

УДК 004.94

МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ЯКОСТІ РОБОТИ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ

Марченко Д.М.

TRAFFIC MANAGEMENT OF COMPUTER NETWORKS BASED ON THE IDENTIFICATION OF ANOMALIES

Marchenko D.M.

Виконані дослідження трафіку мультисервісних мереж на основі розподілу вірогідності числа заявок на інтервалах обробки; одержані аналітичні співвідношення для потоків заявок загального вигляду, що узагальнюють формули визначення розміру черг, дозволяючи визначити характеристики реального трафіку при довільних законах розподілу часових інтервалів між подіями у вхідному потоці.

Ключові слова: мережевий трафік, часовий ряд, закон распределения, имитационное моделирование.

Постановка проблеми. Телекомунікаційні технології останніми роками переживають масштабні зміни, пов'язані з інтеграцією комп'ютерних мереж і послуг зв'язку. З'являються нові сервіси, традиційні сервіси і послуги переходять на платформу IP, кількість споживачів таких сервісів росте дуже високими темпами [1].

Поява нових інфокомунікаційних послуг і сервісів викликала розвиток технологій, в яких на перше місце встають питання якості надання послуг. Для вирішення проблем аналізу телекомунікаційних систем необхідно мати в своєму розпорядженні відповідні моделі і інженерні методи, що дозволяють на основі даних вимірювань оцінювати якість надання послуг і прогнозувати характеристики їх роботи. Для цього широко застосовується теорія систем масового обслуговування (СМО). Вказаним питанням присвячені фундаментальні роботи таких авторів як Л. Клейнрок, С.А. Майорів, Т.Л. Сааті, Е.С. Вентцель, А.Л. Ліфшиц, А.К. Ерланг і ряд інших.

Провідне місце в загальній математичній моделі СМО займає модель вхідного потоку заявок, що поступають в систему на обслуговування (модель трафіку) [2,3]. Від правильного вибору цієї

моделі залежить точність розрахунку основних характеристик СМО, що визначають роботу системи в цілому. Проте, через відсутність адекватних моделей трафіку таких мереж часто для аналізу і синтезу спрощено та із значною втратою точності використовується пуассоновська модель.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблеми побудови мультисервісних мереж і аналізу трафіку активно досліджувалися в роботах вітчизняних і зарубіжних авторів (В.М. Вишневський, Б.С. Гольдштейн, А.Е. Кучерявий, В.Н. Тараса, О.І. Шелухін, А.П. Пшенічников, W.E. Leland, M.S. Taqqu, W. Willinger, D.V. Wilson і ін.). Збільшення об'єму послуг, що надаються, приводить до необхідності швидкої реорганізації мережі, появи нових абонентів і перерозподілу навантажень. Все це викликає необхідність швидкої оцінки необхідної пропускну спроможності інтерфейсів доступу. Формули оцінки розмірів черг, що застосовувалися раніше, придатні виключно для пуассонівських потоків, і, при розрахунках трафіку, дають погрішності перевищуючі 100 – 200% [3].

У цих умовах розробка нових методів аналізу трафіку мультисервісних мереж, що забезпечують простоту розрахунків і їх достатню точність, стає особливо актуальною.

Розповсюдження сучасних мультисервісних мереж сьогодні набуло глобального характеру [4]. Вивчення методів аналізу трафіку таких мереж і досліджень, що ведуться в цьому напрямі, показує, що для аналізу трафіку мультисервісних мереж не можна застосовувати пуассоновську модель. У пакетних мережах потоки пакетів (трафік) істотно відрізняються від моделі пуассонівського потоку, описуваного експоненціальною функцією розподілу інтервалу часу між моментами надходження

сусідніх пакетів. Тут потоки пакетів формуються безліччю різних джерел запитів на послуги, що надаються мережею, і мережевими додатками, що забезпечують послуги передачі відео, даних, мови і ін.

Джерела запитів, беручи участь в процесі створення потоку пакетів, істотно відрізняються між собою значеннями питомої інтенсивності навантаження. Інтенсивність навантаження результуючого потоку пакетів в кожен момент часу залежить від того, якими додатками обслуговуються джерела запитів і яке співвідношення їх чисельності для різних додатків.

