

Таким чином, розглянута технологія разом із використанням сучасних технологій побудови моделей функціонування ринку електричної енергії дає змогу визначити необхідні технічні специфікації для розробки інформаційних моделей та інформаційно-технологічних систем керування роботою сегментів РДДБ в частині інформаційного обміну.

Література

1. Самков О.В. Аспекти використання технології ebXML для забезпечення комунікацій на ринку електричної енергії / О.В. Самков, І.В. Блінов, С.Є. Танкевич // Зб. тез VIII Міжнар. наук.-техн. конф. «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології». – К.: ДУІКТ, 2012. – С. 186.
2. Рольова модель конкурентного оптового ринку електричної енергії в Україні: концептуальна схема, сегменти та ролі учасників / [О.В. Кириленко, І.В. Блінов, Г.С. Корхмазов, В.І. Попович] // Праці Ін-ту електродинаміки НАН України. – 2010. – Вип. 25. – С. 5-13.
3. Framework for energy market communications. Energy market model example // IEC TC 57. IEC/TR 62325-102. – 2005. – Р. 42.
4. Аспекти побудови комунікаційних мереж конкурентного ринку електричної енергії на основі сучасних мережевих технологій / [І.В. Блінов, О.В. Самков, Г.С. Корхмазов та інш.] // Промелектро. – 2010. – №1. – С. 26-30.
5. Аспекти формалізації опису процесів та стандартизації інформаційного обміну в автоматизованій системі оператора балансуєчого ринку електричної енергії / [І.В. Блінов, Є.В. Парус, О.В. Самков, С.Є. Танкевич] // Зб. тез. VII Міжнар. наук.-технічної конф. «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології». – К.: ДУІКТ, 2011. – С.164-165.
6. Framework for energy market communications. Part 501: General guidelines for use of ebXML // IEC/TR 62325-501. –2005. – Р. 38.
7. Блінов І.В. Процеси інформаційного обміну при урегулюванні небалансів учасників конкурентного ринку електричної енергії України / І.В. Блінов // Праці Ін-ту електродинаміки НАН України. – 2012. – Вип. 31. – С. 155-160.

УДК 621.391

Климаш М.М., д.т.н.; **Кирик М.І.**, к.т.н.; **Плесканка Н.М.**, асп.; **Янишин В.Б.**, студ.
(Національний університет «Львівська політехніка», кафедра телекомунікацій)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНИХ ТА ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ ВУЗЛА ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАФІКУ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ МЕРЕЖІ

Климаш М.М., Кирик М.І., Плесканка Н.М., Янишин В.Б. Дослідження та моделювання якісних та часових параметрів вузла обслуговування трафіку мультисервісної мережі. Проведено аналіз трафіку мультисервісної мережі передачі даних, визначено його основні параметри та властивості. Запропоновано математичну модель для оцінки якісних та часових параметрів вузла обслуговування мережевого трафіку. Досліджено якісні та часові параметри вузла обслуговування.

Ключові слова: ПЕРЕДАЧА ДАНИХ, МУЛЬТИСЕРВІСНА МЕРЕЖА, САМОПОДІБНИЙ ТРАФІК, ПОТІК IPTV, R/S СТАТИСТИКА, КОРИГУЮЧА ФУНКЦІЯ

Климаш М.Н., Кирик М.И., Плесканка Н.М., Янишин В.Б. Исследование и моделирование качественных и временных параметров узла обслуживания трафика мультисервисной сети. Проведен анализ трафика мультисервисной сети передачи данных, определены его основные параметры и свойства. Предложена математическая модель для оценки качественных и временных параметров узла обслуживания сетевого трафика. Исследованы качественные и временные параметры узла обслуживания.

Ключевые слова: ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ, МУЛЬТИСЕРВИСНАЯ СЕТЬ, САМОПОДОБНЫЙ ТРАФИК, ПОТОК IPTV, R/S СТАТИСТИКА, КОРРЕКТИРУЮЩАЯ ФУНКЦИЯ

Klymash M.M., Kyryk M.I., Pleskanka N.M., Yanyshyn V.B. Research and modeling quality and time parameters of the multiservice network traffic service node. Traffic analysis in multiservice network was conducted.

The basic parameters and properties were determined. A mathematical model to evaluate the quality and time parameters of the network traffic service node was proposed. The quality and time parameters of the service node were researched.

