

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРІОРИТЕТІВ НА ЧАС ОЧІКУВАННЯ ПАКЕТІВ В ОДНОКАНАЛЬНІЙ СИСТЕМІ

Ложковський А.Г., Голубенко В.В.

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,
65029, Україна, м. Одеса, вул. Кузнечна, 1.
aloshk@onat.edu.ua, v.golubenko@onat.edu.ua*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИОРИТЕТОВ НА ВРЕМЯ ОЖИДАНИЯ ПАКЕТОВ В ОДНОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Ложковский А.Г., Голубенко В.В.

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,
65029, Украина, г. Одесса, ул. Кузнечная, 1.
aloshk@onat.edu.ua, v.golubenko@onat.edu.ua*

RESEARCH OF INFLUENCE OF PRIORITIES AT THE WAITING TIME FOR THE PACKETS IN THE SINGLE-CHANNEL SYSTEM

Lozhkovskii A.G., Golubenko V.V.

*O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,
1 Kuznechna St., Odessa, 65029, Ukraine.
aloshk@onat.edu.ua, v.golubenko@onat.edu.ua*

Анотація. У мультисервісних пакетних мережах зв'язку в залежності від типу служби (сервісу) необхідні певні характеристики якості обслуговування її трафіка. Для цього з метою регулювання трафіка різних служб широко застосовується обслуговування потоків з пріоритетами. Для пуассонівського трафіка з пріоритетами є методи розрахунку характеристик якості обслуговування кожного з пріоритетів, а для пакетного трафіка з пріоритетами аналогічних методів аналізу поки не існує через його пачковий характер та суттєву відмінність його математичної моделі. Тому дослідження впливу пріоритетів на характеристики якості обслуговування саме пакетного трафіка є однією з найактуальніших задач. Розв'язання цієї задачі дозволить покращити реальні показники якості обслуговування для систем з пріоритетами та підвищить ефективність роботи таких систем. У роботі розглянуто вплив відносних пріоритетів на середній час очікування пакетів в одноканальній системі, що обслуговує пакетний трафік з пріоритетами.

Ключові слова: трафік, відносний пріоритет, середній час очікування, одноканальна система.

Аннотация. В мультисервисных пакетных сетях связи в зависимости от типа службы (сервиса) необходимы определенные характеристики качества обслуживания ее трафика. Для этого с целью регулирования трафика различных служб широко применяется обслуживание потоков с приоритетами. Для пуассоновского трафика с приоритетами есть методы расчета характеристик качества обслуживания каждого из приоритетов, а для пакетного трафика с приоритетами аналогичных методов анализа пока не существует в силу его пачечного характера и существенного отличия его математической модели. Поэтому исследование влияния приоритетов на характеристики качества обслуживания именно пакетного трафика является одной из самых актуальных задач. Решение этой задачи позволит улучшить реальные показатели качества обслуживания для систем с приоритетами и повысит эффективность работы таких систем. В работе рассмотрено влияние относительных приоритетов на среднее время ожидания пакетов в одноканальной системе, обслуживающей пакетный трафик с приоритетами.

Ключевые слова: трафик, относительный приоритет, среднее время ожидания, одноканальная система.

Abstract. In the multiservice packet-based network, depending on the type of service (service) requires some characteristics of quality of service of its traffic. For this purpose different services with traffic

regulation is widely used service streams priorities. The Poisson traffic with priorities have methods of calculating the characteristics of the quality of service for each of the priorities, but for packet traffic with priorities similar methods of analysis do not exist by because the traffic is bursty, and its mathematical model is different. Therefore, a study the impact of the priorities on the characteristics of quality of service packet traffic is one of the most urgent tasks. The solution to this problem will improve the real quality of service performance for systems with the priorities and improve the effectiveness of such systems. The paper considers the influence of the relative priorities on the packet waiting time in single-channel system, serving priorities of packet traffic.

Key words: traffic, relative priority, average waiting time, single-channel system.

Одним із ефективних способів керування розмірами черг пакетного комутатора та часом перебування пакетів у черзі є встановлення пріоритетів для пакетів, що очікують у черзі. При надходженні пакетів з високим пріоритетом обслуговування до системи пакети з більш низьким пріоритетом або перериваються (абсолютний пріоритет), або пакети з високим пріоритетом стають в початок черги пакетів, що очікують (відносний пріоритет) [1]. В роботах [2, 3] розглянуто проблеми розрахунку характеристик якості обслуговування за умов самоподібного трафіка в мережі та достовірність розрахунку характеристик *QoS* за умов самоподібного трафіка за відсутності пріоритетів. Наявність пріоритетів може значно змінити характеристики якості обслуговування та вплинути на вибір правильного методу розрахунку характеристик *QoS*. Для пуассонівського трафіка з пріоритетами є методи розрахунку характеристик якості обслуговування кожного з пріоритетів, а для пакетного трафіка з пріоритетами аналогічних методів аналізу поки не існує через його пачковий характер та суттєву відмінність його математичної моделі.

