

ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет комп'ютерної інженерії та управління

Кафедра ЕОМ

Магістерська кваліфікаційна робота

Методи буферизації пакетів в маршрутизаторах
IP-мереж

Виконав: ст. гр. КСМм-23-1 Вірко А.О.

Керівник: доц. каф. ЕОМ Янковський О.А.

2025

ВСТУП

У зв'язку з величезним зростанням Інтернет-трафіку і появою нових його типів, а також для задоволення запитів на надання все більш різноманітного діапазону мережеских послуг, контроль за перевантаженнями, які виникають в існуючих комп'ютерних мережах, став одним з найбільш важливих завдань.

Перевантаженість призводить до більшого відкидання пакетів, тривалої затримки та може призвести до збою, у якому продуктивність мережі погіршується через повторну передачу пакетів.

Майже всі мережескі пристрої оснащені деякими буферами введення та виведення для управління перевантаженням в тій чи іншій мірі. Однак надмірне перевантаження мережі призводить до переповнення буферів мережеских пристроїв. Таким чином, контроль мережеских перевантажень, що дозволяє різним типам Інтернет-трафіку задовольняти заданим обмеженням якості обслуговування стає дуже важливим.

МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Алгоритми контролю заторів на маршрутизаторах є основними факторами успішної, ефективної та результативної роботи сучасних комп'ютерних мереж.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка нових методів організації черг маршрутизаторів для боротьби з перевантаженнями в комп'ютерних мережах із використанням набору характеристик трафіку, для чого необхідно:

- провести всебічний аналіз методів організації черг маршрутизаторів
- провести огляд чинників, впливаючих на появу перевантаження
- провести аналіз існуючих моделей та методів управління трафіком
- запропонувати метод організації черг маршрутизатора
- провести імітаційне моделювання запропонованого методу
- провести аналіз отриманих результатів

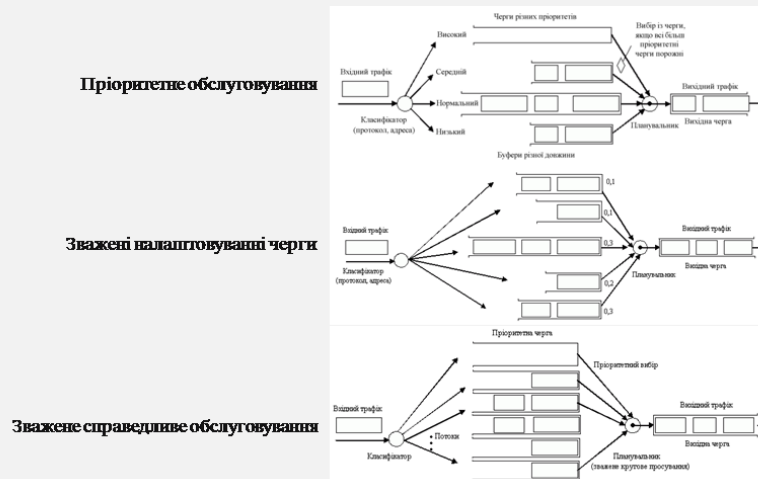
3

ПЕРЕПОВНЕННЯ БУФЕРА В ПРОМІЖНОМУ ПРИСТРОЇ



4

АЛГОРИТМИ УПРАВЛІННЯ ЧЕРГАМИ



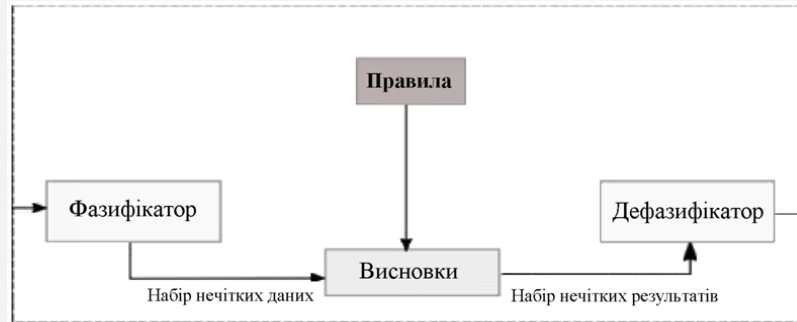
61

РОДИНА АЛГОРИТМІВ З ПІДТРИМКОЮ СПРАВЕДЛИВОЇ ЧЕРГИ

- Weighted Fair Queuing (WFQ)
- Core Stateless Fair Queuing (CSFQ)
- Class Based WFQ
- Multiple Queue Fair Queuing (MQFQ)

