

## ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра ЕОМ

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### Другий (магістерський) рівень

#### АЛГОРИТМИ УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ В ІР-МЕРЕЖІ

Автор:

Вербицький Є.Р.

ст. гр. КСМзм-22-1

Керівник:

Колтун Ю.М.

к.т.н., доц. каф. ЕОМ

Харків - 2024

#### МЕТА, ЕТАПИ ВИКОНАННЯ І АКТУАЛЬНІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2

**Мета роботи:** аналіз і дослідження управління потоками трафіку на основі алгоритмів управління чергами та їх планування в ІР-мережах в аспекті контролю і запобігання перевантажень.

#### **Основні етапи виконання кваліфікаційної роботи:**

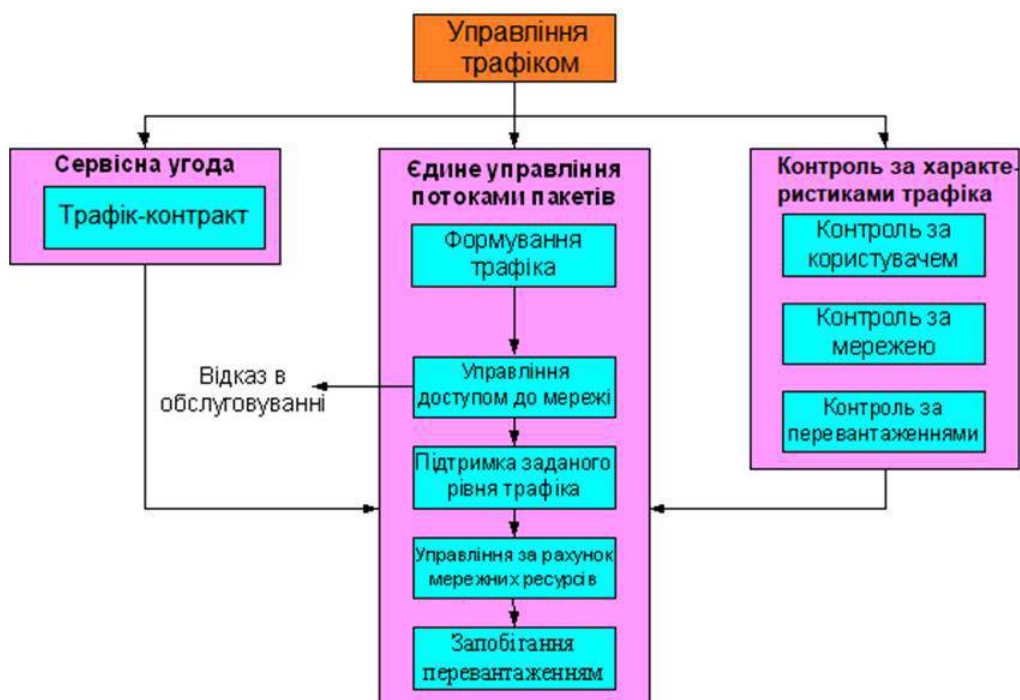
- розглянута загальна концепція організації управління трафіком в ІР-мережах;
- проведений аналіз найпоширеніших алгоритмів управління трафіком в ІР-мережах;
- проведений аналіз механізмів управління трафіком з використанням моделей на основі систем масового обслуговування;
- проведено моделювання алгоритмів управління та планування черг в аспекті управління трафіком у ІР-мережах

Аналіз алгоритмів управління трафіком, що наведений у цій кваліфікаційній роботі, орієнтований на ІР-мережі для унеможливлення виникнення перевантажень або їх запобігання, що говорить про актуальність роботи

