

*Роман Анатолійович Ромащенко*

## МЕТОДИКА УПРАВЛІННЯ ПОТОКАМИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ У ПРОТОКОЛІ ТСП МЕТОДУ КОВЗАЮЧОГО ВІКНА ЗМІННОГО РОЗМІРУ

### Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для забезпечення ефективного функціонування інформаційних мереж протоколом ТСП передбачено управління потоками даних за допомогою методу ковзного вікна [1]. Згідно з цим методом інтенсивність відправлення інформаційних сегментів в мережу регулюється розміром вікна передавання. Вікно передавання – це кількість сегментів, що можуть бути відправлені в мережу без очікування на передавальному боці підтверджень (квитанцій) про успішну доставку відповідних сегментів адресатові. Зрозуміло, що збільшення розміру вікна призводить до підвищення інтенсивності відправлення сегментів та навпаки.

Однак, робота зазначеного алгоритму приведе до того, що перепускна спроможність інформаційних напрямків не буде використовуватися ефективно. Навіть випадкова (короткочасна) помилка призведе до того, що знов почне роботу алгоритм зтяжного пуску. І чим гірше буде завадовий стан каналів зв'язку тим більше буде кількість початкових робіт цього алгоритму, і як наслідок, зменшення продуктивності мережі.

Виходячи з цього, існуючі методи управління потоками при використанні у протоколі ТСП методу ковзного вікна змінного розміру є неефективними та не дозволяють здійснити адаптацію до завадового стану каналів зв'язку. Все це підтверджує актуальність роботи для галузі зв'язку.

### Формулювання мети статті. Виклад основного матеріалу

Таким чином, метою статті є розробка методики управління потоками при використанні у протоколі ТСП методу ковзного вікна змінного розміру, використання якої дозволить підвищити продуктивність інформаційних напрямків.

Сутність зазначеної методики полягає в використанні на передаючому боці імовірності безпомилкової передачі  $w$  кадрів ( $w$  – кількість кадрів у ковзному вікні) мережею АТМ з метою визначення максимально граничної кількості кадрів у вікні, сукупна передача яких не приведе

до перезапитів.

Вихідні дані:

структура мережі, задана матрицею зв'язності  $A = \{a_{ij}\}$ ;

величина навантаження  $Z_{nc} = \{Z_{ij}\}$ ;

алгоритм вибору шляхів встановлення з'єднань у напрямках зв'язку.

Умови, припущення та обмеження:

прямий і зворотний канали передачі даних ідентичні в статистичному сенсі (у сенсі еквівалентності в середньому щодо розподілу помилок у них);

усі кадри, незалежно від змісту інформації, що міститься в них (корисна, службова інформація та ін.), мають однакову довжину  $n$  і кодуються – декодуються по аналогічним правилам;

номінальний час видачі в канал передачі інформації будь-якого кадру визначається тільки його довжиною  $n$  і швидкістю роботи в каналі  $\rho$  і для кожного кадру складає ту саму величину;

процес видачі в канал передачі інформації сукупності кадрів математично задається зображенням виду  $p_{ij}S^v$ , де  $p_{ij}$  – імовірність переходу зі стану алгоритму  $i$  у новий стан  $j$ ,  $v$  – ступінь, що визначає час переходу в новий стан,

причому значення  $v = 1$  відповідає часу  $\tau^n$  видачі в канал зв'язку одного кадру,  $v = 2$  – двох кадрів і т.д.,  $S$  – фіктивна змінна така, що  $|S| < 1$ .

Справедливість останнього припущення легко може бути перевірена шляхом одержання еквівалентних передатних функцій для різних фрагментів графів відповідно до загальновідомих правил їхнього перетворення [2, 3].

Реалізація методики управління потоками при використанні у протоколі ТСП методу ковзного вікна змінного розміру полягає у послідовному виконання ряду кроку, а саме:

Крок 1. Оцінюємо швидкість передачі циклу з  $w$  кадрів.

Задачу оцінки швидкості передачі циклу з  $w$  кадрів сформулюємо в наступному виді:

знайти імовірність того, що після першої (другої, третьої і т.д.) спроби передачі циклу з  $w$  кадрів почнеться передача нового циклу, а не відбудеться повторення передачі раніше переданого циклу через його викривлення в каналі

зв'язку;

визначити математичне очікування і дисперсію цієї події.

