

УДК 519.218.82(045)

Андреев О.В., к.т.н.

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ АЛГОРИТМУ ЕКСТРАПОЛЯЦІЇ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАФІКУ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЙОГО ОПЕРАТИВНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ

Інститут комп'ютерних інформаційних технологій
Національного авіаційного університету

Запропоновано принципи побудови алгоритму екстраполяції характеристик трафіку комп'ютерної мережі для його оперативного управління, який дозволяє по попереднім значенням характеристик трафіку, що спостерігається, та певній апріорній інформації щодо нього, здійснювати екстраполяцію майбутніх значень характеристик

Вступ

Рішення все більш широкого кола задач управління різноманітних систем та об'єктів в різних галузях техніки, науки, освіти, фінансів та інших галузей людської діяльності базуються на інформаційних технологіях, які набули в наш час значного розвитку. Технічною базою для їх практичного використання є комп'ютери, пов'язані між собою в комп'ютерні мережі різного типу – локальні, корпоративні, глобальні. Саме вони відіграють все більш значну роль для забезпечення ефективної спільної роботи в різних галузях.

Сучасні комп'ютерні мережі надають можливості своїм користувачам на базі звичайних персональних комп'ютерів спільно працювати з базами даних, здійснювати спільну роботу над різноманітними проектами, проводити відеоконференції, створювати потужні обчислювальні кластерні системи та багато іншого. Все це функціонує на комп'ютерних мережах, що використовують пакетну комутацію, та зазвичай, на базі універсального сімейства протоколів *TCP/IP*.

Окрім цього, практично в кожній такій комп'ютерній мережі відбувається стрімке збільшення кількості комп'ютерів різного призначення, користувачів, об'єму інформації, що передається в комп'ютерній мережі. Це призводить до збільшення інтенсивності трафіку в мережі та погіршення якості мережених послуг. Звідси постає задача аналізу та ефективного керування трафіком в

комп'ютерних мережах, а це потребує проведення експериментальних досліджень мереженого трафіку, причому не тільки в режимі оперативного моніторингу, а й для прогнозування його поведінки в майбутньому.

Дослідження по цій проблемі велися та ведуться дуже активно багатьма вченими в усьому світі [1]. Але в цих дослідженнях багато питань або досліджені недостатньо повно, або орієнтовані на вирішення вузькоспеціалізованих задач. Так, достатньо обмеженим є арсенал статистичних методів, що використовуються для аналізу трафіку з метою його подальшої екстраполяції. Математичні моделі трафіку будуються на припущенні про його стаціонарність [2]. Все це свідчить про необхідність подальших досліджень по даній проблематиці та в цілому визначає актуальність тематики даної статті.

Постановка задачі

Динамічні процеси, що відбуваються в комп'ютерних мережах, мають складну природу. Вони здебільшого є стохастичними та нестационарними. Такі властивості трафіку виникають через недетермінованості системи в цілому, а також неможливості довгострокового прогнозування дій, що здійснюються алгоритмами обробки трафіку [3]. До таких слід віднести алгоритми, що використовуються в різноманітних реалізаціях протоколів сімейства *TCP/IP*: генерація трафіку протоколами транспортного рівня, управління трафіком на проміжних мережених пристроях, динамічна маршрутизація, тощо.

В наслідок цього процеси, що відбуваються в комп'ютерних мережах, знаходяться під постійним впливом регулюючих та збуджуючих стохастичних впливів, що обумовлюють складні флуктуації процесів, що досліджуються.

На сьогоднішній день немає загальної теорії дослідження, моделювання трафіку та методів створення систем динамічного управління в комп'ютерних мережах. Управління трафіком має здійснюватись на всіх рівнях *OSI* - моделі міжмережевої взаємодії, оскільки використання на каналному рівні вбудованих механізмів моніторингу перевантаження каналу суттєво підвищує його продуктивність. Також самі мережеві додатки, коли в них є зворотній зв'язок, також можуть здійснювати контроль за навантаженням. Всі ці методи є по суті додатковими вбудованими керуючими контурами, об'єднання яких в єдину систему управління дозволяє ефективніше використовувати можливості каналу.

