

## Висновки

Процес створення експертної системи є надзвичайно складним і потребує глибоких знань у багатьох галузях сучасних інформаційних технологій. Було зроблено спробу створити продукційну експертну систему для прогнозування результатів спортивних подій. Звісно, охопити усі види спорту, а тим більше, численні змагання, які в них проводяться, було неможливо, тому взято за основу футбол. Результати тестування системи для конкретного змагання, а саме чемпіонату України, показали, що така система має право на існування, хоча, звісно, і потребує додаткового удосконалення. Звичайно, наблизитися до 100-відсоткової точності прогнозів не зможе жодна система, однак існують можливості покращити цей показник. Один з можливих способів полягає у трансформації бази знань у нечітку базу знань із застосуванням апарата нечіткої логіки (Fuzzy Logic). Це дасть змогу більш точно визначати фактори, які впливають на результат матчу, а також робити прогнози (можливо, навіть прогнозування рахунку зустрічі).

УДК 519.25;519.83

П. О. Кравець, І. І. Корбачев

Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра інформаційних систем та мереж

## ІГРОВИЙ МЕТОД АДАПТИВНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

© Кравець П.О., Корбачев І. І., 2004

**Запропоновано ігровий метод адаптивної маршрутизації комп'ютерних мереж з локальним обміном інформацією. Виконано комп'ютерне моделювання роботи ігрового методу для різних значень його параметрів.**

**It is offered a game method of computer networks adaptive routing with local information interchange. Computer modelling work of a game method for different values of his parameters is executed.**

### Постановка проблеми в загальному вигляді

У зв'язку із розширенням комп'ютерних мереж важливим є забезпечення надійності та своєчасності надходження повідомлень до абонентів. Працездатність комп'ютерних мереж при значному зростанні інтенсивності вхідного трафіка досягається розробленням та впровадженням ефективних програмно-технічних засобів маршрутизації потоків даних [1, 2].

Задача маршрутизації полягає у перерозподілі потоків інформації між вузлами мережі для оптимізації експлуатаційних характеристик її роботи, наприклад, мінімізації середнього часу доставлення пакетів до адресатів, довжин черг пакетів, кількості транзитних передавань пакетів.

Для ефективного керування глобальними комп'ютерними мережами нами сформульовано та розв'язано ігрову задачу розподіленої маршрутизації пакетів повідомлень.

Комутаційні вузли мережі розглядаються як гравці, змішані стратегії яких визначають імовірності вибору вихідних каналів для передавання пакетів до вузлів-адресатів. На основі локального оцінювання поточного стану мережі гравці здійснюють у дискретні моменти часу модифікацію власних векторів змішаних стратегій. Якщо передавання пакетів по каналу призвело до покращання показників роботи мережі, то імовірність вибору цього каналу збільшується, інакше – зменшується. Перерахунок векторів змішаних стратегій здійснюється за допомогою рекурентних методів.

### Аналіз останніх досліджень

Для керування потоками даних у комп'ютерних мережах в основному використовуються адаптивні методи маршрутизації, коли при відмовах або перевантаженнях технічних засобів

автоматично змінюються маршрути передавання даних [3–5]. В основу адаптивної маршрутизації покладено обмін службовою інформацією між вузлами комутації пакетів для збирання інформації про поточний стан мережі.

Сучасні дослідження комп'ютерних мереж базуються на використанні адаптивних ігрових моделей мультиагентних систем [6, 7]. У зв'язку з цим розроблення методів, алгоритмів та програм ігрової маршрутизації комп'ютерних мереж є актуальною науково-практичною задачею.

### Цілі статті

Метою роботи є дослідження ефективності ігрового методу маршрутизації пакетів повідомлень на основі імітаційної моделі роботи комп'ютерної мережі. Для досягнення мети розроблено ігрову модель, метод, алгоритм та програму керування маршрутизацією в комп'ютерних мережах. Досліджено ігровий метод у різних режимах його функціонування, що дало можливість виявити переваги та недоліки ігрової маршрутизації пакетів даних.

### Основний матеріал

#### *Адаптивний ігровий метод маршрутизації*

Нехай  $D$  – множина вузлів комутації пакетів мережі передавання даних. Кожен вузол розглядається як гравець, вектор чистих стратегій якого складається з набору вихідних каналів передавання пакетів  $U_i = (u_1, u_2, \dots, u_{N_i})$ , де  $N_i = |D_i|$  – загальна кількість каналів, які виходять з  $i$ -го вузла;  $D_i \subseteq D$  – множина сусідніх вузлів, у які можливе передавання пакетів з  $i$ -го вузла. Вибір вихідних каналів здійснюється незалежно всіма гравцями у дискретні моменти часу  $n = 1, 2, \dots$ . Після реалізації спільного варіанта  $u_n^{D_i} \in U^{D_i} = \bigotimes_{j \in D_i} U^j$ ,  $\forall i \in D$  гравці спостерігають поточний стан мережі та визначають інтегральні оцінки затримок передавання пакетів до адресатів, на основі яких приймається рішення про вибір каналів передавання в наступний момент часу.

Для організації оптимального передавання пакетів кожен гравець повинен володіти достовірною інформацією про поточний стан мережі. Ця інформація може містити коефіцієнт завантаженості вузлів комутації пакетів, довжини черг за напрямками передавання, стан технічних засобів і т. п.