Позначимо удавану імовірність правильного прийому циклу з  $w$  кадрів як  $P_{уд}(n) = p_1$ .

Зазначену імовірність можна визначити як

$$P_{уд}(n) = (P_{пн}(n) + P_{нв}(n)). \quad (1)$$

де  $P_{пн}(n)$  – імовірність правильного прийому циклу з  $w$  кадрів;

$P_{нв}(n)$  – імовірності не виявлення помилки в циклі з  $w$  кадрів.

Позначимо імовірність виявлення помилки в циклі з  $w$  кадрів як  $P_B(n)$

Зазначену імовірність можна визначити як

$$P_B(n) = p_2 = (1 - p_1). \quad (2)$$

Рішення будемо шукати у виді виробляючої функції розподілу ймовірностей  $v$ -кратної передачі циклу з  $w$  кадрів, де  $v = \overline{1, \infty}$ .

Нехай для імовірнісного графа (рис. 1), що описує процес передачі циклу з  $w$  кадрів інформаційним напрямком, задані:

вершина 1 – стан передачі циклу з  $w$  кадрів і всіх його наступних повторень у складі групи з  $w$  кадрів;

вершина 2 – стан правильного (удаваного) прийому розглянутого циклу з  $w$  кадрів і видачі квитанції на отриманий цикл;

вершина 3 – стан виявлення помилки в циклі з  $w$  кадрів, що враховується станом 5;

вершина 4 – стан одержання на цикл з  $w$  кадрів квитанції і переходу до передачі нового циклу;

вершина 5 – стан не отримання квитанції підтвердження правильного прийому циклу з  $w$  кадрів і блокування наступних  $(w-1)$  кадрів у випадку, якщо система переходить у цей стан зі стану 3 або 2.

Введемо додаткове позначення

$\delta = (1 - p_1^2) = p_2(2 - p_2)$ , що відноситься до визначення імовірності повторення циклу з  $w$  кадрів через його викривлення в каналі зв'язку. Уявимо собі граф з  $2^w$  вершинами, що описує процес передачі  $w$  кадрів. Кожна вершина графа, що описує відповідний стан алгоритму, представляється (нумерується)  $w$ -компонентним вектором  $(i_1, i_1, \dots, i_w)$ , де компонента  $i_k$  визначає результат передачі  $k$ -го кадру ( $k \leq w$ ) у відповідному циклі. Якщо в даному циклі не викривлена передача кадру, то  $i_k = 0$ ; у протилежному випадку  $i_k = 1$ . Коли  $(k-1)$  попередніх компонентів також дорівнюють 1, необхідність повторення циклу з  $w$  кадрів по "провині"  $k$ -го кадру відсутня. При рівності яких-небудь попередніх компонентів нулю повторення циклу відбудеться по «провині» відповідних цим компонентам кадрів, але, в незалежності від числа можливих наступних повторень, значення компоненти  $i_k = 1$  вже буде залишатися незмінним. Вихідною вершиною графа є вершина, що описується вектором  $(0, 0, \dots, 0)$ , кінцевою –

вершина, що відповідає вектору  $(1, 1, \dots, 1)$ . Завдання полягає в переході з вершини  $(0, 0, \dots, 0)$  у вершину  $(1, 1, \dots, 1)$ .

З вершини, що описується вектором, який містить ненульові компоненти на визначених місцях, можна потрапити тільки у вершини, що описуються векторами, які містять обов'язково на тих же позиціях ненульові компоненти, а інші нульові компоненти можуть замінюватися на ненульові, тобто ребру  $(I_2, I_1)$  між вершинами

$$I_1 = (i_1^{(1)}, i_2^{(1)}, \dots, i_w^{(1)}) \text{ і } I_2 = (i_1^{(2)}, i_2^{(2)}, \dots, i_w^{(2)})$$

приписується імовірність  $P_{I_2, I_1} = 0$ , якщо хоча б одна з різниць

$$(i_k^{(2)} - i_k^{(1)}) < 0, k = \overline{1, w},$$

а ребру  $(I_1, I_2)$  – імовірність

$$P_{I_1, I_2} = \delta^j (1 - \delta)^r,$$

де  $j$  – кількість нульових компонентів у векторі  $I_2$ ,  $r$  – кількість додаткових,

у порівнянні з  $I_1$ , ненульових компонент у векторі

$I_2$ . В усіх випадках імовірності переходів

збільшуються на  $S^w$ . Це вказує на те, що з кожної вершини в будь-які інші дозволені вершини можна потрапити тільки в результаті додаткового повторення усього вмісту буферної пам'яті передавального вузла, тобто  $w$  кадрів.