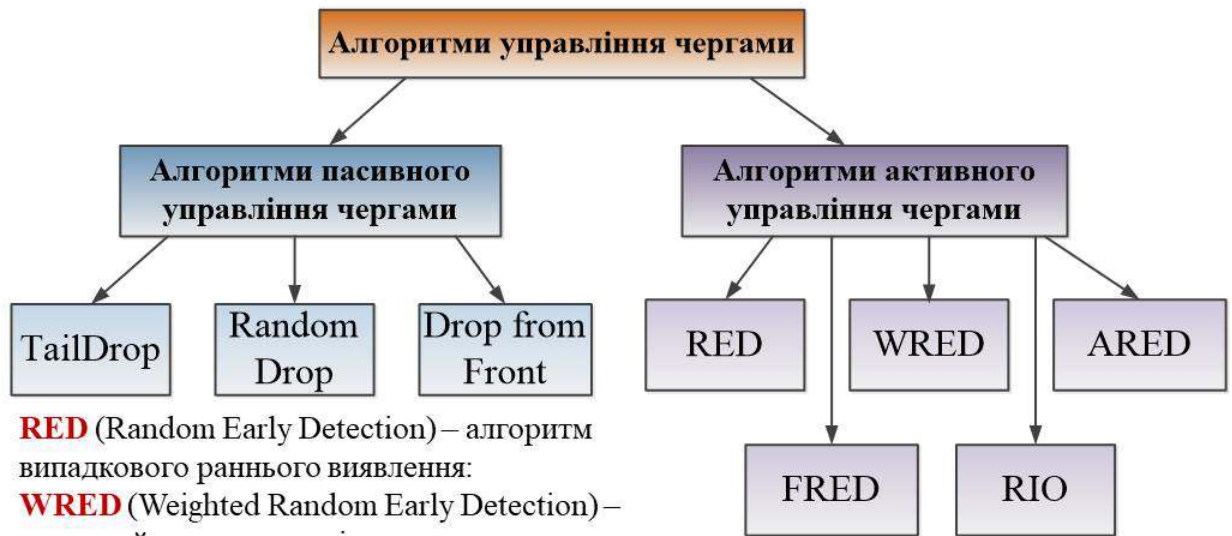
### ЗАГАЛЬНА ПОСЛІДОВНІСТЬ УПРАВЛІННЯ ТА РОЗПОДІЛУ ТРАФІКУ У ПАКЕТНІЙ МЕРЕЖІ 3

- користувач надає мережі інформацію про характеристики навантаження потоку або з'єднання, яке буде здійснювати передачу даних у мережу протягом певного часу. Серед цих характеристик мають бути специфіковані наступні: пікова і середня швидкості передачі, максимальна допустима затримка, тощо;
- якщо мережа має достатню кількість ресурсів для забезпечення запитаних характеристик, то цей потік починає здійснювати передачу даних у мережу, інакше запит буде відкинуто;
- маршрутизатор робить класифікацію пакетів з метою встановлення приналежності до потоків і класів обслуговування, внаслідок чого стає можливим моніторинг навантаження кожного потоку та встановлення відповідності поточних значень характеристик тим, що були заявлені;
- мережа робить моніторинг навантаження, що надходить від цього потоку, і якщо значення її характеристик перевищують ті, що були задані на початку, то мережа вживає певних заходів щодо обмеження навантаження. Такі заходи називаються функціями «політики управління навантаженням».

### УЗАГАЛЬНЕНЕ ПОДАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ 4



## АЛГОРИТМИ УПРАВЛІННЯ ЧЕРГАМИ



**RED** (Random Early Detection) – алгоритм випадкового раннього виявлення;

**WRED** (Weighted Random Early Detection) – зважений алгоритм довільного раннього виявлення;

**ARED** (Adaptive RED) – алгоритм адаптивний RED;

**FRED** (Flow RED) – алгоритм потоковий RED;

**RIO** (RED In and Out) – алгоритм управління чергами для двох класів пакетів: немаркованих (In-profile) і маркованих (Out-profile)

## АЛГОРИТМИ ПЛАНУВАННЯ ЧЕРГ



**PS** (Processor Sharing) – алгоритм «розподіл часу процесора»;

**RR** (Round Robin) – алгоритм «циклічна почерговість»;

**DRR** (Deficit Round Robin) – алгоритм «циклічна почерговість із дефіцитом часу»;

**PPS** (Priority Processor Sharing) – алгоритм «спільне використання пріоритетного процесора»;

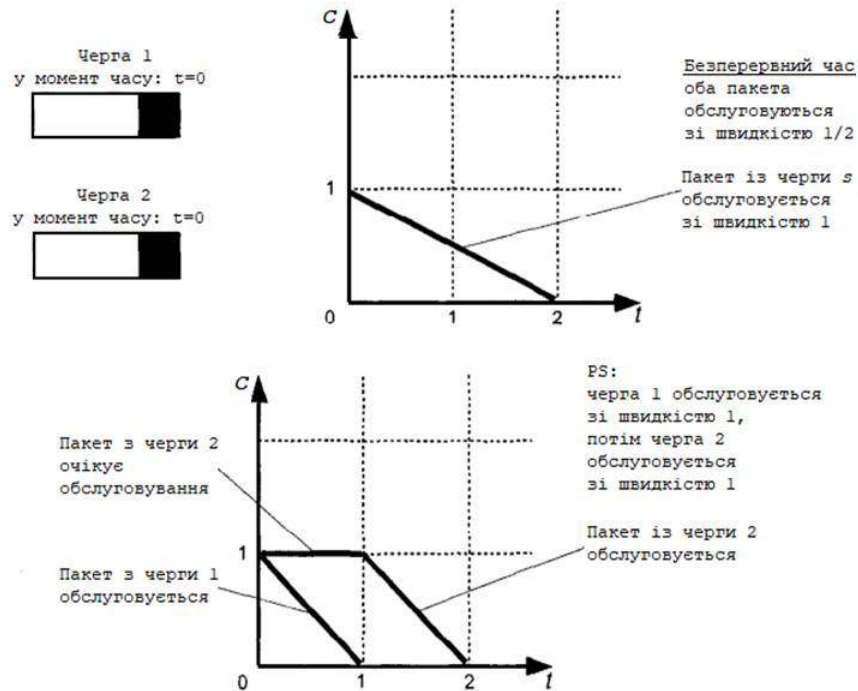
**GPS** (Generalized Processor Sharing) – алгоритм розподіл процесорного часу;