На основі цих даних в кожному  $i$ -му вузлі мережі визначається поточна оцінка затримки пакета, який скеровується у вузол  $k$  через сусідній вузол  $j$ . Значення цих затримок для всіх  $i, k \in D$ , де  $D$  – множина вузлів мережі, записуються у маршрутні таблиці  $\Xi^i$ . Кількість рядків  $i$ -ї таблиці дорівнює кількості вузлів мережі  $L = |D|$ , а кількість стовпчиків – кількості сусідніх вузлів  $N_i = |D_i|$   $i$ -го елемента. Запис  $\Xi^i(k, j)$  є оцінкою затримки передавання пакета від вузла  $i$  до вузла  $k$  через сусідній  $j$ -й вузол. Процедура рандомізованої маршрутизації зводиться до визначення у дискретні моменти часу  $n = 1, 2, \dots$  номерів вихідних каналів з вузла  $i$  з імовірностями

$$p_n^i(k) : \Xi_n^i(k) \rightarrow S^{N_i}, \quad \forall (i, k) \in D, \quad (1)$$

де  $S^{N_i}$  – одиничний симплекс [8].

Номер  $j$  поточної чистої стратегії  $u_n^i = u^i \in U^i$  визначається з виконання умови

$$\min_j \sum_{m=1}^j p_n^i(k, m) \geq \omega, \quad j = \overline{1, N_i},$$

де  $\omega \in [0, 1]$  – дійсне випадкове число з рівномірним законом розподілу.

Процедура розподіленої маршрутизації будується на маршрутних обчисленнях, які виконуються одночасно всіма вузлами на основі обміну локальною інформацією між ними:

$$p_{n+1}^i(k) = \pi_{\varepsilon_{n+1}}^{N_i} \{p_n^i(k) - \gamma_n \sum_{s \in D_i} \lambda^k(s) \xi_n^s(k) [e(u_n^i) - p_n^i(k)]\}, \quad (2)$$

де  $\pi_{\varepsilon_{n+1}}^{N_i}$  – проєктор на  $\varepsilon$ -симплекс [8];  $e(u_n^i)$  – одиничний вектор-індикатор передачі пакета до вузла  $k$  через сусідній вузол  $u_n^i$  з порядковим номером  $j = \text{index}(u_n^i)$ ;  $\lambda^k(s) > 0 \quad \forall s \in D_i$ ,  $\sum_{s \in D_i} \lambda^k(s) = 1$  – вагові коефіцієнти.

Параметр  $\xi_n^i(k) = \Xi_n^i(k, j)$  у методі (2) визначає поточні втрати  $i$ -го гравця, які можуть набувати неперервних або дискретних значень. Для зменшення трафіка службової інформації при обміні маршрутними таблицями можна визначити бінарні втрати  $\xi_n^i \in \{0, 1\}$ . Наприклад, якщо критерієм маршрутизації є зменшення середньої довжини черги  $O^i \quad \forall i \in D$ , то бінарні втрати формуються так:

$$\xi_n^i = \begin{cases} 0, & \text{якщо } O_{n+1}^i < O_n^i \\ 1, & \text{якщо } O_{n+1}^i \geq O_n^i \end{cases}.$$

Ефективність адаптивної процедури маршрутизації в часі оцінюється середніми поточними затримками

$$\Phi_n^i = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \xi_t^i.$$

Метод (2) побудовано так, що з часом забезпечується мінімізація поточних середніх затримок:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \overline{\Phi_n^i} \xrightarrow{P} \min, \quad \forall i \in D.$$

Після перерахунку векторів змішаних стратегій методом (2) гравці здійснюють повторний рандомізований вибір вихідних каналів передавання пакетів.

Поведінка адаптивних ігрових методів маршрутизації в основному визначається інтенсивностями та структурою потоків пакетів у мережі, а також способом зміни у часі регульованих параметрів методів. Поведінку методу (2) досліджують у класі монотонно спадних послідовностей параметрів :

$$\gamma_n = \gamma(n+a)^{-\alpha}; \quad \alpha > 0; \quad \varepsilon_n = \varepsilon(n+b)^{-\beta}; \quad \beta > 0.$$

Ефективність ігрових методів маршрутизації перевірено на основі імітаційної моделі роботи повнозв'язної та варіантів неповнозв'язної мережі, яка складається з п'яти вузлів комутації пакетів одного рівня пріоритету. Вивчається ефективність роботи мережі при різних значеннях інтенсивностей вхідних потоків пакетів та різних імовірностях їх адресування до абонентів без обмеження та з обмеженням щодо довжини вихідних черг. Результати дослідження оформлено у вигляді графіків, отриманих для однакових початкових значень параметрів ініціалізації вбудованого генератора випадкових величин.

#### *Моделювання ігрової маршрутизації*

Ефективність методів маршрутизації будемо досліджувати на основі імітаційної моделі мережі.

Метою моделювання є:

1) вивчення ефективності маршрутизації пакетів повідомлень за допомогою адаптивних ігрових методів;

2) визначення областей значень параметрів простору експерименту, для яких ігрові методи мають переваги над відомими методами маршрутизації.

Простір експерименту визначається набором параметрів, зміна яких впливає на показники роботи мережі. До таких параметрів належать: 1) розмір та структура мережі; 2) інтенсивність вхідних потоків пакетів; 3) дисципліна обслуговування черг пакетів з пріоритетами; 4) адресність спрямування пакетів; 5) відмови вузлів комутації пакетів; 6) довжина черг пакетів; 7) вид методу маршрутизації; 8) період часу перерахунку маршрутних таблиць; 9) параметри методу маршрутизації.