Keywords: DATA COMMUNICATION, MULTISERVICE NETWORK, SELF-SIMILAR TRAFFIC, IPTV STREAM, R/S STATISTICS, CORRECTING FUNCTION

Вступ. З проведеного аналізу видно, що розвиток телекомунікаційних мереж відбувається у напрямку зростання ринку мультисервісних послуг, впровадження нових телекомунікаційних та інформаційних технологій, їх конвергенції. Впровадження нових послуг, як і підтримка існуючих, вимагає відповідних мережевих ресурсів. Роботи, які вийшли в світ [1...4], достатньо повно висвітлюють різні сторони цієї проблеми (методи управління маршрутизацією, методи управління інтенсивністю потоків, можливості реалізації методів управління процесами обміну інформацією в конкретних мережах і т. п.). Проте, досить часто в роботах [5...7] проводиться моделювання трафіку, який передається в сучасних телекомунікаційних мережах. Недоліком такого підходу є те, що в них не враховуються особливості, властиві для мультисервісних мереж (різні види інформаційних потоків, велика розмірність, ієрархічні топологічні структури, використання високошвидкісних цифрових каналів зв'язку).

Аналіз трафіку мультисервісної мережі передачі даних. Трафік мультисервісної мережі передачі даних володіє властивістю самоподібності. Самоподібний трафік має особливу структуру, яка завжди характеризується присутністю значної кількості сплесків при невеликому середньому рівні трафіку [8]. Саме ці сплески викликають значні затримки і втрати пакетів, навіть коли середнє значення інтенсивності потоків далеке від максимально допустимих значень.

Буфер призначений для згладжування короткотривалих пульсацій мережевого трафіку та запобігання втрати пакетів при цьому. Необхідність у буферній пам'яті чітко проявляється саме в моменти пікових навантажень мереж передачі даних та обслуговуючих пристроїв [9].

Дуже часто для визначення властивостей мультисервісного агрегованого трафіку використовують статистичне моделювання. Основою таких моделей являються самоподібні випадкові процеси з дискретним часом, гаусівський шум [3]. Проте, не існує універсальної моделі, яка могла б використовуватись для опису фрактального трафіку будь-якої природи. Саме тому, в даній роботі запропоновано провести аналізу агрегованого трафіку телекомунікаційної мережі.

Опис і аналіз мультимедійного трафіку мультисервісних мереж ускладнюється такими причинами: *широкий* діапазон швидкостей передачі; *різноманітні* статистичні властивості мультимедійних інформаційних потоків; *велика* різноманітність мережних конфігурацій, безліч технологій і протоколів передачі; *багаторівнева обробка повідомлень*.

В досліджуваному сегменті мережі існували групи користувачів, що прагнули отримати різні типи послуг з найкращою якістю, та мережеве і серверне обладнання, щоб надати ці послуги та транспортувати дані до кінцевого користувача. Для того, щоб оцінити можливість якісного обслуговування мультисервісної мережі та вплив методів обслуговування різних типів потоків, досліджено при одночасній наявності всіх мережевих потоків, утворених послугами, якими користуються кінцеві користувачі.

Для захоплення, запису та аналізу мережевого трафіку використано утиліту *сніфер* – *TCPDUMP*, кінцевим результатом якої є створений дамп всіх мережевих пакетів, присутніх на порті обслуговуючого пристрою за період спостереження.

У досліджуваному трафіку виділено основні потоки, які його формують, а саме це: *потік* IPTV (unicast/multicast); *відео* за запитом (VoD); *IP-телефонія*; *Web-трафік*; *службові дані*.

Інтенсивність надходження пакетів представлена на рис.1.

Провівши аналіз отриманого потоку, було визначено протоколи, які використовує кожен із наявних сервісів, середню довжину пакету а також необхідну смугу пропускання для доставки задано сервісу із задовільною якістю обслуговування. Результати представлені в табл. 1.

