

УДК 681.324:621.325

КАЗІМІРОВА В.В., викладач-стажист,
 МОЖАЄВ М.О., аспірант,
 КУЗЬМЕНКО В.Є., аспірант (НТУ «ХПІ»)

Ефективність побудови черг для штучного самоподібного трафіку

Представив д.т.н., професор С.М.Порошин

В статті досліджуються процеси, що відбуваються в телекомунікаційних мережах. Розглядається аналіз побудови черг, використовуючи в якості вхідного трафіку фрактальний броунівський рух.

Ключові слова: самоподібність, марківські процеси, фрактальність.

Постановка завдання і аналіз літератури

Із завданнями підвищення мережевої продуктивності пов'язана необхідність розробки нових підходів і моделей для дослідження експериментальних даних, що характеризують процеси, які спостерігаються в комп'ютерних мережах. Такі процеси мають складну структуру, що затрудняє розуміння механізмів міжмережевої взаємодії і обмежує застосування класичних статистичних і динамічних моделей, тому для визначення найбільш істотних особливостей мережевих процесів, що впливають на продуктивність мережевих додатків, широкого поширення набули евристичні підходи. При цьому враховується наступне:

1) процеси, що виникають при управлінні віртуальними з'єднаннями, можна поділити на два рівні: відносно повільні процеси встановлення з'єднання за допомогою протоколів маршрутизації і обміну параметрами з'єднання між джерелом і приймачем повідомлення; швидкі процеси, що призводять до варіацій затримок при проходженні пакетів через проміжні вузли віртуального з'єднання [1, 2];

2) повідомлення транспортного TCP-протоколу є потоком нумерованих байт, що розбивається на IP-пакети; управління інтенсивністю посилки цих пакетів здійснюється з використанням механізму зворотного зв'язку на основі обробки інформації про успішну передачу раніше посланих пакетів [3];

3) пакети передаються у віртуальний TCP-канал серіями, розмір яких залежить від параметрів транспортного протоколу, що динамічно настроюються; ці параметри залежать від випадкових затримок, що виникають між передачею пакетів і прийомом підтверджень про їх успішну доставку [4];

4) випадкові варіації величини затримки виникають із-за проходження пакетів через буфери

пристроїв маршрутизації, а також в результаті зміни маршрутів передачі самих пакетів [5].

Таким чином, затримка є основним збурюючим чинником в процесі передачі пакетів і сприймається як блокування передачі на коротких часових інтервалах. Тому інтенсивність передачі мережевого трафіку носить випадковий характер, а основні її параметри формуються під впливом механізмів управління на рівні транспортного протоколу. Такому характеру зміни трафіку при масштабі спостереження, сумірному з часом приходу пакетів підтвердження, може бути зіставлена проста модель ON/OFF процесів. В цьому випадку мережевий потік даних має позитивне середнє значення, а його інтенсивність передачі λ визначається щільністю розподілу часу між суміжними ділянками ON-інтервалів.

Дані для ідентифікації характеристик трафіку і оцінки продуктивності TCP-з'єднань можна одержати за допомогою:

1) аналізу значень інтервалів часу між суміжними TCP-сегментами;

2) підрахунку кількості таких сегментів (або байт) за певний проміжок часу.

У першому випадку аналізується залежність вигляду

$$\Delta t_k = t_{k+1} - t_k, \quad k = 1, 2, \dots, \quad (1)$$

де t_k – часова мітка приходу сегменту у вузол мережі, k – порядковий номер сегменту, а в другому оцінюється величина відношення

$$\lambda_k = \Delta N(t) / \Delta t_k, \quad (2)$$

де $\Delta N(t) = N(t_{k+1}) - N(t_k)$ – число сегментів, відправлених до моменту часу t_k . Необхідні для

© В.В. Казімірова, М.О. Можась, В.Є. Кузьменко, 2013

аналізу чисельні значення Δt_k або λ_k можуть бути одержані за допомогою спеціальної процедури [3], яка настроюється на IP-адресу вибраного інтерфейсу мережевого пристрою.

При дослідженні особливостей процесів передачі пакетного трафіку в віртуальних ТСР-з'єднаннях можна виділити такі стадії [6]:

- маршрутизація запиту і встановлення з'єднання;
- передача даних і контроль за переважаністю віртуального з'єднання;
- завершення з'єднання.

