

## ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Навчально-науковий центр заочної форми навчання

Кафедра ЕОМ

## Магістерська кваліфікаційна робота

### Програмно-алгоритмічні методи оптимізації трафіку комп'ютерних мереж

Виконав: ст. гр. СПм-20-2 Бровенко І.М.

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

2022

## ВСТУП

Необхідність забезпечення якісного обслуговування сучасного трафіку, що передається через IP-мережі, обумовлює високі вимоги до ефективності передачі даних користувачів. Контроль перевантажень є важливим для забезпечення належного функціонування комп'ютерних мереж.

Наявність великої кількості мережевих маршрутів, на яких періодично виникають різкі коливання затримки в передачі даних і великий відсоток втрат пакетів, поява нових властивостей мережевого трафіку, роблять необхідною наявність управління інформаційними потоками.

Управління ресурсами в комп'ютерній мережі утруднено, в першу чергу, тому, що за своєю природою майже завжди мережа є децентралізованою і, як правило, складається з безлічі різних автономних систем з локалізованим управлінням. Отже, вдосконалення методів аналізу та управління в комп'ютерних мережах, спрямованих на підвищення їх продуктивності, залишається актуальним завданням і в наш час.

## МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Виконання магістерської кваліфікаційної роботи передбачає розробку методів контролю за довжиною черг мережевих маршрутизаторів застосовуючи різноманітні характеристики існуючого трафіку.

Виконання магістерської кваліфікаційної роботи передбачає:

- проведення докладного аналізу сучасних літературних джерел, присвячених проблематиці підвищення пропускної здатності комп'ютерних мереж;
- виконання аналізу існуючих моделей управління мережевим перевантаженням та довжиною черг маршрутизаторів;
- розробку методу управління станом черг маршрутизаторів з виконанням імітаційного моделювання запропонованого методу;
- проведення аналізу отриманих результатів.

Таким чином, мета магістерської атестаційної роботи є особливо актуальною у зв'язку зі стрімким ускладненням інформаційних технологій, які потребують все зростаючі вимоги до продуктивності комп'ютерних мереж.

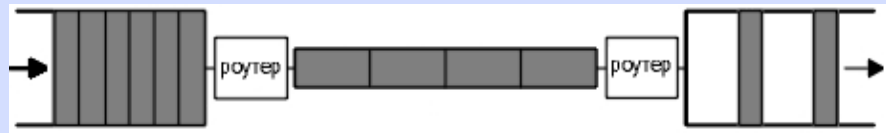
3

## ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ІР МЕРЕЖ:

- затримка
- пропускна спроможність
- перевантаження
- втрата пакетів

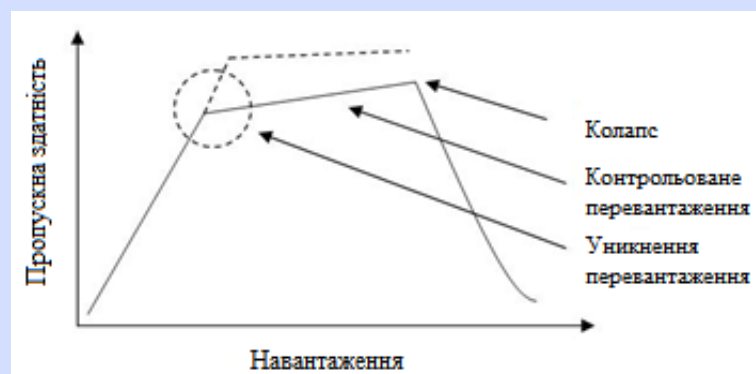
4

## ПЕРЕПОВНЕННЯ БУФЕРА В ПРОМІЖНОМУ ПРИБРОЇ



5

## ВПЛИВ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ НА РОБОТУ МЕРЕЖІ

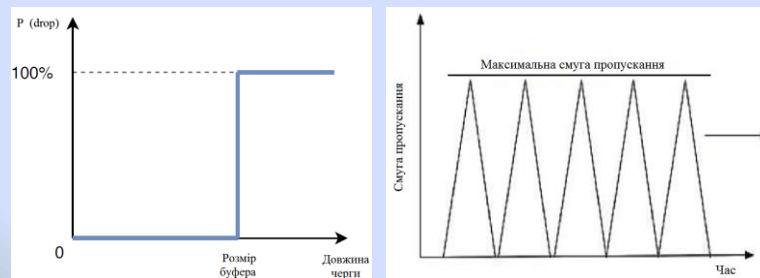


6

## ПІДХОДИ ДО КОНТРОЛЮ ЗАТОРІВ В МАРШРУТИЗАТОРАХ

Існує два основних підходи до контролю заторів:

- перший підхід – це пасивне керування чергою (PQM);
- другий підхід – це Active Queue Management (AQM).



