

**ФОРМУВАННЯ МАРШРУТІВ КОМУТАЦІЙНОГО ЦЕНТРУ  
 З МЕДІА ШЛЮЗОМ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ**

**ФОРМИРОВАНИЕ МАРШРУТОВ КОММУТАЦИОННОГО ЦЕНТРА  
 С МЕДИА ШЛЮЗОМ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ**

**FORMATION ROUTES OF THE SWITCHING CENTRE  
 WITH MEDIA-GATEWAY MULTISERVICE NETWORKS**

**Анотація.** Проаналізовано способи формування маршрутів комутаційного центру з медіа шлюзом мультисервісної мережі, де у рамках єдиного цифрового способу розподілу інформації об'єднуються технології комутації каналів та пакетів. Запропоновано варіант використання адаптивної динамічної маршрутизації комутаційного центру.

**Аннотация.** Проанализированы способы формирования маршрутов коммутационного центра с медиа шлюзом мультисервисной сети, где при едином цифровом способе распределения информации объединяются технологии коммутации каналов и пакетов. Предложен вариант адаптивной динамической маршрутизации коммутационного центра.

**Summary.** Examined methods of routing for switching center with media-gateway of multiservice communications network, which in the single digital information distribution method combines the technologies of circuit switching and packet. Offered the option of using an adaptive dynamic routing for switching center.

При формуванні маршрутів передавання інформації в комутаційному центрі (КЦ) з медіа шлюзом мультисервісної мережі зв'язку основною проблемою є об'єднання технологій комутації каналів і комутації пакетів у рамках єдиного цифрового способу розподілу інформації таким чином, щоб забезпечити дотримання характеристик якості обслуговування на заданому рівні для кожної із послуг, надаваної за тією або іншою технологією. Джерелом цієї проблеми є те, що комутація каналів і пакетів використовують різні критерії формування елементів маршрутних матриць і узагальнений комплексний критерій для адаптивної динамічної маршрутизації повинен враховувати як імовірнісні показники для систем комутації каналів, так і тимчасові для систем з комутацією пакетів. Крім того, узагальнений комплексний критерій повинен мати можливість включення в загальну оцінку інших окремих критеріїв, чого не передбачено в розподіленій маршрутизації [1], яка розглядає кожну з технологій комутації окремо. В [2] проаналізовано критерії формування маршрутів цифрової мережі інтегрального обслуговування. В даній статті на основі дослідження способів формування маршрутів КЦ з медіа шлюзом запропоновано варіант використання адаптивної динамічної маршрутизації комутаційного центру з медіа шлюзом.

Порівнянню способів маршрутизації в мережах з комутацією пакетів приділено багато уваги, наприклад [3, 4]. Для побудови комплексного критерію візьмемо окремі критерії вибору маршруту в мережах єдиної мережі з комутацією каналів і з комутацією пакетів.

При адаптивній динамічній маршрутизації найбільш відомими й широко використовуваними є ігровий, ймовірнісний і ймовірностно-ігровий способи формування маршрутних таблиць [1]. Критерієм вибору шляху на основі зазначених методів є ймовірність установалення з'єднання в пошуковому напрямку. Розглянемо основні відмінності зазначених способів.

Порядок корекції елементів матриці маршрутів  $m_{r,j}$  при використанні ігрового методу маршрутизації полягає в наступному.

Величина елемента  $m_{r,j}$  – ймовірність вибору напрямку через транзитний пункт  $r$  ( $r = 1, 2, \dots, k$ ) при установаленні з'єднання від комутаційного центру з номером  $i$  до комутаційного центру  $j$

$$m_{r,j} \text{ та } \sum_{r=1}^k m_{r,j} = 1.$$

Якщо в момент часу  $t$  для подальшої передачі вимоги вибирається напрямок  $r$ , що не може бути використаний, то на даний напрям накладається штраф  $\alpha$ , і зміни елементів  $m_{r,j}$  відбуваються наступним чином [1]:

$$m_{r,j}(t+1) = \frac{m_{r,j}(t)\alpha}{[1 + (\alpha - 1)m_{r,j}(t)]}, \quad (1)$$

$$m_{i,j}(t+1) = \frac{m_{i,j}(t)}{[1 + (\alpha - 1)m_{i,j}(t)]}, \text{ де } i \neq r, 0 < \alpha \leq 1, j \neq 1.$$