На структуру трафіку також роблять вплив і технологічні особливості вживаних алгоритмів обслуговування. Якщо, наприклад, послуга забезпечується декількома додатками, або, якщо у використовуваних протоколах застосовується повторна передача неввірно прийнятих пакетів, то моменти виникнення запитів на встановлення сеансів зв'язку сильно корельовані. Через це в процесі обслуговування початкові потоки зазнають значні зміни і в підсумковому трафіку з'являються довгострокові залежності в інтенсивності надходження пакетів [5].

Таким чином, трафік вже не є простою сумою безлічі незалежних стаціонарних і ординарних потоків, що властиве пуассонівським потокам мереж зв'язку. У комп'ютерних мультисервісних мережах трафік є різномірним, а потоки різних додатків вимагають забезпечення відповідних рівнів якості обслуговування.

Постановка завдання дослідження. Мета роботи: дослідження характеристик трафіку і показників продуктивності мультисервісних комп'ютерних мереж.

Викладення основного матеріалу дослідження. У основі аналізу розподілу вірогідності числа заявок на інтервалах обслуговування лежить той факт, що вказані заявки об'єднуються в пачки, що характеризується математичним очікуванням і дисперсією числа заявок в пачках. Розглянемо два способи розташування заявок по відношенню до заданого інтервалу обслуговування t [3].

Перший спосіб заснований на принципах визначення інтервальних кореляційних функцій, коли моменти початку кожної пачки співпадають з початком інтервалу обслуговування (мал. 1а).

При другому способі моменти початку кожної пачки розподілені довільно по відношенню до інтервалів обслуговування (рис 1б).

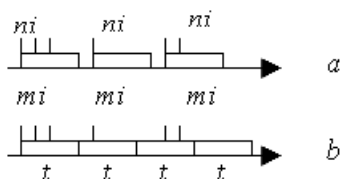


Рис. 1

Як зразковий розподіл тимчасових інтервалів між заявками вибраний Г-розподіл, оскільки при підсумовуванні декількох інтервалів, сумарний інтервал також задовольняє Г-розподілу. Крім того, експоненціальний розподіл інтервалів при пуассонівському потоці також є окремим випадком Г-розподілу.

Вказані властивості дозволили одержати аналітичні співвідношення для першого $\overline{n(t)}$ і другого $\overline{n^2(t)}$ моментів числа заявок на інтервалі часу t :

$$\overline{n(\lambda t)} = \sum_{i=1}^{\infty} \int_0^{\lambda t} \frac{x^{i\eta-1} e^{-x}}{\Gamma(i\eta)} dx, \quad (1)$$

де η – величина, зворотна коефіцієнту варіації інтервалів між заявками v_g^2 .

При випадковому розташуванні моментів часу початку кожної пачки (мал. 1б) математичне очікування $\overline{m(t)}$ числа заявок в пачках лінійно залежить від інтервалу обслуговування t і $\overline{m(t)} = \lambda t = \rho$, незалежно від закону розподілу інтервалів між заявками.

Тому як основний, був вибраний метод випадкового розподілу інтервалів по відношенню до заявок. На підставі аналізу процесу обробки потоку одержане базове рекуррентне співвідношення [3]

$$q_i(t) = q_{i-1}(t) + m_i(t) - \delta_i; \quad \delta_i = \begin{cases} 1 & \text{if } q_{i-1}(t) \neq 0 \text{ or } m_i(t) \neq 0; \\ 0 & \text{if } q_i(t) = 0 \text{ and } m_i(t) = 0, \end{cases} \quad (2)$$

де $q_i(t)$ – довжина черги на i -му інтервалі;

$m_i(t)$ – число заявок, що поступили на i -му інтервалі.

Аналіз (2) дозволив одержати узагальнену формулу для визначення середнього значення довжини черги $\overline{q(t)}$ в мережі з постійним часом обробки t .

$$\overline{q(t)} = \frac{\overline{m^2(t)} - \overline{m(t)} + 2 \cdot \text{cov}[q_{i-1}(t); m_i(t)]}{2 \cdot (1 - \overline{m(t)})}$$

Тут необхідно підкреслити, що $\overline{m(t)} = \lambda t = \rho$.