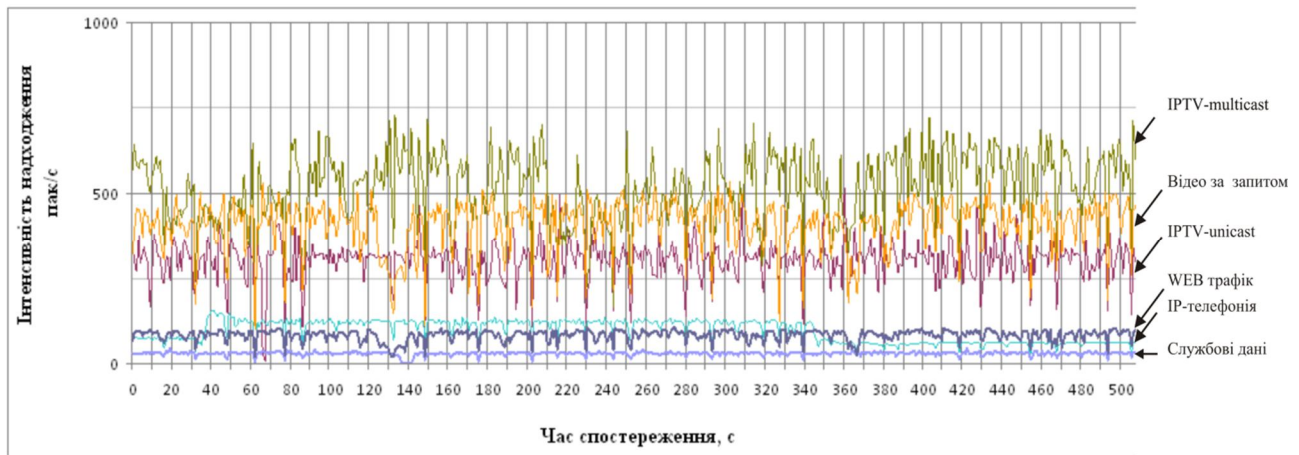


Рис.1. Інтенсивність надходження пакетів

Аналіз потоків трафіку в мультисервісній мережі

Табл. 1

| Тип трафіку | Протокол | Сер. Довжина пакета L, байт | Смуга пропускання C, кбіт/с |
|------------------------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| Відео за запитом (VoD) | RTSP | 1370 | 3820 |
| IPTV-multicast | UDP | 1429 | 6044 |
| Web-трафік | HTTP | 1514 | 480 |
| IP-телефонія | UDP | 574 | 530 |
| IPTV-unicast | HTTP(TCP) | 1220 | 2100 |
| Службові дані | - | 66 | 36 |
| Загальний потік | - | 1300 | 13010 |

Одними із найбільш важливих параметрів проаналізованих потоків, які потрібно знати для вирішення задачі поставленої в даній роботі, є середня інтенсивність надходження пакетів, математичне очікування, дисперсія, коефіцієнт варіації та інтенсивність обслуговування.

Середня інтенсивність надходження пакетів визначається за формулою $\bar{\lambda} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \lambda_k$, де λ_k – інтенсивність надходження пакетів в момент часу k ; N – загальна кількість часових інтервалів.

$$\text{Дисперсія та коефіцієнт варіації визначається як: } D = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (\lambda_k - \bar{\lambda})^2, \quad K_v^I = \frac{S}{M},$$

де $S = \sqrt{D}$ – середньоквадратичне відхилення.

Інтенсивність обслуговування обчислюється за формулою $\mu = \frac{Tr}{Fl}$, де Tr (Transmit rate) – швидкість передачі даних мережевим інтерфейсом, біт/с; Fl (Frame length) – розмір кадру каналного рівня, біт. Максимальне значення довжини пакету 1518 байт.

Для оцінки параметра Херста часового ряду існує багато методів: R/S статистика, аналіз графіка зміни дисперсії, вейвлет-аналіз, аналіз індекса дисперсії та ін. В даній роботі використано метод R/S статистики [10].

Значення параметрів для кожного із існуючих потоків представлено в табл. 2.

Отже, провівши оцінку параметрів агрегованого потоку, переходимо до визначення параметрів вузла обслуговування, який опрацьовуватиме даний тип трафіку, а саме: *середнє* значення кількості пакетів в черзі; *середній* час очікування пакетів в черзі на обслуговування; *імовірність* втрати пакетів за рахунок переповнення черги.

На основі кількості пакетів в черзі, можна вибрати правильний та достатній розмір буфера обслуговуючого пристрою, при якому будуть відсутні втрати пакетів. Виходячи із середнього часу перебування пакетів в системі та в черзі, можна передбачати можливі

затримки та застосовувати певні алгоритми обробки черг для їх усунення або зменшення до більш прийнятних чи допустимих.