**WFQ** (Weighed Fair Queuing) – алгоритм «зважена справедлива буферизація»;

**CBWFQ** (Class-Based Weighted Fair Queuing) – алгоритм побудови черг, що базується на класах

## БАЗОВИЙ АЛГОРИТМ ПЛАНУВАННЯ ЧЕРГ PS ТА ЙОГО АПРОКСИМАЦІЯ

7



## ОСОБЛИВОСТІ АЛГОРИТМІВ ПЛАНУВАННЯ ЧЕРГ БЕЗ ПРІОРИТЕТІВ

8

Найпростішим рішенням практичної реалізації алгоритму PS є **алгоритм «циклічна почерговість» (RR)**. Його ідеєю є забезпечення рівнозначного доступу кожної з черг до ресурсів процесора – щоразу, коли процесор звільняється, планувальник циклічно вибирає чергу, з якої приймається пакет на обслуговування. Недолік алгоритму RR – він не забезпечує принцип справедливого розподілу ресурсів для випадків, коли пакети мають змінну довжину.

Модифікацією алгоритму RR для пакетів змінної довжини є **алгоритм «циклічна почерговість із дефіцитом часу» (DRR)**. За принципом роботи DRR є аналогічним до алгоритму RR, проте він адаптований для обслуговування пакетів змінної довжини, за рахунок того, що у DRR додано функцію накопичення квантів виділеного процесорного часу. Квант часу - це час (порядку часток секунди) протягом якого алгоритм планування працює з потоком безперервно. Після закінчення часу, потік, що обслуговується, витісняється іншим. Коли настане черга знову обслуговувати цей потік, йому знову буде надано один квант часу. Таким чином, алгоритму планування завжди вистачатиме часу – він завжди буде наданий, поки потік знаходиться в обслуговуванні.

## ОСОБЛИВОСТІ АЛГОРИТМІВ ПЛАНУВАННЯ ЧЕРГ ІЗ ПРІОРИТЕТАМИ

9

Для забезпечення гарантій щодо затримок використовується планувальник із пріоритетами, який реалізований на базі **алгоритму PS** та заснований на **спільному використанні пріоритетного часу процесору (PPS)**. Його суть у тому, що кожній із черг присвоюється пріоритет, а планувальник виділяє процесорний час для обслуговування пакетів із черги відповідно до призначеного їй пріоритету.

Для справедливої пріоритизації доступу планувальника до черг маршрутизатора застосовується **алгоритм розподілу процесорного часу (GPS)**, який є також **модифікацією алгоритму PS**. Алгоритм GPS відноситься до класу планувальників, що працюють безперервно, і він може забезпечити низку можливостей: надання необхідних гарантій на пропускну здатність для кожного потоку, надання необхідних гарантій щодо затримок для потоків, ізолює потоки один від одного.

**Алгоритм GPS** у реальному обладнанні реалізувати неможливо, проте в рамках маршрутизатора IP-мережі можна змодельювати сервер GPS у якому обчислюється функція віртуальний час закінчення обслуговування у безперервному часі. Саме таким чином реалізується досить точна апроксимація планувальника GPS, яка називається **«зважена справедлива буферизація» (WFQ)**.

Подальшим розвитком **алгоритму WFQ** є **алгоритм побудови черг, що базуються на класах (CBWFQ)**. На відміну від **алгоритму WFQ**, тут можна в широких межах перерозподіляти смугу пропускання між потоками трафіку. Кожному класу потоку пакетів ставиться у відповідність своя черга. У загальному випадку можна сформуванати 64 класи потоків. Нерозподілена смуга пропускання може використовуватися потоками трафіка відповідно до їх пріоритетів. У разі потреби, для відкидання пакетів при виникненні перевантажень використовуються **алгоритми TailDrop** або **WRED**, які налаштовуються для кожної черги у відповідності із класом, пакети якого до неї входять. Обслуговування цих черг відбувається з урахуванням виділеної смуги пропускання під кожен чергу.

## АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ ЧЕРГАМИ TAILDROP

10

### Принцип функціонування алгоритму TailDrop

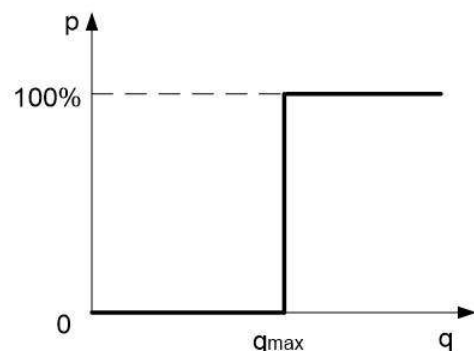


### Функція відкидання пакета для TailDrop

$$d(q) = \begin{cases} 0 & q < q_{\max} \\ 1 & q > q_{\max} \end{cases}$$

де  $q$  – миттєве значення довжини черги;  
 $q_{\max}$  – максимально допустимий розмір черги