Таким чином, оперативне динамічне керування в мережах з комутацією пакетів може бути здійснено на основі оцінки параметрів трафіку, що спостерігається, так і агрегованого потоку інформації.

Комп'ютерна мережа має певну пропускну спроможність. Коли параметри трафіку (наприклад, об'єм чи швидкість передачі інформації) наближається до критичного рівня (рівня пропускну спроможності) (рис. 1), це може привести до погіршення роботи комп'ютерної мережі та її гарантоздатності. Для запобігання цього з'являється необхідність аналізу та діагностики стану параметрів комп'ютерної мережі для оперативного керуючого втручання в її роботу – наприклад, здійснити перерозподіл трафіку між мережними інтерфейсами або користувачами. Для здійснення цього оперативного керуючого втручання виникає потреба в передбаченні, екстраполяції майбутніх значень трафіку комп'ютерної мережі для передбачення виходу його параметрів на критичний рівень. Цей процес повинен відбуватись в оперативному режимі.

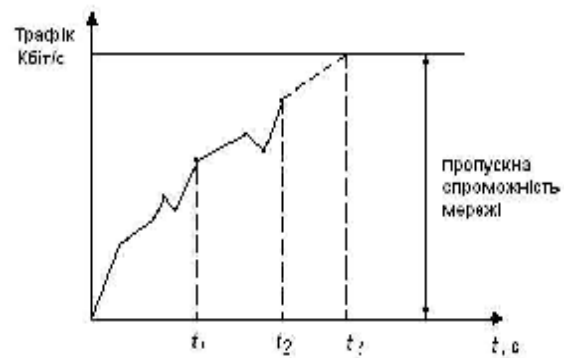


Рис. 1. Ілюстрація процесу перевантаження каналу передачі даних

Для оперативного діагностування та управління трафіком комп'ютерної мережі необхідно мати додатковий інтервал часу, на протязі якого можна здійснювати керуючий вплив на трафік, наприклад, його оперативний перерозподіл. Цей інтервал часу може забезпечити процедура екстраполяції характеристик трафіку комп'ютерної мережі, який буде дорівнювати дискретності спостережень його значень. Процедура екстраполяції буде здійснюватись на базі попередніх спостережень та апіорній інформації про параметри трафіку.

Структурна схема, наведена на рис. 2, пояснює роль процесу екстраполяції характеристик трафіку комп'ютерної мережі для його оперативного діагностування та управління.

Спочатку відбувається аналіз значень виміряних характеристик трафіку: при вимірюванні першої пари параметрів Y_1, Y_2 необхідно провести аналіз: чи виконується умова $Y_2 > Y_1$, тобто чи здійснюється збільшення значень характеристик трафіку. Якщо $Y_2 \leq Y_1$, то значення характеристик трафіку не збільшується і значення характеристик трафіку не накопичуються. Якщо виконується умова, що $Y_2 > Y_1$, то відбувається збільшення значення параметру характеристик трафіку. В цьому випадку здійснюється накопичення значень характеристик трафіку.

Далі відбувається накопичення результатів попередніх спостережень за трафіком. Потім, аналізуючи результати спостережень, здійснюється накопичення

апріорної інформації про параметри цього трафіку. Це наступні параметри для точок спостереження за трафіком Y_1 та Y_2 : m_{Y_1} , m_{Y_2} , – математичні сподівання для точок Y_1 , Y_2 ; D_{Y_1} , D_{Y_2} – дисперсії для цих точок спостереження (або їх середньоквадратичні відхилення $\sigma_{Y_1}^2$, $\sigma_{Y_2}^2$); $K_Y(t_1, t_2)$ – кореляційна функція.

