

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента
ЛАВДАНСЬКОГО АРТЕМА ОЛЕКСАНДРОВИЧА
на дисертацію ДРЕЄВОЇ ГАННИ МИКОЛАЇВНИ
«Моделі та методи аналізу та маршрутизації фракталоподібного трафіку
у комп'ютерних мережах»,
яку подано на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія
галузь знань 12 Інформаційні технології

1. Актуальність теми дослідження.

Актуальність дослідження Дреєвої Г.М. зумовлена постійним збільшенням навантаження на сучасні комп'ютерні мережі внаслідок всезростаючої їх ролі у всіх сферах діяльності людини та необхідністю забезпечення високої якості надання послуг користувачам, навіть, при пікових навантаженнях на мережу. Адже повністю усунути ймовірність пікових навантажень на комп'ютерні мережі, як і на будь-які системи масового обслуговування, за рахунок постійного їх масштабування не є можливим – тож необхідно боротися з наслідками перевантажень, коли вони трапляються.

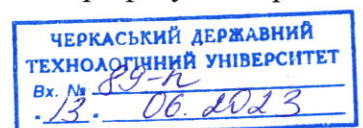
Одним зі шляхів підвищення якості обслуговування у комп'ютерних мережах є зменшення кількості втрачених IP-пакетів. Втрата мережевих пакетів при пікових навантаженнях на комп'ютерну мережу відбувається внаслідок того, що черги маршрутизаторів переповнюються, і вони відкидають пакети, які не можуть помістити у чергу. На різні протоколи транспортного рівня втрата пакетів може впливати по-різному, зокрема, при використанні протоколу UDP буде падати якість та надійність передачі даних, а при використанні протоколу TCP буде знижуватися швидкість передачі даних при невеликих значеннях втрат пакетів, а при великих втратах пакетів буде знижуватися і швидкість, і якість роботи мережі.

Тому важливою науково-практичною задачею, яка вирішується у роботі, є підвищення якості обслуговування у комп'ютерних мережах під час високої інтенсивності мережевого трафіку та пікових навантаженнях на маршрутизатори шляхом зменшення кількості втрачених мережевих пакетів.

2. Наукова новизна одержаних результатів.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у наступному:

– удосконалено математичну модель мережевого фракталоподібного трафіку, яка відрізняється від відомих представленням трафіку на рівні



“пакет є” – “пакету немає” на вході маршрутизатора та запропонованими ланцюгами Маркова, які описують ймовірності станів генератора трафіку як стохастичного скінченного автомата, що дозволило одержати рівняння для імітаційного моделювання фрактального та мультифрактального трафіку. На основі запропонованої математичної моделі розроблено метод генерації мережевого фрактального трафіку, який відрізняється від відомих можливістю налаштовувати фрактальну розмірність та інтенсивність трафіку перед його генерацією, а отже, моделювати різні типи трафіку;

– вперше розроблено метод аналізу мережевого фракталоподібного трафіку, який відрізняється від відомих використанням нової міри визначення фрактальної розмірності бінарного трафіку, що дозволило зв’язати аналітично його статистичні та фрактальні властивості, підвищити точність визначення фрактальної розмірності та зменшити кількість арифметичних операцій при фрактальному аналізі;

– набув подальшого розвитку метод програмного імітаційного моделювання комп’ютерної мережі на основі теорії складних мереж, який відрізняється від відомих використанням запропонованого методу генерації мережевого фрактального трафіку та параметризацією характеристик моделі, зокрема таких як кількість маршрутизаторів, густина зв’язків між ними, довжина їх черг, пропускна здатність, інтенсивність та фрактальна розмірність трафіку, максимальна кількість вихідних пакетів із одного пристрою в одиницю часу, що дозволило моделювати комп’ютерні мережі різної архітектури для тестування якості роботи алгоритмів маршрутизації;

– удосконалено метод адаптивної маршрутизації трафіку, який відрізняється від відомих використанням додаткової метрики для визначення найкоротших шляхів передачі мережевих пакетів, представленої прогнозованою ймовірністю втрати мережевих пакетів маршрутизатором, яка визначається запропонованим новим методом на основі вимірюваних значень фрактальної розмірності та інтенсивності вхідного трафіку, що дозволило підвищити якість обслуговування у комп’ютерній мережі під час пікових навантажень за рахунок зменшення кількості втрачених IP-пакетів.

3. Теоретичне та практичне значення одержаних результатів.