Перша і третя стадії природним чином впливають на динамічні процеси в мережі, тоді як виникнення перехідних процесів на другій стадії безпосередньо пов'язане з роботою пошукового алгоритму, за допомогою якого протокол ТСР здійснює настройку на поточне допустиме значення пропускної спроможності сполучної лінії.

Враховуючи вищевикладене, можна відзначити, що динамічні процеси в мережі роблять значний вплив на зниження рівня передачі пакетів, тому створення моделі, адекватної таким процесам, є актуальним науковим завданням.

Метою даної статті є оцінка ефективності побудови черг в разі штучного самоподібного трафіку.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень

Розглянемо аналіз побудови черг, використовуючи в якості вхідного трафіку фрактальний броунівський рух, який є точно самоподібним процесом. Фрактальний броунівський рух (ФБР) широко використовується для моделювання самоподібного трафіку. Розглянемо ФБР – процес $Z(t)$ з показником Херста H в діапазоні $[0,5; 1)$. Нехай $A(t)$ – кількість надходжень з потоку трафіка на інтервалі часу $(0; t]$, яка визначається як $A(t) = mt + \sqrt{ma}Z$, ($m > 0$ – середня інтенсивність надходжень; a – коефіцієнт вимірювання).

Розглянемо окремий буфер ємністю B та інтенсивністю обслуговування μ (рис. 1).

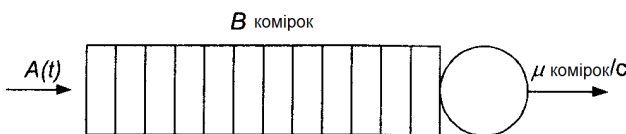


Рис. 1. АТМ – мультиплексор

Розподілення довжини черги Q може бути апроксимовано за допомогою розподілення Вейбулла [7].

$$P(Q > B) \approx \exp \left\{ - \frac{(\mu - m)^{2H}}{2k^2(H)am} B^{2-2H} \right\},$$

де $k(H) = H^H(1 - H)^{1-H}$.

Подальший крок можна зробити, використовуючи теорему Бахадура – Рао, щоб визначити отриману для заданого розподілу довжину черги для одного джерела:

$$P(Q > B) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_t^*\theta_t^*}} \exp \left\{ - \frac{(\mu - m)^{2H}}{2k^2(H)am} B^{2-2H} \right\},$$

$$\text{де } \theta_t^* = \frac{B + \mu t^* - t^*}{am(t^*)^{2H}}, \quad \sigma_t^{*2} = am(t^*)^{2H}.$$

Для невеликих буферів самоподібний трафік відчуває менші ступені втрати осередків, ніж марківський трафік. Точка перетину, в якій самоподібний трафік відчуває таку ж ступінь втрати осередків, як і випадковий трафік ($H=0,5$), залежить від вільної ємності буфера та показника Херста, не залежить (безпосередньо) від коефіцієнту використання або дисперсії. Відповідні втрати осередків, при яких відбувається перетин, проте залежать від коефіцієнта використання та дисперсії. Значення розміру буфера, при якому відбувається перетин, визначається як

$$B = (\mu - m)(2H^H(1 - H)^{1-H})^{\frac{2}{1-2H}} = (\mu - m)(4k^2(H))^{\frac{2}{1-2H}}.$$

Так як $H \in [0,5;1)$ то $B / (\mu - m) \in (0,25;1)$. Наприклад, розглянемо STM - 1 канал при умові самоподібного трафіку при 85%-ному завантаженні (тобто $m=132$ Мб/с). Припустимо, що дисперсія в 1-секундному інтервалі складає $25(\text{Мб}/\text{с}^2)$. На рис. 2 показані втрати осередків для потоків з різними показниками Херста при буфері, який змінює свій розмір.