Параметри кожного із типів трафіку

Табл. 2.

| Тип трафіку | Інтенсивність надходження пакетів λ , пак/с | Математичне очікування М | Дисперсія D | Коефіцієнт варіації | Параметр Херста Н |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------|------------------|---------------------|-------------------|
| Сумарний (агрегований) потік | 179 – 2104 | 2023,590 | 97763,123 | 0,154 | 0,854 |
| Відео за запитом VoD | 27 – 543 | 302,609 | 3681,943 | 0,200 | 0,593 |
| IPTV-multicast | 91 – 729 | 521,063 | 11263,298 | 0,204 | 0,766 |
| IPTV-unicast | 43 – 517 | 410,949 | 6365,486 | 0,194 | 0,809 |
| Web-трафік | 10 – 109 | 76,835 | 1012,164 | 0,207 | 0,685 |
| Ір-телефонія | 6 – 159 | 87,387 | 1036,322 | 0,370 | 0,722 |
| Службові дані | 2 – 47 | 30,746 | 32.147 | 0,183 | 0,668 |

Дослідження та оцінка якісних та часових параметрів вузла обслуговування. Для опису трафіку в мультисервісних ІР-мережах найбільш широко застосовується розподіл Парето. Крім того, для трафіку певних додатків обмежено використовуються розподіли Вейбулла, розподіл Релея, логнормальний і пуассонівський.

В якості математичної моделі вузла обслуговування, скористаємося теорією масового обслуговування, та виберемо систему класу G/G/1. СМО типу G/G/1 є найбільш загальним випадком одноканальної системи масового обслуговування, в яку надходить довільний потік заявок загального вигляду з функцією розподілу інтервалів між заявками $A(\tau)$. Тривалість обслуговування заявок в вузлі розподілена по довільному закону $B(\tau)$. Завдання розрахунку систем класу G/G/1 для зазначених вхідних процесів і процесів обслуговування ускладнена тим, що дисперсії цих процесів нескінченні [11].

Для більшості законів розподілів інтервалів між поступленими в систему заявками і тривалостями їх обслуговування, неможливо отримати точне рішення в аналітичній формі. На практиці, при дослідженні реальних систем, рідко бувають відомі закони розподілів зазначених величин. Зазвичай, при описі процесів надходження заявок в систему і їх обслуговування в вузлі обробки, обмежуються кількома моментами відповідних розподілів, найчастіше - двома першими моментами, які задаються у вигляді математичного очікування і середньоквадратичного відхилення або коефіцієнта варіації. Однак, при цьому ступінь адекватності одержаних результатів може бути не надто високим. Це обумовлено тим, що у випадку довільного (відмінного від найпростішого) потоку заявок, що надходять у систему, характеристики функціонування СМО, зокрема середній час очікування, залежать не тільки від двох перших моментів, але і від моментів більш високого порядку.

Для обчислення середнього часу очікування в обслуговуючому пристрої, використаємо

наступну формулу:
$$T = \frac{\rho \cdot b \cdot (C_a^2 + C_s^2)}{2(1-\rho)} \cdot f(C_a),$$
 де ρ – коефіцієнт завантаженості

обслуговуючого пристрою; λ, C_a – інтенсивність потоку заявок і коефіцієнт варіації інтервалів між заявками, що надійшли в систему; b, C_s – середнє значення і коефіцієнт варіації тривалості обслуговування заявок; $f(C_a)$ – коригуюча функція, що розраховується в залежності від значення коефіцієнта варіації:

$$f(v_a) = \begin{cases} \exp \left[-\frac{2(1-\rho) \cdot (1-C_a^2)^2}{3\rho \cdot (C_a^2 + C_s^2)} \right], & C_a < 1; \\ \exp \left[-(1-\rho) \frac{C_a^2 - 1}{C_a^2 + 4C_s^2} \right], & C_a \geq 1. \end{cases}$$

Скориставшись формулою Літтла, можна визначити середню кількість пакетів, що знаходяться в системі: $N = \lambda \cdot T$.

Наступним важливим параметром систем масового обслуговування є імовірність втрати пакетів в системі. Загальний вираз для визначення імовірності втрат пакетів для системи G/G/1 має вигляд [12]:

$$P_{loss} = \frac{(1-\rho)}{1-\rho} \cdot \rho \cdot \frac{N \cdot \frac{2}{C_{\lambda}^2 + C_{\mu}^2}}{(N+1) \cdot \frac{2}{C_{\lambda}^2 + C_{\mu}^2}}$$

де $C_{\lambda}^2 = \left(\frac{\delta[\lambda]}{M[\lambda]}\right)^2$ – квадратичний коефіцієнт девіації вхідного потоку; $C_{\mu}^2 = \left(\frac{\delta[\mu]}{M[\mu]}\right)^2$ – квадратичний коефіцієнт девіації вихідного потоку; N – ємність запам'ятовуючого пристрою.