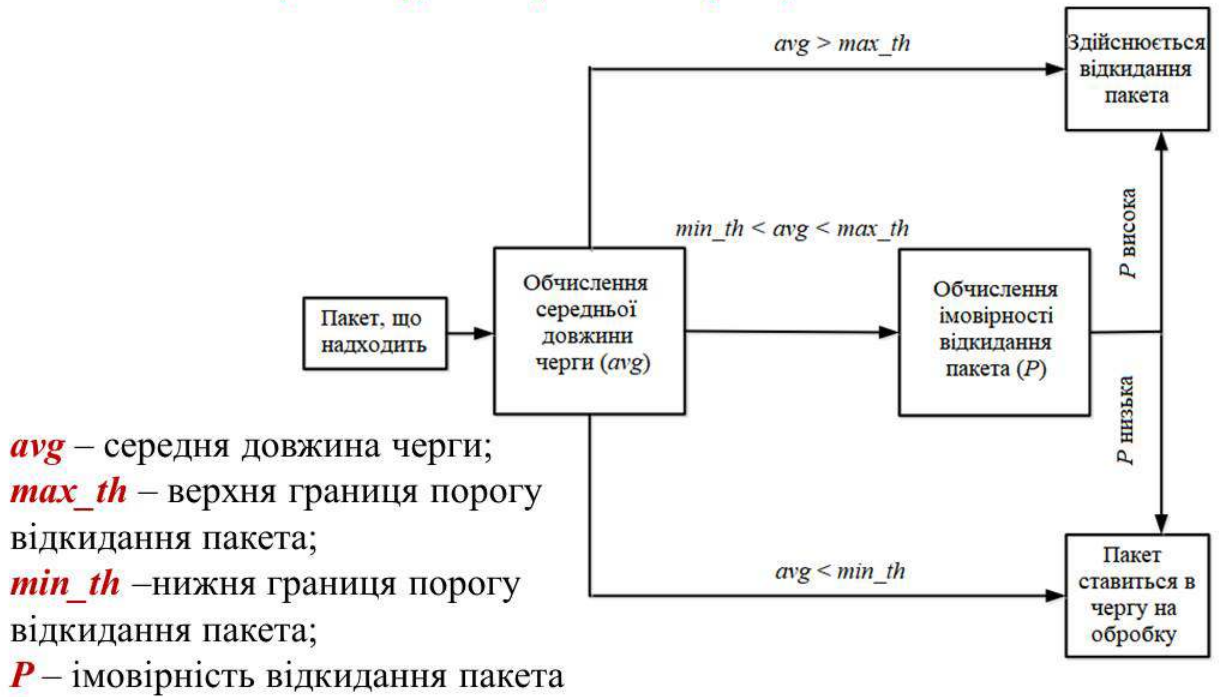
### Імовірність відкидання пакета в залежності від розміру черги для алгоритму TailDrop



## АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ ЧЕРГАМИ RED

11

### Принцип функціонування алгоритму RED



## АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ ЧЕРГАМИ RED

12

### Функція імовірності відкидання пакета

$$p = \begin{cases} \frac{avg - \min_{th}}{\max_{th} - \min_{th}} \cdot \max_p & \min_{th} < avg < \max_{th} \\ 0 & avg < \min_{th} \\ 1 & avg > \max_{th} \end{cases}$$

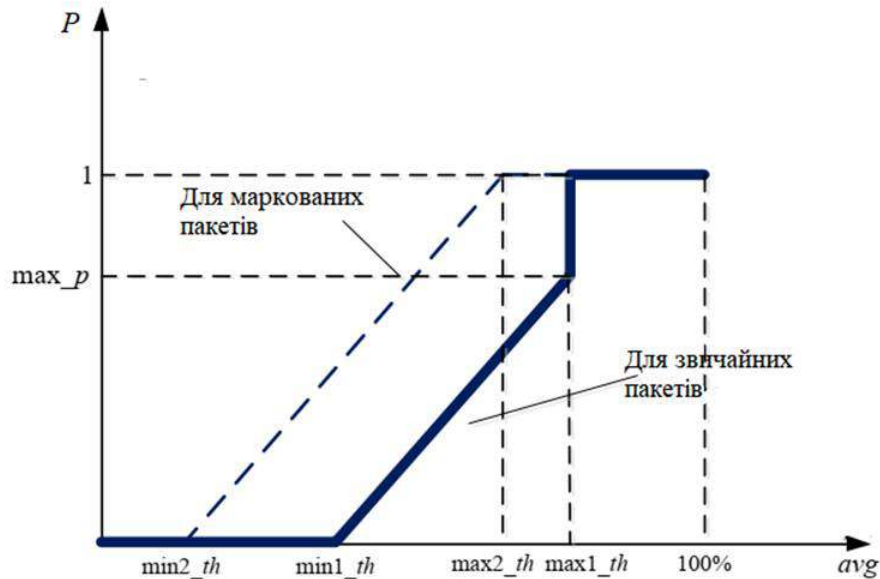
### Імовірність відкидання пакета в залежності від розміру черги для алгоритму RED



## АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ ЧЕРГАМИ WRED

13

**Імовірність відкидання пакета для двох пріоритетів та в залежності від розміру черги для алгоритму WRED**



## УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

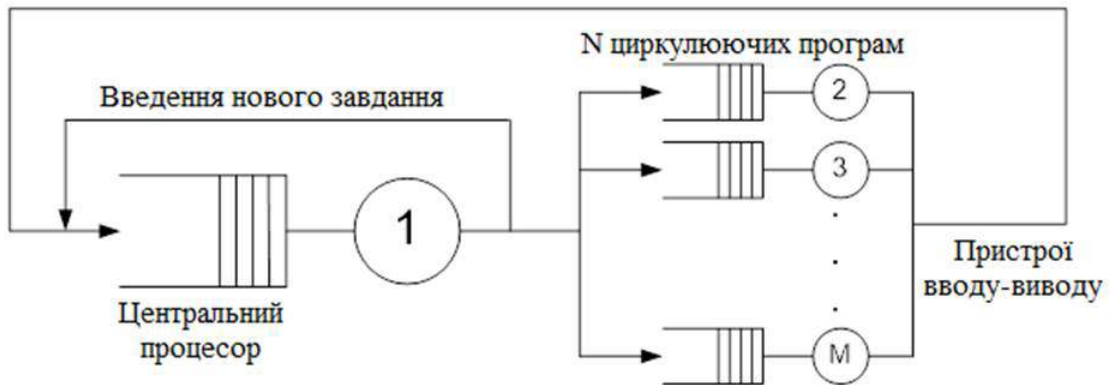
14

Важливим етапом у застосуванні теорії масового обслуговування для дослідження функціонування реального об'єкта є його формальний опис в термінах тієї або іншої **системи масового обслуговування (СМО)**. Будь яка СМО буде вважатися заданою, якщо повністю будуть описані її компоненти, такі як:

- вхідний потік запитів (заявок, вимог, повідомлень, викликів);
- кількість і типи пристроїв (приладів), що здійснюють обслуговування;
- ємності буферів, де запити очікують початку обслуговування, оскільки всі прилади зайняті;
- часи обслуговування запитів у пристроях;
- дисципліна обслуговування (вона визначає порядок опрацювання запиту в системі, починаючи з моменту його надходження в систему і до моменту, коли він залишає СМО).

## ВАРІАНТ РЕАЛІЗАЦІЇ УЗАГАЛЬНЕНОЇ МОДЕЛІ СМО ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ

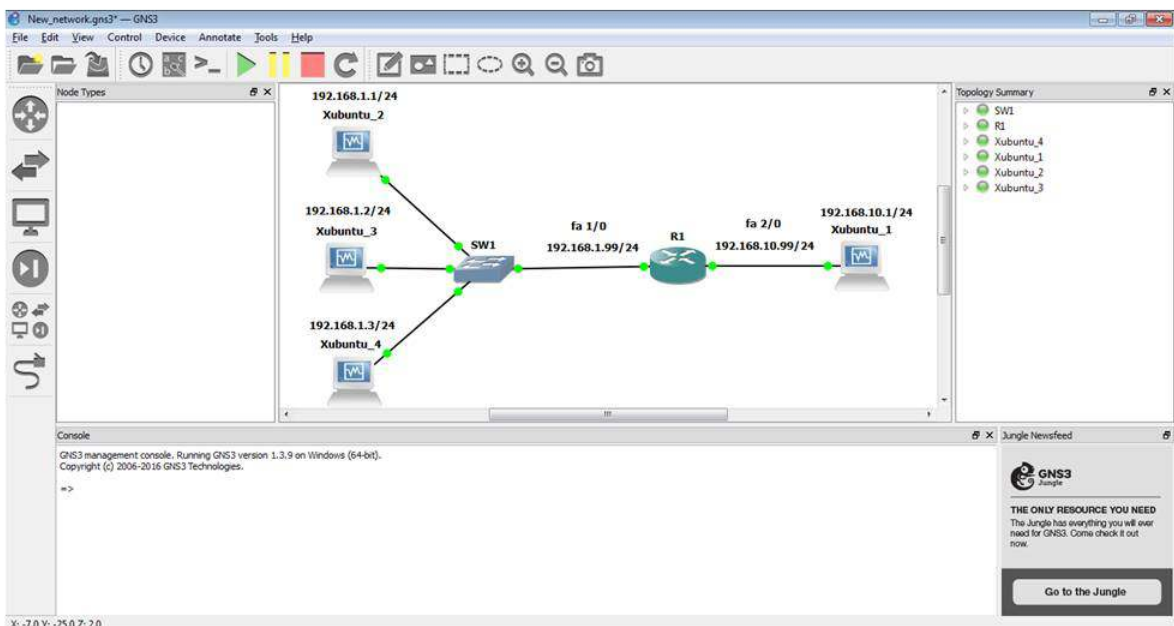
15



## ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ

16

### Подання моделі IP-мережі, що досліджується у середовищі GNS3



# ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ

## Вікно консолі маршрутизатора, де задається обсяг буфера

```

R1
*Mar 1 00:00:08.683: %SYS-5-RESTART: System restarted --
Cisco IOS Software, 3700 Software (C3725-ADVSECURITY9-M), Version 12.4(3), RELEASE SOFTWARE (fc2)
Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport
Copyright (c) 1986-2008 by Cisco Systems, Inc.
Compiled Fri 22-Jul-05 02:27 by Hqluong
*Mar 1 00:00:08.695: %SNMP-5-COLDSTART: SNMP agent on host R1 is undergoing a cold start
*Mar 1 00:00:09.007: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to down
*Mar 1 00:00:09.011: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/1, changed state to down
R1#
R1#(M*)T
R1#p
R1#
R1#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#int fa 0/1
R1(config-if)#tx-ring-limit 1
R1(config-if)#exit
R1(config)#int fa 1/0
R1(config-if)#tx-ring-limit 1
R1(config-if)#exit
R1(config)#int fa 2/0
R1(config-if)#tx-ring-limit 1
R1(config-if)#exit
R1(config)#
    
```

