

УДК 681.324

Є.В. Шубін, М.І. Володін, О.В. Гусарева, Е.Ю. Першина

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МЕТОД РОЗПОДІЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ В МЕРЕЖАХ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ З САМОПОДІБНИМ ТРАФІКОМ

У даній роботі запропоновано метод розподілу інформаційних потоків в сучасних телекомунікаційних мережах з самоподібним трафіком. Запропонований метод на відміну від відомих враховує самоподібний характер трафіка сучасних телекомунікаційних мереж. Даний метод може бути застосований в процесі проектування телекомунікаційних мереж. Врахування самоподібності трафіка під час проектуванні телекомунікаційних мереж дозволить підвищити імовірність своєчасної доставки повідомлень абонентам мережі.

**Ключові слова:** мережа, передача даних, трафік, самоподібність, розподіл потоків.

### Вступ

**Постановка проблеми.** У цей час світове співтовариство наближається до такого ступеня залежності свого існування від функціонування телекомунікаційних систем, що порівнюється з залежністю від систем забезпечення електроенергією. Відмова телекомунікаційної системи може мати наслідки, що перевершують наслідки аварій енергосистем, а у випадку, якщо це системи силових або транспортних відомств, наслідки можуть носити катастрофічний характер. Тому проблема створення надійних і економічно ефективних телекомунікаційних систем (ТКС) має актуальний характер.

Вартість і надійність ТКС багато в чому визначається топологічною структурою мережі передачі даних (МПД). У зв'язку із чим виникає задача розробки ефективних методів синтезу топологічної структури МПД, що забезпечують оптимум одного із критеріїв (вартість, надійність) і, враховують обмеження по інших критеріях. Однією із задач, що доводиться вирішувати в процесі синтезу топологічної структури мережі передачі даних, є задача розподілення інформаційних потоків по каналах мережі.

**Аналіз відомих досліджень і публікацій.** Задача розподілення інформаційних потоків по каналах мережі передачі даних відносяться до задач опуклого програмування. Вирішити її можливо методом найшвидшого спуску, але він вимагає значних обчислювальних витрат. Для рішення даної задачі відоме застосування методу відхилення потоку [1, 2]. Недоліком методів відхилення потоку запропонованих у вказаних роботах, є припущення про пуассонівський характер мережного трафіку. Відомі дослідження трафіка в сучасних мережах передачі даних [3 – 5] показали, що для територіально розподілених корпоративних і глобальних мереж характерним є самоподібний трафік.

**Мета статті.** Метою статті є розробка методу розподілення інформаційних потоків по каналах мережі, який враховує самоподібний характер трафіка.

**Постановка задачі.** Дана задача може бути сформульована як задача знаходження фіксованих

маршрутів передачі всіх трафіків, що визначаються матрицею вимог  $H = \|h_{ij}\|_{i,j=\overline{1,n}}$  у мережі передачі д зі структурою  $M$  й пропускними здатностями каналів зв'язку  $\{d_{ij}\}$ , а також визначення потоків  $f_{ij}$  у каналах зв'язку таким чином, щоб мінімізувати середній час затримки в передачі інформації  $T_{\text{нб}}$  при виконанні умови  $f_{ij} < d_{ij}, (i, j) \in M$ .

### Викладання основного матеріалу

Чисельні дослідження трафіка в сучасних мережах передачі даних показали, що для територіально розподілених корпоративних та глобальних мереж характерний самоподібний трафік з параметром Херста  $H = 0,8$ . У випадку, коли  $H = 0,8$  вираз для  $T_{\text{нб}}$  приймає такий вигляд [6]:

$$T_{\text{cp}} = \frac{1}{H_{\Sigma}} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left[ f_{ij} \cdot \left( \frac{1}{d_{ij}} + \frac{f_{ij}}{d_{ij}} \cdot \frac{(f_{ij} \cdot d_{ij})^{\frac{3}{2}}}{(d_{ij} - f_{ij})^4} \right) \right]. \quad (1)$$