Графік залежності середнього часу очікування в системі від інтенсивності надходження пакетів на інтерфейс обслуговуючого пристрою, представлено на рис. 2.

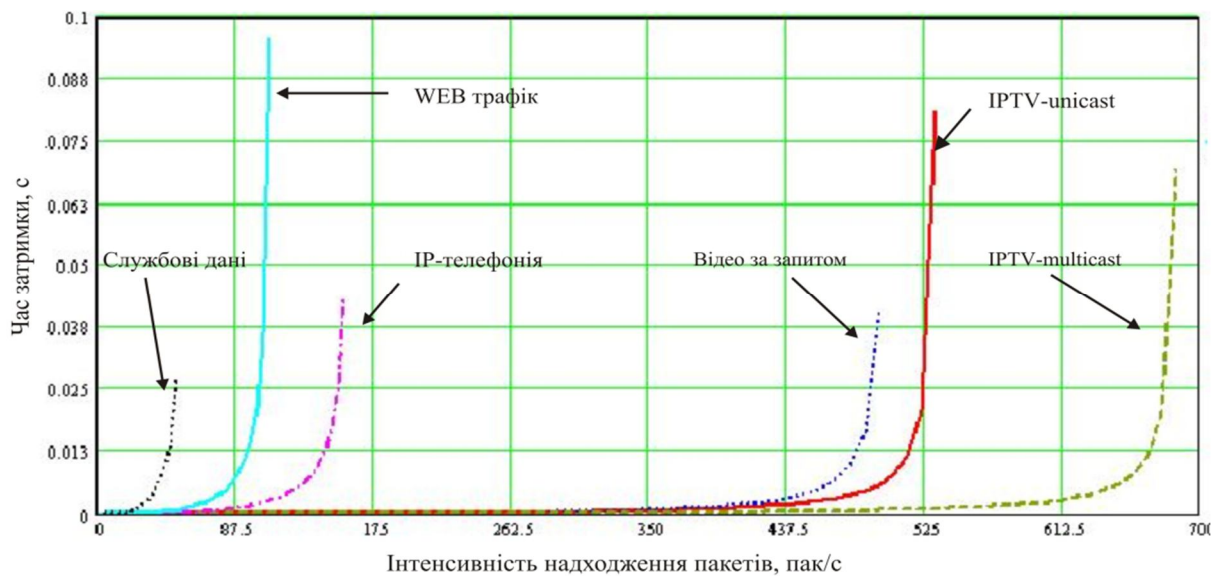


Рис. 2. Залежність часу затримки від інтенсивності надходження пакетів

Для визначення розміру буфера [13] для кожного типу трафіку на основі отриманих

результатів, скористаємось наступною формулою:

$$N = \frac{\lambda}{\mu} \cdot \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{\frac{H-0.5}{1-H}}}{\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)^{\frac{H}{1-H}}}$$

Результати розрахунку представлені на рис. 3. При передачі даних по мережі зв'язку, та обробці їх у вузлах обслуговування, допустимими є незначні втрати пакетів. Втрати, обумовлені помилками в каналі зв'язку, із впровадженням ВОЛЗ досягають значень порядку 10^{-9} , тому ними можна знехтувати. Втрати у вузлах обробки трафіку P_{loss} визначаються інтенсивністю трафіка, розміром буфера, політикою обслуговування черг і використовуваними методами запобігання перевантаження. Залежність імовірності втрат для різних типів досліджуваного трафіку, від завантаженості обслуговуючого пристрою представлена на рис. 4.

Висновки. Проведено дослідження агрегованого потоку мультисервісної мережі передачі даних. Проаналізовано різні типи трафіку, які передавались спільно в агрегованому потоці, визначено їхні параметри та властивості. Для оцінки якісних та часових параметрів роботи вузла обслуговування мережевого трафіку, запропоновано математичну модель

системи масового обслуговування класу G/G/1. Отримано залежності часу затримки, розміру буфера та імовірності втрати пакетів від завантаженості обслуговуючого пристрою, яка визначатиметься інтенсивністю вхідного потоку.

