ситуации. Соответственно, возникает ряд проблем системного характера, связанных с необходимостью обеспечения контроля выполнения команд, а также авторизованного доступа к командам управления оборудованием.

На рис. 4 представлена структура экспериментального фрагмента управляющей подсистемы, в котором используется видеoinформация для контроля результатов выполнения команд оператора по управлению задвижками и клапаном слива. В исследованном варианте был использован четырехканальный IP-видеоконтроллер, обеспечивающий оцифровку, сжатие видеопотока, и его передачу по локальной сети на АРМ инженера. Для отработки вопросов системной интеграции при передаче изображений использовалась локальная сеть, в каче-

стве источников сигнала – три малогабаритные черно-белые камеры. Принимаемая с видеокамер информация отображалась на виртуальной панели АРМ инженера.

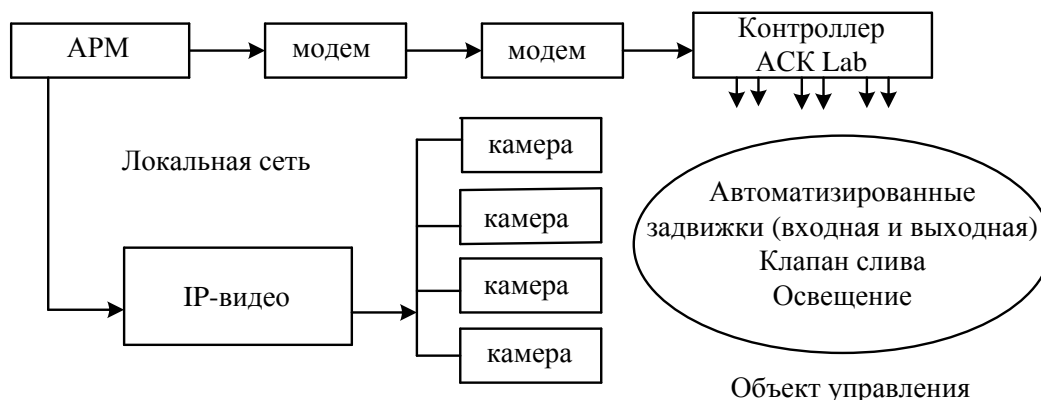


Рис. 4. Структура экспериментального фрагмента подсистемы РИУС-2

Программное обеспечение АРМ инженера обеспечивает широкий спектр возможностей для оператора по управлению режимами работы камер и режимами отображения видеoinформации на виртуальной панели. Контроллер ASK Lab обеспечивает возможность оперативного управления восемью каналами, для чего используется восемь виртуальных кнопок, отображаемых в правом нижнем углу рисунка. Для визуализации используется как мнемосхема объекта с отображением значений параметров, получаемых с датчиков, так и видеоизображение текущего состояния исполнительных механизмов

При проведении экспериментов выявилась необходимость обеспечить должный уровень освещенности контролируемых зон. Для этого был использован один из каналов управления контроллера ASK Lab, что обеспечило возможность оператору дистанционно управлять освещением. К настоящему времени проведен ряд экспериментов как по визуальному контролю за текущими положением задвижек, так и по визуальному способу съема показаний с манометров. При этом сжатый видеопоток передавался по 100-Мбитной локальной сети на АРМ инженера, так как эксперимент проводился в теплопункте здания, в котором размещается диспетчерский пункт. При отображении информации с одной контрольной точки оператору представлялась возможность отслеживать ситуацию на объекте в телевизионном режиме, т.е. 25 кадров в секунду. Следует отметить, что применяемый видеоконтроллер использует мультиплицированный видеовход, и при необходимости отображения двух и более точек возникают задержки, обусловленные тем, что минимальное время переключения между каналами составляет 250 – 300 мсек, что ограничивает качество видео. Таким образом, при передаче команд управления по одному из каналов оказалось целесообразным отслеживать их выполнение с помощью закрепленной за этим каналом камеры. Однако расжатие видеoinформации в реальном времени требует больших вычислительных затрат. Поэтому, в многоканальных системах с визуальным контролем требуется обеспечить ресурсоемкую обработку информации в реальном времени. При проектировании пультов управления для подобного рода систем необходимо наличие методов оценки параметров системы на ранних этапах разработки.

