

**ДОСЛІДЖЕННЯ І МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ФОРМУВАННЯ
ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ ЧЕРГ У МЕРЕЖЕВИХ ПРИСТРОЯХ**

© Кирик М.І., Плесканка Н.М., Кожуров Д.В., 2013

M.I. Kyryk, N.M. Pleskanka, D.V. Kozhurov
Lviv Polytechnic National University**THE ANALYSIS AND MODELING OF QUEUES FORMING AND
PROCESSING IN THE NETWORK DEVICES**

© Kyryk M.I., Pleskanka N.M., Kozhurov D.V., 2013

The investigation has covered buffer resource and queue management as main and the most important network traffic parameter and access control and overload mechanism. Network devices interaction model can be performed by three levels:

- Ø physical layer;
- Ø protocols layer;
- Ø queues consolidating two previous levels.

The basic mechanisms of processing queues have been examined. The rules, that packages in queue are processed according to, are called queues management algorithms. The requirements for processing queues mechanisms have been defined. The formation and processing network queues analysis and modeling mechanisms have been presented. After reading the main points of the mechanisms of formation and queuing, simulation model of queuing in multiservice network using data prioritization has been developed. The model has been implemented in a Matlab software environment.

The number of packages in the buffer has been calculated according to Norros formula. Every algorithm evaluation criterion is the ability to best quality service for each service providing the best parameters QoS. Simulation results comparative analysis has been carried out. For more detailed analysis of the service parameters quality, the results of different types algorithms for multiservice network are presented. QoS parameters, such as the probability of packet loss, delay and jitter, were determined for different flows with appropriate algorithm. It was determined that the FIFO algorithm is unacceptable for service data. PQ algorithm was designed to process high priority flows. The best simulation results showed WFQ algorithm, which can satisfy acceptable service quality according to all parameters.

The presented model makes it possible to choose the optimal queues algorithms for different services. This approach can be used on design stage, and also on increasing the network efficiency stage.

Key words: Quality of Service, Simulation, Self-Similar Traffic, Queues, Queuing mechanisms.

Наведено мережеву модель взаємодії між вузлами обслуговування. Проведено огляд основних механізмів обробки черг. Детальніше розглянуто алгоритм зважених черг, що настроюються. Подано імітаційну модель роботи різних алгоритмів формування та обслуговування черг. Проведено порівняльний аналіз результатів моделювання.

Ключові слова: якість обслуговування, моделювання, самоподібний трафік, черги, механізми формування черг.

Вступ

Сучасний рівень розвитку інформаційних технологій, дає можливість зрозуміти, що все більшого розмаху набуває впровадження мультисервісних послуг та конвергенція телекомунікаційних мереж. Проте не варто забувати і те, що все це вимагає відповідних мережевих ресурсів, оскільки у відповідності до вимог часу, сучасні мережі передавання даних повинні будуватися як високонадійні системи, які здатні забезпечити задані показники якості обслуговування (Quality of Service, QoS)[1-2]. Для забезпечення різних вимог параметрів QoS мультисервісних послуг у системах передавання даних необхідно впроваджувати алгоритми та механізми управління трафіком, які повинні враховувати особливості різних видів послуг, а також забезпечувати ефективне використання мережевих ресурсів. Сьогодні вже існує доволі велика кількість механізмів обробки мережевого трафіку, які сприяють забезпеченню QoS. Одними із основних та найважливіших параметрів та механізмів є буферний ресурс, та ресурс управління чергами, а також механізми управління доступом та перевантаженням [3–4].

Мережева модель

Як відомо, для розв'язання складних задач використовується універсальний прийом – декомпозиція, тобто розбиття однієї складної задачі на декілька простих. Як приклад, можна навести семирівневу модель OSI, котра використовується для опису взаємодії між вузлами в мережах зв'язку. Взаємодію між будь-якими мережевими пристроями доволі зручно подавати у вигляді кількох рівнів. У нашому випадку ця взаємодія буде подана трьома рівнями, а саме:

Протокол TCP/IP (Буфери, опції)
Черги на відправлення та прийом
Фізичний

- Ø фізичний рівень;
- Ø рівень протоколів;
- Ø черги, які їх об'єднують (див. рис. 1).