Якщо в момент  $t$  для передачі вимоги вибирається напрямок  $r$ , що можна використати, то даний напрям заохочується  $\beta$  і зміна елементів  $m_{r,j}$  відбувається наступним чином [1]:

$$m_{r,j}(t+1) = \frac{m_{r,j}(t)\beta}{[1 + (\beta - 1)m_{r,j}(t)]}, \quad (2)$$

$$m_{i,j}(t+1) = \frac{m_{i,j}(t)}{[1 + (\alpha - 1) \cdot m_{i,j}(t)]}, \text{ де } i \neq r, 0 < \alpha \leq 1, j \neq 1.$$

Як видно з наведених формул, при штрафі або заохоченні  $m_{r,j}$  множиться на відповідний коефіцієнт  $\alpha$  або  $\beta$  і потім весь вектор-стовпець нормується для забезпечення виконання умови

$$\sum_{r=1}^k m_{r,j} = 1.$$

Порядок обслуговування вимоги на передачу повідомлення від КЦ<sub>*i*</sub> до КЦ<sub>*j*</sub> наступний:

1. У стовпці  $j$  матриці  $M_k$  відшукується максимальне число серед усіх чисел, яким відповідають доступні напрями. Під доступним напрямом розуміється такий напрям, по якому за певних обмежень можливе заняття каналу для обслуговування даної вимоги. Потім вибирається напрям, якому відповідає знайдене число.

2. Якщо в комутаційному центрі не знайшлося жодного доступного напрямку або не виконані додаткові обмеження, вимога одержує відмову.

3. У іншому випадку за обраним напрямком устанавлюється з'єднання.

4. Номер комутаційного центру, до якого було устанавлене з'єднання, порівнюється з номером комутаційного центру призначення.

5. Якщо номери збігаються, тобто вимога досягла комутаційного центру призначення, устанавлюється з'єднання з необхідним абонентом, підключеним до комутаційного центру.

6. Якщо номери не збігаються, то процес повторюється, починаючи з п.1 з комутаційного центру, до якого було устанавлене з'єднання.

7. При устанавленні з'єднання, або відмові елемент  $m_{r,j}$  матриці маршрутів  $M$  вихідного комутаційного центру заохочується або відповідно штрафується множенням на  $\beta \geq 0$  ( $0 < \alpha \leq 1$ ), після чого вектор нормується.

Ігровий метод може бути разовим у випадку корекції плану розподілу інформації для кожної вимоги, а також груповим, якщо корекцію плану розподілу проводити для групи викликів.

При розподіленій маршрутизації для забезпечення раціонального розподілу потоків повідомлень використовується ймовірнісно-ігровий спосіб маршрутизації, за якого вирішується завдання оптимізації розподілу потоків на комутаційних центрах.

У цьому випадку зручніше представляти нові значення елементів  $m_{r,j}$  відповідно до формул (1) і (2) у загальному вигляді [2]:

$$\left. \begin{aligned} m_i^* &= \frac{m_i}{1 + (\gamma - 1)m_i} \gamma, \\ m_j^* &= \frac{m_{i,j}}{1 - (\gamma - 1)m_i} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

при  $j \neq i$ , де  $\gamma = \alpha$  – при штрафі та  $\gamma = \beta$  – при заохоченні.