Для спрощення моделювання методів маршрутизації приймаються такі припущення: 1) абоненти мережі генерують пакети з імовірностями  $\mu_i \in [0,1] (i = \overline{1,L})$ ; 2) відмови вузлів комутації пакетів задаються імовірностями  $\eta_i \in [0,1] (i = \overline{1,L})$ ; 3) довжина пакетів та пропускна здатність всіх каналів є однаковими; 4) у вузлах комутації черги пакетів не поділяються на вхідні та вихідні, а кожен вузол має власну загальну чергу пакетів, які чекають передавання; 5) одиницею часу моделювання є реалізація групи макроподій між двома моментами часу передавання пакетів; 6) в кожен момент часу передається один пакет по одному з вихідних каналів кожного вузла; одночасне передавання пакетів декількома вихідними каналами одного вузла у даній моделі не розглядається; 7) деталі реалізації протоколу передавання пакетів не моделюються; передавання пакета розглядається як один неподільний крок; 8) коректування маршрутних таблиць здійснюється синхронно всіма вузлами після попереднього обміну службовою інформацією.

Ефективність методів маршрутизації контролюється за допомогою таких параметрів:

1) середньої кількості транзитних передавань пакетів  $\bar{k} = L^{-1} \sum_{i \in D} \sum_{j=1}^{O_n^i} k_{ij} / O_n^i$ , де  $O_n^i$  – довжина черги  $i$ -го вузла;  $k_{ij}$  – кількість транзитних передавань  $j$ -го пакета  $i$ -ї черги;

2) середньої довжини черг пакетів  $\bar{O}_n = L^{-1} \sum_{i \in D} O_n^i$ ;

3) середньої у часі функції програшів  $\bar{\Phi}_n = L^{-1} \sum_{i \in D} \sum_{t=1}^n \xi_t^i / n$ .

На рис. 1–8 у вигляді графіків зображено результати моделювання ігрової маршрутизації комп'ютерної мережі, що складається з п'яти вузлів комутації пакетів. Проаналізовано дві топології мережі – повнозв'язна та двонапрявлена кільцева. Якщо окремо не сказано, то вибрано такі параметри ігрового методу (2) з обміном інформацією:  $\gamma_0 = 0.1$ ;  $\alpha = 0.1$ ;  $\beta = 1$ .

Вплив інтенсивностей вхідних потоків пакетів на роботу повнозв'язної комп'ютерної мережі показано на рис. 1.

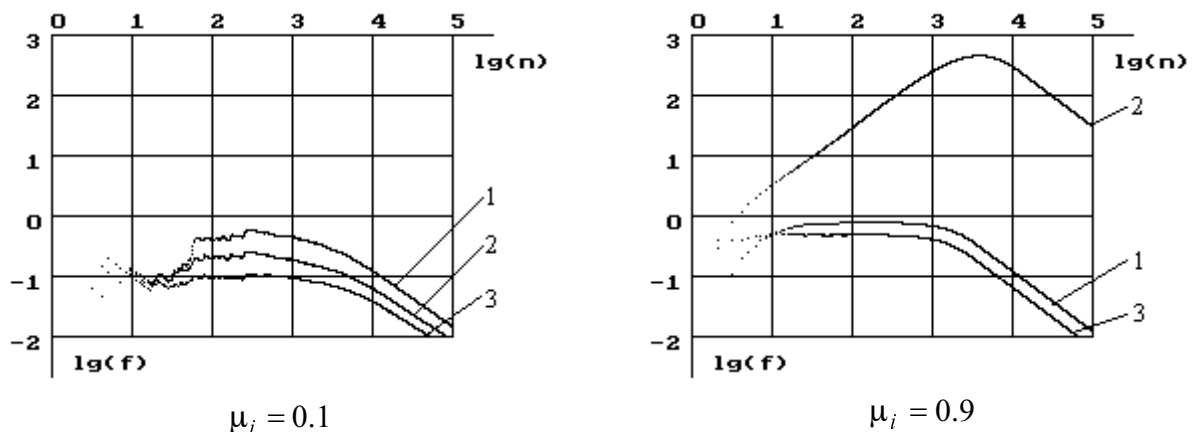


Рис. 1. Результати моделювання ігрового методу (2) для різних значень імовірностей генерування пакетів

На рис. 1 (і далі) прийняті такі позначення графіків: 1 – середня кількість транзитних передавань пакета; 2 – середня довжина черги; 3 – поточне значення усередненої у часі функції програшів.

Збільшення інтенсивності вхідних потоків пакетів приводить до зростання довжини черг. Ігровий метод (2) добре працює при більшому завантаженні каналів повнозв'язної мережі.

Аналогічні дослідження проведено і для різних варіантів неповнозв'язної мережі. Знайдено такі максимальні значення імовірностей генерування вхідних пакетів (отримані з точністю 0.05), які забезпечують працездатність ігрового методу маршрутизації пакетів з обміном інформацією:  $\mu_i = 1$  – для повнозв'язної мережі;  $\mu_i = 0.7$  – для варіанта неповнозв'язної мережі;  $\mu_i = 0.4$  – для двонапрявленої кільцевої мережі.

Неповнозв'язна мережа спричиняє підвищене навантаження на вузли порівняно з повнозв'язною мережею. Зменшення зв'язності мережі призводить до появи “вузьких” місць і спричиняє зростання довжини черг, кількості транзитних передач пакетів, середнього часу перебування пакета у мережі.