Функція  $T_{\text{нб}}(f)$  строго опукла, тому що задовольняє умовам збіжності:

$$\frac{\partial T_{\text{cp}}}{\partial f_{ij}} = \frac{1}{h_{\Sigma}} \left( \frac{1}{d_{ij}} + \frac{\frac{1}{d_{ij}^2} \cdot f_{ij}^{\frac{5}{2}} (7 \cdot d_{ij} + f_{ij})}{2 \cdot (d_{ij} - f_{ij})^5} \right) > 0;$$

$$\frac{\partial^2 T_{\text{cp}}}{\partial f_{ij} \partial f_{kl}} =$$

$$\begin{cases} 0 & (i, j) \neq (k, l); \\ \frac{1}{h_{\Sigma}} \left( \frac{\frac{1}{4} \cdot d_{ij}^{\frac{1}{2}} \cdot f_{ij}^{\frac{3}{2}}}{4 \cdot (d_{ij} - f_{ij})^4} + \frac{28 \cdot d_{ij}^{\frac{1}{2}} \cdot f_{ij}^{\frac{5}{2}}}{(d_{ij} - f_{ij})^5} + \frac{20 \cdot d_{ij}^{\frac{1}{2}} \cdot f_{ij}^{\frac{7}{2}}}{(d_{ij} - f_{ij})^6} \right) & (i, j) = (k, l), \end{cases} > 0,$$

отже, існує єдина стаціонарна точка, що і є глобальним мінімумом. Дана задача відноситься до задач опуклого програмування. Для рішення цієї задачі може бути застосований метод відхилення потоку.

Метод відхилення потоку ґрунтується на наступних властивостях оптимального рішення даної задачі:

1. Множина багатопродуктових потоків у каналах зв'язку є опуклим багатогранником, крайніми точками якого є "екстремальні" потоки, що визначаються відповідно до принципу найкоротших маршрутів. Даний принцип полягає в тому, що як оптимальні маршрути для кожної пари центрів комутації  $(i, j)$  розглядаються найкоротші маршрути, що визначені в довільній метриці  $l_{ij}$  для каналів зв'язку.

Розподіл потоків по таких маршрутах відповідає деякому "екстремальному" потоку й навпаки. В [7] показано, що будь-який багатопродуктовий потік у каналах зв'язку МПД може бути представлений, як опукла комбінація "екстремальних" потоків.

2. Для заданої множини багатопродуктових потоків у каналах зв'язку  $(i, j)$  МПД визначається умовна довжина каналів зв'язку як частинна похідна середньої затримки по величині потоку  $l_{ij} = \frac{\partial T_{\text{н\delta}}}{\partial f_{ij}}$ .

Якщо допустити, що  $\phi$  - потік по найкоротших маршрутах, визначеним у метриці  $L = [l_{ij}]$ , тоді  $f' = \lambda \cdot \phi + (1 - \lambda) \cdot f$  - опукла комбінація  $\phi$  й  $f$ , що мінімізує функцію  $T_{\text{н\delta}}(\lambda)$ . Якщо  $T_{\text{cp}}(f') = T_{\text{cp}}(f)$ , то  $f$  - оптимальний потік.

Доказ збіжності методу й справедливості вибору метрики  $l_{ij}$  наведені в [8].

На рис. 1 наведена блок-схема алгоритму, що реалізує даний метод.

**Блок 3.** Визначається метрика  $l_{ij}(p)$ .

**Блок 4, 5.** Визначаються найкоротші маршрути в метриці  $l_{ij}(p)$  (блок 4) і визначається потік  $\Phi(p)$  по них (блок 5). Для пошуку найкоротших маршрутів може бути застосований метод Дейкстри або Беллмана-Форда.

**Блок 6, 7.** Визначаються показники вартості для потоків  $f(p)$  і  $\Phi(p)$  (блок 6) і порівнюємо їх між собою (блок 7).

Якщо модуль різниці цих показників менше обраного допуску  $\varepsilon$  ( $\varepsilon > 0$ ), то кінець роботи алгоритму, потік  $\Phi(p)$  і є рішенням даної задачі.

У зворотному випадку виконуються дії в блоках 8 і 9.

