

УДК 519.218.82(045)

Андреев О.В., к.т.н.

МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ВІРОГІДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАФІКУ НА ФОНІ ЗАВАД В ЛОКАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

Інститут комп'ютерних інформаційних технологій
Національний авіаційний університет

Запропоновано метод прогнозування вірогідних характеристик трафіку на фоні завад в локальних комп'ютерних мережах, який дозволяє по попереднім значенням вірогідних характеристик двох точок, що спостерігаються, виконувати прогнозування його вірогідних характеристик для третьої точки, значення якої буде прогнозуватись. Попередні значення вірогідних характеристик двох точок, що спостерігаються, визначаються по навчаючій вибірці трафік невеликого об'єму, яка береться на початковій ділянці спостереження за трафіком. Порівняльний аналіз відносних похибок характеристик трафіку, що вимірюються експериментально та екстрапольованими за допомогою запропонованого методу, вказує на прийнятні для практики відносні похибки

Вступ

Вирішення задач оптимальної екстраполяції характеристик випадкового трафіку локальних комп'ютерних мереж на фоні випадкових завад займають важливе місце як в теорії випадкових процесів, так і в практичному використанні цієї теорії для аналізу стану комп'ютерної мережі та її управління.

В роботах [1], [4] запропоновано новий двопараметричний метод оптимальної екстраполяції характеристик випадкових нестационарних процесів на фоні випадкових завад, який може бути використаний і для екстраполяції характеристик випадкового трафіку при відомих значеннях його вірогідних характеристик для точки екстраполяції.

Метою роботи є розробка методу прогнозування вірогідних характеристик трафіку на фоні завад реальних локальних комп'ютерних мереж для виконання оптимальної екстраполяції його характеристик на прикладі локальної комп'ютерної мережі факультету комп'ютерних систем НАУ з застосуванням методу двопараметричної оптимальної екстраполяції [1], [4].

Для досягнення цієї мети на базі методики статистичної обробки експериментів [2], методу статистичного імітаційного моделювання (СІМ) розроблено метод прогнозування вірогідних характеристик трафіку та за допомогою методу двопараметричної оптимальної екстраполяції [1],

виконано екстраполяцію його характеристик для третьої точки трафіку реальної комп'ютерної мережі. За допомогою експерименту показана ефективність розробленого методу прогнозування вірогідних характеристик трафіку на фоні завад реальної комп'ютерної мережі.

Постановка задачі

Для досягнення мети в роботі запропоновано набір апріорної вірогідної інформації випадкового трафіку та розроблено алгоритм застосування двопараметричного методу оптимальної екстраполяції для реальної локальної комп'ютерної мережі.

Для вирішення цієї задачі необхідно мати сніффер, який би дозволив виконувати моніторинг трафіку з інтервалом часу в 1 секунду. До набору апріорної вірогідної інформації відносяться: 10 триад точок трафіку $Y_1(n)$, $Y_2(n)$, $Y_3(n)$, на тій ділянці, де має місце збільшення швидкості трафіку в Кбіт/с з параметром $\Delta T = 10$ с; $\tau = 5$ с., математичні сподівання точок трафіку – mY_1 , mY_2 для точок Y_1 , Y_2 ; дисперсії для цих точок спостереження – DY_1 , DY_2 (або їх середньоквадратичні відхилення $\sigma 2Y_1$, $\sigma 2Y_2$); кореляційні функції $KY(t_1, t_2)$.

Далі пропонується діяти відповідно до наступного алгоритму.

1. При вимірюванні першої пари параметрів Y_1 , Y_2 необхідно провести аналіз: $Y_2 > Y_1$. Якщо $Y_2 \leq Y_1$, то значення

характеристик трафіку не збільшується і ми ці значення не накопичуємо.

2. Після вимірювання перших 10 триад точок трафіку за методиками статистичної обробки результатів експериментів [2], [5] обчислюють m_{Y1} , m_{Y2} , D_{Y1} , D_{Y2} , σ_{2Y1} , σ_{2Y2} , $K_Y(t_1, t_2)$. А далі, для того, щоб виконати екстраполяцію, необхідно довізначити такі вірогідні параметри трафіку, як: m_{Y3} , D_{Y3} , σ_{2Y3} , $K_Y(t_1, t_3)$, $K_Y(t_2, t_3)$ для точки відповідній моменту екстраполяції.