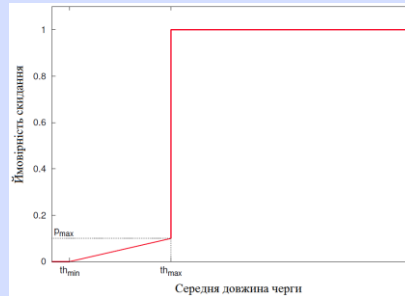
7

## КЛАСИФІКАЦІЯ АЛГОРИТМІВ AQM

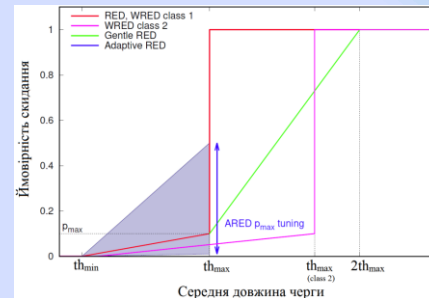
- зі стабілізацією черг маршрутизатора (ERD, RED, ARED, REM, PI, AVQ, SRED, Blue)
- з рівноправністю між потоками (FRED, CHOCe, Stabilized Random Early Drop (SRED), RED-PD)
- з високою пропускнуою здатністю (CoDel, PIE)
- з підвищеною продуктивністю для коротких з'єднань (FQ\_CoDel)

8

## РОДИНА АЛГОРИТМІВ RED



Функція ймовірності відкидання пакету в RED



Ймовірність скидання пакетів з різними варіантами RED

9

## АВТОМАТИЗОВАНА АДАПТАЦІЯ RED

### Псевдокод алгоритму AARED

```

Every packet arrival:
Targ_OP=th_min*(1+WeightRateDev/RateDevRef)

Every interval seconds:
if (targ_OP>(1+γ)*prev_OP)
  increase th_min:
  th_min<-th_min*(1+γ);
else if (targ_OP<(1-γ)*prev_OP)
  decrease th_min:
  th_min<- th_min*(1-γ);
else
  th_min remain unchanged;
  set other queue thresholds relative to updated th_min:
  th_max<-3*th_min;
  Q_max<-50*AvPktSize;

Variables:
WeightRateDev: measured by the zombie list mechanism

Fixed parameters:
interval: time; 0.5 second
RateDevRef: reference value; 1.5E+05
γ: change factor; 0.05
  
```

$$Hit(t) = \begin{cases} 0 & \text{якщо в списку нема збігу} \\ 1 & \text{збіг } e \end{cases} \quad (1)$$

$$P_2(t) = (1 - \alpha) \cdot P_2(t-1) + \alpha \cdot Hit(t), \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{AvPktSize}{M}, \quad (3)$$

$$\pi_i = \frac{x_i}{\sum_i x_i}, \quad (4)$$

$$P_2(t) = \sum_i \pi_i^2 = \frac{\sum_i x_i^2}{\left(\sum_i x_i\right)^2}, \quad (5)$$

$$\sum_i \pi_i^2 = \frac{1}{F} \cdot \frac{\bar{x}^2}{\left(\frac{\bar{x}}{x}\right)}, \quad (6)$$

$$F = \frac{S(t)}{P_2(t)}, \quad (7)$$

$$\bar{x} = \frac{C}{F} = C \cdot \frac{P_2(t)}{S(t)}, \quad (8)$$

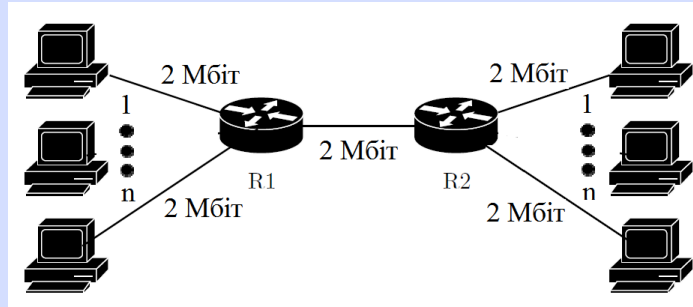
$$\sigma = C \cdot \sqrt{\frac{P_2(t)}{S(t)} \cdot \left(1 - \frac{P_2(t)}{S(t)}\right)}, \quad (9)$$