Після перетворення одержимо

$$\overline{q(\rho)} = \frac{D_m(\rho) + 2 \cdot \text{cov}[q_{i-1}(\rho); m_i(\rho)]}{1 - \rho} - \frac{\rho}{2}, \quad (3)$$

де $D_m(\rho)$ – дисперсія значень $m(\rho)$;

$\text{cov}[q_{i-1}(\rho); m_i(\rho)]$ – коваріація $q_{i-1}(\rho)$ і $m_i(\rho)$.

Вказаний вираз узагальнює формулу Хінчіна-Полячека і справедливий для мереж з будь-якими потоками заявок. Зокрема, для пуассонівського потоку залежність між $q_{i-1}(t)$ і $m_i(t)$ відсутня і $\text{cov}[q_{i-1}(t) \cdot m_i(t)] = 0$.

Дисперсія числа заявок в пачках $D_m(t) = \overline{m(t)^2}$ і, отже, ми приходимо до формули Хінчіна-Полячека в її звичному вигляді. Всі розглянуті вище характеристики визначалися для постійних значень часу обслуговування t . Якщо t являється випадковою величиною, із заданим законом розподілу вірогідності $W(t)$, то для визначення середньої довжини черги необхідно застосувати співвідношення

$$\bar{q} = \int_0^{\infty} \overline{q(t)} W(t) dt.$$

Значення першого і другого моментів чисел поступаючих заявок, що доводяться на одну обслужену заявку, визначаються співвідношеннями

$$\bar{n} = \int_0^{\infty} \bar{n}(t) \cdot W(t) dt, \quad \overline{n^2} = \int_0^{\infty} n^2 \cdot W(t) dt. \quad (1)$$

Відомо, що математичні очікування, дисперсії, коефіцієнти кореляції і коефіцієнти завантаження сум незалежних потоків заявок рівні сумі значень відповідних величин початкових потоків [5].

Співвідношення (3) дозволяє легко одержати вираз для сумарної черги від Q незалежних потоків, при їх мультиплексуванні [3].

$$D_{m\Sigma}(t) = \sum_{j=1}^Q D_{mj}(t), \quad \mu_{m\Sigma}(t) = \sum_{j=1}^Q \mu_{mj}(t),$$

$$R_{\Sigma}(t) = \sum_{j=1}^Q \rho_j(t),$$

де $\mu_{mj}(t) = \text{cov}[q_{j,i-1}(t) \cdot m_{ji}(t)]$.

Отже,

$$q_{\Sigma}(t) = \frac{D_{m\Sigma}(t) + 2\mu_{m\Sigma}(t)}{2 - [1 - R_{\Sigma}(t)]} - \frac{R_{\Sigma}(t)}{2}.$$

Вказане співвідношення справедливе при підсумовуванні будь-якого числа потоків заявок з однаковими пріоритетами і однаковим часом обслуговування t .

У мультисервісному трафіку значення t різні для різних протоколів. Тому їх можна представити у вигляді масиву кінцевого числа постійних величин.

Пропонується визначити сумарні значення для кожної з величин $t_j, j=1,2,\dots,Q$, а потім, визначити їх математичні очікування, з урахуванням вірогідності появи заявки кожного типу:

$$D_{m\Sigma} = \sum_{j=1}^Q \frac{\lambda_j}{\lambda_{\Sigma}} D_{m\Sigma}(t_j), \quad \mu_{m\Sigma} = \sum_{j=1}^Q \frac{\lambda_j}{\lambda_{\Sigma}} \mu_{m\Sigma}(t_j),$$

$$R_{\Sigma} = \sum_{j=1}^Q \frac{\lambda_j}{\lambda_{\Sigma}} R_{\Sigma}(t_j) = \sum_{j=1}^Q \lambda_j t_j = \sum_{j=1}^Q \rho_j.$$

Співвідношення (2) дозволяє методами імітаційного моделювання визначити залежності всіх основних елементів (3) від часу t для будь-якого вхідного потоку.