На рис. 2 показаний граф перехідних станів для випадку  $w = 3$ . Такий граф при кожному  $w$  можна представити у виді сукупності підграфів, кожен з яких включає вершини, які описуються векторами, що володіють наступним критерієм спільності:

збігом компонент на одній визначеній  $k$ -й позиції (загальне число підграфів такого типу

$$W_1 = C_w^1),$$

збігом компонентів на двох визначених позиціях ( $W_2 = C_w^2$ ) і т.д., тобто збігом компонентів векторів на  $s$  визначених позиціях, де  $s = \overline{1, w}$ ,  $W_s = C_w^s$ .

Перетворення графа (рис. 2) на підграфи з зазначеним критерієм спільності показане на рис. 3.

Зіставляючи підграфи одного типу між собою, неважко помітити, що усі вони, хоча і відрізняються номерами вхідних вершин, мають однакову структуру й однакові значення перехідних ймовірностей у відповідних ребер, а отже, і однакові передатні функції і відповідні їм виробляючі функції. Це дає можливість значно спростити процедуру знаходження виробляючої функції для одного з підграфів кожного типу і синтез на їхній основі результуючої виробляючої функції.

З урахуванням зазначених вище міркувань можна показати, що в загальному випадку для довільних  $w$  виробляюча функція імовірнісного графа буде мати вид

$$P(s) = s^w \{1 - (1 - s^w) \left[ \frac{C_w^1 \delta}{1 - \delta s^w} - \frac{C_w^2 \delta^2}{1 - \delta^2 s^w} + \dots \right. \right. \quad (3)$$

$$\left. \dots + (-1)^{w+1} \frac{C_w^w \delta^w}{1 - \delta^w s^w} \right\} = s^w \{1 - (1 - s) \times \left[ \sum_{i=1}^w (-1)^{i+1} \frac{C_w^i \delta^i}{1 - \delta^i s^w} \right]\}.$$

Для цього доведемо наступне твердження: виробляюча функція графа, що характеризує передачу  $k$  блоків,  $k \leq w$  за умови, що інші  $(w - k)$  блоків уже передані, має вид:

$$P_k(s) = s^w \{1 - (1 - s^w) \times [\sum_{i=1}^k (-1)^{i+1} \frac{C_k^i \delta^i}{1 - \delta^i s^w}]\}. \quad (4)$$

Застосуємо метод математичної індукції.

Розглянемо підграф, у якого  $(w - 1)$  координат фіксовані і дорівнюють 1. Відповідно до вищесказаного можна вибрати будь-який підграф із сукупності підграфів, що володіють зазначеним критерієм спільності, оскільки їхні структури і передатні функції ідентичні.

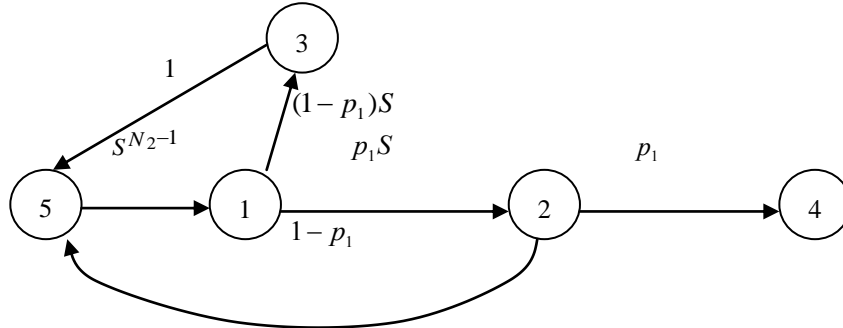


Рис. 1. Імовірнісний граф, що описує процес передачі циклу з  $w$  кадрів інформаційним напрямком.