## Трафік на інтерфейсі fa 1/0

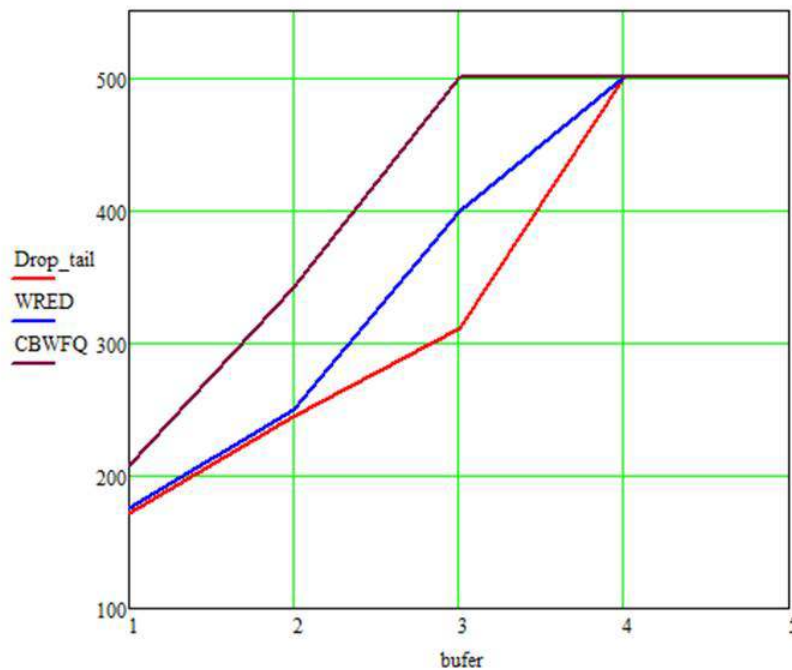
Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
142.294.375392	192.168.1.3	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x08f9, seq=71192, ttl=64 (reply in 131)
132.294.41587	192.168.10.1	192.168.1.3	ICMP	1162	Echo (ping) reply id=0x08f9, seq=71192, ttl=63 (request in 132)
139.294.497897	192.168.1.3	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x08f9, seq=82048, ttl=64 (reply in 140)
146.294.546403	192.168.10.1	192.168.1.3	ICMP	1162	Echo (ping) reply id=0x08f9, seq=82048, ttl=63 (request in 139)
161.294.582908	192.168.1.2	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x0898, seq=1256, ttl=64 (reply in 160)
162.294.582908	192.168.1.3	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x08f9, seq=92304, ttl=64 (reply in 176)
169.294.636415	192.168.10.1	192.168.1.2	ICMP	1162	Echo (ping) reply id=0x0898, seq=1256, ttl=63 (request in 161)
176.294.636415	192.168.10.1	192.168.1.3	ICMP	1162	Echo (ping) reply id=0x08f9, seq=92304, ttl=63 (request in 162)
183.294.681420	192.168.1.2	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x0898, seq=2512, ttl=64 (reply in 197)
190.294.687421	192.168.1.3	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x08f9, seq=102560, ttl=64 (reply in 204)
197.294.712424	192.168.10.1	192.168.1.2	ICMP	1162	Echo (ping) reply id=0x0898, seq=2512, ttl=63 (request in 183)
204.294.722425	192.168.10.1	192.168.1.3	ICMP	1162	Echo (ping) reply id=0x08f9, seq=102560, ttl=63 (request in 190)
211.294.808436	192.168.1.2	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x0898, seq=3768, ttl=64 (reply in 225)
218.294.810937	192.168.1.3	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x08f9, seq=112816, ttl=64 (reply in 232)
225.294.828939	192.168.10.1	192.168.1.2	ICMP	1162	Echo (ping) reply id=0x0898, seq=3768, ttl=63 (request in 211)
232.294.829439	192.168.10.1	192.168.1.3	ICMP	1162	Echo (ping) reply id=0x08f9, seq=112816, ttl=63 (request in 218)
239.294.887446	192.168.1.2	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x0898, seq=42024, ttl=64 (no response found!)
246.294.907949	192.168.1.3	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x08f9, seq=123072, ttl=64 (reply in 253)
253.294.922451	192.168.10.1	192.168.1.3	ICMP	1162	Echo (ping) reply id=0x08f9, seq=123072, ttl=63 (request in 246)
260.295.003461	192.168.1.2	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x0898, seq=51280, ttl=64 (reply in 274)
267.295.011462	192.168.1.3	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x08f9, seq=13328, ttl=64 (reply in 281)
274.295.019463	192.168.10.1	192.168.1.2	ICMP	1162	Echo (ping) reply id=0x0898, seq=51280, ttl=63 (request in 260)
281.295.029965	192.168.10.1	192.168.1.3	ICMP	1162	Echo (ping) reply id=0x08f9, seq=13328, ttl=63 (request in 267)
288.295.488023	192.168.1.2	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x0898, seq=61536, ttl=64 (reply in 334)
295.295.488523	192.168.1.3	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x08f9, seq=143584, ttl=64 (reply in 341)
302.295.489523	192.168.1.2	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x0898, seq=72792, ttl=64 (no response found!)
309.295.490023	192.168.1.3	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x08f9, seq=153840, ttl=64 (no response found!)
316.295.490523	192.168.1.2	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x0898, seq=82048, ttl=64 (no response found!)
323.295.492023	192.168.1.3	192.168.10.1	ICMP	1162	Echo (ping) request id=0x08f9, seq=164096, ttl=64 (no response found!)

# ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ

## Результати моделювання

Алгоритм Drop Tail				
	Xubuntu2	Xubuntu3	Xubuntu4	Загальна кількість отриманих пакетів
1/1	170	166	171	507
2/2	242	227	244	713
3/3	359	333	311	1003
4/4	500	500	500	1500
5/5	500	500	500	1500
Алгоритм WRED				
1/1	172	167	175	514
2/2	256	243	249	748
3/3	398	377	399	1174
4/4	500	500	500	1500
5/5	500	500	500	1500
Алгоритм CBWFQ				
1/1	167	159	208	534
2/2	227	198	341	766
3/3	368	333	500	1201
4/4	500	500	500	1500
5/5	500	500	500	1500

## Графіки залежності втрачених пакетів від обсягу буфера



## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведений аналіз алгоритмів управління потоками трафіку для унеможливлення виникнення перевантажень або їх запобіганню у IP-мережах.

Розглянута загальна концепція організації управління трафіком в IP мережах. Зокрема розглянуті загальні поняття та підходи щодо організації системи управління трафіком у мережах з комутацією пакетів. Визначені загальні особливості контролю характеристик трафіка для попередження перевантажень. Проаналізовані загальні особливості управління трафіком в мережах з КП, що базуються на алгоритмах планування і управління чергами.

Зроблений аналіз найпоширеніших алгоритмів управління трафіком, що застосовуються в IP-мережах, та які входять до групи алгоритмів, що направлена на управління і планування черг. Зокрема проаналізовані найпростіший алгоритм пасивного управління чергами (TailDrop), один із різновидів алгоритму RED – зважений RED (WRED), а також один із різновидів алгоритмів планувальника WFQ, який базується на класах (CBWFQ). Проведений аналіз механізмів управління трафіком з використанням моделей на основі СМО, що описані в теорії масового обслуговування.

Досліджені принципи функціонування алгоритмів управління та планування черг у IP-мережах із застосуванням інструментарію віртуального моделювання пакетної мережі на основі ПЗ GNS3.

## ДОДАТОК Б

## Публікації

Національний університет оборони  
Азербайджанської республіки

Національний технічний університет  
"Харківський політехнічний інститут"

Харківський національний  
університет радіоелектроніки

Національний аерокосмічний університет  
імені М. Є. Жуковського  
"Харківський авіаційний інститут"

Університет технології і гуманітарних наук  
(м. Бельсько-Бяла, Польща)

# **ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ**

Тези доповідей одинадцятої міжнародної  
науково-технічної конференції

16 – 17 листопада 2023 року

**Том 3: секція 4**

Баку – Харків – Бельсько-Бяла –2023

**АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ КОМПЛЕКСНОГО КЕРУВАННЯ ТРАФІКОМ В ІР-МЕРЕЖАХ ПРИ ВИНИКНЕННІ ПЕРЕНАВАНТАЖЕННЯ**

Вербицький Є.Р., Колтун Ю.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Якісні показники роботи будь-якої пакетної мережі нерозривно пов'язані з питаннями організації комплексного управління трафіком для забезпечення її нормального функціонування. Одним з основних чинників зниження якісних показників є виникнення перевантажень, що може виражатися у збільшенні кількості втрачених пакетів, збільшенні середніх значень затримки і джиттера, та інших [1]. У цьому аспекті під комплексним управлінням трафіком слід розуміти сукупність апаратно-програмних механізмів, які спрямовані на забезпечення функціонування мережі, що аналізується, з необхідним QoS та ефективним використанням ресурсів [2].

**Метою доповіді** є аналіз особливостей та елементів системи управління трафіком в ІР-мережах, формування задачі управління спираючись на принципи планування та визначення політики управління трафіком, а також на вибір методу і схеми управління. Особлива увага в доповіді приділяється аналізу механізмів управління трафіком в ІР-мережах у разі виникнення перевантаження.

У доповіді в якості механізмів управління трафіком в ІР-мережах розглянуті згладжування профілю трафіку на базі різного роду планувальників, а також алгоритми активного і пасивного управління чергами. Зазначено, що якщо існує навантаження і вільний процесорний час, то планувальник не завжди здійснює передачу навантаження на обслуговування. Запропонована методика аналізу характеристик механізмів локального управління трафіком під час контролю перевантажень на основі моделей черг в ІР-мережах [3]. Відповідно до цього підходу на вході мережного вузла, виходячи із заданих якісних показників (обмеженої довжини черги і порогу управління), ми можемо розрахувати необхідну кількість ділянок, через які проходить транзитний пакет, для побудови мережі з усуненням перевантажень. Ці дані можна враховувати при проектуванні ІР-мережі, наприклад, для нормування кількості ділянок проходження пакетів у мережі.