$$WeightRateDev = w \cdot WeightRateDev + (1 - w) \cdot \sigma, \quad (10)$$

$$Targ OP = \min \left[ th_{max}, \left(1 + \frac{WeightRateDev}{RateDevRef}\right) \cdot th_{min} \right], \quad (11)$$

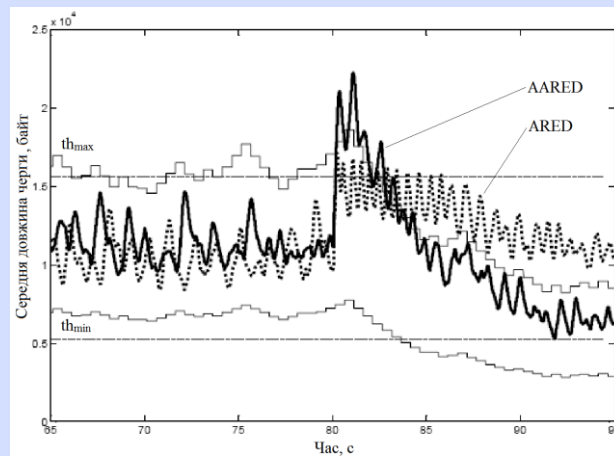
10

## СЦЕНАРІЙ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ



11

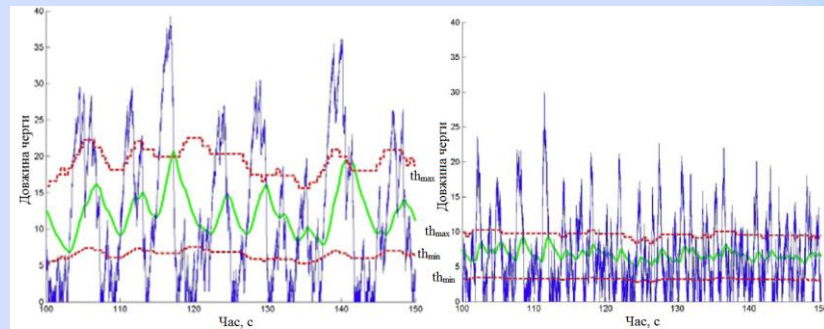
## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ



Порівняння адаптивних процесів AARED і Adaptive RED

12

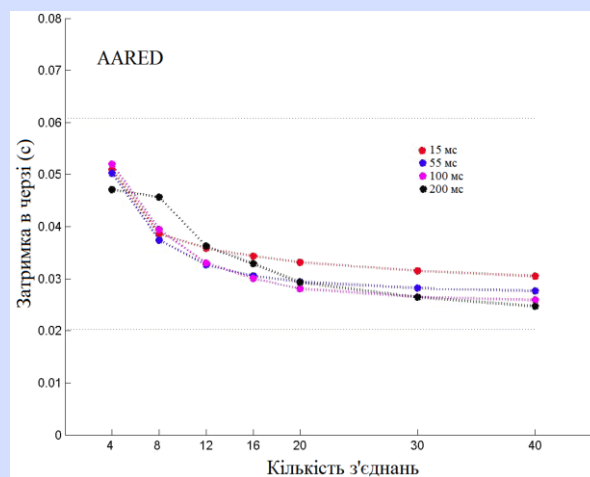
## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ



Довжина вхідної черги маршрутизатора R1 з алгоритмом AARED при невеликому і великому навантаженні