**Блок 8.** Створюється потік  $f' = \lambda f(p) + (1 - \lambda)\Phi(p)$  і визначається  $\lambda^*$  ( $0 \leq \lambda^* \leq 1$ ) при якому  $T_{\text{н\delta}}(f'(\lambda^*)) = T_{\text{н\delta}}(\lambda^*) \rightarrow \min_{\lambda} T_{\text{н\delta}}(\lambda)$ . Значення,  $\lambda^*$  мож-

ливо визначити за допомогою будь-якого методу одновимірного пошуку.

**Блок 9.** Створюється новий потік  $f(p+1)$  методом відхилення потоку  $\Phi(p)$ .

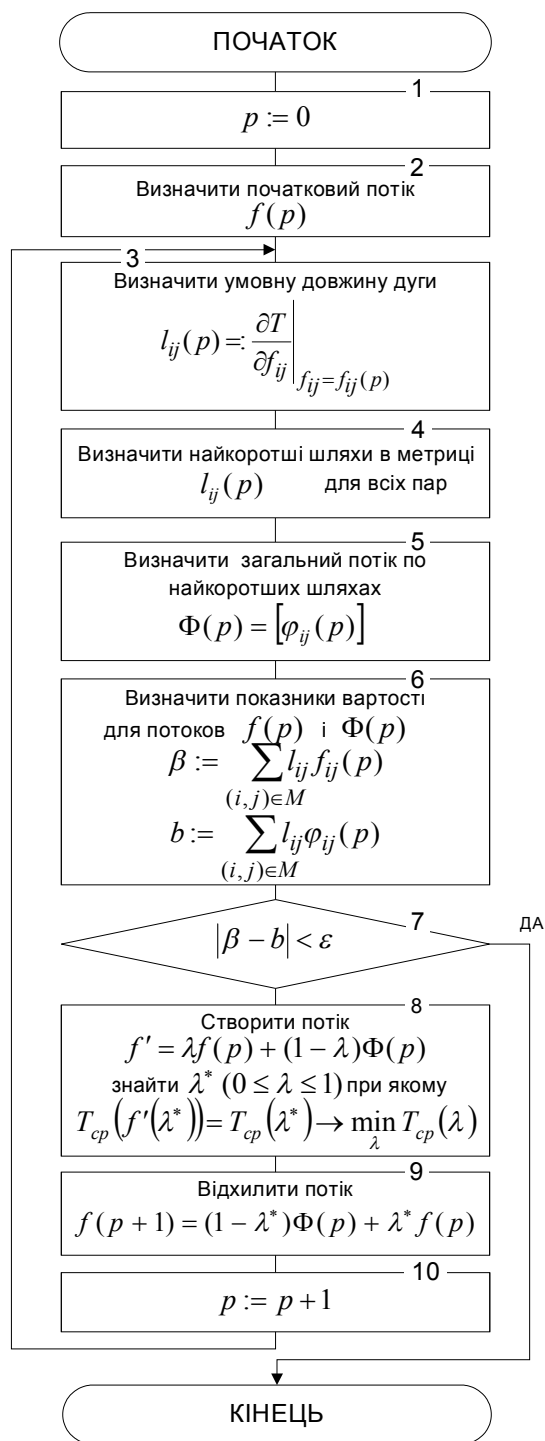


Рис. 1. Блок-схема алгоритму

### Висновки

На підставі виразу (1) були отримані залежності (рис. 2), що характеризують середній час знаходження запиту в системі для моделі із самоподібним вхідним потоком.

Аналіз яких показує, що середній час затримки для мережі з статистично самоподібним трафіком зростає значно швидше, ніж показує класичний аналіз, що дозволяє зробити висновок, про те, що в мережах передачі даних зі статистично самоподібним трафіком потрібні канали зв'язку з більш високою пропускною здатністю, ніж у мережах з несамоподібним трафіком.

