

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Федевич Ольги Юріївни «Інформаційна технологія аналізу та прогнозування трафіку в комп'ютерних мережах»**, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

Актуальність теми дисертації

Комп'ютерні мережі на сьогодні широко використовуються у всіх сферах людської діяльності, а динаміка процесу їх проникнення вказує на те, що процес їхнього розширення з часом лише зростатиме. Згідно прогнозів, об'єми трафіку також стрімко зростатимуть. Відповідно, одним з пріоритетних завдань є забезпечення належної якості роботи різноманітного мережного обладнання комп'ютерних мереж. Традиційні підходи теорії комп'ютерних мереж базуються на ідеї того, що вхідні потоки фактично є суперпозицією великої кількості незалежних потоків. Однак фізична природа трафіку в сучасних комп'ютерних та телекомунікаційних мережах має іншу структуру, яка не дає змоги використовувати при моделюванні його поведінки стандартні методи, які базуються на марковських моделях. Ці моделі або не враховують, або слабо враховують ефект пульсацій трафіку, тобто того факту, що трафік сам по собі містить певну кількість достатньо сильних коливань на фоні загального низького середнього рівня трафіку. Це явище спричиняє збільшення втрат інформації, затримок передавання даних при проходженні такого трафіку через комп'ютерну мережу. Враховуючи вищезазначене, виникає важливе практичне завдання розроблення моделей та методів прогнозування та перерозподілу трафіку з метою зменшення часових затримок передавання даних.

Сучасні методи підвищення ефективності роботи мережного обладнання спрямовані на оптимізацію роботи одного чи кількох параметрів на апаратному рівні, зокрема, при цьому не у повній мірі використовуючи можливості адаптивного управління на рівні програмного забезпечення такого обладнання. Окрім цього методи прогнозування трендів трафіку в комп'ютерних мережах в переважній більшості випадків не враховують вплив на свою роботу таких параметрів мережі як її завантаженість чи динаміка зміни завантаженості. Тому важливим є вдосконалення існуючих чи створення нових методів та моделей для прогнозування інтенсивності трафіку (зокрема в конкретно взятому мережному обладнанні), які б дозволили враховувати завантаженість, динаміку зміни завантаженості мережі, тощо.

Враховуючи ці міркування вважаю, що тема дисертаційної роботи Федевич О.Ю., яка присвячена створенню інформаційної технології аналізу та прогнозування трафіку в комп'ютерних мережах, що забезпечить підвищення ефективності функціонування мережного обладнання за рахунок зниження часових затримок передавання даних, є актуальною як в теоретичному, так і в прикладному аспекті.

Зв'язок роботи із науковими програмами, темами

Дисертаційна робота пов'язана з планами науково-дослідної та навчальної роботи інституту комп'ютерних наук та інформаційних технологій Національного університету «Львівська політехніка». Дисертація відповідає науковому напрямку кафедри автоматизованих систем управління «Методи, моделі та компоненти інформаційних управляючих систем і технологій». Безпосередньо пов'язана з планами наукових досліджень, які виконувалися в межах держбюджетних науково-дослідних робіт на кафедрі автоматизованих систем управління: «Технологія підвищення графічного рівня захищеності друкованих та електронних документів» (ДР 0115U004704), «Інтелектуальні інформаційні технології багаторівневого управління енергоефективністю регіону» (ДР 0117U1004450) та спільного україно-австрійського науково-дослідного проекту «Моделювання трафіку та телекомунікаційних мереж» (ДР 0117U001612).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність

Запропоновані у дисертаційній роботі підходи та методи створення нових та вдосконалення існуючих методів та моделей та інформаційних технологій для аналізу та прогнозування трафіку обґрунтовані з наукової та технічної точок зору. Обґрунтованість одержаних висновків і результатів дисертаційної роботи базується на коректному використанні методів системного аналізу, об'єктно-орієнтованого проектування, імітаційного моделювання та статистичних методів обробки даних, та інших. Припущення, покладені в основу досліджень, є коректні і не суперечать особливостям предметної області.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, що сформульовані в дисертаційній роботі підтверджується низкою експериментальних досліджень розроблених методів і моделей, апробацією результатів та впроваджень.