Потім відбувається довизначення необхідної інформації для значення точки трафіку, яка

буде екстраполюватись. Це наступні вірогідні параметри трафіку: математичне сподівання m_{Y_3} , дисперсія D_{Y_3} , середньоквадратичне відхилення $\sigma_{Y_3}^2$, та кореляційні функції $K_Y(t_1, t_3)$, $K_Y(t_2, t_3)$ для точки, що відповідає моменту екстраполяції.

Таким чином, визначаються вірогідні параметри трьох точок спостереження Y_1 , Y_2 , Y_3 : m_{Y_1} , m_{Y_2} , m_{Y_3} – математичні сподівання для точок Y_1 , Y_2 , Y_3 ; D_{Y_1} , D_{Y_2} , D_{Y_3} – дисперсії для цих точок спостереження (або їх середньоквадратичні відхилення $\sigma_{Y_1}^2$, $\sigma_{Y_2}^2$, $\sigma_{Y_3}^2$); $K_Y(t_1, t_2)$, $K_Y(t_1, t_3)$, $K_Y(t_2, t_3)$ – відповідні кореляційні функції [4].

Далі буде відбуватись екстраполяція нестационарного трафіку комп'ютерної мережі, результати якої будуть використовуватись для оперативного управління трафіком. Екстраполяція може здійснюватись як для прогнозування одного значення характеристик трафіку в майбутньому за допомогою двопараметричного методу оптимальної екстраполяції [5,6], так і для декількох значень характеристик екстрапольованих параметрів за допомогою рекурсивного способу оптимальної екстраполяції [7], який включає в себе трипараметричний та чотирипараметричний методи оптимальної екстраполяції.

Двопараметричний метод оптимальної екстраполяції, який по двом значенням попередніх спостережень – Y_1 і Y_2 ,

що спостерігаються, та апріорної інформації про параметри цього трафіку дозволяє отримати оцінку Y_3^* майбутнього значення Y_3 :

$$Y_3^* = a_1 Y_1 + a_2 Y_2 \quad (1)$$

Трипараметричний метод оптимальної екстраполяції, який по двом значенням попередніх спостережень – Y_1 і Y_2 , що спостерігаються, та отриманій оцінці Y_3^* визначає оцінку Y_4^* майбутнього значення Y_4 :

$$Y_4^* = a_1^{(3)} Y_1 + a_2^{(3)} Y_2 + a_3^{(3)} Y_3^*, \quad (2)$$

де $a_1^{(3)}$, $a_2^{(3)}$, $a_3^{(3)}$ – параметри трипараметричної оптимізації, а трійка у верхньому індексі не є показником степені 3, а вказує на те, що екстраполяція відбувається по трьох параметрах і $a_1 \neq a_1^{(3)}$, $a_2 \neq a_2^{(3)}$, $a_3 \neq a_3^{(3)}$.

Чотирипараметричний метод оптимальної екстраполяції, який по двом значенням попередніх спостережень – Y_1 , Y_2 і результатам двопараметричної і трипараметричної екстраполяції – Y_3^* , $D[Y_3^*]$, Y_4^* , $D[Y_4^*]$ дозволить екстраполювати Y_5^* майбутнього значення Y_5 .

$$Y_5^* = a_1^{(4)} Y_1 + a_2^{(4)} Y_2 + a_3^{(4)} Y_3^* + a_4^{(4)} Y_4^*, \quad (3)$$

де $a_1^{(4)}$, $a_2^{(4)}$, $a_3^{(4)}$, $a_4^{(4)}$ – параметри чотирипараметричної оптимізації, причому четвірка у верхньому індексі не є показником степені 4, а вка вказує на те, що екстраполяція відбувається по чотирьох параметрах і $a_1 \neq a_1^{(4)}$, $a_2 \neq a_2^{(4)}$, $a_3 \neq a_3^{(4)}$, $a_4 \neq a_4^{(4)}$.

