ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Іванісенка Ігора Миколайовича

на тему: « Методи балансування навантаження у розподілених системах з урахуванням самоподібних властивостей вхідних потоків», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ.

Трафік сучасних глобальних інформаційно-комунікаційних мереж виявляє експоненціальне зростання, в телекомунікаційних системах відбуваються значні структурні зміни, все більш відчутними стають погано передбачувані коливання навантажень. Однак відсутність вбудованих механізмів інжинірингу трафіку ставить питання про необхідність розробки методів, що дозволяють більш ефективно використовувати можливості наявної мережевої інфраструктури, але які не потребують зміни основ функціонування глобальної мережі. Одним з найбільш перспективних варіантів вирішення зазначених проблем на сьогоднішній день є динамічні механізми балансування трафіку, що викликають значний інтерес наукової спільноти.

Численні експериментальні дослідження, проведені в останні десятиліття свідчать, що трафік в інфокомунікаційних системах має самоподібні властивості, що викликає значні затримки і втрати пакетів даних. Застосування методів балансування трафіку, які спрямовані на урахування самоподібності і реагують на зміни мережевих навантажень в режимі, близькому до реального часу, дозволить позбутися від недоліків, властивих існуючим мережам.

Все це обумовлює необхідність вирішення актуальної науково-практичної задачі розробки методів балансування навантаження, які враховують властивості самоподібності трафіка і використання ресурсів кожного вузла та всієї розподіленої системи.

Про актуальність теми досліджень свідчить також те, що дисертаційна

ХНУРЕ
Вхідний № 01/27-1596
30 - 11 2017 р.

робота виконувалася відповідно до плану науково-технічних робіт Харківського національного університету радіоелектроніки в рамках держбюджетної теми «Розробка та дослідження застосування GRID-порталу харківського ресурсно-операційного GRID-центру», договору №08-22 (08.04.07-27.06.08) і №08-22/9 (01.07.08-30.09.08) між ХНУРЕ і «ІПСА» НТУУ «КПІ» на підставі Договору «ІПСА» НТУУ «КПІ» з Міністерством освіти і науки України №ІТ/506-2013, Державної програми «Інформаційні та телекомунікаційні технології в освіті і науці» на 2006-2013 роки (№ДР 0108U008261).

Таким чином, актуальність дисертаційної роботи не визиває сумніву.

СТРУКТУРА, ЗАДАЧІ ТА КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Робота складається з анотацій, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох основних розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Метою роботи є розробка модифікованих методів балансування навантаження в розподілених системах, які враховують фрактальні властивості трафіку і дозволяють забезпечити високий рівень якості обслуговування.

Для досягнення поставленої мети в роботі були вирішені такі задачі: проведено аналіз методів балансування навантаження в розподілених системах і впливу фрактальних властивостей трафіку на якість обслуговування в мережах; удосконалено метод розрахунку дисбалансу завантаження ресурсів розподіленої системи для різних класів обслуговування вхідного трафіку; за допомогою імітаційного моделювання досліджено вплив фрактальних властивостей трафіку на показники якості обслуговування в мережі; удосконалено модель балансування навантаження розподіленої системи, з урахуванням мультифрактальних характеристик вхідних потоків; запропоновано метод балансування, який враховує мультифрактальні властивості трафіку; проведено імітаційне моделювання запропонованих методів балансування навантаження.

У **першому розділі** дисертації розглянуто основні поняття балансування

навантаження в розподіленій комп'ютерній мережі. Визначено основні властивості найбільш затребуваних алгоритмів балансування навантаження. Наведена їх класифікація, виділені основні показники продуктивності. Розглянуто основні поняття і властивості телекомунікаційного мережного трафіку, що має самоподібні та мультифрактальні властивості. Показано, що розробка методів балансування фрактальними інформаційними потоками, які дозволяють забезпечити високий рівень якості обслуговування в комп'ютерних мережах, є актуальним завданням. На основі аналізу сформульовані завдання дисертаційних досліджень.