3. Для довізначення математичного сподівання точки Y_3 – m_{Y3} пропонується наступний алгоритм, який і пояснюється на рис. 1.

На інтервалі $t_2 - t_1 = \Delta T$ визначаємо швидкість зміни математичного сподівання:

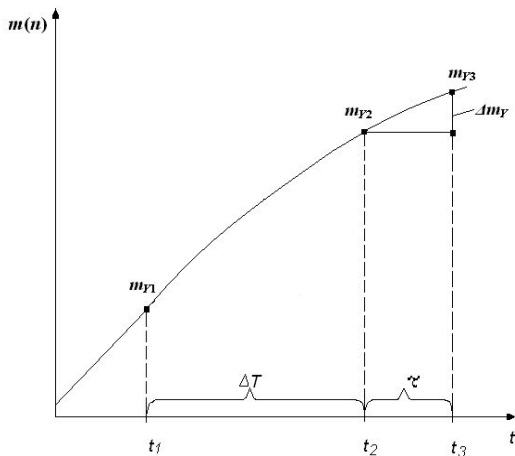


Рис. 1. Залежність $m_Y(n)$ від часу t

$$\frac{\partial m_Y}{\partial t} \approx \frac{m_{Y2} - m_{Y1}}{\Delta T} \quad (1)$$

На другому кроці визначаємо, який приріст отримає математичне сподівання за час $t = \tau$:

$$\frac{\partial m_Y}{\partial t} \tau \approx \frac{m_{Y2} - m_{Y1}}{\Delta T} \tau \quad (2)$$

На третьому кроці визначаємо величину m_{Y3} :

$$m_{Y3} = m_{Y2} + \frac{\partial m_Y}{\partial t} \tau \quad (3)$$

(так можна робити тому, що значення характеристик трафіку збільшуються).

Приклад 1. Використаємо вимірювання та обчислення, які виконані в експерименті [5]:

$m_{Y1} = 80,0$ Кбіт/с; $m_{Y2} = 93,6$ Кбіт/с; $\Delta T = 10$ с; $\tau = 5$ с.

$$\frac{\partial m_Y}{\partial t} \approx \frac{m_{Y2} - m_{Y1}}{\Delta T} ; \frac{\partial m_Y}{\partial t} =$$

$$= (93,6 - 80,0) / 10 = 1,4 \text{ Кбіт/с.}$$

$$m_{Y3} = 93,6 + 1,4 * 5 = 100,65 \text{ Кбіт/с.}$$

А в експерименті [5] $m_{Y3} = 95,1$ Кбіт/с.

Абсолютна похибка $\Delta m_{Y3} = 5,55$ Кбіт/с, вона мала, відносна похибка дорівнює:

$$\delta m \approx \frac{\Delta}{m_3} = 0,058 * 100 = 5,8 \%$$

Для визначення величини дисперсії D_{Y3} точки Y_3 пропонується аналогічний алгоритм, який ілюструється рис. 2.

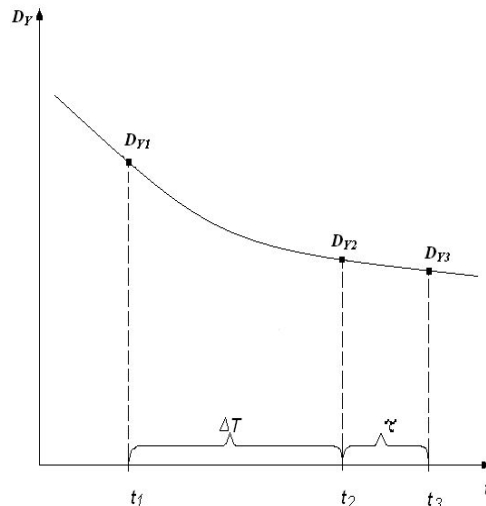


Рис. 2. Залежність $D_Y(n)$ від часу t

На інтервалі ΔT визначаємо швидкість зміни дисперсії випадкової величини D_Y :

$$\frac{\partial D_Y}{\partial t} = \frac{D_{Y2} - D_{Y1}}{\Delta T} \quad (4)$$

На другому кроці визначаємо, який приріст отримає дисперсія за час $t = \tau$:

$$\frac{\partial D_Y}{\partial t} \tau = \frac{D_{Y2} - D_{Y1}}{\Delta T} \tau \quad (5)$$