Наукова новизна отриманих результатів

Основні наукові результати, що одержані особисто здобувачем:

1. Вперше розроблено предметно-орієнтовану математичну модель трафіку, яка, на відміну від відомих, побудована на основі диференціальних рівнянь коливного руху з одним ступенем вільності, що забезпечує підвищення вірогідності результатів моделювання.
2. Вперше розроблено метод короткострокового прогнозування інтенсивності трафіку, який за рахунок використання математичного апарату теорії Атеб-функцій підвищує точність прогнозу значень трафіку.
3. Вдосконалено метод маршрутизації трафіку у мережному обладнанні, який ґрунтується на прогнозуванні інтенсивностей завантаження маршрутів та, використовуючи існуючу інформацію про маршрути, забезпечує їх корекцію та зменшує інтенсивність навантаження буфера мережного обладнання.
4. Отримав подальший розвиток метод перерозподілу трафіку, який за рахунок прогнозування інтенсивностей пульсацій потоку даних, забезпечує мінімізацію джиттера трафіку комп'ютерної мережі.

Практичне значення та ефективність результатів дисертаційних досліджень

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у тому, що її результати у вигляді інформаційної технології аналізу та прогнозування трафіку були використані у Інституті теоретичної та прикладної інформатики Польської академії наук в рамках дослідження та обробки трафіку цього Інституту з метою підвищення ефективності використання мережного обладнання та в ПП «Цифрові технології». Середню часову затримку передавання пакетів з даними було знижено приблизно на 14–15% шляхом обслуговування пакетів в умовах прогнозованого перевантаження мережного обладнання. Розроблені методи короткострокового прогнозування та перерозподілу трафіку дають змогу знизити інтенсивність завантаження мережного обладнання в комп'ютерних мережах в умовах виникнення значних пульсацій трафіку.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях, апробація роботи

Аналіз сукупності наукових результатів дисертаційної роботи Федевич О.Ю., дає змогу зробити висновок про їх цілісність і засвідчує особистий внесок автора в науку щодо розроблення моделей та методів прогнозування та перерозподілу трафіку з метою зменшення часових затримок передавання даних.

Основні положення та результати дисертаційного дослідження викладено в 16 наукових працях, наведених в авторефераті, серед них 4 статті у зарубіжних журналах, які включено до міжнародних наукометричних баз (Scopus), 5 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук (з них 4 включено до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus)); 5 публікацій у збірниках праць міжнародних конференцій, а також 1 патент на корисну модель та 1 свідоцтво про авторське право на комп'ютерну програму).

Опубліковані роботи в повній мірі охоплюють основні результати дисертаційних досліджень.

Оцінка основного змісту дисертації та її структури

Дисертаційна робота є завершеною науково-дослідною роботою, написана зрозуміло і грамотно, науково-технічна література використовується коректно. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. В додатках є документи, які підтверджують практичне впровадження наукових розробок здобувача. Оформлення дисертації відповідає основним вимогам щодо оформлення дисертацій.

У першому розділі проаналізовано теперішній стан та майбутній розвиток комп'ютерних мереж. Проведено дослідження існуючих методик та інструментарію інформаційних технологій, що використовуються для прогнозування трафіку в комп'ютерних мережах на сьогоднішній день провідними науковцями світу, виділено їх основні переваги та недоліки. За результатами проведеного аналізу визначено перелік завдань і наукових досліджень, які потрібно виконати для розв'язання наукової задачі, сформульованої у дисертаційній роботі.

У другому розділі дисертації досліджено застосування методу усереднення Боголюбова-Митропольського, а також математичний апарат Атеб-функцій, та показано застосування функцій для вирішення різнопланових задач. Розроблено модель потокового трафіку в комп'ютерних мережах на основі нелінійних диференціальних рівнянь коливного руху з одним ступенем вільності, розв'язання яких побудовано за допомогою асимптотичного методу Боголюбова-Митропольського. Показано, що розв'язок виражається через Атеб-функції. Малі збурення змодельовано за допомогою функцій Дірака із застосуванням малого параметра, випадкових за появою в часі.

У третьому розділі реалізовано моделювання збурень на основі Атеб-функцій, розроблено метод короткострокового прогнозування інтенсивності потокового трафіку з різними параметрами, показано розроблене автором удосконалення методу маршрутизації потоків трафіку в каналах обміну даними

з метою покращання роботи комп'ютерної мережі. Подано опис розробленого програмного забезпечення для інформаційної технології, показано різноманітні функціональні можливості цього ПЗ, наведено схему застосування інформаційної технології аналізу та прогнозування трафіку.

У *четвертому розділі* наведені результати визначення параметрів завантаженості комп'ютерної мережі шляхом комп'ютерного імітаційного моделювання комп'ютерної мережі для демонстрації того, як впливає застосування методів розробленої інформаційної технології на роботу мережного обладнання комп'ютерної мережі. Проведено детальний аналіз середовищ імітаційного моделювання, показано їхні переваги та недоліки, обґрунтовано вибір середовища для проведення експериментів. Показано, що розроблені методи дають змогу зменшити затримки передавання пакетів з даними, а саме середню затримку передавання пакетів з даними на 12-14% та максимальну затримку передавання пакетів з даними на 14-19%. Також розроблено структурно-функціональну модель інформаційної технології.