Рис. 1. Мережева модель

Кожен з наведених вище рівнів має свої характеристики і є порівняно незалежним, однак неправильна робота будь-якого з них може негативно позначатись на працездатності інших рівнів. Фізичний рівень займається тим, що приймає і відсилає пакети в мережу, а також відповідає за розміщення їх у буферах мережевої карти. Для цього рівня необхідно зробити правильне налаштування буферів мережевого адаптера [5]. Наступним є рівень черг, на якому відбувається розміщення пакетів у черзі на приймання та передавання, а також визначається механізм формування та опрацювання черг. Останній, найвищий, на якому знаходиться стек TCP/IP – це рівень протоколів. Тут відбувається обробка всіх TCP/IP пакетів. Під час обробки вирішується подальша доля пакета.

Кожен з наведених вище рівнів має свої характеристики і є порівняно незалежним, однак неправильна робота будь-якого з них може негативно позначатись на працездатності інших рівнів. Фізичний рівень займається тим, що приймає і відсилає пакети в мережу, а також відповідає за розміщення їх у буферах мережевої карти. Для цього рівня необхідно зробити правильне налаштування буферів мережевого адаптера [5]. Наступним є рівень черг, на якому відбувається розміщення пакетів у черзі на приймання та передавання, а також визначається механізм формування та опрацювання черг. Останній, найвищий, на якому знаходиться стек TCP/IP – це рівень протоколів. Тут відбувається обробка всіх TCP/IP пакетів. Під час обробки вирішується подальша доля пакета.

Важливо зазначити, що налаштування всіх рівнів потрібно далеко не завжди, все залежить від того, якого роду трафік обробляє вузол. Умовно, за рівнем взаємодії з вузлом, весь трафік у мережі можна розділити на дві категорії – власний і транзитний (рис. 2).

Власний трафік належить всім трьом рівням мережевої моделі, тому що він породжується самим верхнім рівнем, а відсилається самим нижнім (рис. 2, а). Як видно, при обробці транзитного трафіку в основному беруть участь тільки два нижніх рівня, до TCP пакети просто не доходять (рис. 2, б).

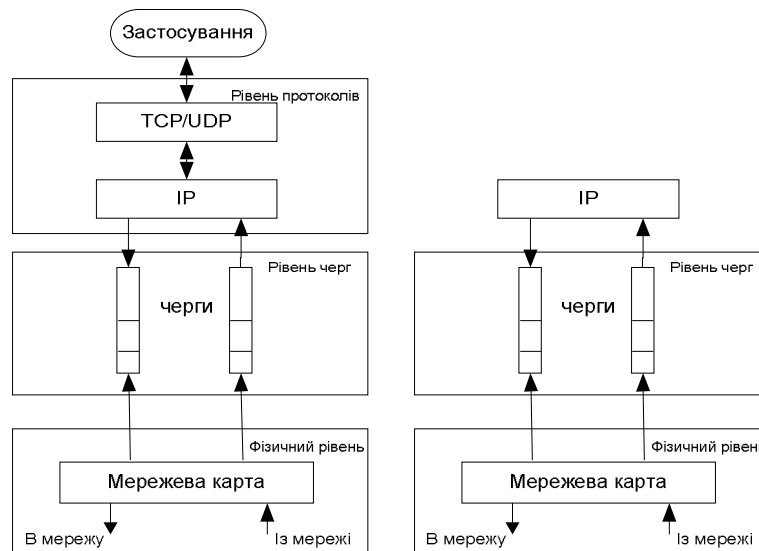


Рис. 2. Модель взаємодії мережевого стеку

Механізми формування та обслуговування черг

Черги є тим інструментом управління перевантаженням, який приходить на допомогу у випадку, коли мережевий пристрій не встигає обробляти пакети та передавати їх на вихід з такою інтенсивністю, з якою вони надходять на вхід. Причиною створення черг можуть бути як процесорний блок мережевого пристрою, так і обмежена швидкість вихідного інтерфейсу [5]. Існують певні правила, згідно з якими проводиться обслуговування пакетів, що перебувають у черзі, які називаються алгоритмами обслуговування черг. До таких алгоритмів ставляться певні вимоги, а саме:

- алгоритм обслуговування черг із підтримкою QoS повинен мати засіб диференціювання пакетів і засіб визначення рівня обслуговування кожного пакета;
- алгоритм має гарантувати якість обслуговування пакетів шляхом розподілення ресурсів для кожного окремого потоку трафіку;
- забезпечення захисту і рівномірної обробки всіх потоків трафіку з однаковим пріоритетом;
- простота реалізації і підтримка управління доступом.