Математичне очікування заохочення  $m_i$  за вибір напрямку  $m_{r,j}$  позначимо  $\Delta m_i(r)$  та з (3) його можна визначити як

$$\Delta m_i(i) = m_i(1 - m_{ii}) \left[ p_i \frac{\alpha_i - 1}{1 + (\alpha_i - 1)m_i} + q_i \frac{\beta_i - 1}{1 + (\beta_i - 1)m_i} \right], \quad (4)$$

при виборі напрямку  $m_{r,j}$ ,

$$\Delta m_i(r) = m_i m_r \left[ p_r \frac{\alpha_r - 1}{1 + (\alpha_r - 1) \cdot m_r} + q_r \frac{\beta_r - 1}{1 + (\beta_r - 1) m_r} \right]. \quad (5)$$

Позначаючи

$$\Delta i = p_i \frac{(\alpha_i - 1) m_i}{1 + (\alpha_i - 1) m_i} + q_i \frac{(\beta_i - 1) m_i}{1 + (\beta_i - 1) m_i}, \quad (6)$$

де  $p_i$  – ймовірність втрат на  $i$ -му напрямку, вирази (4) і (5) представляються у вигляді

$$\Delta m_i(i) = (1 - m_i) \Delta i,$$

$$\Delta m_i(r) = -m_i \Delta r,$$

де  $\Delta m_i$  – математичне очікування середнього приросту елемента  $m_i$  для всіх змін. Оскільки напрям  $m_{i,j}$  вибирається з ймовірністю  $m_i$ , тоді

$$\Delta m_i = \sum_{j=1}^r m_i \Delta m_i(j). \quad (7)$$

У стані рівноваги математичне очікування приросту повинне дорівнювати 0, тобто  $\Delta m_i = 0$  для будь-якого  $i$ . Тоді

$$\Delta i = \sum_{j=1}^r m_i \Delta j, \quad (8)$$

тобто  $\Delta i = \Delta j = \text{const}$ . З (6) видно що

$$p_i \frac{(\alpha_i - 1) m_i}{1 + (\alpha_i - 1) m_i} + q_i \frac{(\beta_i - 1) m_i}{1 + (\beta_i - 1) m_i} = \text{const},$$

де  $p_i m_i = \text{const}$  – умови рівновагового розподілу потоків.

Далі позначимо

$$\frac{\alpha_i - 1}{1 + (\alpha_i - 1) m_i} = \frac{1}{\lambda}, \quad (9)$$

де  $\lambda > 0$  – константа, що визначає інерцію. Чим більше  $\lambda$ , тим менше приріст  $\Delta m_i$ , тобто система буде налаштовуватися повільніше, але більш точно. З (9) потрібно, щоб

$$\alpha_i = 1 - \frac{1}{\lambda + m_i}. \quad (10)$$

При параметрах штрафів, обумовлених виразом (10), система забезпечує найбільшу швидкість збіжності до стаціонарного розподілу.

На відміну від ігрового методу маршрутизації, за якого величина штрафу або заохочення постійна, ймовірнісно-ігровий метод припускає обчислення цієї величини при здійсненні корекції елементів маршрутних таблиць, чим забезпечується збільшення швидкості адаптації до змін у мережі.

Використання ймовірнісного методу полягає в обчисленні статистичних показників, аналогічних ймовірності установаження з'єднання й використанні їх як елементів маршрутної матриці на кожному центрі комутації. Із трьох перерахованих методів ймовірнісний є найбільш повільним у змісті на зміни в мережі, і тому використовується в мережах при повільно змінних параметрах навантаження.

У такий спосіб при подальшому аналізі роботи медіа шлюзу в режимі динамічної адаптивної маршрутизації у випадку розподілу телефонного навантаження основна увага буде приділена ймовірнісно-ігровому способу формування маршрутних таблиць.

Так само, як і в розглянутих випадках комутації каналів, у мережах з комутацією пакетів застосовується багато алгоритмів маршрутизації, що різняться складністю й ефективністю. Версії досліджуваної адаптивної динамічної маршрутизації широко використовують вибір найкоротшого шляху між вузлами відповідно до певного алгоритму.