Вплив нестаціонарних вхідних потоків на ефективність ігрового методу з обміном інформацією. Результати, наведені на рис. 1, були отримані для стаціонарних вхідних потоків пакетів протягом всього часу моделювання. На практиці стаціонарність потоків існує лише протягом коротких періодів часу. Тому актуальним є вивчення впливу нестаціонарних вхідних потоків на ефективність методів маршрутизації.

Результати маршрутизації мережі з нестаціонарними вхідними потоками за допомогою ігрового методу з обміном інформацією подані на рис. 2. Моделювання проведено для повнозв'язної мережі з рівноімовірним адресуванням пакетів та випадковою зміною імовірностей появи вхідних пакетів повідомлень за рівномірним законом  $\mu_i = random \in [0,1]$  з періодом  $t$ .

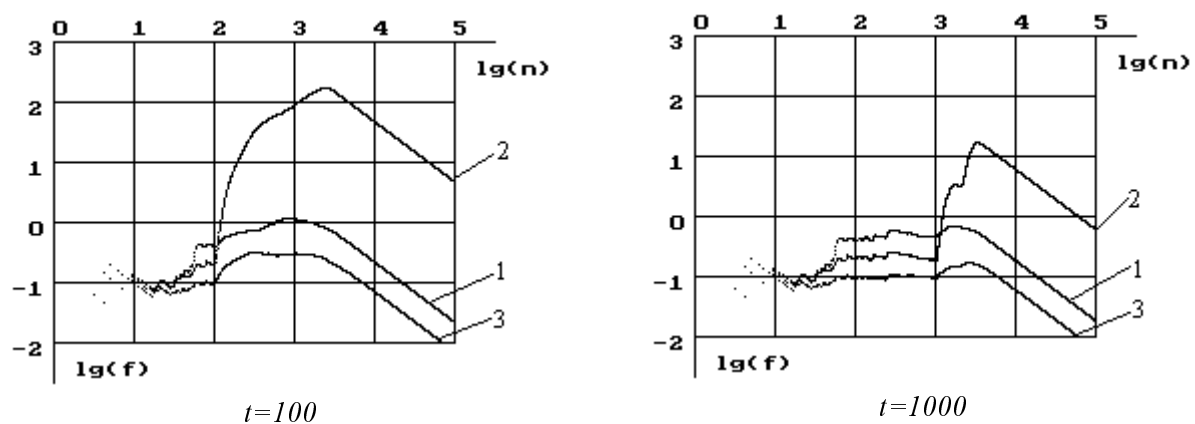


Рис. 2. Моделювання ігрового методу (2) з нестаціонарними вхідними потоками пакетів

З аналізу результатів моделювання випливають такі висновки:

1) ігровий метод з обміном інформацією є стійким до зміни інтенсивностей вхідних потоків пакетів повідомлень;

2) періодична зміна імовірностей генерування вхідних пакетів призводить до незначного зростання середньої довжини черг та середньої кількості транзитних передавань пакетів.

Дослідження впливу відмов вузлів мережі на ефективність ігрового методу з обміном інформацією. Нехай задана повнозв'язна мережа з імовірністю появи вхідних пакетів  $\mu_i = 0.1$  без обмеження на довжину черг та рівноімовірним адресуванням. Будемо досліджувати вплив імовірностей відмов вузлів комутації пакетів на ефективність ігрового методу маршрутизації з обміном інформацією. Результати моделювання для різних значень імовірностей відмов вузлів наведені на рис. 3.

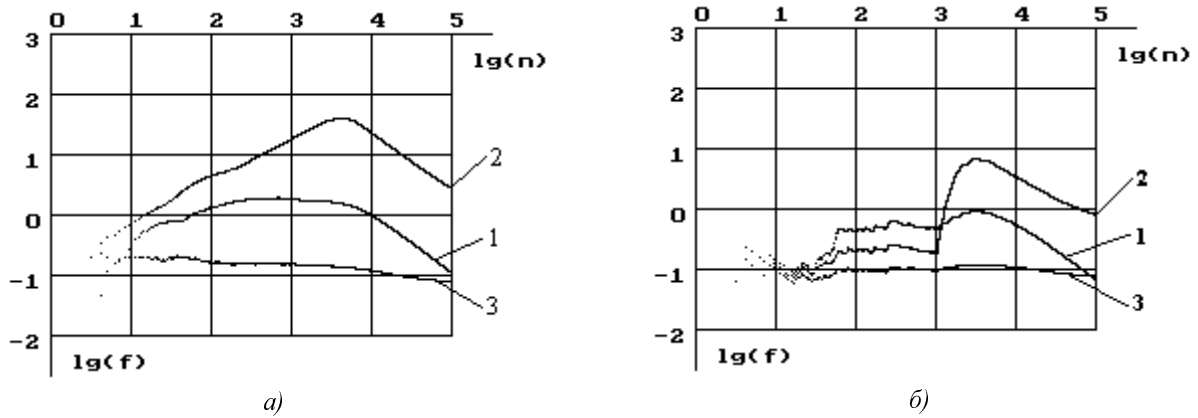


Рис. 3. Реакція ігрового методу (2) на зміну значень імовірностей відмов вузлів мережі

На рис. 3, а показані результати моделювання ігрового методу для значень імовірностей відмов вузлів  $\eta_i = 0.5$  повнозв'язної мережі. Відмови вузлів визначаються у кожен момент часу  $n=1,2,\dots$ .