На третьому кроці довізначуємо величину D_{Y3} :

$$D_{Y3} = D_{Y2} + \frac{\partial D_Y}{\partial t} \tau \quad (6)$$

Приклад 2. Використаємо вимірювання та обчислення, які виконані в експерименті [5]:

$DY1 = 1181,8$ Кбіт2/с2; $DY2 = 873,5$ Кбіт2/с2; $DY3 = 719,4$ Кбіт2/с2; $\Delta T = 10$ с; $\tau = 5$ с.

$$\frac{\partial D_Y}{\partial t} = \frac{D_{Y2} - D_{Y1}}{\Delta T} = (873,5 - 1181,8) / 10 = -30,83 \text{ Кбіт2/с2.}$$

$$DY3 = 873,5 - 154,15 = 719,4 \text{ Кбіт2/с2.}$$

Відносна похибка для $Y3$ буде $\delta DY3 = 9,1\%$.

Для визначення коефіцієнтів кореляції r_{12} , r_{13} , r_{23} між точками трафіка $Y1$, $Y2$, $Y3$ пропонується алгоритм, який ілюструється на рис. 3.

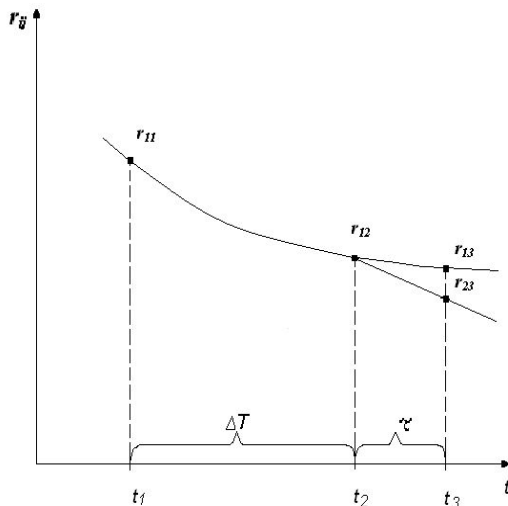


Рис.3. Залежність коефіцієнтів кореляції r_{ij} від t

Коефіцієнти кореляції $r_{11} = 1$, $r_{12} = 0,973$, $\Delta T = 10$ с; $\tau = 5$ с відомі з попередніх обчислень.

На інтервалі ΔT визначаємо швидкість зміни коефіцієнту кореляції r_{12} :

$$\frac{\partial r_{12}}{\partial t} = \frac{r_{12} - r_{11}}{\Delta T} \quad (7)$$

На наступному кроці визначаємо, який приріст отримає коефіцієнт r_{12} за час $t = \tau$:

$$\frac{\partial r_{12}}{\partial t} \tau = \frac{r_{12} - r_{11}}{\Delta T} \tau \quad (8)$$

На третьому кроці до визначаємо величину r_{23} :

$$r_{23} = r_{12} + \left(\frac{r_{12} - r_{11}}{\Delta T} \right) \tau \quad (9)$$

Приклад 3. Використаємо вимірювання та обчислення, які виконані в експерименті [5]:

$r_{11} = 1$; $r_{12} = 0,973$; $r_{13} = 0,915$; $r_{23} = 0,846$.

$$\frac{\partial r_{12}}{\partial t} = (0,973 - 1) / 10 = -0,027 / 10 = -0,0027;$$

$$r_{23} = 0,973 - ((1 - 0,973) / 10) 5 = 0,96; \quad \delta r_{23} = 13\%.$$

Для коефіцієнта кореляції r_{13} алгоритм обчислення матиме такий вигляд:

$$\frac{\partial r_{13}}{\partial t} = \frac{\partial r_{12}}{\partial t} + \frac{\partial r_{23}}{\partial t} \frac{r_{12} - r_{11}}{\Delta T} + \frac{r_{23} - r_{12}}{\tau} \quad (10)$$

Тоді коефіцієнт r_{13} обчислимо за такою формулою:

$$r_{13} = r_{11} + \frac{\partial r_{23}}{\partial t} (\tau + \Delta T) \quad (11)$$

Приклад 4. Використаємо вимірювання та обчислення, які були використані в експерименті [5]:

$$\frac{\partial r_{12}}{\partial t} = (0,973 - 1) / 10 = -0,0027;$$

$$\frac{\partial r_{23}}{\partial t} = (0,846 - 0,973) / 5 = -0,025.$$

$$\text{Тоді } r_{13} = 1 - (0,025 * 15) = 0,625.$$

За експериментом [5] $r_{13} = 0,915$, $\delta r_{13} = 31,7\%$.