Висновки по роботі сформульовані чітко, вони повністю висвітлюють отримані в роботі результати. За своїм рівнем висновки відповідають вимогам, які висуваються до результатів кандидатської дисертації.

Список літератури є інформативним, достатньо повно охоплює предметну галузь та відображає опрацювання автором значної кількості іноземних джерел.

Відповідність дисертації та автореферату встановленим вимогам

За своєю структурою, об'ємом і оформленням дисертація та автореферат цілком відповідають вимогам, встановленим до кандидатських дисертацій, зокрема пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів». Автореферат за змістом ідентичний основним положенням, що викладені в дисертації, та не містить інформації, яка не відображена в самій роботі. Стиль викладу матеріалів досліджень, наукових положень і рекомендацій забезпечує їх адекватне і належне сприйняття. Наукова новизна відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології, зокрема п.8 «Побудова інформаційних технологій для ефективного розроблення програмного забезпечення комп'ютерних мереж і систем розподіленої обробки даних» та п.9 «Створення інформаційних технологій для розроблення моделей і методів контролю, класифікації, кодування та забезпечення достовірності інформації, а також для математичного моделювання похибок у трактах обміну даними в інформаційних телекомунікаційних мережах».

Загальна оцінка роботи

Дисертаційна робота та автореферат написані грамотно, послідовно, коректно та мають завершену логічну структуру. Поставлену автором мету досягнуто, сформульовані задачі вирішено, а висновки повністю відображають основний зміст роботи.

Недоліки та зауваження:

1. У розділі 1 недостатньо уваги приділено аналізу існуючих інформаційних технологій та методів прогнозування трафіку, наприклад, як самоподібного процесу та не вказані переваги математичної моделі опису трафіку на підставі дифузійних рівнянь.
2. Прогнозування ступеня завантаження мережного обладнання є складною технологічною задачею, яка характеризується не лише такими технічними параметрами як затримка, джитер, пропускна спроможність, тому доцільно було би враховувати пропускну спроможність мережного обладнання перед здійсненням прогнозування.
3. В розділі 2 розроблено модель трафіку комп'ютерних мереж на основі нелінійних диференціальних рівнянь коливного руху, незбурений розв'язок яких виражається через Атеб-функції. Проте параметри малих збурень трафіку моделі, випадкових за появою в часі не вказані. Тому адекватність даної моделі в мережах мобільного зв'язку викликає сумніви.
4. В третьому розділі запропоновано новий метод маршрутизації трафіку на основі врахування параметрів створеної моделі. Доцільно було б вирізнити його переваги в порівнянні з величезною кількістю існуючих протоколів маршрутизації, або підтвердити переваги шляхом моделювання.
5. У п. 4.4. «Характеристика програмного забезпечення для комп'ютерного імітаційного моделювання роботи мережі» не вказані переваги для вибору симулятора OMNeT++ для верифікації розробленої імітаційної моделі комп'ютерної мережі.
6. В дисертації автор не завжди достатньо повно наводить опис отриманих результатів, наприклад, при описі рис. 4.21-4.22, що ілюструють порівняння роботи двох методів прогнозування, не вказано абсолютне значення затримки, а при описах рис. 4.27-4.28 не вказано метод вимірювання джитера та тип мережного обладнання.

Вказані зауваження не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

1. Дисертаційна робота Федевич Ольги Юріївни на тему «Інформаційна технологія аналізу та прогнозування трафіку в комп'ютерних мережах» є завершеною науковою працею, яка розв'язує актуальне наукове завдання розроблення моделей та методів прогнозування та перерозподілу трафіку з метою зменшення часових затримок передавання даних і відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології.

2. Автореферат повністю відповідає змісту дисертації й описує суть одержаних результатів та висновків у дисертаційній роботі і оформлений згідно з вимогами.

3. З огляду на актуальність теми дисертації і науково-практичними результатами та врахування у дисертаційній роботі вимог пунктів 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», вважаю, що її автор Федевич Ольга Юріївна заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Офіційний опонент,
професор кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Української академії друкарства МОН України,
доктор технічних наук, професор



О. В. Тимченко

Підпис проф. Тимченка О.В. засвідчую
Проректор з НР УАД
к.т.н., доцент



В.З. Маїк