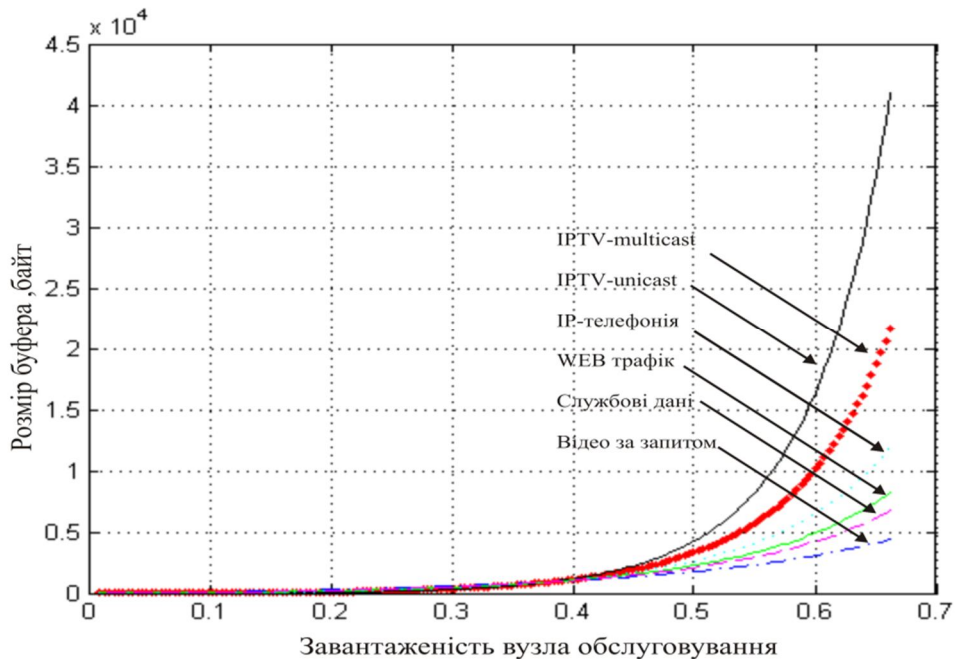


Рис. 3. Залежність розміру буфера від завантаженості обслуговуючого пристрою

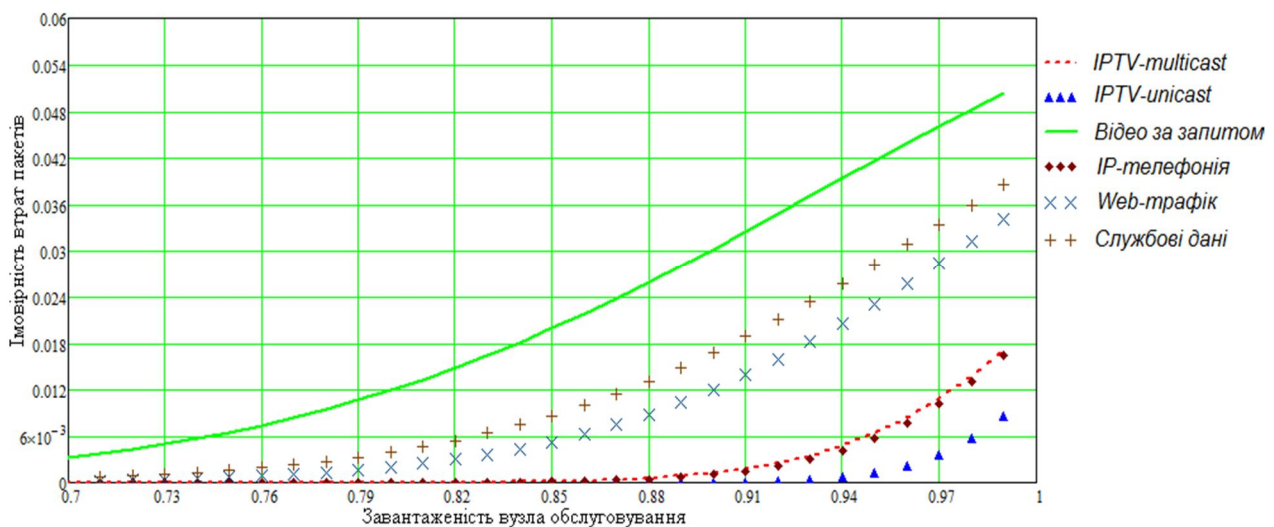


Рис. 4. Залежність імовірності втрат пакетів від завантаженості вузла обслуговування

Література

1. Холодкова А.В. Формализация задачи управления качеством телекоммуникационной системы / А.В. Холодкова, В.С. Крикун // Радиотехника. – 2008. – № 155. – С. 133-136.
2. Столлингс В. Современные компьютерные сети / В. Столлингс. – СПб.: Питер, 2003 – С. 352-402.
3. 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.
4. Boudec J.-Y., Thiran P. Network calculus. A theory of deterministic queuing systems for the Internet. Springer Verlag, 2001. – 274 p.
5. 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.