Метою даної статті є дослідження впливу пріоритетів на середній час очікування пакетів в одноканальній системі, що обслуговує пакетний трафік з пріоритетами.

Маршрутизатори, які використовуються в телекомунікаційних мережах, підтримують функції організації пріоритетних черг, що дозволяє обслуговувати певні потоки пакетів у першу чергу. Метод пріоритетних черг [6] найбільш часто використовується для надання часових гарантій чутливим до затримок прикладним програмам. Даний метод може застосовуватися для передачі аудіо- і відеоінформації, коли не потрібна висока якість обслуговування. Для доставки аудіо- і відеоінформації з високою якістю необхідно гарантувати низьку затримку й невеликий джитер. На метод пріоритетних черг не існує єдиного стандарту. Окремі його частини описані в різних стандартах. Кожен виробник мережного устаткування реалізує у своїх виробках власні алгоритми обробки черг. Основними алгоритмами є такі [7]:

1. Drop Tail – задається максимальний розмір черги, пакет, що знову прибув розміщується в кінці черги, за наявності вільних місць у черзі, в іншому випадку – відкидається [6].

2. FIFO (*First In, First Out*) – якщо маршрутизатор отримує пакети швидше, ніж він може відправити їх через даний порт, то він поміщає пакети в чергу. У найпростішому випадку, вони відправляються в порядку надходження.

3. RED (*Random Early Detection*) – метод дозволяє пом'якшити ефект від втрати пакетів навіть за надто великих навантажень. Така черга теж використовує принцип FIFO, але пакети відкидаються випадковим чином (замість того, щоб відкидати хвіст черги), коли середня довжина черги за даний проміжок часу перевищує встановлене значення. Цим досягається оптимізація заповнення черги. Даний алгоритм створений для протоколу TCP, але може бути застосованим і до трафіка будь-якого протоколу, коли мережа не гарантує доставки.

Черга із пріоритетами – це алгоритм, за якого кілька черг FIFO або RED утворюють одну чергу. Трафік розподіляється між цими чергами відповідно до заданих критеріїв. При цьому трафік відправляється в порядку строгої черговості: першим – трафік з високим пріоритетом, другим – із середнім і т.д.

Черги на основі класів (*Class Based Queuing*, CBQ) – це алгоритм, за якого трафік поділяється на кілька класів. Кожен клас має власну чергу і йому виділяється деяка частина пропускної здатності каналу.

Зважена справедлива черга (*Weighted Fair Queuing*, WFQ) – окремий випадок CBQ, коли класам відповідають незалежні потоки. Кожному класу відповідає одна черга FIFO й їй приділяється деяка частина пропускної здатності каналу. При цьому відбувається перерозподіл пропускної здатності між потоками.

В роботі [4] розглянуто вплив відносних пріоритетів на середній час очікування для системи $M/G/1/\infty$.

Пакети з r пріоритетами (чим менше номер, тим вище пріоритет) надходять до одноканальної системи й утворюють r пуассонівський потік з інтенсивністю λ_k , де $k = 1, \dots, r$. У межах одного пріоритету пакети обслуговуються в порядку надходження. Функція розподілу часу обслуговування пакетів з k -м пріоритетом має середній час обслуговування $1/\mu_k$. Переривання обслуговування не допускається. Після закінчення обслуговування будь-якого пакета з черги вибирається пакет з вищим пріоритетом. Для виявлення рівня впливу відносних пріоритетів на середній час очікування W_k кожного з пріоритетів розглядається випадок організації п'яти пріоритетів, де потоки кожного з пріоритетів мають однакову інтенсивність λ_k , а тривалість обслуговування пакетів кожного з пріоритетів однакова та постійна.

На рис. 1 показано вплив відносних пріоритетів на час очікування, а саме графіки залежності середнього часу очікування пакетів k -го пріоритету W_k від загальної інтенсивності надходження ρ потоків усіх пріоритетів. Оскільки всі інтенсивності однакові, то в кожній точці графіка інтенсивність навантаження потоку k -го пріоритету буде $1/5$ від загальної інтенсивності ρ [4].