При цьому кожній лінії зв'язку між вузлами мережі приписується число, назване довжиною лінії. Відповідно кожний шлях між двома вузлами має довжину, рівну суму довжин ліній складових цього шляху. Мережні алгоритми динамічної адаптивної маршрутизації прагнуть забезпечити маршрут по шляху найменшої довжини між вузлом-відправником і вузлом-адресатом переданого

паketу. При цьому довжина кожної лінії може характеризуватися різними показниками, у тому числі завантаженістю, лінійною довжиною, довжиною черги та ін.

При динамічній адаптивній маршрутизації пакетів довжина лінії залежить від надійшовшого в лінію навантаження, що періодично поновлюється. Алгоритми відновлення найкоротших відстаней від вузла, що передає пакет, до кожного вузла адресата ґрунтуються на широко використовуваних алгоритмах – Беллмана-Форда, Дийкстра, Флойда-Уоршела та їхніх модифікаціях, відомих як метод рельєфів, метод маршрутних матриць та ін. Вибір того або іншого методу в остаточному підсумку залежить від заданого критерію якості обслуговування й надалі при побудові моделей буде обумовлений в кожному окремому випадку.

Те ж стосується й способів обміну маршрутною інформацією, коли існують особливі умови функціонування мережі, зокрема вихід з ладу вузлів або ліній. Звичайно для передавання маршрутної інформації в таких випадках використовується лавинний алгоритм. При лавинному алгоритмі вузол поширює серед всіх інших вузлів мережі оновлювальне повідомлення про топологію, що змінилася, шляхом розсилання цього повідомлення кожному із сусідів, які, у свою чергу, пересилають його своїм сусідам і т.д. Недоліки лавинного алгоритму для передавання інформаційних повідомлень очевидні: велике непродуктивне завантаження каналів, підвищений ступінь конфліктів, можливість переповнення пам'яті центрів комутації.

Таким чином, урахування керуючої інформації при аналізі функціонування мультисервісної мережі зв'язку повинен бути зроблений шляхом побудови приватної моделі в кожному конкретному випадку, з подальшим її включенням у загальну модель мережі.

Особливості адаптивної динамічної маршрутизації на з'єднанні мереж з комутацією каналів і комутацією пакетів доцільно врахувати при використанні цього методу в медіа шлюзі за допомогою евристик, які задаються у вихідних даних і можуть змінюватися виходячи з результатів розрахунку, моделювання в модельних умовах, або виходячи з показників функціонування в реальних умовах.

З урахуванням цього пропонується наступний варіант використання адаптивної динамічної маршрутизації для ЦК з медіа шлюзом мультисервісної мережі зв'язку.

Вважаємо, що в даному вузлі-відправнику є  $m$  вихідних трактів при загальному числі адресатів мережі, рівному  $N_A$ . Нехай далі є  $S$  критеріїв, за якими можна впорядковувати ступінь переваги вибору вихідних трактів залежно від адресата. В якості таких критеріїв можуть бути обрані число транзитних вузлів, мінімальна пропускна здатність ділянок мережі на шляху до адресата, ступінь завантаження вихідних буферів для відповідних трактів, оцінка часу затримки при передаванні по даному тракту й т.п.

Побудуємо  $S$  розподілів вибору для даного адресата

$$P_e^i = (P_{e1}^i, P_{e2}^i, \dots, P_{em}^i), \sum_{j=1}^m P_{ej}^i = 1,$$

в яких  $P_{ej}^i > P_{ek}^i$ , якщо  $j$ -й вихідний тракт є більш кращим за критерієм  $e$  для передачі по ньому до адресата  $i$  та  $P_{ej}^i = 0$ , якщо передача по  $j$ -му тракту до  $i$ -го вузла є неможливою.