Як початковий, моделюється трафік з Γ -розподілом часових інтервалів між заявками. Обробляючи одержані дані, відповідно до (2), визначаємо характеристики

$$\varphi(\rho) = D_m(\rho) + 2\text{cov}[q_{i-1}(\rho); m_i(\rho)]$$

За допомогою стандартного програмного забезпечення вироблена апроксимація характеристик $\varphi(t)$ методом найменших квадратів для різних значень коефіцієнта варіації потоків з Γ -розподілом поліномом другого ступеня (4) [3]:

$$\varphi(\rho) = k_1 \cdot \rho^2 + k^2 \cdot \rho. \quad (4)$$

Коефіцієнти, визначені в (4), повністю характеризують трафік, з погляду створюваних ним середніх значень довжини черги.

Висновки. Розроблена методика отримання й обробки характеристик трафіку на основі аналізу числа пакетів, що поступають в мережу і одержані аналітичні співвідношення для основних характеристик трафіку, що дозволяє підвищити точність визначення розміру черг, а також визначити характеристики реального трафіку при довільних законах розподілу часових інтервалів між подіями у вхідному потоці.

Література

1. Танненбаум Э. Компьютерные сети / Э. Танненбаум. 3-е изд. — СПб.: Питер, 2002. 848 с.
2. Марьенков А. Н. Повышение безопасности компьютерных систем и сетей на основе анализа сетевого трафика / А. Н. Марьенков, И. М. Ажмухамедов // Инфокоммуникационные технологии. – 2010. – № 3. – Т. 8. – С.106 – 108.
3. Макаров И.С. Определение средней длины очереди СМО через корреляционные моменты числа заявок на интервалах обслуживания / Б.Я. Лихтциндер, И.С.

Макаров // Инфокоммуникационные технологии, №1, 2011г. – с. 72-77.

4. Вишнеvский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М. Вишнеvский. М.: Техносфера, 2003. - 506 с.
5. Кучеряvый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет / Е.А. Кучеряvый. — СПб.: Наука и техника, 2004. 336 с.

References

1. Tannenbaum Je. Komp'yuternye seti /Je. Tannenbaum. 3-е izd. — SPb.: Piter, 2002. 848 s.
2. Mar'ekov A. N. Povyshenie bezopasnosti komp'yuternyh sistem i setej na osnove analiza setevogo trafika / A. N. Mar'ekov, I. M. Azhmuhamedov // Infokommunikacionnye tehnologii. – 2010. – № 3. – Т. 8. – S.106 – 108.
3. Vishnevskij V.M. Teoreticheskie osnovy proektirovanija komp'yuternyh setej / V.M. Vishnevskij. М.: Tehnosfera, 2003. - 506 s.
4. Gorodeckij A.Ja. Informatika. Fraktal'nye processy v komp'yuternyh setjah / A.Ja. Gorodeckij, B.C. Zaborovskij / Uchebnoe posobie. SPb.: SPbGTU, 2000. - 100 s.
5. Kucherjavuj E.A. Upravlenie trafikom i kachestvo obsluzhivaniya v seti Internet / E.A. Kucherjavuj. — SPb.: Nauka i tehnika, 2004. 336 s.

Марченко Д.Н. Моделирование механизмов качества работы мультисервисных сетей.

Выполнены исследования качества трафика мультисервисных сетей на основе распределения достоверности числа заявок на интервалах обработки; получены аналитические соотношения для потоков заявок общего вида, обобщающие формулы определения размера очередей, позволяющие определить характеристики реального трафика при произвольных законах распределения временных интервалов между событиями во входном потоке.

Ключевые слова: сетевой трафик, часовой ряд, закон распределения, имитационное моделирование.

Marchenko D. Traffic management of computer networks based on the identification of anomalies

The general scheme of traffic control system based on the identification of anomalies in network traffic using cyclical analysis. A mathematical model for predicting traffic based on the cyclic time-series analysis. The technique management of network traffic based on the proposed model. Based on the methodology derived algorithms formalizing processes for anomalies and network traffic management.

Keywords: network traffic, the time series, fractal, prediction, spectral analysis

Марченко Д.М. - д.т.н., проф. кафедри комп'ютерних систем та мереж, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, uni@snu.edu.ua.

Рецензент: **Пожидаєв В.Ф.**, д.т.н., проф.

Стаття подана 22.04.2013