На рис. 3, б до моменту часу  $n=1000$  імовірність відмов гравців  $\eta_i$  дорівнює нулю, а далі стрибком змінюється до значення 0.5, залишаючись такою до завершення часу моделювання. Реакцією на стрибкову зміну відмов гравців є наявність перехідного періоду часу, за який параметри мережі повертаються до своїх попередніх значень.

Аналізуючи отримані результати, знаходимо:

1) відмови вузлів призводять до погіршення режимів функціонування мережі, що проявляється зростанням середньої довжини черг;

2) ігровий метод маршрутизації пакетів з обміном інформацією є стійким до відмов вузлів мережі, що проявляється зменшенням в часі середньої кількості транзитних передавань пакетів та зменшенням середніх втрат гравців.

Вплив періоду маршрутизації на ефективність роботи мережі. Всі попередні результати моделювання отримані для випадку, коли маршрутні обчислення виконувались на кожному кроці роботи методів маршрутизації. Однак на практиці це може призвести до значного зростання інтенсивності службового трафіка.

На рис. 4 наведено результати моделювання ігрового методу з обміном інформацією, який забезпечує маршрутизацію повнозв'язної мережі з періодом  $t=1$  та  $t=10$  кроків. Прийнято, що імовірність генерування пакетів у вузлах мережі становить  $\mu_i = 0.25$ , а режим їх адресування до сусідніх вузлів – рівноймовірний, обмеження на довжини черг відсутні.

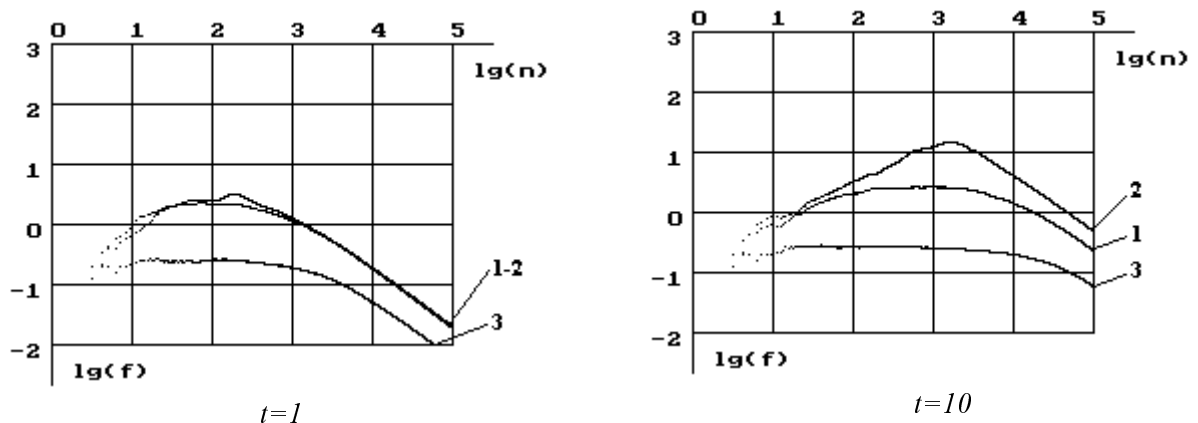


Рис. 4. Вплив періоду маршрутизації пакетів на ефективність роботи комп'ютерної мережі

Порівнюючи результати моделювання, знаходимо, що зростання періоду часу коректування таблиць маршрутизації призводить до погіршення експлуатаційних характеристик роботи мережі. На практиці цей період повинен підбиратися так, щоб забезпечувати певний компроміс між оперативною реакцією на події у мережі та накладними витратами на маршрутизацію.

У роботі досліджено також впливу режимів адресування пакетів, пріоритетів пакетів, обмеження довжин черг та параметрів ігрового методу на ефективність роботи мереж різної конфігурації.

Вплив режимів адресування пакетів на ефективність ігрового методу маршрутизації з обміном інформацією. Для дослідження впливу режиму адресування на поведінку ігрового методу маршрутизації будемо змінювати імовірності адресування пакетів від однакових початкових значень до одиничного значення імовірності адресування одного з вузлів.

Результати моделювання для повнозв'язної мережі наведено на рис. 5 для повнозв'язної мережі з імовірностями генерування вхідних пакетів  $\mu_i = 0.4$  та різних значеннях імовірностей адресування пакетів  $padr$  до одного з вузлів.