Як відомо, мультимедійний трафік характеризується достатньо високою чутливістю до затримок під час передавання даних та втрати пакетів. Тому саме для додатків реального часу є однаково важливими вимоги до часу затримки та смуги пропускання [6]. Для боротьби з цим розроблено різні методи управління буферним простором [5,7,8]. Всі пакети перед опрацюванням спочатку буферизуються, таким чином створюються черги на обслуговування. Чергами є області пам'яті комутатора або маршрутизатора, де групуються пакети з однаковими пріоритетами передавання. Алгоритм обслуговування черги визначає порядок, в якому передають пакети з цієї черги. Сьогодні день існує велика кількість механізмів обробки черг (рис. 3).

Їх можна класифікувати за такими ознаками:

- за принципом розподілу ресурсів (без розподілу ресурсів, пріоритетний розподіл шляхом застосування однойменного обслуговування, пропорційний розподіл шляхом кругового обслуговування черг і рівномірний розподіл);
- за наданням гарантій за будь-якими параметрами мережевого з'єднання (у межах смуги пропускання або гарантованої затримки);
- за принципом формування черг (формування черг за потоками або за класами);
- за режимом виконання (розподілений на процесорах або нерозподілений на центральному процесорі маршрутизатора).

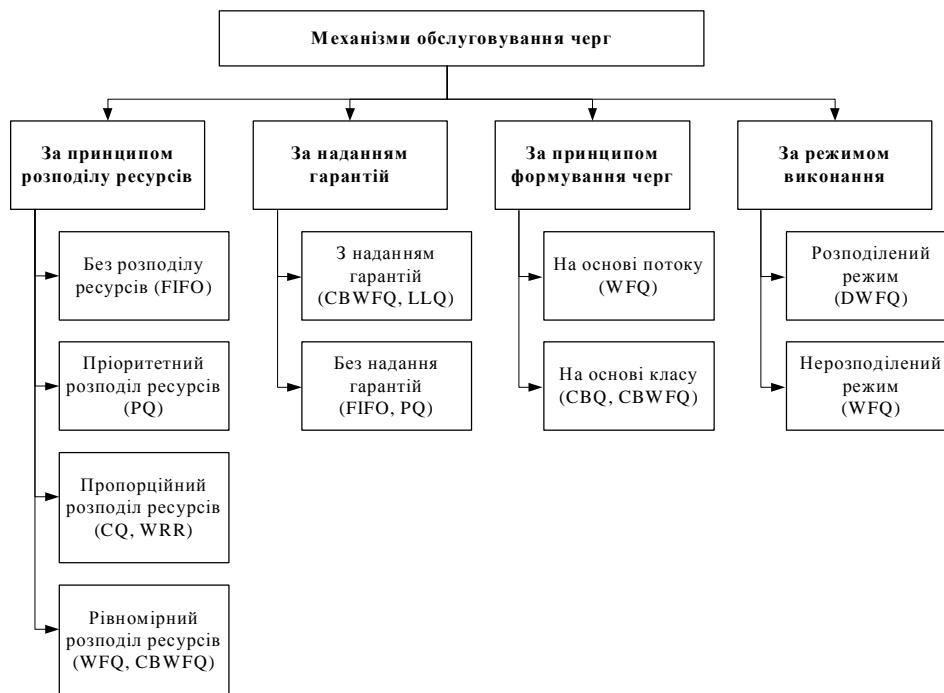


Рис. 3. Класифікація механізмів обслуговування черг

Модель обслуговування черг мультисервісної мережі

Ознайомившись із основними моментами механізмів формування та обслуговування черг, в роботі було розроблено імітаційну модель обслуговування черг мультисервісної мережі з використанням пріоритетизації даних. Модель була реалізована в програмному середовищі Matlab. Алгоритм роботи моделі наведено на рис. 4.