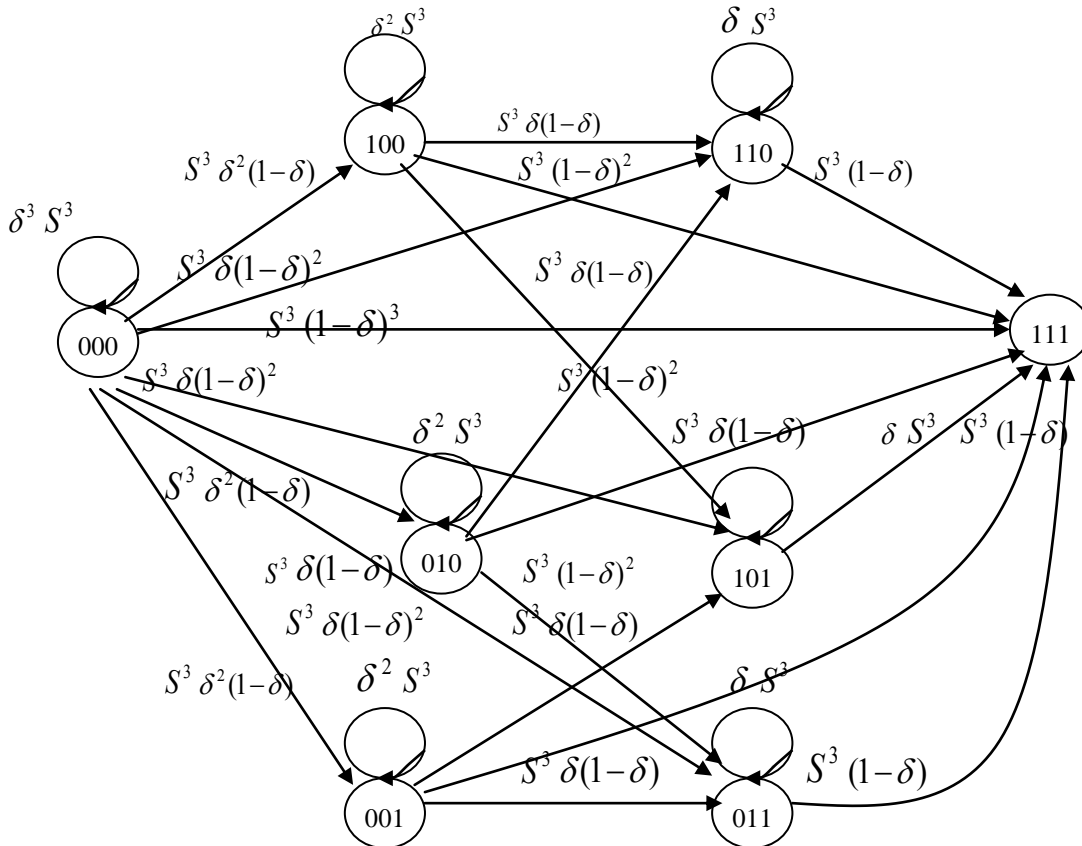


Рис. 2. Граф перехідних станів для  $w = 3$ .

Нехай обраний підграф, вершини якого нумеруються векторами з фіксованими  $(w - 1)$  першими компонентами. Для нього справедливо

$$P_1(s) = \frac{(1-\delta)s^w}{1-\delta s^w} = (s^w - s^{2w}) \frac{[(1-\delta s^w) - \delta(1-s^w)]}{(1-s^w)(1-\delta s^w)} = (s^w - s^{2w}) \left[ \frac{1}{1-s^w} - \frac{\delta}{1-\delta s^w} \right], \quad (5)$$

що збігається з (4), тобто для  $k = 1$  формула (4) є вірною.

Припустимо тепер, що формула (4) є вірною

для  $[k = (h - 1)] < w$ . Покажемо, що при цьому вона буде вірною і для  $[k = h] < w$ .

Розглянемо підграф з вершинами, номери яких визначаються векторами з фіксованими  $(w - h)$  першими компонентами, що дорівнюють 1. Розглянемо всі ребра, що виходять з вершини  $\underbrace{11\dots1}_{w-h} \underbrace{00\dots0}_h$ . Окрім власної петлі, кожне ребро веде до внутрішнього підграфа меншої розрядності з вершинами, з яких, принаймні, одна, у визначальному її векторі, містить 1 хоча б в одній такій координаті, яка у вихідній (розглянутій) вершині дорівнює 0.

Побудуємо новий граф з вихідного в такий спосіб: виділимо всі внутрішні підграфи, що описані вище, зберігши ребра, що ведуть до них з вершини  $\underbrace{11\dots1}_{w-h} \underbrace{00\dots0}_h$ , і зберігши вершину  $\underbrace{11\dots1}_w$ .