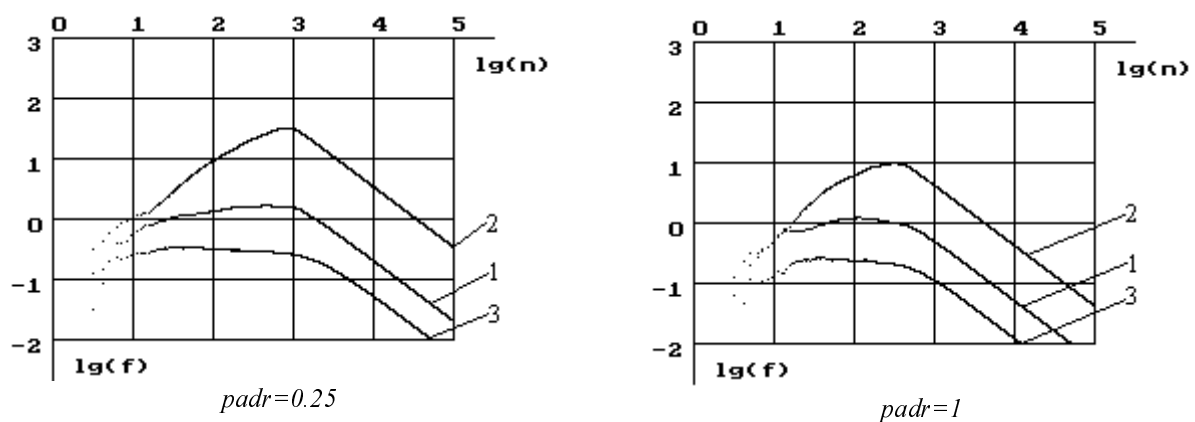


Рис. 5. Залежність характеристик роботи ігрового методу від зміни імовірності адресування пакетів

Ефект від зміни режимів адресування пакетів проявляється у такому:

1) зміна режиму адресування призводить до перерозподілу потоків пакетів у мережі, що впливає на ефективність роботи методів маршрутизації;

2) ігровий метод з обміном інформацією є стійким до зміни режимів адресування пакетів. У повнозв'язній мережі при зростанні імовірності адресування всіма гравцями одного й того ж вузла спостерігається зменшення середньої довжини черг та кількості транзитних передавань пакетів, що пояснюється адаптивністю ігрового методу. В результаті навчання ігровий метод знаходить потрібний напрямок передавання, що надалі призводить до зменшення інтенсивності потоків та довжини черг в інших напрямках;

3) вплив режиму адресування на ефективність маршрутизації пакетів більше проявляється у неповнозв'язній ніж у повнозв'язній мережі. У кільцевій двонапрявленій мережі зміна режиму адресування одного з вузлів не проявляється лише до значення імовірності адресування, що дорівнює 0.5. При подальшому зростанні імовірності адресування пакетів відбувається перерозподіл потоків та зростання їх інтенсивності до окремих вузлів, що призводить до погіршення характеристик роботи кільцевої мережі.

Вплив пріоритетів пакетів на ефективність ігрової маршрутизації. Будемо досліджувати вплив пріоритетів пакетів на режим роботи мережі при використанні ігрового методу маршрутизації з обміном інформацією.

Присвоєння пріоритетів впливає на час перебування пакетів у мережі. Пакети з вищим пріоритетом будуть обслуговуватися у першу чергу, і час їх перебування у мережі буде меншим ніж у пакетів, що мають нижчий рівень пріоритету. У зв'язку з цим пакети з нижчим пріоритетом

можуть нагромаджуватися у чергах, збільшуючи їх середню довжину. Можна чекати, що пріоритетність обслуговування пакетів погіршує характеристики роботи методів маршрутизації.

Для моделювання ігрового методу маршрутизації пріоритетних черг пакетів виберемо кільцеву двонапрявлену мережу з імовірністю генерування пакетів  $\mu_i=0.3$  та рівноімовірним режимом адресування. Введемо два рівні пріоритетів пакетів: нульовий та перший. Будемо вважати, що нульовий рівень пріоритету є вищим від першого. Рівні пріоритету задамо за допомогою імовірностей їх появи при генеруванні вхідного потоку пакетів. Нехай  $pr$  – імовірність появи нульового рівня пріоритету, тоді значення  $1-pr$  визначатиме імовірність появи пакета з першим рівнем пріоритету. Змінюючи значення імовірності  $pr$ , проаналізуємо реакцію мережі на маршрутизацію пріоритетних потоків пакетів. Результати моделювання зображено на рис. 6.

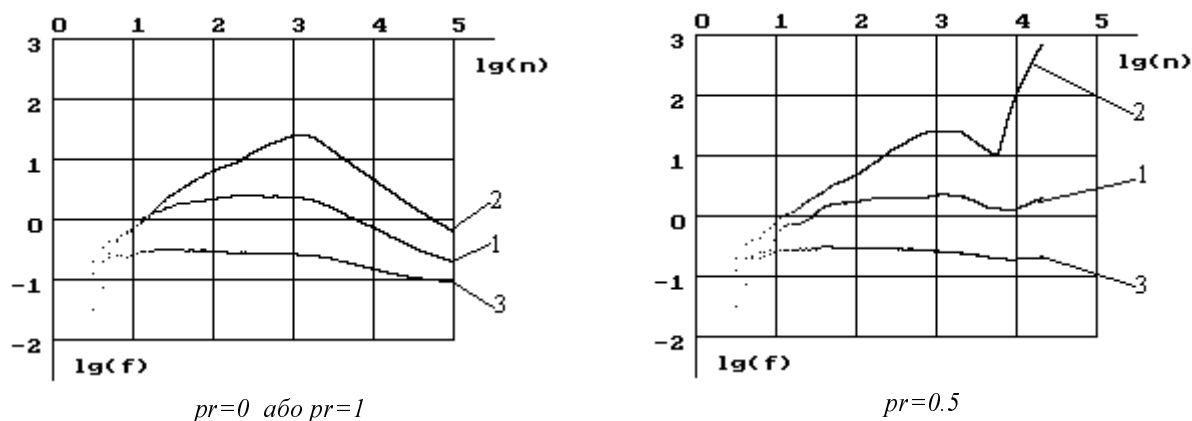


Рис. 6. Вплив пріоритетів пакетів на ефективність маршрутизації кільцевої мережі

З рис. 6 видно, що перерозподіл пріоритетів пакетів призводить до зростання їх черг та кількості транзитних передавань. Цим несприятливим умовам роботи мережі можна запобігти регулюванням параметрів ігрового методу. На рис. 7 подано результати моделювання ігрового методу маршрутизації з обміном інформацією для кільцевої мережі з двома рівноімовірними ( $pr=0.5$ ) рівнями пріоритетів пакетів, що надходять до мережі з імовірністю  $\mu_i=0.3$ . Результати свідчать, що ігровий метод з обміном інформацією ефективно керує потоками пріоритетних пакетів при належному виборі його параметрів. Необхідні для роботи значення параметрів методу підбираються експериментально.