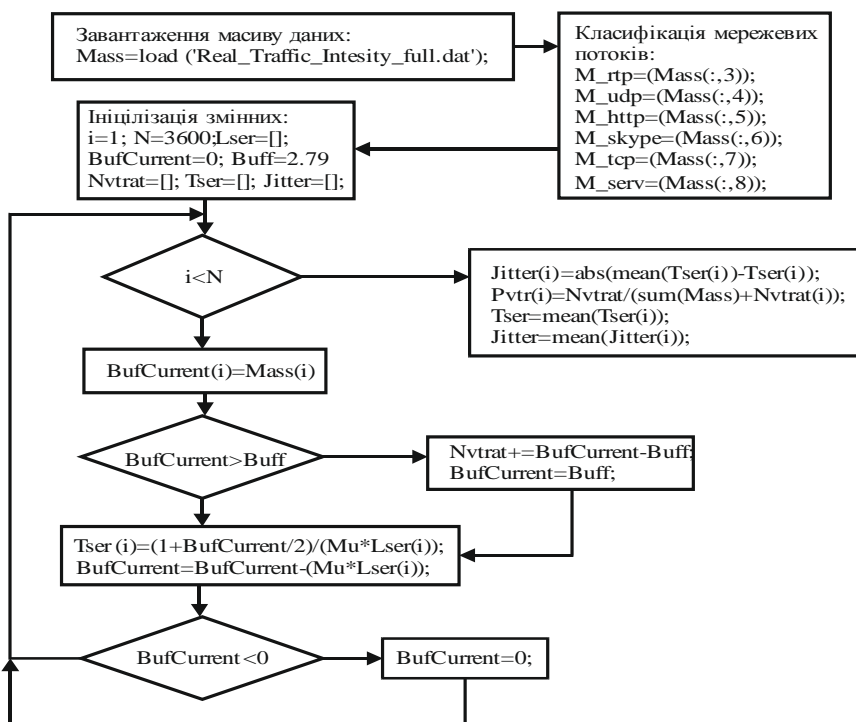


Рис. 4. Алгоритм роботи імітаційної моделі

Для визначення найкращого механізму обслуговування пріоритезованого мультимедійного трафіку вибрано п'ять алгоритмів обслуговування:

- 1) алгоритм обслуговування черг FIFO;
- 2) механізм пріоритетного обслуговування черг PQ;
- 3) механізм замовленого обслуговування черг CQ;
- 4) алгоритм рівномірного обслуговування черг FQ;
- 5) алгоритм зваженого справедливого обслуговування WFQ.

Самоподібне навантаження на мережевому рівні формується в ході його взаємодії з мережею і може змінюватися залежно від перевантаження мережі, схем переприймання, вимог до обсягів файлів тощо [1, 9–11]. Все це ускладнює виконання розрахунків і вимагає застосування нових підходів. Однією з перших робіт у цьому напрямку є дослідження І. Норрса [12, 13]. Він модифікував формулу Полячека-Хінчина, яка враховує самоподібний характер мережевого трафіку. За нею наближена кількість пакетів в буфері визначається як:

$$Buft = \left(\frac{\left(H^H \cdot (1-H)^{1-H} \cdot \sqrt{-2 \cdot \ln P(n > N)} \right)^{\frac{1}{H}} \cdot a^{\frac{1}{2-H}} \cdot m^{\frac{1}{2-H}}}{C - m} \right)^{\frac{H}{1-H}} \quad (1)$$

де H – параметр Херста профілю трафіка; $P(n > N) = 10^{-6}$ – імовірність втрати пакету, яку необхідно забезпечити; $C = 100$ Мбіт/с – пропускна здатність прямого каналу (біт/с); $m = 21,05$ Мбіт/с – швидкість поступлення пакетів (біт/с); $a = 3,25$ Мбіт/с – коефіцієнт варіації швидкості поступлення пакетів (біт/с).

Дослідження трафіку мультисервісної мережі проведено у роботі [5], а визначення вимог щодо розміру буфера було розраховано згідно з формулою (1).

Критерієм оцінки кожного з цих алгоритмів є можливість найякіснішого обслуговування кожного сервісу, тобто забезпечення найкращих параметрів QoS.

Визначення цих параметрів проводять так:

- Ймовірність втрати пакета – визначається як кількість втрачених пакетів до загальної кількості отриманих пакетів

$$P_{втрата} = \frac{1}{N} \sum_k n_k \quad (2)$$

$P_{втрата}$ – імовірність втрати пакету; N – загальна кількість пакетів; n_k – кількість втрачених пакетів за k -тий період.