Пунктирними лініями зображені графіки середнього часу очікування W_k , вираженого в одиницях середньої тривалості обслуговування за відносних пріоритетів (1, ..., 5) і постійного часу обслуговування, однакового для всіх п'яти однакових за інтенсивністю пуассонівських потоків пакетів.

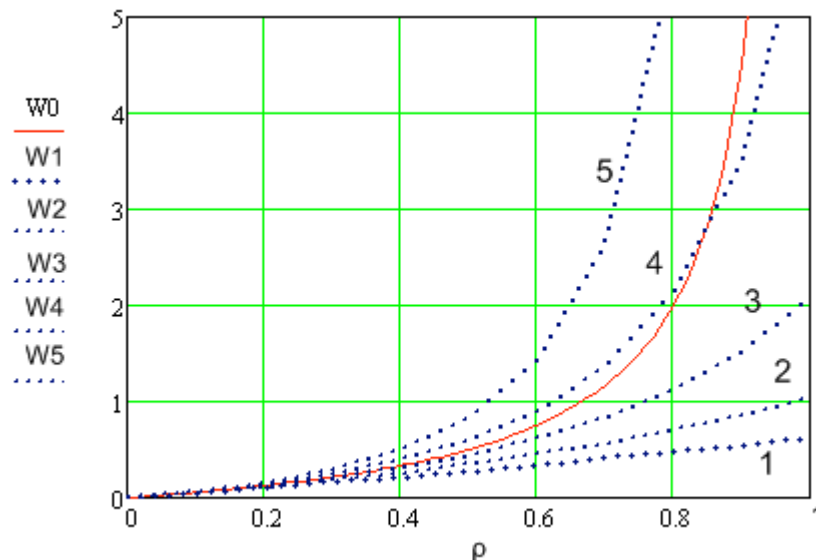


Рисунок 1 – Залежність середнього часу затримки пакетів від інтенсивності навантаження ρ та пріоритету

З рисунка випливає, що при введенні пріоритетів для кожного з п'яти потоків середній час очікування W для окремих потоків можна зробити менше (пунктирні лінії 1...3 для потоків з пріоритетами 1, 2 та 3 відповідно), ніж це було б у випадку без пріоритетного

обслуговування (безперервна лінія). Це зниження відбувається за рахунок більшої затримки пакетів потоків з пріоритетами 4 та 5 (пунктирні лінії 4 та 5).

Проведемо дослідження зміни середнього часу очікування пакетів W у системі для одноканальної системи від інтенсивності навантаження ρ в умовах пакетного трафіка. Для цього використаємо програму «Моделювання СМО» [5]. В якості закону розподілу інтервалів часу між пакетами використаємо розподіл Парето, що забезпечує характеристики генерованого трафіка близькими до характеристик реального трафіка пакетних мереж [3].

Наявність у розподілі Парето так званого «довгого хвоста» забезпечує властивість пачковості трафіка, оскільки в розподілі істотно зростають імовірності довгих інтервалів між пакетами (наприклад, відсутність пакетів на інтервалі) і для «підтримки» заданого середнього значення кількості пакетів необхідна їхня концентрація (збільшення) на інших інтервалах часу.

При моделюванні задано такі закони розподілу тривалості обслуговування пакетів: експонентний (M), логарифмічно-нормальний (Lg), рівномірний (U) та дискретний (D). Результати моделювання показано в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати моделювання для системи $fBM/G/1/\infty$

ρ , Ерл	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$W_{fBM/M/1/\infty}$	0,01027	0,10509	0,30775	0,65191	1,24591	2,35384	4,71066	11,42489	47,05014
$W_{fBM/LgN/1/\infty}$	0,23170	0,61423	1,16762	2,09538	3,38897	5,64284	10,06210	20,85521	66,70560
$W_{fBM/U/1/\infty}$	0	0,00256	0,07226	0,25635	0,62874	1,39642	3,24531	8,74721	40,47557
$W_{fBM/D/1/\infty}$	0	0	0	0,03172	0,23455	0,79028	2,28447	7,22352	38,06744

На основі отриманих результатів побудовано відповідні графіки, які зображені на рис. 2.