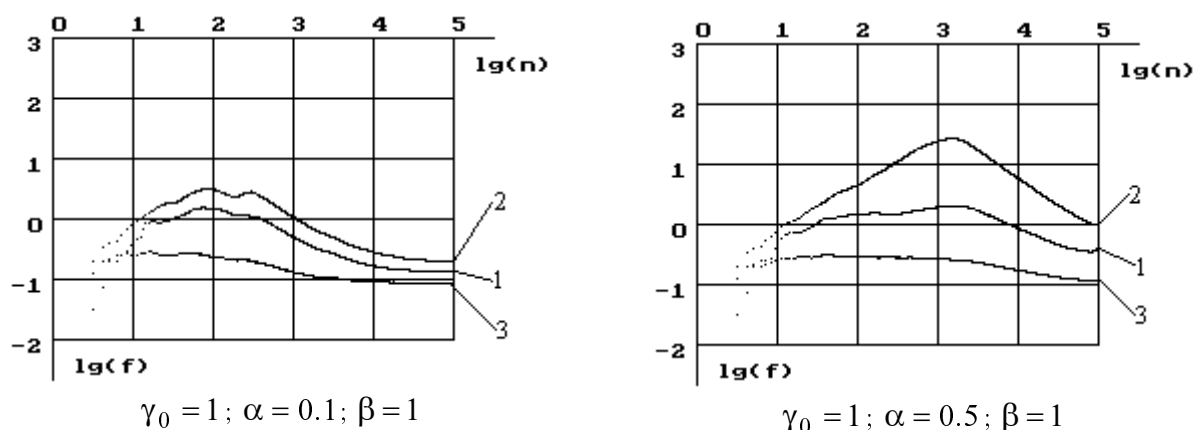


Рис. 7. Вплив параметрів ігрового методу з обміном інформацією на ефективність керування потоками пріоритетних пакетів

Отже, зміна пріоритетів пакетів комп'ютерної мережі проявляється у такому:

1) пріоритетне обслуговування пакетів призводить до зростання затримок низькопріоритетних пакетів, а при їх значній інтенсивності – до зростання середньої довжини черг пакетів та погіршення ефективності процедури маршрутизації;



2) ігрові методи з обміном інформацією при належному налаштуванні їх регульованих параметрів забезпечують ефективну маршрутизацію потоків пріоритетних пакетів, що проявляється зменшенням черг пакетів та кількості їх транзитних передавань між вузлами мережі.

Маршрутизація з обмеженнями щодо довжини черг. На відміну від вищерозглянутих моделей маршрутизації виконаємо обмеження щодо довжини черг пакетів. Якщо довжина черги  $O$  у будь-якому вузлі перевищує максимально можливу  $O_{\max}$ , то пакети не приймаються у вхідну чергу даного вузла. Обмеження щодо загальної довжини черги призводить до обмеження інтенсивностей вхідних потоків пакетів і забезпечує найсприятливіші режими роботи для методів маршрутизації. Для прикладу, на рис. 8 наведено результати моделювання маршрутизації пакетів за допомогою ігрового методу з обміном інформацією у двонапрявленій кільцевій мережі для двох рівнів обмеження щодо довжини черг пакетів:  $O \leq O_{\max}$ . Вважатимемо, що імовірність генерування пакетів дорівнює  $\mu_i = 0.5$ .

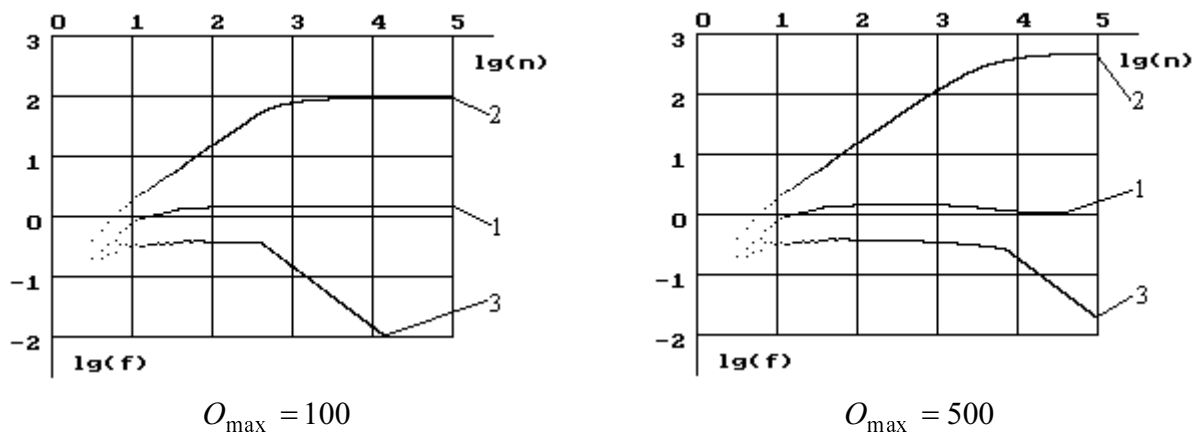


Рис. 8. Результати моделювання ігрового методу з обміном інформацією з обмеженням щодо довжини черг

З графіків видно, що обмеження щодо довжини черг призводять до стабілізації середньої довжини черги та середньої кількості транзитних передавань пакетів. Результати моделювання показують, що при відсутності обмеження щодо довжини черг пакетів кільцева мережа не могла б справитися з вхідними потоками заданої інтенсивності.