У **другому розділі** показано, що балансування навантаження використовується як метод забезпечення QoS для оптимізації використання ресурсів, скорочення часу обслуговування запитів та забезпечення відмовостійкості. Розглянуто основні методи апаратного та програмного балансування навантаження на різних рівнях мережевої моделі OSI, проведено аналіз їх переваг та недоліків.

Однією з основних задач балансування навантаження є зменшення дисбалансу, тобто ступіню рівномірності розподілу навантаження між серверами. В роботі отримав подальший розвиток метод розрахунку дисбалансу ресурсів розподіленої системи, який на відміну від існуючих включає в себе комплексний вимір загального рівня дисбалансу системи і враховує вагові коефіцієнти ресурсів серверів, що дозволяє рівномірно розподіляти навантаження в неоднорідній системі

У **третьому розділі** удосконалено математичну модель системи балансування навантаження, яка дозволяє описувати поведінку розподіленої мережі в часі для різних класів обслуговування вхідного трафіка, при заданих обмеженнях на час очікування пакета в черзі і кількість втрачених пакетів. Також модель ураховує мультифрактальні характеристики вхідних потоків. Проведено дослідження зміни фрактальних властивостей для адитивних інформаційних потоків у випадках, коли хоча б один з сумованих потоків має самоподібні або мультифрактальні властивості. Результати дослідження

дозволяють визначати характеристики фрактального трафіку при мультиплексуванні потоків даних в комп'ютерній мережі.

У **четвертому розділі** запропоновано динамічний метод розподілу навантаження, який враховує мультифрактальні властивості трафіка і задані обмеження на час очікування і кількість втрачених пакетів. Проведено імітаційне моделювання роботи запропонованого методу на основі програмного продукту, написаного на мові Python. За допомогою імітаційного моделювання виконано порівняння показників якості обслуговування мережі для найбільш затребуваних алгоритмів балансування навантаження. Результати проведених чисельних експериментів були реалізовані у реальній корпоративній мережі та принесли покращення якості обслуговування і зменшення втрат даних.

Наведені у **висновках** результати досить повно відображають суть дисертаційної роботи і мають практичне втілення.

НАУКОВА НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТІВ, ЩО ОТРИМАНІ У ДИСЕРТАЦІЙНІЙ РОБОТІ

Аналіз дисертаційної роботи дозволяє зробити висновок, що автором у процесі досліджень отримані такі нові основні результати:

– Удосконалено модель балансування навантаження розподіленої системи. На відміну від існуючих модель враховує самоподібні властивості вхідних потоків і дозволяє описувати поведінку розподіленої мережі в часі для різних класів обслуговування вхідного трафіка, при заданих обмеженнях на час очікування пакета в черзі і кількість втрачених пакетів.

– Одержав подальший розвиток метод розрахунку дисбалансу ресурсів розподіленої системи, який на відміну від існуючих включає в себе комплексний вимір загального рівня дисбалансу системи та враховує вагові коефіцієнти ресурсів серверів. Метод дозволяє обчислити дисбаланс всіх серверів системи й ефективність використання ресурсів системи, що надає можливість рівномірно розподіляти навантаження в неоднорідній системі.

– Вперше запропоновано метод балансування навантаження, розроблений на основі математичної моделі системи балансування навантаження, який на відміну від існуючих, враховує мультифрактальні властивості адитивного трафіку і розрахунок дисбалансу ресурсів розподіленої системи. Це дозволяє підвищити ступінь використання ресурсів системи за рахунок спрямування найбільш критичних інформаційних потоків на менш завантажені альтернативні ресурси.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Результати роботи можуть бути використані при розробці алгоритмів функціонування вузлів інфокомунікаційного обладнання з метою підвищення якості обслуговування і ефективності обробки трафіку, що має властивістю самоподібності. Розроблений метод балансування дозволяє забезпечити задану якість послуг і підвищити ефективність використання обладнання та каналів передачі в умовах навантаження, що має самоподібні властивості. Застосування розробленого методу розрахунку дисбалансу ресурсів розподіленої системи дозволяє проаналізувати можливість максимально ефективного використання ресурсів інфокомунікаційної мережі.