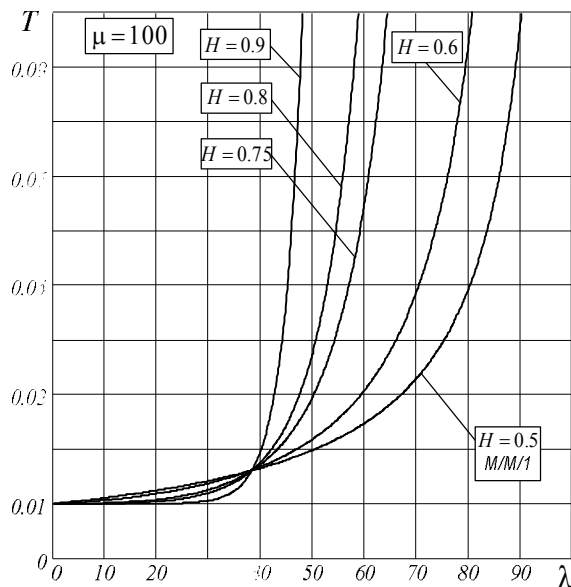


Рис. 2 Середній час затримки в самоподібній моделі системи масового обслуговування

Запропонований метод розподілу інформаційних потоків дозволяє врахувати самоподібний характер трафіка і тим самим підвищити імовірність своєчасної доставки повідомлень у мережі передачі даних, що проектується.

## Список літератури

1. Джерла М. Маршрутизация и управление потоком / М. Джерла // Протоколы и методы управления в сетях передачи данных / Под ред. Ф.Ф. Куо. – М.: Радио и связь, 1985. – 480 с.
2. Шубін Є.В. Задача розподілу інформаційного потоку та визначення перепускних здатностей каналів зв'язку для моделі вартості СОД / Є.В. Шубін // Радиоелектроника и информатика: научно-технический журнал. – 2001. – № 4. – С. 47-48.
3. Leland W. On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic / W. Leland, M. Taqqu, W. Willinger, D. Wilson.. – (Extended Version), IEEE/ACM Transactions on Networking, – February 1994. – 1. – P. 1-15.
4. Paxson V., Floyd S. Wide-Area Traffic: The Failure of Poisson Modeling / V. Paxson, S. Floyd // IEEE/ACM Transactions on Networkin. – 1995.
5. Петров В.В. Статистический анализ сетевого трафика / В.В. Петров, Е.А. Богатырев // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: тез. докл. Десятой Междунар. научно-техн. конференции студентов и аспирантов. 2-3 марта 2004. – Том 1. – М: Издательство МЭИ. – 332 с.
6. Шубин Е.В. Метод синтеза топологической структуры сети передачи данных по критерию минимальной стоимости с использованием генетического алгоритма: дис. на стипк. уч. степени канд. техн. наук: 20.02.12; защищена 10.07.05. – X.: ХУПС, 2005. – 172 с.
7. Fratta L. The Flow Deviation Method: An Approach to Store-and-Forward Communication Network Design / L. Fratta, M. Gerla, L. Kleinrock. – 1973. – Vol. 3, № 2. – P. 97-133.
8. Березко М.П. Информационные процессы / М.П. Березко, В.М. Вишневецкий, Е.В. Левнер. – М.: Радио и связь, 2000. – 125 с.

Надійшла до редколегії 21.03.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.І. Лосев, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## МЕТОД РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С САМОПОДОБНЫМ ТРАФИКОМ

Е.В. Шубін, М.І. Володин, О.В. Гусарева, Е.Ю. Першина

В данной работе предложен метод распределения информационных потоков в современных телекоммуникационных сетях с самоподобным трафиком. Предложенный метод в отличие от известных учитывает самоподобный характер трафика современных телекоммуникационных сетей. Данный метод может быть применен в процессе проектирования телекоммуникационных сетей. Учет самоподобности трафика при проектировании телекоммуникационных сетей позволит повысить вероятность своевременной доставки сообщений абонентам сети.

**Ключевые слова:** сеть, передача данных, трафик, самоподобность, распределение потоков.

## METHOD OF DISTRIBUTION OF INFORMATION TRAFFICS IN NETWORKS OF DATA TRANSMISSION WITH THE SELF-SIMILAR TRAFFIC

E.V. Shubin, M.I. Volodin, O.V. Gusareva, E.U. Pershina

In the given work the method of distribution of information streams in modern telecommunication networks with the self-similar traffic is offered. The offered method in difference from the known considers self-similar character to the traffic of modern telecommunication networks. The given method can be applied in the course of designing of telecommunication networks. The account of self-similitude of the traffic at designing of telecommunication networks will allow raising probability of timely delivery of messages to subscribers of a network.

**Keywords:** a network, data transmission, the traffic, self-similitude, distribution of streams.