- Затримка являє собою тривалість обслуговування пакета і визначається як сума часу опрацювання пакета і очікування обслуговування в буфері.

$$\Delta T_{обс} = \Delta T_{буфер} + 2 \cdot \frac{\Delta R_{пак}}{V_{шини}} + T_{обробки} \quad (3)$$

$V_{шини}$ – швидкість внутрішньої шини обслуговуючого пристрою (прийнято, що швидкості вхідної і вихідної шин рівні); $\Delta T_{буфер}$ – тривалість очікування пакетом у буфері; $\Delta R_{пак}$ – довжина пакета; $T_{обробки}$ – тривалість опрацювання пакета у процесорі обслуговуючого пристрою; $\Delta T_{обс}$ – тривалість обслуговування пакета.

- Джитер визначається як різниця між середнім значенням затримки та конкретною затримкою.

$$dt = \frac{1}{N} \sum_i |T_{сер} - T_i| \quad (4)$$

dt – середнє значення джитера; T_i – затримка i -ого пакета; $T_{сер}$ – середнє значення затримки.

Аналіз результатів моделювання

Для детальнішого аналізу параметрів якості обслуговування наведено результати роботи різних типів алгоритмів для декількох сервісів мультисервісної мережі передавання даних. Результати роботи імітаційної моделі наведені на рис. 5–7.

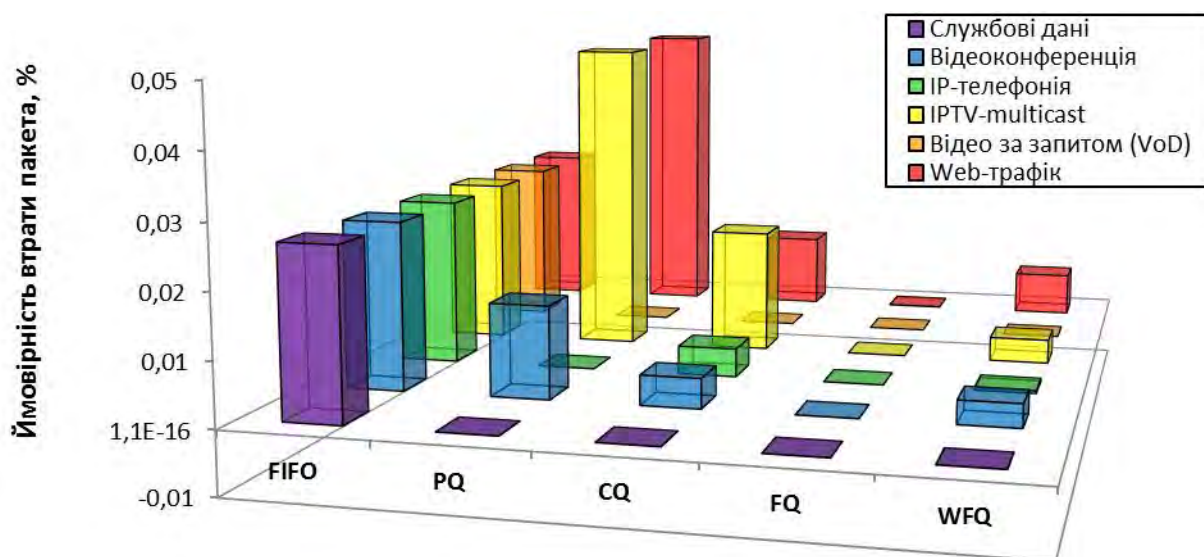


Рис. 5. Ймовірність втрати пакетів для різних потоків при використанні відповідного алгоритму обслуговування