Тоді, по-перше, передатна функція з вершини  $\underbrace{11\dots1}_{w-h} \underbrace{00\dots0}_h$  у вершину  $\underbrace{11\dots1}_w$  в старому графі буде дорівнювати передатній функції в новому графі і по-друге, передатна функція в новому графі буде дорівнювати сумі передатних функцій для кожного з виділених підграфів, помножених на відповідні коефіцієнти, які утворюються з перехідних ймовірностей ребер, що ведуть до цих

підграфів з вершини  $\underbrace{11\dots1}_{w-h} \underbrace{00\dots0}_h$ . Оскільки підграфи, що мають один критерій спільності, мають однакові передатні функції, то для нового графа

$$P_h(s) = \frac{1}{1 - \delta^h s^w} [c_h^1 s^w (1 - \delta) \delta^{h-1} P_{h-1}(s) + c_h^2 s^w (1 - \delta)^2 \delta^{h-2} P_{h-2}(s) + \dots + c_h^h s^w (1 - \delta)^h], \quad (6)$$

де  $c_h^i$  – число підграфів, у яких критерій спільності однаковий і визначається збігом компонентів рівно на  $i$  позиціях із  $h$  позицій, що залишилися.

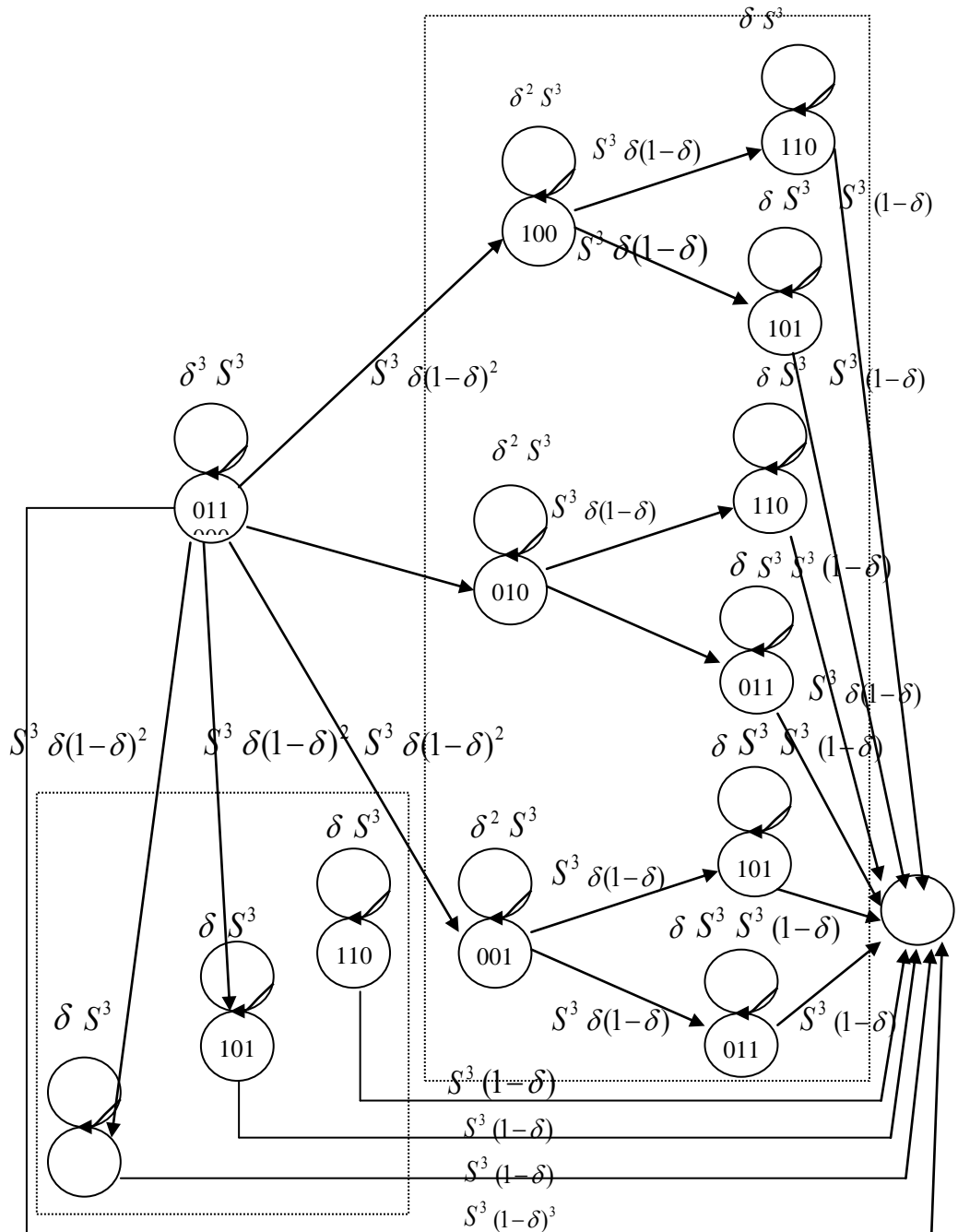


Рис.3. Фрагменти графа перехідних станів для  $w = 3$ .

Оскільки для  $P_{h-1}(s), \dots, P_1(s)$  припущення індукції є вірними, то

$$P_h(s) = \frac{s^w}{1-\delta^h s^w} \left\{ C_h^1 (1-\delta) \delta^{h-1} [(s^w - s^{2w}) \left( \frac{1}{1-s^w} - \frac{C_{h-1}^1 \delta}{1-\delta s^w} + \dots + (-1)^{h-1} \frac{C_{h-1}^{h-1} \delta^{h-1}}{1-\delta^{h-1} s^w} \right)] + \right. \\ \left. + C_h^2 (1-\delta)^2 \delta^{h-2} [(s^w - s^{2w}) \left( \frac{1}{1-s^w} - \frac{C_{h-2}^1 \delta}{1-\delta s^w} + \dots + (-1)^{h-2} \frac{C_{h-2}^{h-2} \delta^{h-2}}{1-\delta^{h-2} s^w} \right)] + \dots + \right. \\ \left. + C_h^{h-1} (1-\delta)^{h-1} \delta [(s^w - s^{2w}) \left( \frac{1}{1-s^w} - \frac{C_1^1 \delta}{1-\delta s^w} \right)] + C_h^h (1-\delta)^h [(s^w - s^{2w}) \frac{1}{s^w - s^{2w}}] \right\}. \quad (7)$$

Для доказу того, що формула (7) збігається з (5) досить у (7) зробити відповідні перетворення. Розкриємо в (7) квадратні дужки і випишемо всі члени, що мають знаменник  $(1-s^w)$ .

$$\Delta_0 = \frac{s^w - s^{2w}}{1-s^w} [C_h^1 (1-\delta) \delta^{h-1} + C_h^2 (1-\delta)^2 \delta^{h-2} + \dots + C_h^{h-1} (1-\delta)^{h-1} \delta] = \frac{s^w - s^{2w}}{1-s^w} [1 - \delta^h - (1-\delta)^h]. \quad (8)$$

Тепер випишемо всі члени, що мають знаменник  $(1-\delta s^w)$ :

$$\Delta_1 = -\frac{s^w - s^{2w}}{1-\delta s^w} [C_h^1 (1-\delta) \delta^{h-1} C_{h-1}^1 \delta + C_h^2 (1-\delta)^2 \delta^{h-2} C_{h-2}^1 \delta + \dots + C_h^{h-1} (1-\delta)^{h-1} \delta C_1^1 \delta] = \\ = -\frac{s^w - s^{2w}}{1-\delta s^w} \times (1-\delta)^{h-1} \delta^2 [C_h^1 C_{h-1}^1 \left(\frac{\delta}{1-\delta}\right)^{h-2} + C_h^2 C_{h-2}^1 \left(\frac{\delta}{1-\delta}\right)^{h-3} + \dots + C_h^{h-1} C_1^1]. \quad (9)$$

Звідси, позначивши  $(\frac{\delta}{1-\delta} = x)$  і приймаючи в увагу, що  $C_{h-i}^1 = (h-i)$ , одержимо

$$\Delta_1 = -\frac{(s^w - s^{2w})(1-\delta)^{h-1} \delta^2}{1-\delta s^w} [C_h^1 (h-1)x^{h-2} + C_h^2 (h-2)x^{h-3} + \dots + C_h^{h-1}] = \\ = -\frac{(s^w - s^{2w})(1-\delta)^{h-1} \delta^2}{1-\delta s^w} [h(1+x)^{h-1} - hx^{h-1}] \quad (10)$$