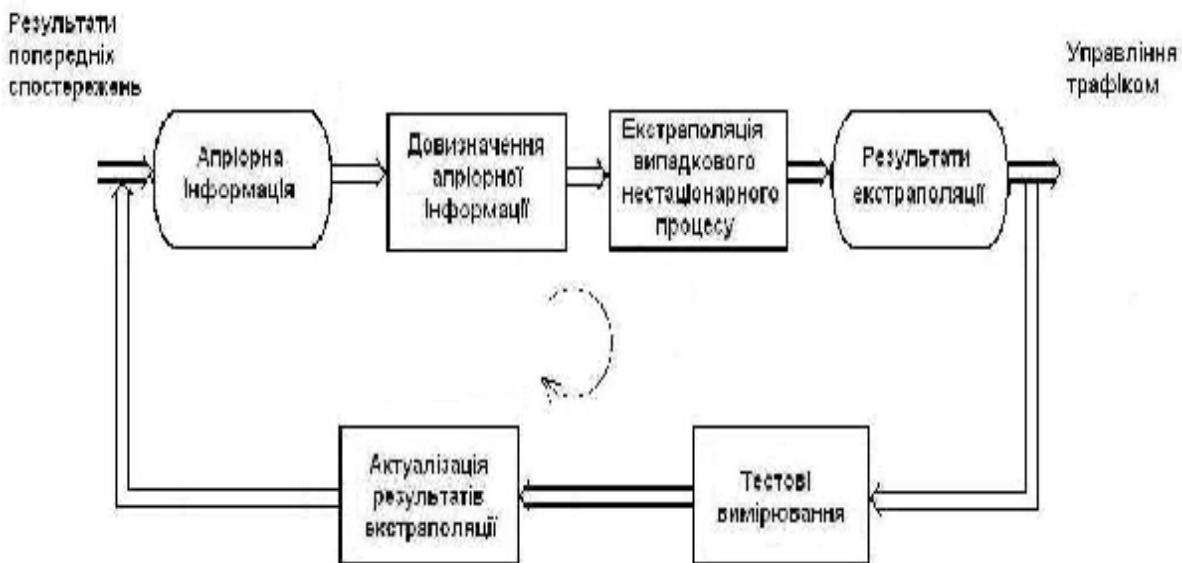


Рис. 2. Структурна схема процесу екстраполяції та управління трафіком

Точність двопараметричного методу оптимальної екстраполяції вище, ніж трипараметричного та чотиріпараметричного методу, але їх перевагами є більший інтервал екстраполяції.

Потім здійснюється тестове вимірювання характеристик трафіку. Також в результаті екстраполяції характеристик трафіку здійснюється актуалізація результатів екстраполяції трафіку, в результаті чого отримується нова апріорна інформація щодо характеристик трафіку, яка буде використана для наступних екстраполяцій [8].

Запропонований алгоритм на базі методу двопараметричної оптимальної екстраполяції, або трипараметричної чи чотиріпараметричної екстраполяції характеристик трафіку (рекурсивний метод), за допомогою якого можливо організувати перерозподіл трафіку між комп'ютерами в мережі. Для цього необхідно створити набір спеціального електронного обладнання та спеціальне програмне забезпечення серверу.

Перерозподіл трафіку може бути здійснено за допомогою інтелектуального свіча Cisco Catalyst 3758G або його аналогів зі швидкістю 1 Гбіт/с і мережених плат GigaByte з пропускною спроможніс-

тю 1 Гбіт/с та спеціалізованою програмою аналізу трафіку для сервера та інтелектуального свіча. Ця програма повинна аналізувати, якому інтерфейсу чи користувачу потрібно дати більшу швидкість, а кому швидкість зменшити. Потім сервером формується сигнал керування для інтелектуального свіча, який проводить перерозподіл значень швидкостей між користувачами або інтерфейсами.