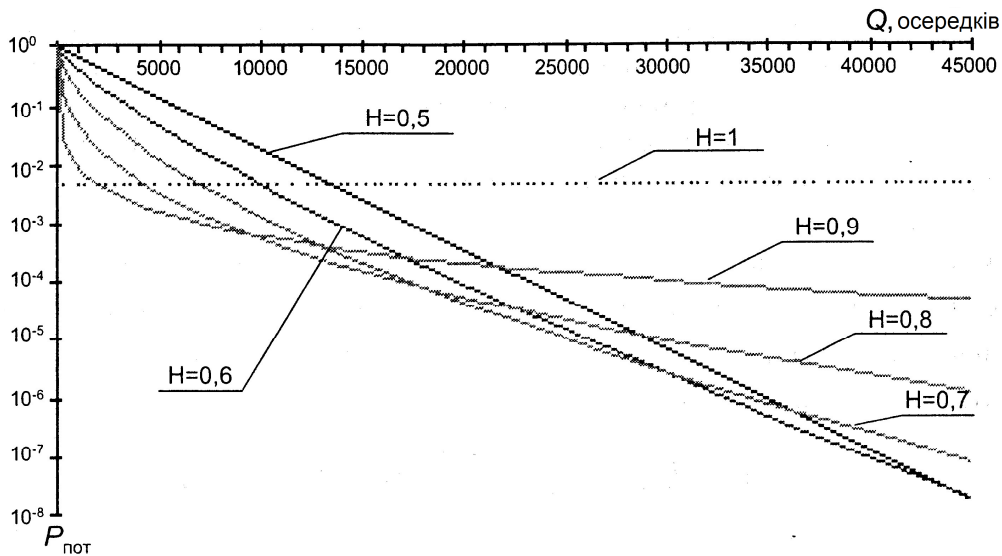


Рис. 2. Залежність ймовірності втрати осередків від тривалості черги

Точки перетину, де самоподібний та гаусовий трафіки мають однакові втрати осередків, спостерігаються при одному і тому ж розмірі черги незалежно від дисперсії, хоча очевидно, що втрата осередків в цій точці менше при меншій дисперсії.

На рис. 3 показано, як розмір буфера, при якому самоподібний трафік має менші втрати, змінюється в залежності від показника Херста та коефіцієнта використання.

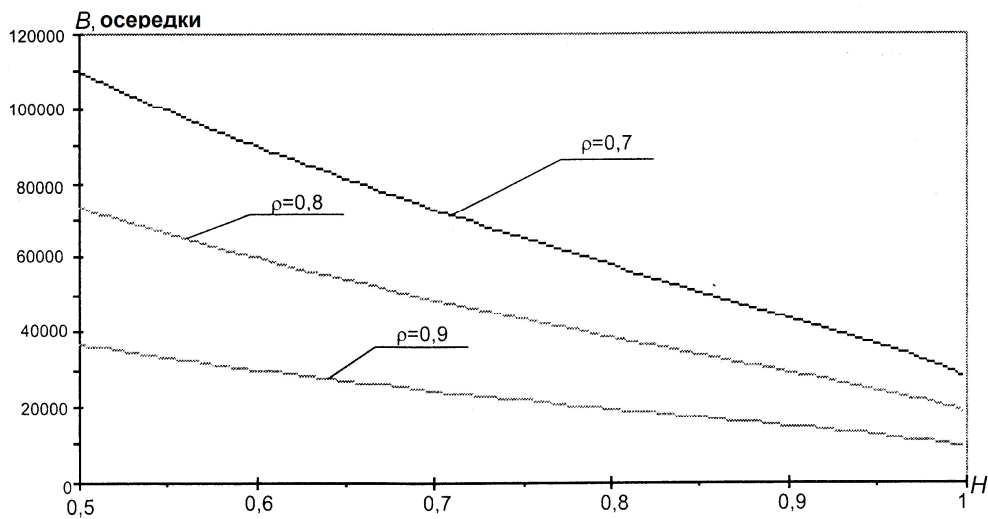


Рис. 3. Точка перетину для каналу STM – 1

Самоподібність стає проблемою, що приводить до гіршого QoS, ніж передбачають марківські моделі трафіка, коли коефіцієнт використання дуже великий або, коли $H \rightarrow 1$. Попередній опис передбачає, що більшість трафікових даних мають показник Херста біля $\sim 0,7 \dots 0,85$. Припустимо, що маємо джерело трафіка з відомим середнім значенням m , дисперсією ν в 1-секундному

інтервалі, $P_{втр} = 10^{-7}$ та показником Херста H . Тоді точка перетину буде мати місце у випадку

$$B^2 = \frac{1}{2} \gamma \ln(10) \nu (4k^2(H)^{\frac{1}{1-2H}}) \in \left(\frac{1}{8} \gamma \ln(10); \frac{1}{2} \gamma \ln(10) \nu \right).$$