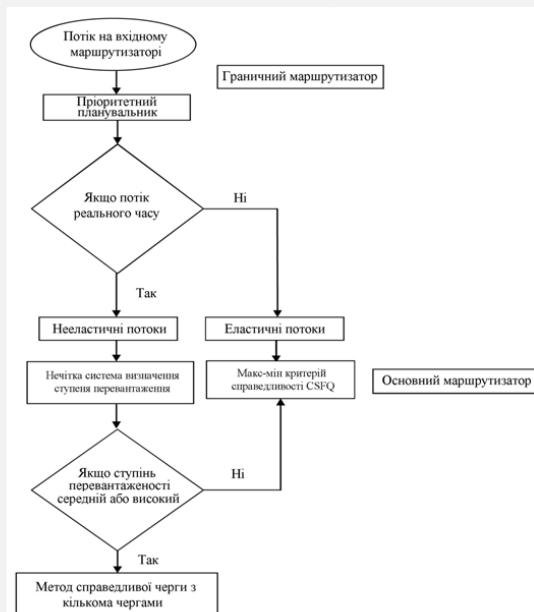
6

СИСТЕМА НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ



7

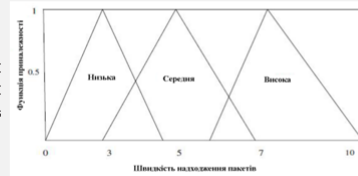
АЛГОРИТМ FQ З НЕЧІТКОЮ ЛОГІКОЮ ВІЯВЛЕННЯ ПЕРЕВАНТАЖЕНЬ



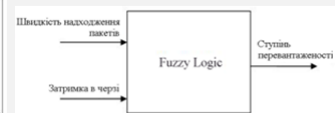
8

ФУНКЦІЇ ПРИНАЛЕЖНОСТІ

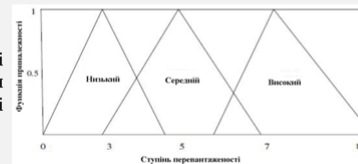
Функція приналежності для швидкості надходження пакетів



Функція приналежності для затримки в черзі



Функція приналежності для ступеня перевантаженості



9

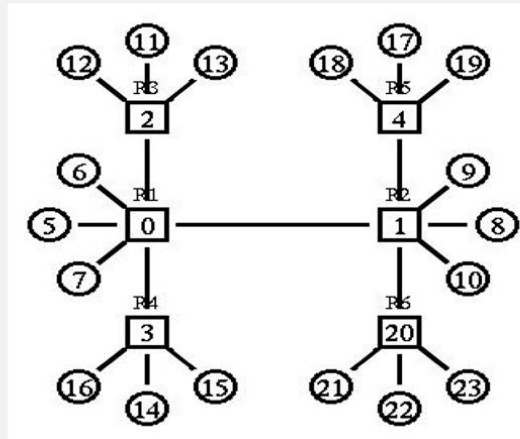
НАБІР НЕЧІТКИХ ПРАВИЛ ТА ДЕФАЗИФІКАЦІЯ

Швидкість надходження пакетів (PA_i)	Затримка в черзі (QD)	Ступінь перевантаження (D)
Низька	Низька	Низька
Низька	Середня	Середня
Низька	Висока	Середня
Середня	Низька	Середня
Середня	Середня	Середня
Середня	Висока	Висока
Висока	Низька	Середня
Висока	Середня	Висока
Висока	Висока	Висока

$$F_c = \frac{\sum_{R_1}^{R_n} N_i \cdot M(N_i)}{\sum_{R_1}^{R_n} M(N_i)}$$

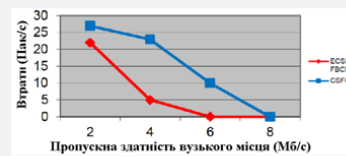
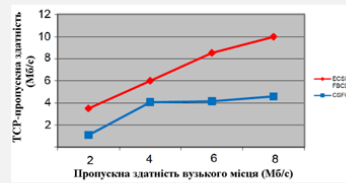
10