### Висновки

Враховуючи результати проведених досліджень, для практичних застосувань можна рекомендувати використання адаптивних ігрових методів розподіленої маршрутизації пакетів повідомлень з локальним обміном службовою інформацією між вузлами мережі. Такі методи забезпечують працездатність мережі в найбільш несприятливих умовах нестационарності вхідного трафіка, зростанні його інтенсивності, зміни топології мережі, пов'язаній із відмовами вузлів комутації або каналів передавання пакетів.

Ефективність роботи ігрових методів маршрутизації досягається належним налаштуванням їх регульованих параметрів. Кращі показники моделювання досягнуто при відносно малій швидкості зміни кроку методу, що обумовлено потребою перебору великої кількості варіантів рішень для нагромадження повнішої статистичної інформації про розподіл потоків пакетів у мережі шляхом багатократної перебудови векторів змішаних стратегій.

Адаптивні ігрові методи маршрутизації належать до класу стохастичних методів селективного пошуку і вимагають додаткових затрат часу на початкове навчання, під час якого можуть погіршуватися характеристики роботи мережі. Зменшення періоду адаптації можна чекати

від “навчання з учителем” – комбінування роботи ненавченого ігрового методу з навченим у попередньому інтервалі часу. Ефективність ігрового методу “навчання з учителем” у різних режимах функціонування мережі вимагає окремого дослідження.

1. Дэвис Д., Барбер Д., Прайс У., Соломонидес С. *Вычислительные сети и сетевые протоколы.* – М.: Мир, 1982. 2. Богуславский Л.Б. *Управление потоками данных в сетях ЭВМ.* – М.: Наука, 1984. – 168 с. 3. Блэк Ю. *Сети ЭВМ: протоколы, стандарты, интерфейсы.* – М.: Мир, 1990. 4. Баранец С. *Введение в сети с коммутацией пакетов // Компьютерное обозрение.* – 1996. – № 15 (39). – С.15–18. 5. Найк Д. *Стандарты и протоколы Интернета / Пер. с англ.* – М.: Издательский отдел “Русская Редакция” ТОО “Channel Trading Ltd.”, 1999. 6. Nelson Minar, Kwindla Hultman Kramer and Pattie Maes. *Cooperating Mobile Agents for Dynamic Network Routing. In Alex Hayzelden, editor, Software Agents for Future Communications Systems, chapter 12. Springer-Verlag, 1999.* 7. Allen B. MacKenzie and Stephen B. Wicker. *Game Theory and the Design of Self-Configuring, Adaptive Wireless Networks. IEEE Communications Magazine. November 2001. PP. 126–131.* 8. Назин А.В., Позняк А.С. *Адаптивный выбор вариантов: Рекуррентные алгоритмы.* – М., Наука, 1986.

УДК 681.3

Р.Б. Кравець, Ю.В. Скребець

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра інформаційних систем та мереж

## ИНТЕЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖАНИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СЛУЖБЫ ШВИДКОЇ ДОПОМОГИ

© Кравець Р.Б., Скребець Ю.В., 2004

Описується інтелектуальна система підтримання прийняття рішень для служби швидкої медичної допомоги (м. Львів). Система використовує базу правил, яка формується інтелектуальною компонентою. Компонента використовує модифікований метод побудови дерева рішень, та виведення на основі нього. Запропоновано опис та реалізацію нового способу зменшення кількості значущих правил у базі знань.

In this paper describe author decision support system (DSS) for ambulance service (Lviv). DSS uses a knowledge base (a base of some rules) that is with intelligent component built. The component make decision tree (new supposed technique) and uses it for prediction. Under consideration are new efficient technique for building a knowledge base and an achievement with small count of rules in base.

### Постановка проблеми в загальному вигляді

Сьогодні проблеми швидкого, ефективного та зручного накопичення й збереження великої кількості даних значною мірою вирішені. Існує велика кількість інформаційних систем, які успішно працюють у багатьох галузях народного господарства. Значно складнішою задачею є реалізація систем аналітичного опрацювання інформації, тобто таких, які б допомагали користувачеві аналізувати нагромаджені дані, виявляти в них приховані, але надзвичайно корисні з практичної точки зору залежності.

Сучасний рівень розвитку апаратних та програмних засобів з деякого часу зробив можливим ведення баз даних оперативної інформації на всіх рівнях керування організацією. У процесі своєї діяльності промислові підприємства, корпорації, відомчі структури, органи державної влади накопичили значні обсяги даних. Вони містять великі потенційні можливості витягнення корисної аналітичної інформації, на основі якої можна виявляти приховані тенденції, будувати стратегії розвитку, знаходити нові рішення.