Графік на рис. 4 показує залежність ємності буфера від дисперсії, при якій відбувається перетин, при

ймовірності втрати осередків $P_{\text{втр}} = 10^{-6}, 10^{-9}, 10^{-12}$. Щоб отримати 85%-ний коефіцієнт використання каналу STM – 1, мультиплексувати джерела, які подібні SMDS(Switched Multi-megabit Data Service) – трафіку, при цьому дисперсія в 1-секундному інтервалі в ЧНН була приблизно рівною $25(\text{Мб/с})^2$. Це відповідає мінімальній точці перетину з

розміром буфера приблизно 15000-21000 очередей, в залежності від $P_{\text{втр}}$. Виявилося що, якщо ємність буфера подвоїти, трафік буде відчувати тільки більшу ступіть втрати осередків, ніж марківський трафік з такою ж дисперсією, якщо показник Херста $H > 0,82$.

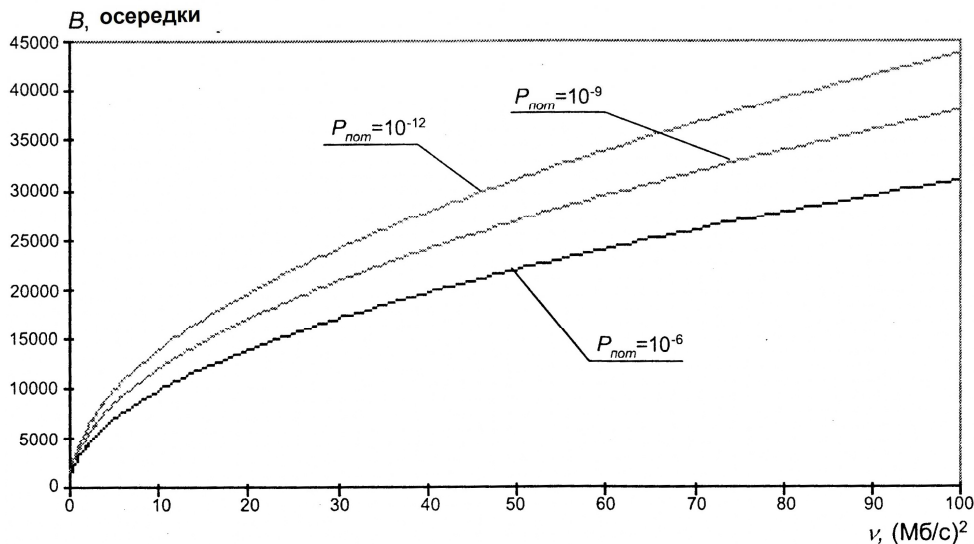


Рис. 4. Мінімальна точка перетину для даного QoS ($P_{\text{втр}}$)

Для буферів меншої ємності марківська модель буде давати песимістичну оцінку для втрати осередків, а отже, буде переоцінювати ефективність мережі. Тільки якщо ємність буферу буде більшою, самоподібність стає проблемою.

Враховуючи комутатор з розміром буфера B та інтенсивністю обслуговування μ , нехай ρ буде коефіцієнтом використання, якого можна досягнути при зберіганні ступеня втрати осередків (CLR) 10^{-7} . Нехай v_1 - дисперсія трафіка, якщо він був збільшеним до 155 Мб/с середнього. Тоді для коефіцієнта використання ρ , дисперсія визначається як $v = v_1 \rho^{2H}$. Використовуючи апроксимацію більшого відхилення, максимальне використання, яке зберігає CLR рівним 10^{-7} , визначається як

$$\frac{1}{\rho} = 1 + \left[\frac{2\gamma(\ln 10)k^2(H)v_1}{\mu^{2H}B^{2-2H}} \right]^{\frac{1}{2H}}$$

На рис. 5 показаний коефіцієнт використання, якого можна досягнути в каналі STM – 1 для різних значень показника Херста та змінюючого розмір буфера. Дисперсія трафікового джерела обрана $v_1 = 25(\text{Мб/с})^2$.

Для каналу STM – 1 з трафіком, який відповідає введеному вище припущенню щодо дисперсії та буферів менших ніж приблизно 20000 осередків, задання розмірів в відповідності до гаусових апроксимацій завжди буде помилковим з позиції надійності. Для більш низьких втрат осередків перетин відбувається при більшому розмірі буфера.