або в колишніх позначеннях

$$\Delta_1 = -\frac{(s^w - s^{2w})(1-\delta)^{h-1} \delta^2}{1-\delta s^w} \left\{ [C_h^1 \left[ \frac{1}{(1-\delta)^{h-1}} - \frac{\delta^{h-1}}{(1-\delta)^{h-1}} \right]] \right\} = \frac{C_h^1 (s^w - s^{2w})(1-\delta^{h-1}) \delta^2}{1-\delta s^w}. \quad (11)$$

Аналогічно одержимо

$$\Delta_i = (-1)^i \frac{C_h^i (s^w - s^{2w})(1-\delta^{h-i}) \delta^{2i}}{1-\delta^i s^w}. \quad (12)$$

Тоді з (7) і з урахуванням (10) – (12) одержимо

$$P_h(s) = \frac{s^w}{1-\delta^h s^w} \left\{ (s^w - s^{2w}) \left[ \frac{1-\delta^h - (1-\delta)^h}{1-s^w} - \frac{C_h^1 \delta^2 (1-\delta^{h-1})}{1-\delta s^w} + \dots + (-1)^{h-1} \frac{C_h^{h-1} \delta^{2h-2} (1-\delta)}{1-\delta^{h-1} s^w} + \frac{(1-\delta)^h}{s^w - s^{2w}} \right] \right\} = \\ = \frac{s^w - s^{2w}}{1-\delta^h s^w} \left\{ \left[ \frac{(1-\delta^h s^w) - (1-s^w)}{1-s^w} - \frac{C_h^1 \delta [(1-\delta^h s^w) - (1-\delta s^w)]}{1-\delta s^w} + \dots + (-1)^{h-1} \frac{C_h^{h-1} \delta^{h-1} [(1-\delta^h s^w) - (1-\delta^{h-1} s^w)]}{1-\delta^{h-1} s^w} + (1-\delta)^h \right] \right\} = \\ = (s^w - s^{2w}) \left[ \frac{1}{1-s^w} - \frac{C_h^1 \delta}{1-\delta s^w} + \dots + (-1)^{h-1} \frac{C_h^{h-1} \delta^{h-1}}{1-\delta^{h-1} s^w} + \frac{(1-\delta)^h + C_h^1 \delta + \dots + (-1)^h C_h^{h-1} \delta^{h-1}}{1-\delta^h s^w} \right] = (s^w - s^{2w}) \left[ \frac{1}{1-s^w} - \frac{C_h^1 \delta}{1-\delta s^w} + \right. \\ \left. + \dots + (-1)^h \frac{C_h^h \delta^h}{1-\delta^h s^w} \right] = s^w (1-s^w) \left[ \frac{1}{1-s^w} - \frac{C_h^1 \delta}{1-\delta s^w} + \dots + (-1)^h \frac{C_h^h \delta^h}{1-\delta^h s^w} \right] = s^w \{ [1 - (1-s^w)] \left[ \frac{C_h^1 \delta^1}{1-\delta^1 s^w} - \frac{C_h^2 \delta^2}{1-\delta^2 s^w} + \dots + (-1)^{h+1} \frac{C_h^h \delta^h}{1-\delta^h s^w} \right] \} = \\ = s^w \{ 1 - (1-s^w) \left[ \sum_{i=1}^h (-1)^{i+1} \frac{C_h^i \delta^i}{1-\delta^i s^w} \right] \}$$

що і потрібно було довести.

Звідси математичне очікування і дисперсія числа повторень циклу з  $w$  кадрів відповідно дорівнюють [4]:

$$M [v_w] = w \sum_{i=1}^w [(-1)^{i+1} \frac{C_w^i}{1-\delta^i}], \quad (13)$$

$$D [v_w] = w^2 \left[ \sum_{i=1}^w [(-1)^{i+1} \frac{C_w^i \delta^i}{1-\delta^i}] + 2 \sum_{i=1}^w [(-1)^{i+1} \frac{C_w^i \delta^{2i}}{(1-\delta^i)^2}] - \left[ \sum_{i=1}^w [(-1)^{i+1} \frac{C_w^i}{1-\delta^i}] \right]^2 \right]. \quad (14)$$

З урахуванням (4) у першому наближенні можна прийняти

$$M [v] = \frac{M_3[v_w]}{w} = \sum_{i=1}^w [(-1)^{i+1} \frac{C_w^i}{1-\delta^i}]. \quad (15)$$