У дисертаційній роботі удосконалено математичну модель мережевого фракталоподібного трафіку запропонованими ланцюгами Маркова, які описують ймовірності станів генератора трафіку як стохастичного скінченного автомата, що дало змогу одержати рівняння для імітаційного моделювання фрактального та мультифрактального трафіків. На основі запропонованої математичної моделі розроблено метод генерації мережевого

фрактального трафіку з можливістю налаштовувати фрактальну розмірність та інтенсивність трафіку перед його генерацією, а отже – моделювати різні типи трафіку. Запропоновано параметри генератора для генерації різних типів комп'ютерного трафіку, які можуть володіти персистентними, антиперсистентними чи випадковими характеристиками.

Також розроблено метод аналізу мережевого фракталоподібного трафіку з новою мірою визначення фрактальної розмірності бінарного трафіку, що дозволило зв'язати аналітично його статистичні та фрактальні властивості, підвищити точність визначення фрактальної розмірності та зменшити кількість арифметичних операцій при фрактальному аналізі. Запропонований метод має більшу точність та однозначність результатів незалежно від довжини досліджуваного ряду, зокрема, має менший відсоток відхилення від середнього значення показника Херста, на відміну від R/S-аналізу, а саме 1,8% проти 2,5%.

Крім того, розроблено метод програмного імітаційного моделювання комп'ютерної мережі на основі теорії складних мереж на основі запропонованого методу генерації мережевого фрактального трафіку та з параметризацією характеристик моделі, що дало змогу моделювати комп'ютерні мережі різної архітектури для тестування якості роботи алгоритмів маршрутизації. Розроблено відповідні алгоритми для моделювання структури комп'ютерної мережі та генерації фрактального мережевого трафіку, на яких проводилося тестування відомих та запропонованих алгоритмів маршрутизації.

В роботі здійснене удосконалення методу адаптивної маршрутизації трафіку додаванням метрики для визначення найкоротших шляхів передачі мережевих пакетів, представленої прогнозованою ймовірністю втрати мережевих пакетів маршрутизатором, яка визначається запропонованим новим методом на основі вимірюваних значень фрактальної розмірності та інтенсивності вхідного трафіку, що дозволило підвищити якість обслуговування у комп'ютерній мережі під час пікових навантажень за рахунок зменшення кількості втрачених IP-пакетів. Зокрема, запропонований метод зменшує втрати IP-пакетів при інтенсивності трафіку 0,8 в середньому на 23% при персистентному трафіку, на 17% – при випадковому трафіку та на 1,5% при антиперсистентному трафіку.

Саме тому робота має значний науковий і практичний інтерес.

4. Структура роботи, оцінка змісту дисертації та її завершеність.

Основний текст дисертації складає 186 сторінок; загальний обсяг дисертаційної роботи - 197 сторінок.

Анотація до роботи містить скорочений опис основної суті та результатів проведеного дослідження.

Вступ до дисертації містить обґрунтування актуальності та наукової новизни дисертаційного дослідження. Також визначено мету та завдання, об'єкт і предмет дослідження та методи, використані при написанні роботи.

У першому розділі дисертації проведено дослідження та порівняльний аналіз моделей та методів роботи комп'ютерних мереж, а також методів аналізу, моделювання, прогнозування та маршрутизації мережевого трафіку. Також, сформовано цілі та задачі дисертаційного дослідження. Показано, що для вирішення поставленої науково-практичної задачі з підвищення якості обслуговування у комп'ютерних мережах під час високої інтенсивності мережевого трафіку та пікових навантажень на маршрутизатори шляхом зменшення кількості втрачених мережевих пакетів доцільно застосувати методи адаптивної маршрутизації трафіку з прогнозуванням завантаженості маршрутизаторів або прогнозуванням ймовірності втрати мережевих пакетів.

У другому розділі запропоновано удосконалену математичну модель мережевого фракталоподібного трафіку, яка відрізняється від відомих представлень трафіку на рівні “пакет є” – “пакета немає” на вході маршрутизатора та запропонованими ланцюгами Маркова, які описують ймовірності станів генератора трафіку як стохастичного скінченного автомата, що дало змогу одержати рівняння для імітаційного моделювання фрактального та мультифрактального трафіків. Також запропоновано удосконалений метод генерації мережевого фрактального трафіку, який відрізняється від відомих можливістю налаштовувати фрактальну розмірність та інтенсивність трафіку перед його генерацією, а отже, моделювати різні типи трафіку. Проведено експериментальні дослідження статистичних властивостей генерованих часових рядів на основі запропонованої математичної моделі фракталоподібного трафіку.