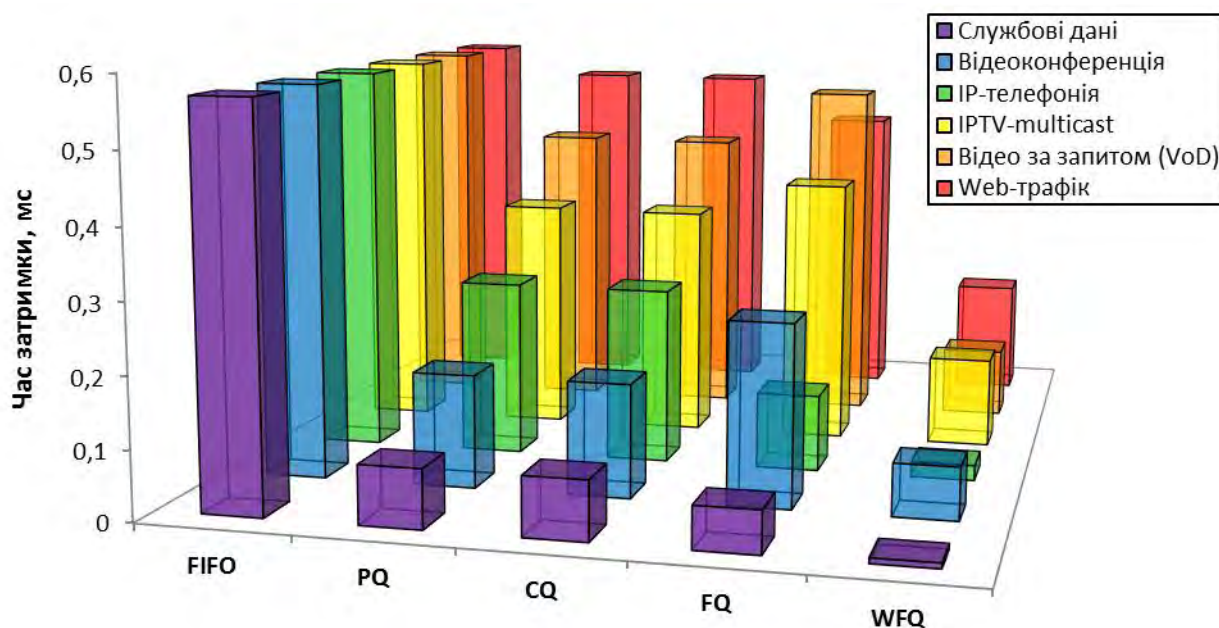


Рис. 6. Час затримки для різних потоків при використанні відповідного алгоритму обслуговування

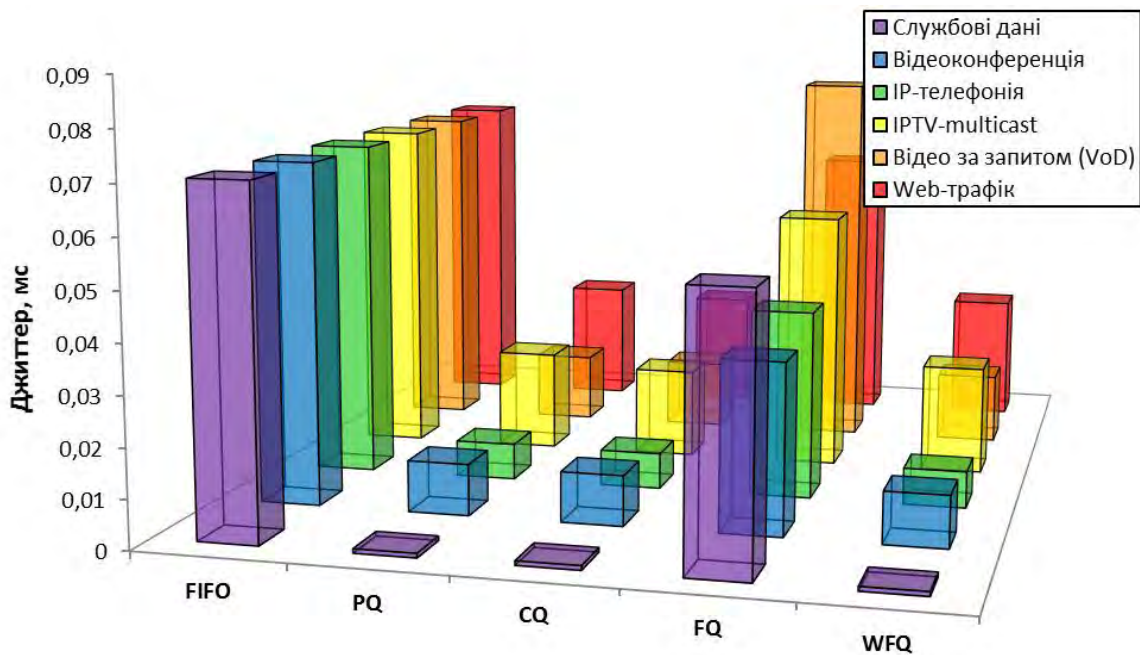


Рис. 7. Джиттер для різних потоків під час використання відповідного алгоритму обслуговування

Проаналізувавши отримані результати, можемо відзначити, що алгоритм *FIFO* допускає доволі великі втрати пакетів для всіх типів потоків, що є недопустимо для службових даних.