13

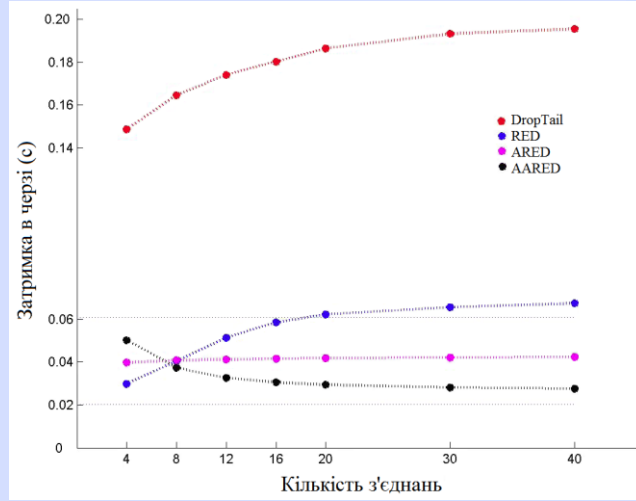
## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ



Середня затримка в черзі AARED в залежності від різних затримок передачі в каналі

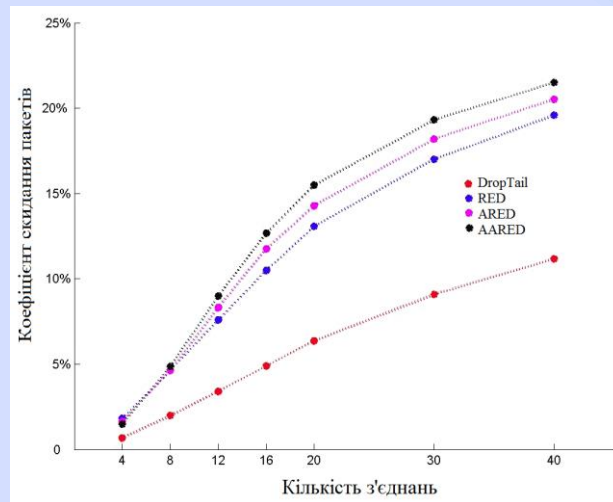
14

### ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ



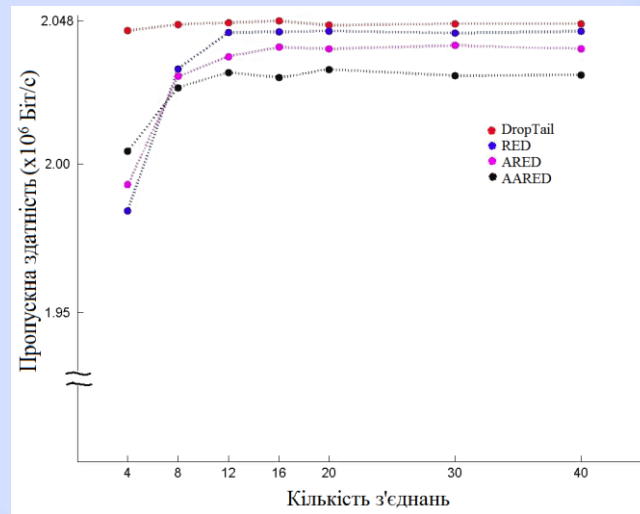
Загримки в черзі алгоритмів DropTail, RED, Adaptive RED і AARED

### ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ



Показники коефіцієнта скидання пакетів алгоритмів DropTail, RED, Adaptive RED і AARED

## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ



Пропускна здатність алгоритмів DropTail, RED, Adaptive RED і AARED

17

## ВИСНОВКИ

Комунікаційні мережі наступного покоління будуть базуватися на парадигмі IP. Хоча Інтернет зростає з експоненційною швидкістю, його пропускну здатність завжди відстає від зростання трафіку. Це означає, що з обмеженими ресурсами пропускну здатності слід знайти підходи, щоб підкреслити та покращити продуктивність мереж, щоб задовольнити потреби критичних у часі та важливих додатків.

Для алгоритму керування чергами маршрутизаторів, орієнтованого на затримку, ключовим компонентом є масштабований механізм вимірювання параметрів трафіку в реальному часі. Алгоритм, запропонований в кваліфікаційній роботі, поєднує цей механізм вимірювання в реальному часі зі звичайною стратегією алгоритму RED та адаптивний підхід керування параметрами алгоритму Adaptive RED, завдяки чому відстежує сплески трафіку та відрізняє його від природних коливань швидкості передачі даних.

Моделювання показує, що запропонований алгоритм функціонує ефективно та успадковує переваги алгоритму RED та алгоритму Adaptive RED в автоматичному налаштуванні параметрів на основі вимірювань параметрів трафіку.

18