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ



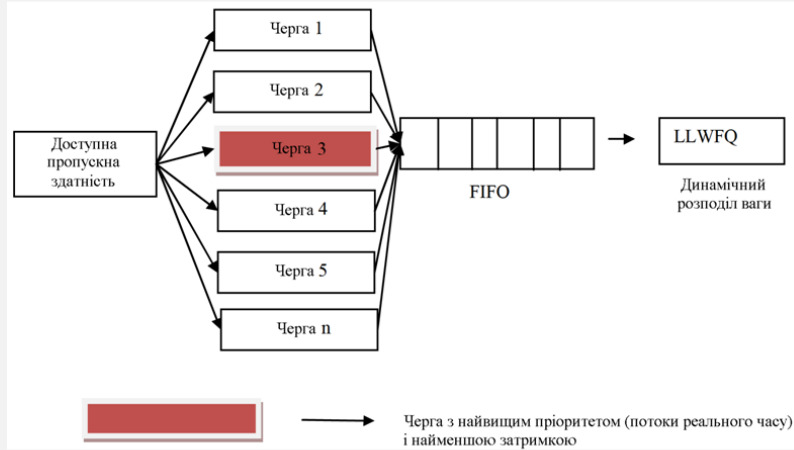
11

РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ



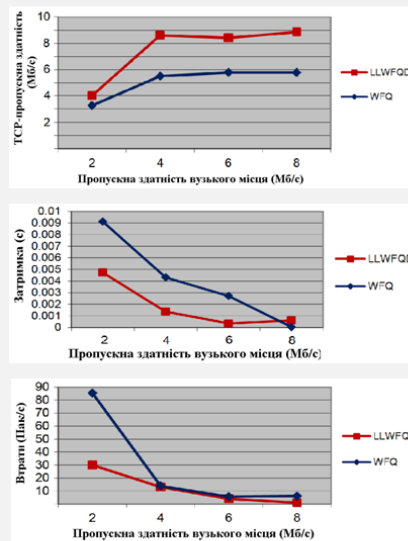
12

СПРАВЕДЛИВА ЧЕРГА З НИЗЬКОЮ ЗАТРИМКОЮ ТА ДИФЕРЕНЦІЙНИМ ВІДКИДАННЯМ ПАКЕТІВ



13

РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ



14

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ОБОРОНИ
АЗЕРБАЙДЖАНСЬКОЇ РЕСПУБЛІКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ М. С. ЖУКОВСЬКОГО
"ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ"
УНІВЕРСИТЕТ МІСТА ЖИЛІНА

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ

Тези доповідей чотирнадцятої міжнародної
науково-технічної конференції
25 – 26 квітня 2024 року
Том 1: секції 1, 2

Баку – Харків – Жиліна – 2024

Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління

УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ В ІР МЕРЕЖАХ

Попов В. П., Вірко А. О., Яковський О. А.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Для підтримання стабільної роботи ІР мереж вже багато років досліджуються методи управління, які допомагають запобігти погіршенню продуктивності їх роботи. Підвищення обсягу передаваних даних та кількості користувачів на протязі всієї історії розвитку Інтернету призвело до появи нових методів управління.

Некоректне управління мережею може призвести до нерационального використання мережевих ресурсів та затримок у передачі даних, що не є рідкістю [1]. Наприклад, кожен раз, коли в протоколі TCP регулює швидкість відправлення за допомогою визначення втрати пакетів [2], але розуміння того що ядро мережі повинно брати участь в управлінні мережею призвело до появи різноманітних алгоритмів AQM, які виступають стін мережі та дозволяють активно регулювати довжину черг в маршрутизаторах [3].

Метою доповіді є аналіз методів управління навантаженням каналів в ІР мережах з урахуванням проблем, які можуть зустріти кінцевий користувач. Розглянути перспективи майбутнього розвитку ІР мереж, звертаючи увагу на інноваційні технології та стратегії, які можуть бути використані для підвищення ефективності управління мережею трафіком.

Розглянути різноманітні механізми оптимізації використання ресурсів для забезпечення оптимального функціонування мережі в умовах зростаючого навантаження. Проведено аналіз різних аспектів проблеми та запропоновано метод управління чергами маршрутизаторів з урахуванням поточного мережевого стану, що в кінцевому підсумку знизить навантаження на вузлах мережі.

Запропонований метод спрямований на оптимізацію роботи мережі і дозволяє забезпечити найкращу якість обслуговування для кінцевих користувачів.

Список літератури

1. В. Senkoly, "Fairness and Stability Analysis of High Speed Transport Protocols", Ph.D Thesis, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary 2010.
2. Hoek, S., V. Misra, D. Teneney and W. Gong. "On Designing Improved Congestion for AQM Routers Supporting TCP Flows". UMass CS/PS/CI Technical Report 00-42.
3. M. M. Abualhaj, A. A. Abu-Sherah and M. M. Al-Tajer, "FLRED: An efficient fuzzy logic-based network congestion control method", "Neural Computing and Applications", vol. 30, no. 3, pp. 925–935, 2018.