Висновки

По матеріалам статті можна зробити такі висновки:

1. Запропоновано та обґрунтовано вибір апіорних даних про характеристики трафіку комп'ютерної мережі для здійснення екстраполяції значень параметрів трафіку в оперативному режимі. Це наступні параметри: m_{Y1} , m_{Y2} , – математичні сподівання для точок спостереження Y_1 , Y_2 ; D_{Y1} , D_{Y2} – дисперсії для цих точок спостереження (або їх середньоквадратичні відхилення σ_{Y1}^2 , σ_{Y2}^2); $K_Y(t_1, t_2)$ – їх кореляційна функція.

2. Запропоновано та обґрунтовано до визначення необхідної інформації для значення точки трафіку, для якої буде здійснюватись екстраполяція параметрів. Це наступні параметри трафіку: матема-

тичне сподівання m_{Y3} , дисперсія D_{Y3} , середньоквадратичне відхилення σ^2_{Y3} , та кореляційні функції $K_Y(t_1, t_3)$, $K_Y(t_2, t_3)$ для точки, що відповідає моменту екстраполяції.

3. Екстраполяція характеристик трафіку комп'ютерних мереж може здійснюватися за допомогою двопараметричного чи рекурсивного методів оптимальної екстраполяції, які довели свою працездатність та ефективність. Екстраполяція може здійснюватись як для прогнозування одного значення характеристик трафіку в майбутньому за допомогою двопараметричного методу оптимальної екстраполяції, так і для декількох значень характеристик екстрапольованих параметрів за допомогою рекурсивного способу оптимальної екстраполяції.

4. Запропоновано алгоритм, за допомогою якого можливо організувати оперативне керування трафіком, здійснивши перерозподіл трафіку між комп'ютерами в мережі за допомогою спеціалізованого мережевого обладнання - інтелектуального свіча та спеціалізованого програмного забезпечення для аналізу трафіку для сервера та інтелектуального свіча, що реалізує запропонований алгоритм оперативного керування трафіком в оперативному режимі.

Список літератури

1. Олифер Н.А. Средства анализа и оптимизации локальных сетей. / Н.А. Олифер, В.Г.Олифер. – М.: Центр информационных технологий, 1998. – 120 с.

2. Репин Д. С. Анализ и моделирование трафика в корпоративных компьютерных сетях: дисс. канд. техн. наук: 05.13.01 / Репин Дмитрий Сергеевич. – [Место защиты: М. гос. гор. ун-т]. – Москва, 2008. – 143 с.

3. Понизовкин А.С. Свойства динамических процессов в компьютерных сетях и методы управления [Электронный

ресурс] / А.С. Понизовкин – Электрон. текст. дан. – Режим доступа: http://www.ict.edu.ru/vconf/files/tm01_417.doc.

4. Андреев О.В. Метод экспериментального дослідження та екстраполяції характеристик трафіку локальних комп'ютерних мереж / О.В. Андреев // Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук. праць – К.: НАУ, 2013. – Вип. 2(42). – С.5-10.

5. Ігнатов В.О. Метод оптимальної екстраполяції випадкових нестационарних сигналів на тлі завад / В.О. Ігнатов, О.В. Андреев, В.І. Андреев // Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук. праць – К.: НАУ, 2010. – Вип. 2(30). – С.79-84.

6. Ігнатов В.О. Метод двопараметричної оптимальної екстраполяції випадкових нестационарних сигналів на тлі завад / В.О. Ігнатов, О.В. Андреев, В.І. Андреев // Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук. праць – К.: НАУ, 2010. – Вип. 4(32). – С.41-46.

7. Андреев О.В. Рекурсивний метод оптимальної екстраполяції випадкових нестационарних сигналів на тлі завад / О.В. Андреев В.О., Ігнатов, І.А. Жуков, В.І. Андреев // Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук. праць – К.: НАУ, 2011. – Вип. 3(35). – С.13-21.

8. Андреев О.В. Метод експериментального дослідження та екстраполяції характеристик трафіку локальних комп'ютерних мереж / О.В. Андреев // Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук. праць – К.: НАУ, 2011. – Вип. 2(42). – С.5-10.

Статтю подано до редакції 05.12.2013