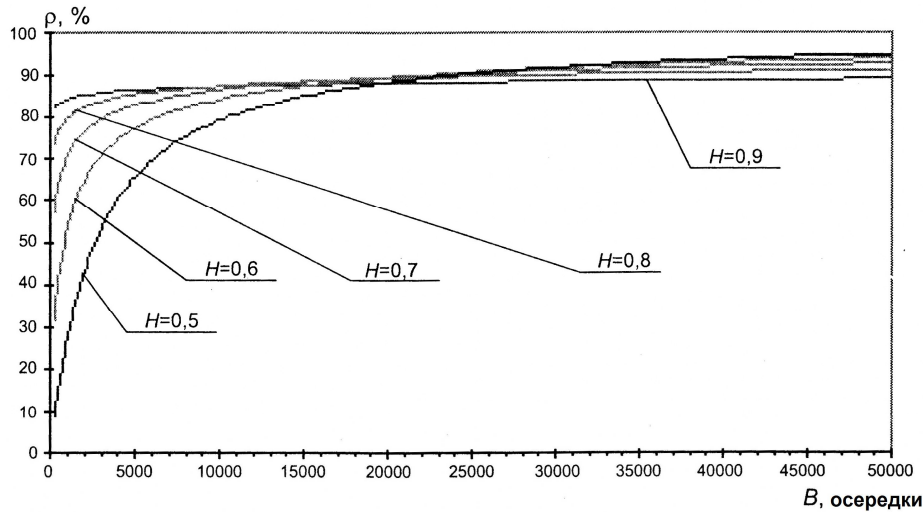


Рис. 5. Залежність коефіцієнта використання від ємності буфера при $P_{втр} = 10^{-6}$

Висновки

В результаті проведених досліджень встановлена можливість побудови черг для штучного самоподібного трафіку. Проведено аналіз залежності втрат осередків від значень показника Херста. Встановлено, що розмір буфера, при якому самоподібний трафік має менші втрати, змінюється в залежності від показника Херста та коефіцієнта використання.

У подальших дослідженнях необхідно приділити основну увагу оперативному визначенню показника Херста.

Література

1. Leland W., Taqqu M., Willinger W. On the self-similar nature of IP-traffic // IEEE/ACM Transactions on Networking. – 1997. – № 3. – Р. 423-431.
2. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Телекомунікаційні мережі. – К.: Техніка, 2001. – 392 с.
3. Захаров Г.П., Симонов М.В., Яновский Г.Г. Службы и архитектура ШЦСИО. – М.: Эко-Трендз, 1993. – 102 с.
4. Варакин Л.Е. Введение в теорию инфокоммуникаций. Ч.1 // Электросвязь. – 2000. – № 2 (14). – С. 2 – 11.
5. Королев А.В., Кучук Г.А., Пашнев А.А. Адаптивная маршрутизация в корпоративных сетях. – Х.: ХВУ, 2003. – 224 с.
6. Кучук Г.А., Иванов В.К., Шаляпин В.Н. Моделирование эластичного трафика точечного источника мультисервисной сети // Радиотехника. – Х.: ХТУРЭ, 2005. – Вып. 143. – С. 137 – 141.
7. Можасв О.О. Передача інформації у гетерогенних комп'ютерних мережах: монографія / О.О.Можасв. – Харків : НТУ «ХП», 2012. – 220 с.

Казимирова В.В., Можасв М.А., Кузьменко В.Е. **Эффективность построения очередей для искусственного самоподобного трафика.** В статье исследуются процессы, происходящие в телекоммуникационных сетях. Рассматривается анализ построения очередей, используя в качестве входного трафика фрактальный броуновское движение.

Ключевые слова: самоподобие, марковские процессы, фрактальность.

Kazimirova V.V., Mozhaev M.A., Kuzmenko V.E. **The effectiveness of the construction of queues for artificial self-similar traffic.** The processes taking place in telecommunication networks are being investigated in the article. The analysis of queue construction, using fractal Brownian motion as input traffic is being considered.

Key words: self-similarity, Markov processes, fractality.

Рецензент д.т.н., професор Лістровий С.В. (УкрДАЗТ)

Поступила 22.10.2013г