Тоді комплексний критерій може бути побудований у формі комбінацій окремих критеріїв за правилами:

$$1. R^i = (r_{11}^i, r_{12}^i, \dots, r_{1e}^i), e = 1, 2, \dots, S, \text{ де } r_e^i = \sum_{e=1}^S P_{ej}^i \alpha_e, \text{ якщо всі } P_{ej}^i \neq 0, j=1, 2, \dots, S$$

і  $r_{1j}^i = 0$ , якщо хоча б для одного  $e$  величина  $P_{ej}^i = 0$ ;  $\alpha_e$  – ваговий коефіцієнт критерію  $e$ .

$$2. \tilde{P}_j^i = (\tilde{P}_1^i, \tilde{P}_2^i, \dots, \tilde{P}_m^i), \text{ де } P_j^i = \frac{r_j^i}{\sum_{j=1}^m r_j^i}.$$

$$3. P_L^i = (P_1^i, P_2^i, \dots, P_m^i), \text{ де } P_L^i - \text{розподіл вибору, } P_L^i = \frac{(\tilde{P}_j^i)^L}{\sum_{j=1}^m \tilde{P}_j^i}, \text{ а } L - \text{ступінь розмитості вибору.}$$

$$4. P_{LN}^i = (P_{L1}^i, P_{L2}^i, \dots, P_{Ln}^i), N = 1, 2, \dots, n, \text{ де } P_{LN}^i - \text{розподіл вибору для } n\text{-го виду зв'язку.}$$

Тепер розподіл  $P_{LN}^i$  може бути використаний для реалізації випадкового вибору напрямку передачі з даного вузла до  $i$ -го адресата для повідомлень  $n$ -го виду зв'язку.

Вагові коефіцієнти можуть використовуватися для керування ступенем переваги різних

критеріїв, а величина  $L$  – для зміни вибору напрямку.

Змінюючи  $\alpha_e$  та  $L$ , можна варіювати цей метод від практично детермінованого однокритеріального вибору (всі  $\alpha_e$ , крім одного дорівнюють 0, а  $L$  має більшу величину) до випадкового рівноймовірного вибору одного із припустимих напрямів ( $L = 0$ ). Завдяки цьому процедура вибору напрямів узагальнює різні методи маршрутизації.

Таблиці передач є окремим випадком, що витікає з модифікації розподілу  $P^i_{LN}$ , за якого один із максимальних елементів замінюється одиницею, а всі інші – нулями.

До числа основних завдань процесора маршрутизації входять:

- формування розподілів передачі  $P^i_{LN}$  або їхнього окремого випадку – таблиць передачі для комутації каналів і передачі пакетів;
- періодична модифікація розподілів передачі при зміні стану мережі або завантаження мережі.

У висновках зазначимо, що у контексті сумісного використання комутації каналів і пакетів комутаційний центр з медіа шлюзом повинен забезпечувати об'єднання цих технологій у рамках єдиного способу розподілу інформації з відповідним урахуванням якості обслуговування повідомлень кожного типу комплексним критерієм якості обслуговування. Крім того, одним із варіантів маршрутизації, який має певні переваги – це адаптивна динамічна маршрутизація з запропонованим комплексним критерієм вибору маршруту.

### **Література**

1. Герла М. Распределенная маршрутизация в гибридных сетях с коммутацией пакетов и каналов / М. Герла, Д. Масон // Экспресс-информация. Сер. Передача информации. – 1979. – № 32. – С. 7-15.
2. Кулиш Е.Б. Анализ критериев формирования маршрута в цифровой сети интегрального обслуживания / Е.Б. Кулиш // Сборник научных трудов. – 1997. – № 1. – С. 101-107.
3. *Маршрутизация и управление трафиком в компьютерных сетях: учеб. пособ.*; под ред. Л.К. Птицыной. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 1999. – 84 с.
4. *Информационные сети: архитектура, технологии, стандартизация* / [Блахов Л.Л., Игнатенков В.Г., Кузнецов В.Е. и др.]; под ред. д.т.н. А.А. Сахнина. – М.: Радио и связь, 2004. – 207 с.