6. 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.
7. Ryu B.K. Fractal Network Traffic: From Understanding to Implications. Ph.D. thesis. – Columbia University, 1996. – 143 p.
8. Митилино С. Фрактальная катастрофа TCP/IP / С. Митилино // Компьютерное Обозрение, 2001. – С.7.
9. Дослідження буферизації мультимедійного трафіку в мережах передачі даних / [М.І. Кирик, Т.В. Андрухів, В.В. Червенець, Н.М. Плєсканка] // Вісник НУ «Львівська політехніка», «Радіоелектроніка та телекомунікації», –2012. – №738. – С.100-106.
10. Цыбаков Б.С. Модель телетрафика на основе самоподобного случайного процесса / Б.С. Цыбаков // Радиотехника. – 1999. – Вып. 5. – С. 24-31.
11. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания ; пер. с англ. И. И. Грушко ; ред. В. И. Нейман. – М.: Машиностроение, 1979. – С. 292-320.
12. Ложковский А.Г. Модель мультисервисного трафика и метод расчета параметров QoS при его обслуживании / А.Г. Ложковский // Радиотехника. – 2009. – Вып.157. – С. 48-52.
13. Ложковский А.Г. Оценка параметров качества обслуживания самоподобного трафика энтропийным методом / А.Г. Ложковский, Р.А. Ганифаев // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2008. – № 1. – С.57–62.

УДК 654:679.76

Розорин Г.Н., д.т.н.; **Фендри Мохамед Аймен**, асп-т

(Государственный университет информационно-коммуникационных технологий)

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОСТЫХ ВН СИГНАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ВОСП

Розорин Г.М., Фендри Мохамед Аймен. Характеристики простых ВН сигналов, використовуваних у ВОСП. Приведені структурні схеми формування ВН сигналів. Показано, що повною мірою використовувати спектральну оптичну ефективність цього сигналу неможливо із-за високого рівня бічних пелюсток.

Ключові слова: МОДУЛЯТОР МАХА-ЗЕНДЕРА, ФОРМУВАННЯ СИГНАЛУ, СПЕКТРАЛЬНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Розорин Г.Н., Фендри Мохамед Аймен. Характеристики простых ВН сигналов, используемых в ВОСП. Приведены структурные схемы формирования ВН сигналов. Показано, что в полной мере использовать спектральную оптическую эффективность этого сигнала невозможно из-за высокого уровня боковых лепестков.

Ключевые слова: МОДУЛЯТОР МАХА-ЗЕНДЕРА, ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛА, СПЕКТРАЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Rozorinov H.M., Fendri Mokhamed Aimen. Simple RZ signals features used in fiber optics transmission system. The flow diagrams of RZ signals forming are resulted. It is rotined that to a full degree utillizing spectral optical efficiency of this signal is impossible of the high level of sidelobes.

Key words: MACH-ZEHNDER MODULATOR, FORMING OF SIGNAL, SPECTRAL EFFICIENCY

Введение. Известно, что ВН сигналы весьма устойчивы к влиянию поляризационной модовой дисперсии первого порядка, вызываемой дифференциальной групповой задержкой и поэтому более пригодны для сверхдлинных линий передачи с высокой скоростью [1] (ВН – возврат к нулю). Сейчас используются несколько методов формирования оптического ВН сигнала. Одним из них является метод непосредственной модуляции полупроводникового лазера ВН сигналом. При другом методе сначала генерируется последовательность оптических импульсов, которая затем модулируется БВН данными (БВН – без возврата к нулю). Еще одним методом является импульсное стробирование оптического БВН сигнала с помощью модулятора Маха-Зендера (МЗМ). *Целью работы* является сравнительный анализ вариантов формирования простых ВН сигналов, их спектральных свойств и выходной оптической мощности.