Приклад 5. Для визначення недостаючих кореляційних функцій K_{13} , K_{23} скористаємось формулами з [2]:

$$K_{13} = r_{13} \sqrt{D_1} \sqrt{D_3}; \quad K_{23} = r_{23} \sqrt{D_2} \sqrt{D_3} \quad (12)$$

У формули (12) підставляючи вже відомі значення r_{13} , r_{23} , $\sqrt{D_2} = \sigma_2$, $\sqrt{D_3} = \sigma_3$, отримаємо:

$$K_{13} = 0,625 \sqrt{1181,8} \sqrt{719,4} = 576,2 \text{ Кбіт}^2/\text{с}^2;$$

$$K_{23} = 0,96 \sqrt{873,5} \sqrt{719,4} = 761,6 \text{ Кбіт}^2/\text{с}^2;$$

$$\delta K_{13} = 0,346 * 100 = 34,6 \% ; \delta K_{23} = 0,012 * 100 = 1,2 \% .$$

Приведені розрахунки вказують на те, що запропонована методика дає прийнятні для практики відносні похибки при екстраполяції параметрів: mY_3 , DY_3 , r_{13} , r_{23} , K_{13} , K_{23} .

4. Після обчислення необхідних априорних ймовірностних параметрів обчислюють коефіцієнти α_{1opt} , α_{2opt} та величини Y_3^* , $D\epsilon(\alpha_{1opt}, \alpha_{2opt})_{min}$, $D[Y_3^*]$ для точки Y_{30} трафіку за методикою, яка запропонована для двопараметричного методу оптимальної екстраполяції в [1]. Результати обчислень мають такий вигляд:

$$\begin{aligned} \alpha_{1opt} &= -2.681, \\ \alpha_{2opt} &= 3.416, \\ Y_3^* &= 146.22, \\ \delta Y_3 &= 13.2\%. \end{aligned}$$

Висновки

Аналіз результатів прикладів 1-3 показують працездатність і ефективність методів прогнозування вірогідних характеристик трафіку на фоні завад локальних комп'ютерних мереж.

За результатами прикладів 1-3 можливо зробити наступні висновки:

1. В статті запропоновано набір априорної вірогідної інформації, яку необхідно знати по локальному трафіку, для виконання оптимальної екстраполяції його характеристик. Цей набір включає: mY_1 , mY_2 , DY_1 , DY_2 , σ_2Y_1 , σ_2Y_2 , $KY(t_1, t_2)$.

2. В статті запропоновано методи до визначення недостаючих вірогідних характеристик для точки трафіку, яку ми будемо екстраполювати. Це наступні характеристики: mY_3 , DY_3 , σ_2Y_3 , $KY(t_1, t_3)$, $KY(t_2, t_3)$.

3. Запропоновані методи мають прийнятні для практики відносні похибки в порівнянні з експериментальними резуль-

татами [5]. В даному експерименті ці похибки лежать у межах:

$$\begin{aligned} \text{для } \delta mY_3 &= 5.8\%; \\ \text{для } \delta DY_3 &= 9.1\%; \\ \text{для } \delta r_{23} &= 13\%; \\ \text{для } \delta r_{13} &= 31.7\%; \\ \text{для } \delta K_{13} &= 34.6\%; \\ \text{для } \delta K_{23} &= 1.2\%, \\ \text{для } \delta Y_3 &= 13.2\%. \end{aligned}$$

Список літератури

1. 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.

2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель // Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2006. – 576 с.

3. Ігнатов В.А. Теория информации и передачи сигналов. Учебник для вузов. 2-ое изд. Перераб. и доп. М.: Радио и связь. 1990. – 280 с.

4. Пат. на корисну модель 62878 Україна, МПК(2011.01) G06C 3/00, G01S 17/00 Спосіб двопараметричної оптимальної екстраполяції випадкових нестационарних сигналів на тлі завад / В.О. Ігнатов, І.А.Жуков, О.В. Андреев, В.І. Андреев. Заявник та патентовласник Національний авіаційний університет – №u201014719 заявл. 08.12.2010; опубл. 26.09.2011, Бюл. №18. – 16 с.

5. 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, 2013. – Вип. 2(42). – С. 5-10.

Статтю подано до редакції 17.09.2013