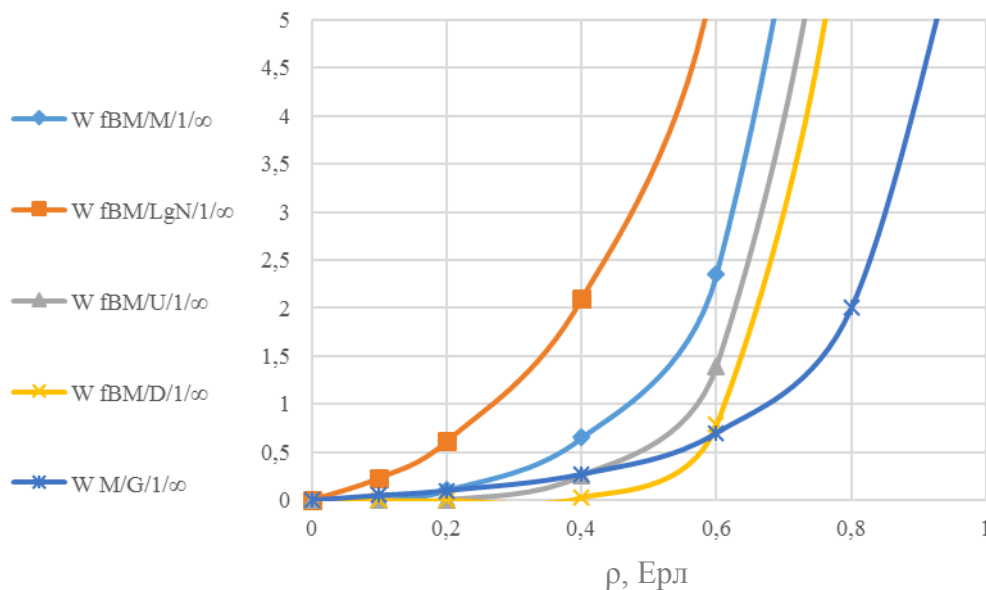


Рисунок 2 – Залежність середнього часу очікування пакетів у системі від інтенсивності потоку ρ

З отриманих графіків видно, що час очікування у системі значно більший для трафіка, генерованого за розподілом Парето (відповідає пакетному трафіку), ніж для системи з експонентним розподілом (пуассонівський потік) інтервалів часу між пакетами. Для порівняння з графіками, де були враховані відносні пріоритети, накладено графіки рис. 2 на графіки рис.1.

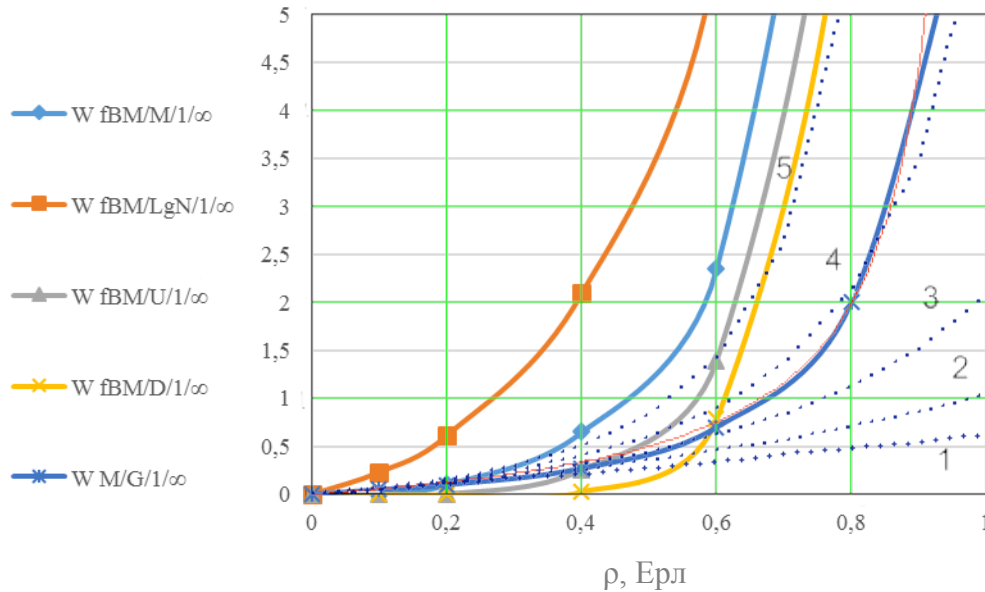


Рисунок 3 – Порівняння середнього часу очікування з пріоритетами та без пріоритетів

З графіків на рис. 3 випливає, що за відсутності пріоритетів в одноканальних системах, за умов пакетного трафіка (розподіл Парето), середній час очікування значно більше від часу для систем з пуассонівським трафіком (експонентний розподіл). Результати моделювання підтверджують висновки про те, що наявність властивостей самоподібності у вхідному потоці пакетів зі зростанням інтенсивності навантаження ρ погіршують характеристики якості обслуговування, а саме час очікування у системі, який було досліджено.