115

15

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Інститут систем управління
МНО Азербайджанської республіки
Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут"
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Національний аерокосмічний університет
імені М. С. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"
Університет технологій і гуманітарних наук
(м. Бельсько-Бяла, Польща)

ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

Тези доповідей дванадцятої міжнародної
науково-технічної конференції
21 – 22 листопада 2024 року
Том 1: СЕКЦІЇ 1, 2, 3

Баку – Харків – Бельсько-Бяла – 2024

Problems of informatization: the twelfth international scientific and technical conference

МЕТОДИ БУФЕРИЗАЦІЇ ПАКЕТІВ В МАРШРУТИЗАТОРАХ ІР-МЕРЕЖ

Вірко А. О., Пилипенко А. О., Яковський О. А.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Буферизація пакетів – це фундаментальний механізм, що лежить в основі функціонування сучасних ІР-мереж. Він забезпечує плавну передачу даних навіть за умов великого навантаження та різноманітних затримок у мережі. Маршрутизатор, як ключовий елемент мережі, активно використовує буфери для тимчасового зберігання пакетів, що очікують на обробку або передачу [1].

Необхідність буферизації обумовлена різницею в швидкостях передачі даних між різними сегментами мережі, запропонованими з'єднаннями в каналах зв'язу, а також необхідністю обробки пакетів у маршрутизаторах. Буфери дозволяють згладжувати піки навантаження, уникати втрати пакетів та забезпечують стабільну роботу мережі.

Коли пакет надходить в маршрутизатор, він поміщається в прибульчий буфер, де чекає своєї черги на обробку.

Дані, маршрутизатор визначає найкращий шлях для передачі пакету до місця призначення і відправляє його.

Цей процес може бути ускладнений різними факторами, такими як затримки в мережі, різним швидкостям передачі даних та зміною в навантаженні мережі.

Саме тут і проявляється важливість буферизації [2, 3].

Метою доповіді є аналіз сучасних методів буферизації пакетів в маршрутизаторах ІР-мереж, порівняння їх ефективності в умовах різного навантаження та впливу до якості обслуговування, а також огляд перспектив застосування нових технологій, таких як машинне навчання, для оптимізації процесів буферизації.

Особлива увага в доповіді приділена впливу алгоритмів буферизації на затримку пакетів, джиттер, втрату пакетів та загальну пропускову здатність мережі.

Крім того, проведено порівняльний аналіз традиційних алгоритмів (FIFO, WFQ, RED) та сучасних адаптивних методів, заснованих на машинному навчанні.

Список літератури

1. Wetherall D. Computer Networks, eBook Subscription, Global Edition, 5-те вид. Pearson Education, Limited, 2021. 947 с.
2. M. Welzl, Network Congestion Control: Managing Internet Traffic, p. 282, Wiley, Hoboken, NJ, USA, 2005.
3. Kurose J. F. Computer Networking: A Top-Down Approach, 7-ме вид. Pearson Education, Limited, 2016. 864 с.

76

16

ВИСНОВКИ

Методи керування чергами та алгоритми контролю перевантаження вкрай необхідні для підтримки стабільності комп'ютерних мереж. Еластичні та нееластичні потоки вимагають різних типів обробки для запобігання пригнічення останніх в чергах маршрутизаторів.

Кваліфікаційна магістерська робота в основному зосереджена на покращенні продуктивності мереж шляхом впровадження розширених моделей масового обслуговування.

Для підвищення справедливості та ефективності мережі представлено модель покращеної справедливої черги з нечіткою логікою виявлення перевантажень, більш ефективну ніж модель справедливої черги CSFQ.

Еластичні потоки розглядаються за принципом max-min CSFQ. Крім того, для нееластичних потоків застосовується нечітке виявлення перевантаження, і відповідно до рівня перевантаження потоки плануються за допомогою справедливої черги з кількома чергами MQFQ або за max-min принципом CSFQ.

Представлено модель справедливої черги з низькою затримкою та диференціальним відкиданням пакетів. У випадку еластичних потоків реалізується диференціальний підхід до відкидання пакетів, коли пакети з різних потоків відкидаються для досягнення справедливості розподілу пропускної здатності.

Проведене імітаційне моделювання підтвердило вірність теоретичних викладок, представлених в кваліфікаційній роботі.