Що стосується алгоритму *PQ*, можна зауважити, що ресурс обслуговуючого пристрою був спрямований більшою частиною на обробку високопріоритетних потоків. Отримані результати моделювання для алгоритму *CQ* по всіх параметрах задовольняють граничні умови для кожного потоку, окрім випадку для кількості втрачених пакетів IP-телефонії. Алгоритм *FQ* по результатах моделювання виявився з надзвичайно низькими втратами для всіх потоків, що свідчить про високу сумісність цього механізму із мультимедійним трафіком. Але значення затримки та джиттеру дещо збільшились, порівняно з попередніми методами, хоча і не перевищують допустимих значень. Результати моделювання роботи алгоритму *WFQ*, по всіх параметрах задовольняють висунуті потреби кожного сервісу. Втрати, затримка і джиттер не перевищують граничних значень.

Висновки

У роботі наведено тривірневу модель взаємодії між мережевими пристроями. Висунуто основні вимоги до алгоритмів формування та обслуговування черг. У цій статті виконано моделювання роботи механізмів формування та обслуговування черг. Для різних типів потоків визначено параметри якості обслуговування (QoS), а саме імовірність втрати пакетів, затримка та джиттер, які можуть забезпечити відповідні алгоритми. Визначено, що алгоритм *FIFO* не доцільно використовувати для службових даних, алгоритм *PQ* розроблено для високопріоритетних потоків. Найкращий результат моделювання показав алгоритм *WFQ*, який може забезпечити задовільну якість обслуговування за всіма критеріями.

Наведена модель дає змогу вибрати оптимальні алгоритми формування та обслуговування черг для різних типів потоків. Цей підхід може бути використано на етапі проектування, а також оптимізації роботи мережі.

1. Vern Paxson and Sally Floyd, *Wide-Area Traffic: The Failure of Poisson Modeling* *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 3 No. 3. – Pp. 226–244, June 1995. 2. Canfora, G., Di Penta, M., Esposito, R., Villani, M.L.: *An Approach for QoS-aware Service Composition based on Genetic Algorithms*. In: *GECCO 2005*, *ACMPress*, NewYork (2005). 3. Кучерявий Е.А. *Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет*. – СПб.: Наука и техника, 2004. – 336 с. 4. Vegesna S. *IP*

Quality of Service./ Srinivas Vegesna. – Cisco Press. – 2001. – 368 p. 5. Кирик М.І., Андрухів Т.В., Червенець В.В., Плесканка Н.М. Дослідження буферизації мультимедійного трафіку в мережах передачі даних. Вісник НУ “Львівська політехніка”, №738 “Радіоелектроніка та телекомунікації”, Львів, 2012, с. 100–106. 6. Федодеев Д. Алгоритмы управления очередями. Очереди и алгоритмы их обслуживания составляют основу средств поддержки QoS. Журнал сетевых решений /LAN. 2007. – Т. 13 (137). – С. 26–31. 7. Cisco Systems. DiffServ – The Scalable End-to-End QoS Model / Cisco Systems // Cisco IOS Technologies. – 2005.[Electronic resource]. – Access mode: -<http://www.cisco.com/>. 8. Турко С.А., Фомин Л.А., Будко П.А. Об оптимальном использовании сглаживающего влияния буферов на параметры трафика // Электросвязь. №10, 2002. – С. 26–29. 9. Столлинс В. Современные компьютерные сети. СПб.: Питер, 2003 – С. 352–402. 10. Leland W.E., Taqqu M.S., Willinger W., and Wilson D.V. On the self-similarity of ethernet traffic // IEEE/ACM Transactions of Networking, 2(1), 1994. – P. 1–15. 11. Ryu B.K. Fractal Network Traffic: From Understanding to Implications. Ph.D. thesis. – Columbia University, 1996. – 143 p. 12. Norros I. The Management of Large Flows of Connectionless Traffic on the Basis of Self-Similar Modeling // ICC '95, IEEE International Conference on Communications. – Seattle, 1995. – P. 451 – 455. 13. Norros I., A Storage Model with Self-Similar Input, Queuing Systems, 1994, no 16, – p. 387–396.