У висновках слід зазначити, що криві залежностей з пріоритетами (пунктирні лінії 1... 5) знаходяться в зоні кривої залежності середнього часу очікування без пріоритетів для системи $M/G/1/\infty$ (суцільна лінія). При цьому криві з пріоритетами від 1 до 3 знаходяться нижче від цієї кривої (час очікування менший), а криві з пріоритетами 4 та 5 – вище, тобто характеристики гірші. Для системи $fBM/G/1/\infty$ криві з пріоритетами мають знаходитися також в межах кривої середнього часу очікування для цієї системи (суцільні лінії, що позначено ромбом, трикутником та квадратом), але поки не відомо як саме. Саме тому наступним кроком буде дослідження впливу пріоритетів для реального пакетного трафіка.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Крылов В.В. Теория телетрафика и её приложения / В.В. Крылов, С.С. Самохвалова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 288 с.: ил.
2. Ложковский А.Г. Проблемы расчета характеристик качества обслуживания при самоподобном трафике в сети / А.Г. Ложковский, О.В. Вербанов // Матеріали XIV міжнародної наук.-техн.конф. [“Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”], (Одеса, 5-10 червня 2015 р.). – Одеса:, 2015 – С. 242-243.
3. Ложковский А.Г. Достоверность расчета характеристик QoS при самоподобном трафике / А.Г. Ложковский // Матеріали XV міжнародної наук.-техн.конф. [“Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”], (Одеса, 10-14 вересня 2015р.). – Одеса, 2015 – С. 93.

4. Ложковський А.Г. Теорія масового обслуговування в телекомунікаціях / Ложковський А.Г. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2010. – 112 с.: іл.
5. Ложковський А.Г. Комп'ютерна програма «Моделювання систем масового обслуговування» / А.Г. Ложковський // Свідоцтво № 32499. Дата реєстрації: 23.03.2010.
6. Ashish Kumar, Ajay K Sharma, Arun Singh. Comparison an Analysis of Drop Tail and RED Queuing Methodology in PIM-DM Multicasting Network. IJCSIT. Vol. 3 (2), 2012,3816 – 3820.
7. Глоба Л.С. Розподілені системи та мережі / Глоба Л.С. – К.: Політехніка. – Том 1, 2011. – 413 с.

REFERENCES:

1. Krylov V.V. Teorija telegrafika i ejo prilozhenija / V.V. Krylov, S.S. Samohvalova. – SPb.: BHV-Peterburg, 2005. – 288 s.: il.
2. Lozhkovskij A.G., Verbanov O.V. Problemy rascheta harakteristik kachestva obsluzhivaniya pri samopodobnom trafike v seti // Materiali HIV mizhnarodnoї nauk.-tehn.konf. [“Vimirjuval'na ta obchisljuval'na tehnika v tehnologichnih procesah”], (Odesa, 5-10 chervnja 2015 r.) – Odesa:, 2015 – S. 242-243.
3. Lozhkovskij A.G. Dostovernost' rascheta harakteristik QoS pri samopodobnom trafike // Materiali HV mizhnarodnoї nauk.-tehn.konf. [“Vimirjuval'na ta obchisljuval'na tehnika v tehnologichnih procesah”], (Odesa, 10-14 veresnja 2015r.) – Odesa: , 2015 – S.93.
4. Lozhkovskiy A.H. Teoriia masovoho obsluhovuvannia v telekomunikatsiakh. Odesa: ONAZ im. O.S. Popova, 2010. – 112 s.: il.
5. Komp'uterna prohrama «Modeliuvannia system masovoho obsluhovuvannia». Lozhkovskiy A.H. Svidotstvo № 32499. Data reiestratsii: 23.03.2010.
6. Ashish Kumar, Ajay K Sharma, Arun Singh. Comparison an Analysis of Drop Tail and RED Queuing Methodology in PIM-DM Multicasting Network. IJCSIT. Vol. 3 (2), 2012,3816 – 3820.
7. L.S. Globa. Rozpodileni sy`stemy` ta mrezhni. Tom 1 «Politehnika». Ky`yiv – 2011. – 413 s.