У третьому розділі запропоновано метод аналізу мережевого фракталоподібного трафіку, який відрізняється від відомих використанням нової міри визначення фрактальної розмірності бінарного трафіку, що дало змогу зв'язати аналітично його статистичні та фрактальні властивості, підвищити точність визначення фрактальної розмірності та зменшити кількість арифметичних операцій при фрактальному аналізі. Проведено експериментальне дослідження якості роботи запропонованого методу аналізу мережевого трафіку, а саме – здійснено визначення фрактальної розмірності мережевого трафіку за його ймовірнісними властивостями. Також результати роботи запропонованого методу було порівняно з отриманими результатами за методом на основі R/S-аналізу.

У четвертому розділі було розроблено метод програмного імітаційного моделювання комп'ютерної мережі на основі теорії складних мереж, який відрізняється від відомих використанням запропонованого методу генерації мережевого фрактального трафіку та параметризацією характеристик моделі, зокрема таких як кількість маршрутизаторів, густина зв'язків між ними, довжина їх черг, пропускна здатність, інтенсивність та фрактальна розмірність трафіку, максимальна кількість вихідних пакетів з одного пристрою в одиницю часу, що дозволило моделювати комп'ютерні мережі різної архітектури для тестування якості роботи алгоритмів маршрутизації. Також було розроблено метод адаптивної маршрутизації трафіку, який відрізняється від відомих використанням додаткової метрики для визначення найкоротших шляхів передачі мережевих пакетів, представленої прогнозованою ймовірністю втрати мережевих пакетів маршрутизатором, яка визначається запропонованим новим методом на основі вимірюваних значень фрактальної розмірності та інтенсивності вхідного трафіку. Це дало змогу підвищити якість обслуговування у комп'ютерній мережі під час пікових навантажень за рахунок зменшення кількості втрачених IP-пакетів.

Висновки, зроблені наприкінці роботи, відповідають заявленій меті та завданням дисертації.

Дисертаційна робота є цілком завершеною науковою працею, а наукове завдання дисертації – повністю виконане. Здобувач має достатній рівень володіння методологією наукової діяльності.

5. Відсутність (наявність) порушень принципів академічної доброчесності

Ознак порушень принципів академічної доброчесності не встановлено.

6. Повнота викладення дисертації в опублікованих працях

Результати, отримані в дисертаційній роботі, відображено у 28 наукових працях, а саме:

- 7 наукових статей, що опубліковані в фахових виданнях України;
- 4 наукові праці, які включені до наукометричної бази Scopus;
- 2 розділи колективних монографій;
- 15 тез міжнародних науково-технічних конференцій.

7. Зауваження та недоліки дисертації щодо її оформлення і змісту.

Запропоноване дисертаційне дослідження заслуговує позитивної оцінки, але варто звернути увагу на такі виявлені недоліки та зауваження:

1. Не вказано отриманої практичної значимості до першого пункту наукової новизни;

2. Застосування двох термінів «фрактальний» та «фракталоподібний» замість одного є недостатньо обґрунтованим;

3. Для перевірки якості розробленого методу аналізу фракталоподібного трафіку було проведене його експериментальне порівняння тільки з методом R/S-аналізу. Не обґрунтовано чому тільки з цим методом;

4. В дослідженні відомих методів адаптивної маршрутизації трафіку недостатньо досліджені методи, що базуються на машинному навчанні та нейронних мережах.

Незважаючи на вказані недоліки та зауваження, запропоноване дисертаційне дослідження справляє позитивне враження та є предметом наукового та практичного інтересу.

8. Висновок щодо відповідності дисертації вимогам, які висуваються до ступеня доктора філософії.

Розглянуте дисертаційне дослідження здобувача Дреєвої Г.М. на тему «Моделі та методи аналізу та маршрутизації фракталоподібного трафіку у комп'ютерних мережах» цілком відповідає вимогам до дисертаційного дослідження на здобуття ступеня доктора філософії, наведеним у Постанові Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.22 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії». Дисертація може бути представлена для офіційного захисту в разовій спеціалізованій вченій раді. Автор дисертації, Дреєва Г.М., заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія галузі знань 12 Інформаційні технології.

Рецензент

к.т.н., доцент, доцент кафедри
інформаційної безпеки
та комп'ютерної інженерії
Черкаського державного
технологічного університету



Артем ЛАВДАНСЬКИЙ

Член секретар

Член секретар 6