Этот метод АТ-моделирования позволяет оценивать влияние используемых программно-аппаратных средств на такие характеристики системы, как количество и параметры информационных каналов и каналов управления, обслуживаемых системой, реализуемость заданных параметров на определенном программно-аппаратном обеспечении и т.п. Также выполнен ряд поддерживающих экспериментов по использованию модемов для передачи сжатых видеоизображений по коммутируемым сетям общего пользования. Как показали проведенные эксперименты, имеется возможность передавать видеоизображение со скоростью

0.5-1 кадр/сек, что позволяет осуществлять мониторинг состояния объекта управления и результатов действий оператора с использованием видеоканала в реальном времени.

Проведенные эксперименты продемонстрировали состоятельность подобного подхода и открывают дорогу к широкому использованию визуального наблюдения состояния объектов управления в РИУС, реализованных на базе коммутируемых линий общего пользования. Одним из дополнительных аргументов в пользу предлагаемого решения является то, что в связи с развитием цифровых технологий аппаратная составляющая такого рода систем стремительно дешевеет.

Выводы

1. Реформа жилищно-коммунального хозяйства делает актуальной проблему, связанную с распределенными информационно-управляющими системами (РИУС), предназначенными для управления объектами жизнеобеспечения городского хозяйства.

2. В настоящее время ведется выбор каналов связи для сбора информации с объектов и передачи команд управления, архитектурных и аппаратных решений нижнего уровня.

3. Объекты РИУС разделяются на две группы по признаку наличия автономного контура регулирования.

4. Подсистемы РИУС обеспечивают возможность дистанционного съема показаний датчиков контроллеров нижнего уровня, дистанционного изменения параметров регулирования тепловых режимов, ручного управления исполнительными механизмами для теплоснабжения с АРМ инженера.

5. Для объектов, подключенных к подсистемам РИУС, АРМ инженера обеспечивает возможность реагировать на ряд нештатных и аварийных режимов в режиме ручного управления.

6. Наиболее существенные изменения длительности опроса узла теплоснабжения связаны с типом установленного на нем теплосчетчика и типом опросной телефонной линии.

7. В состав РИУС входит АРМ автоматического опроса, обеспечивающее сбор показаний в циклическом режиме.

8. АРМ инженера обеспечивает возможность реализации ряда функций, которые переводят систему из класса информационных в класс информационно-управляющих систем.

Список литературы: 1. *Miroshnik, M.A.* Application of software complex for query processing in the database management system with a view of dispatching problem solving in Grid systems. / Kotukh V.G., Selevko S.N. // Telecommunications and radio engineering. – 2013. – Vol.27, № 10. – P. 875-891. 2. *Мирошник, М.А.* Синтез распределенных компьютерных сред на базе компьютерных сетей / М.А. Мирошник // Системи обробки інформації. – 2013 – №7 (114). – С.86-89. 3. *Miroshnik, M.A.* Uses of programmable logic integrated circuits for implementations of data encryption standard and its experimental linear cryptanalysis / Miroshnik M.A. Kovalenko M.A. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2013. – №6. – С.36-45. 4. *Мирошник, М.А.* Размещение подзадач в распределенных вычислительных системах кластерно-метакомпьютерного типа / М.А. Мирошник, Клименко Л.А. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014. – №4. – С.71-77. 5. *Мирошник, М.А.* Методы защиты информации в распределенных компьютерных сетях / М.А. Мирошник // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014. – №5. – С.66-70. 6. *Мирошник, М.А.* Проектирование распределенных вычислительных систем на базе компьютерных сетей / М.А. Мирошник // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014. – №6. – С.3-7. 7. *Пахомов, Ю.В.* Технологическая концепция создания АСУ ТП для объектов энергоснабжения на базе цифровых распределенных систем / М.А. Мирошник, В.Г. Котух, Ю.В. Пахомов // Радиотехника. – 2014. – Вып. 179. – С. 131-137.

*Харьковский национальный университет
городского хозяйства имени А.Н. Бекетова*

Поступила в редколлегию 15.07.2015