На основі приведених вище виразів, імовірність передачі кадрів рівно за  $v$  разів буде дорівнювати:

$$P [v] = [1 - (1 - p_1^2)^v]^w [1 - (1 - p_1^2)^{v-1}]^w. \quad (16)$$

Визначимо ефективну швидкість передачі інформації  $\rho$  з співвідношення

$$\rho = \frac{P_{кш}}{M[v]}, \quad (17)$$

де  $\rho_{кш} = (k / n)$  – кодова швидкість, звідки

$$\rho = \frac{P_{кш}}{M_3[v]} = \frac{P_{кш}}{\sum_{i=1}^w [(-1)^{i+1} \frac{C_w^i}{1-\delta^i}]}, \quad (18)$$

де

$$\delta = 1 - p_1^2 = p_2(2 - p_2). \quad (19)$$

Для інженерної оцінки  $p_1 = p_{уд(n)} = (P_{пп} + P_{пв})$  на основі результатів статистичного дослідження каналів або еквівалентних їм математичних моделей помилок можна виходити з наближеного співвідношення  $p_1 \approx [1 - P(\geq 1, n)]$ , де  $P(\geq 1, n)$  – імовірність появи однієї або більш помилок у кадрі з  $n$  символів.

Крок 2. При установці з'єднання відправник встановлює розмір вікна перевантаження рівним розміру одного кадру та здійснює передачу цього кадру інформаційним напрямком.

Крок 3. У випадку, коли підтвердження отримання цього кадру прибуває перш, ніж витікає період очікування, здійснюється розрахунок імовірності правильного прийому символу

інформації  $P_{ппс}$  згідно виразу

$$P_{ппс} = \frac{N_{пп}}{N_{заг}} \quad (20)$$

де  $N_{пп}$  – кількість правильно прийнятих символів;

$N_{заг}$  – загальна кількість символів, що передані інформаційним напрямком (і для випадку першої передачі буде становити значення 1), та здійснюється проведення кроку 4.

У протилежному випадку повторно відбувається проведення передачі циклу (вікна) розміром в один кадр та реалізація кроку 3.

Крок 4. Здійснюється вибір максимального розміру вікна з використанням формул (13), (14) та (19) таким чином, щоб виконувалася нерівність

$$(M [v_w] + D [v_w]) \leq 1, \quad (21)$$

при цьому

$$P_1 = P_{ппс}^w. \quad (22)$$

Крок 5. Здійснюється передача сегменту максимального розміру інформаційним напрямком. Така процедура буде повторюватися доти, поки не буде досягнутий розмір вікна одержувача, який буде максимально допустимим значенням сегменту, що може переміщуватися інформаційним напрямком.

Після кожної передачі сегменту значення  $P_{ппс}$  перераховується згідно виразу (20), що дає можливість уникати різкого спаду продуктивності мережі через виникнення випадкових завад та короткочасних перевантажень мережі, зробивши цей процес адаптивним.

### Висновки

В результаті проведених досліджень була розроблена методика управління потоками при використанні у протоколі ТСП методу ковзного вікна змінного розміру, яка спрямована на підвищення продуктивності мережі.

Методика управління потоками при використанні у протоколі ТСП методу ковзного вікна змінного розміру на відміну від інших методів динамічно визначає розмір вікна в залежності від існуючого стану каналів зв'язку. Використання зазначеної методики дозволяє у кожен момент часу переміщувати інформаційними напрямками максимально можливу кількість кадрів, внаслідок чого загальна продуктивність мережі – збільшується.

### Література

1. Comer D. E. "Internetworking with TCP/IP", vol. 1, 4th ed., Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 2000.  
2. Зыков А. А. Основы теории графов / А. А. Зыков // Наука. – 1987. – 420 с.  
3. Свами М. Графы, сети и

алгоритмы. / М. Свами, К. Тхуласираман // Мир. – 1984. – 324 с.  
4. Мизин И. А. Передача информации в сетях с коммутацией сообщений / под ред. И. А. Мизина // М.: "Связь". – 1972. – 240 с.

Проведен анализ существующих методов управления потоками в протоколе ТСП. Приведена методика управления потоками с использованием метода скользящего окна переменного размера. Аргументирована возможность повышения производительности сети.

Ключевые слова: протокол ТСП, кадр, метод скользящего окна переменного размера.

In article analysis existing methods of management of flow in TCP protocol is presented. Brought methods of management flow with use the slithering window of the variable size method. The argued possibility of increasing of network capacity.

Key words: TCP protocol, frame, slithering window of the variable size method.