**Список літератури**

1. Гребешков А.Ю. Стандарты и технологии управления сетями связи / А.Ю. Гребешков. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 288 с.
2. Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет / Е.А. Кучерявый. – СПб.: Наука и Техника, 2004. – 336 с.
3. Мухин В.Е. Методы и средства эффективного управления передачей данных в защищенных компьютерных сетях / В.Е. Мухин // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2015. – №2. – С. 64 – 65.

## УЧАСНИКИ КОНФЕРЕНЦІЇ (секція 4)

Adebusola F.O. ....	25	Sabziev E.N. ....	12	Бондаренко М.Е. ....	56
Aloshyn Y.M. ....	45	.....	16	.....	57
Babayev S.M. ....	17	Sabziyev E.N. ....	17	.....	58
Bayramov A.A. ....	9	Sadigova R.H. ....	16	.....	59
Danova M. ....	36	Smidovych L.S. ....	35	.....	60
Dotsenko M.I. ....	32	Suleymanov S.S. ....	9	.....	61
Dotsenko N.V. ....	32	Talibov A.M. ....	14	.....	63
Feoktystova O.I. ....	21	Trembovetska R.V. ....	23	.....	80
Gasanov A.G. ....	6	.....	46	.....	81
Goyushova U.M. ....	11	.....	48	Бондаренко С.В. ....	61
Gubka O.S. ....	33	Tychkov V.V. ....	23	Бояршинов С.В. ....	84
Gubka S.O. ....	33	.....	46	Вербицкий С.Р. ....	92
Halchenko V.Ya. ....	23	.....	48	Вінтонович М.С. ....	78
.....	46	Tychkova N.B. ....	47	Власік С.М. ....	116
.....	47	Tymoshenko O.V. ....	48	Внуков О.О. ....	67
.....	48	Valkovyi V. ....	36	Волк Д.М. ....	50
Hashimov E.G. ....	8	Zmiivskiy V.S. ....	21	Волк М.О. ....	51
.....	10	Zymovin A.Ya. ....	25	Гомон В.О. ....	89
.....	14	Анікін А.М. ....	38	Гора М.В. ....	51
Huseynov B.S. ....	10	Балдандорж Б.О. ....	26	Горбачов В.О. ....	65
Karimov Y.Sh. ....	19	Баляба Ю.В. ....	50	.....	83
Khaligov G.S. ....	18	Барковська О.Ю. ....	75	Горенський Г.Г. ....	30
Khudeynatov E.K. ....	8	.....	76	Гриненко К.О. ....	81
Kraevyi S.A. ....	23	.....	77	Гриценко С.Д. ....	69
Kulyk Y.O. ....	35	.....	78	.....	70
Lolenko A. ....	111	Бикова Т.М. ....	22	.....	71
Malikov S.P. ....	11	Бирька Е.М. ....	80	.....	72
Nabadova L.N. ....	12	Блажневський С.О. ....	91	Гулак А.С. ....	68
Nemashkalov M.V. ....	112	Богородицький В.О. ....	110	Даценко С.С. ....	114
Nosova N.Yu. ....	33	Богородицький Є.О. ....	110	Дашков Д.Є. ....	66
Pashayev A.B. ....	16	Бойко Р.В. ....	100	Дергачов К.Ю. ....	27
Piriev H.K. ....	14	Бондаренко Є.Ю. ....	62	Дудник Г.О. ....	98
Piskun M.O. ....	46	.....	63	Слізева А.В. ....	39
Podorozhniak A. ....	111	Бондаренко М.Е. ....	54	Ждан Є.В. ....	99
.....	112	.....	55	Живков В.В. ....	31

## ЗМІСТ

**Том 1:** секції 1, 2, 5, 7

**Том 2:** секції 3, 6

**Том 3:** секція 4

<b>Секція 4</b> Комп'ютерні методи і засоби інформаційних технологій та управління .....	6
<b>Учасники конференції</b> (секція 4) .....	117
<b>Організації, які прийняли участь у конференції</b> .....	119

---

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

## ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

**Тези доповідей  
одинадцятій міжнародній науково-технічній конференції  
(16 – 17 листопада 2023 року)  
Том 3: секція 4**

Відповідальна за випуск *Н. Г. Кучук*  
Технічний редактор *І. А. Лебедева*  
Коректор *В. В. Богомаз*  
Комп'ютерне складання та верстання *Н. Г. Кучук, І. Ю. Петровська*

Адреса оргкомітету: вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, Україна  
Вечірній корпус, кімната 314  
тел. +38 (057) 707 61 65

Підписано до друку 06.11.2023                      Формат 60 × 84/16  
Ум.-вид. арк. 7,5.                      Тираж 100 пр.                      Зам. 1106-23/3

Віддруковано з готових оригінал-макетів у цифровій друкарні Impress  
61002, м. Харків, вул. Пушкінська, 56, тел. + 38 (057) 714-52-11  
e-mail: [irina@impress.biz.ua](mailto:irina@impress.biz.ua)