Результати проведених чисельних експериментів були реалізовані у реальній корпоративній мережі, впроваджені та використовуються у компанії «Ипра софт», що підтверджується відповідним актом впровадження. Також результати дисертаційної роботи впроваджені в навчальний процес кафедри електронних обчислювальних машин ХНУРЕ.

ОБҐРУНТОВАНІСТЬ ТА ДОСТОВІРНІСТЬ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується коректним застосуванням методів фрактального і статистичного аналізів при обробці експериментальних даних; методів теорії графів та оптимізації для побудови математичної моделі балансування

навантаження та методу розрахунку дисбалансу ресурсів розподіленої системи; імітаційного моделювання для розробки методів балансування самоподібного навантаження, перевірки запропонованих моделей і вироблення практичних рекомендацій.

Подальша перевірка теоретичних результатів шляхом імітаційного моделювання продемонструвала високий ступінь їх збіжності з результатами обчислювальних експериментів. Достовірність отриманих результатів підтверджується також впровадженням результатів дисертаційної роботи.

Обгрунтованість та оприлюдненість наукових результатів роботи підтверджено достатньою кількістю публікацій у фахових виданнях та виступів на наукових конференціях національного та міжнародного рівня. Основні результати дослідження досить повно опубліковані в спеціалізованих виданнях, широко апробовані на наукових конференціях і семінарах (29 роботах: з них 6 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук, 3 статті - в міжнародних наукових журналах за кордоном та 20 матеріалів і тез доповідей конференцій (з них 6 входить до наукометричної бази Scopus).

НЕДОЛІКИ ТА ЗАУВАЖЕННЯ ЩОДО РОБОТИ.

1. У першому розділі не досить повно представлено методи розрахунку рівня дисбалансу в розподілених системах та практичне застосування, що було запропоновано іншими вченими, і відповідно не повною мірою розкрито переваги і недоліки методу, запропонованого автором.

2. При описі методу розрахунку дісбалансу розподіленої системи не зрозуміло, яким чином вибираються вагові коефіцієнти параметрів системи (формула 2.12). Також не описано стан системи і якість обслуговування для різних значень вагових коефіцієнтів.

3. Другий розділ перевантажений описом методів балансування навантаження в розподілених системах.

4. У третьому розділі при вивченні властивостей мультиплексованих інформаційних потоків були досліджені тільки модельні фрактальні реалізації.

Було б доцільним провести дослідження адитивних реалізацій реальних трафіків різних типів та порівняти отримані результати.

5. У четвертому розділі в описі експерименту не в повній мірі розкрито процес зняття даних і місце їх зняття в комп'ютерній мережі. Також не проведено порівняльний аналіз результатів тестування методів для різних типів трафіку та різної конфігурації мережі.

6. Текст дисертаційної роботи і автореферату має деякі стилістичні та орфографічні некоректності.

Проте, надані зауваження не впливають суттєво на загальну характеристику дисертаційної роботи, не зменшують її актуальність, наукову цінність та практичну значущість.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Розглянувши дисертаційну роботу Іванісенка Ігора Миколайовича «Методи балансування навантаження у розподілених системах з урахуванням самоподібних властивостей вхідних потоків», автореферат, опубліковані наукові праці та додаткові матеріали, можна зробити такі висновки:

– дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти;

– тематична спрямованість роботи є актуальною, суспільно корисною й перспективною у плані продовження розпочатих досліджень;

– зміст автореферату відповідає основним положенням дисертаційної роботи;

– дисертація є цілісною, завершеною, оригінальною, самостійною кваліфікаційною науковою працею.

Вважаю, що дисертаційна робота є завершеною науково-дослідницькою роботою, в якій отримано нові науково обгрунтовані результати, що в сукупності вирішують актуальну наукову-технічну задачу розробки методів балансування навантаження, які враховують властивості самоподібності

трафіка і використання ресурсів кожного вузла та всієї розподіленої системи, та відповідає вимогам п. п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», які висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор, Іванісенко Ігор Миколайович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент
доктор технічних наук, професор
Мірошник Марина Анатоліївна,
Український державний університет
залізничного транспорту,
професор кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем

Підпис проф. Мірошник М.А. засвідчую:

Вчений секретар _____ / Жученко О.С./

«_____» _____ 2017 р.