

УДК 621.398.96

М. О. ЛОСЄВ, аспірант,  
Державний університет телекомунікацій, Київ

## РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ В КОМБІНОВАНІЙ ІНФОРМАЦІЙНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ

**Розкрито сутність задачі маршрутизації для гібридних (комбінованих) мереж зв'язку (ГМЗ), що має на меті оптимальне використання ресурсів як наземних, так і супутникових компонентів ГМЗ, аби забезпечити якомога ефективнішу роботу зазначених мереж.**

**Саме тому проведення досліджень і розробок зі створення відповідних поставленій проблемі методик розв'язання задач маршрутизації на базі комбінованої інформаційної технології набуває особливої актуальності.**

**Ключові слова:** комбінована інформаційна технологія; глобальні топологічні сигнали; гібридні мережі зв'язку; нс-модель двовимірних сигналів; відношення сигнал-шум; коефіцієнт зв'язності; рівномірні сигнали; імовірність помилки.

### Вступ

Поряд зі спільними закономірностями побудови та функціонування мереж зв'язку будь-якого типу (загального користування, відомчі, міжвідомчі) ті чи інші мережі зв'язку можуть істотно відрізнятися від мереж загального користування. Це зумовлюється, передусім, вимогами з боку користувачів послуг відомчих мереж і необхідністю забезпечення функціонування таких мереж за умов, істотно відмінних від повсякденних умов роботи мереж зв'язку загального користування.

Специфіка створення мережі передавання даних, зокрема включення її до складу як наземних вузлів комутації пакетів, так і супутникової мережі [1] зумовлює виокремлення її як особливого класу — класу *гібридних мереж зв'язку (ГМЗ)*.

Для забезпечення нормального функціонування ГМЗ створюються спеціальні системи керування ними, що характеризуються певними принципами організаційно-технічної побудови та параметрами, які їх описують.

У цій статті розглядатиметься переважно мережний рівень керування ГМЗ на базі еталонної моделі взаємодії відкритих систем, тобто йтиметься про задачі маршрутизації у заданих мережах.

### Основна частина

Розглянемо гібридну мережу передавання даних, що складається з  $N$  вузлів, об'єднаних за допомогою  $\Gamma$  наземних каналів зв'язку ємністю  $C^{\gamma}$  (біт/с),  $1 = 1, 2, \dots, \Gamma$ , за заданою топологією. Мережу поділено на  $M$  регіонів, кожний з яких має вузол супутникового зв'язку (СВ).

Супутникові вузли об'єднано через транспондер космічного апарата пропускною здатністю  $C^S$  (біт/с). Матриця вхідних потоків  $[y_{ij}]$  визначає в пакетах/с інтенсивність потоків повідомлень між будь-якими парами вузлів мережі  $i$  та  $y$ , де  $y = 1, 2$  (рис. 1).

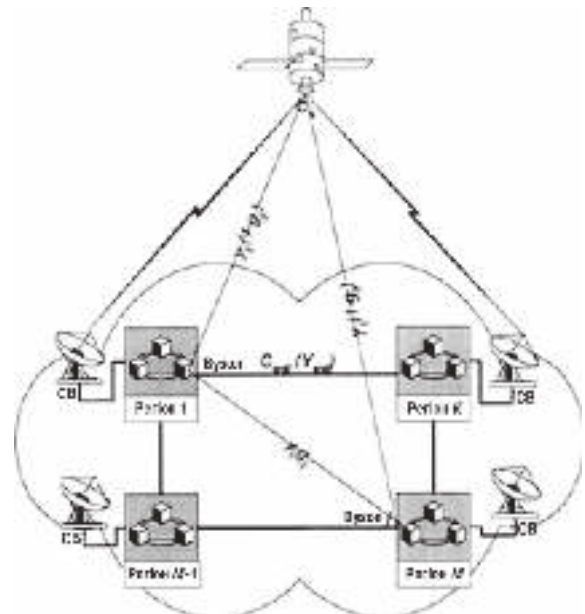


Рис. 1. Схема гібридної мережі зв'язку

Прийнявши наведені далі припущення (припущення про незалежність згідно з моделлю Клейнрока): потоки повідомлень, що надходять у вузли, є пуассонівськими; довжини пакетів експоненціально розподілені; потоки на різних вузлах незалежні і значення часу обслуговування повідомлень також незалежні на сусідніх вузлах, дістанемо вираз для затримки даних у наземній мережі:

$$D_g = \frac{1}{\gamma} \sum_{l=1}^L \lambda_g dl T_l.$$

Тут  $T_l$  — затримка даних у  $l$ -му каналі,  $T_l = \frac{\gamma_l}{\mu_d C_g dl - \lambda_g dl}$ ;  $\gamma = \sum_{i,j=1}^N \gamma_{ij}$ ;  $\gamma_l$  — інтенсивність потоку даних у  $l$ -му каналі;  $1/\gamma$  — середня довжина пакета.

Мета оптимальної маршрутизації полягає в тому, щоб поділити повну інтенсивність потоків

© М. О. Лосєв, 2018

між кожною парою адресатів у мережі між кількома шляхами від відправника до адресата в такий спосіб, аби загальний результируючий потік по лініях мережі мінімізував задану вартісну функцію.

На практиці як таку функцію здебільшого використовують значення середньої затримки передавання повідомлень у мережі з урахуванням наближення Клейнрока.

Цей вибір ґрунтується на гіпотезі, що оптимальний розподіл потоків можна дістати, оптимізуючи інтенсивність потоків по гілках мережі і знехтувавши іншими ймовірнісними характеристиками потоків, оскільки в цьому разі функція вартості не залежить від вищих моментів потоків.

У методиці розв'язання задачі оптимальної маршрутизації в ГМЗ будемо дотримуватися зазначеної гіпотези.

Оптимізаційна задача може бути розв'язана в різний спосіб, наприклад методами лінійного і нелінійного програмування [4; 5], а також методом послідовного квадратичного програмування (*Sequential Quadratic Programming — SQP*) [5].

Ми використовували саме цей метод у припустимій області (FSQP). Основна перевага зазначеного методу — надзвичайно висока швидкість збіжності — так звана суперзбіжність і зручність алгоритмічної реалізації.

Для мінімізації загальної затримки передавання даних у відповідній мережі візьмемо таку цільову функцію:

$$f_1(x) = \frac{(\gamma - \Lambda_d)D_g(x) + \Lambda_d D_s(x)}{\gamma},$$

де  $\gamma$  — сумарна інтенсивність потоку даних, що надходить у мережу;  $\Lambda_d$  — інтенсивність потоку даних у супутниковій мережі.

Наведена цільова функція являє собою середню затримку пакетів даних по всій ГМЗ.

У разі передавання по мережі тільки мовних викликів аналогічно дістаємо таку цільову функцію:

$$f_2 = \frac{(\Gamma - \Lambda_v)P_g + \Lambda_v P_s}{\Gamma},$$

де  $\Gamma$  — сумарна інтенсивність мовних викликів, що надходять у мережу;  $\Lambda_v$  — інтенсивність мовних викликів у супутниковій мережі.

Дана цільова функція являє собою середню ймовірність відмов у встановленні з'єднання.

Наголосимо, що функція затримки в гібридній мережі є опуклою функцією інтенсивності вхідних потоків, причому вона обмежена знизу (рис. 2). Цим забезпечується існування та єдиність розв'язку оптимізаційної задачі [4].

Зауважимо, що при незначному навантаженні на мережу всі потоки проходять по наземній мережі, бо затримка в ній мала (порядку 0,02 с) порівняно із супутниковою мережею, де тільки затримка на поширення становить близько 0,3 с.

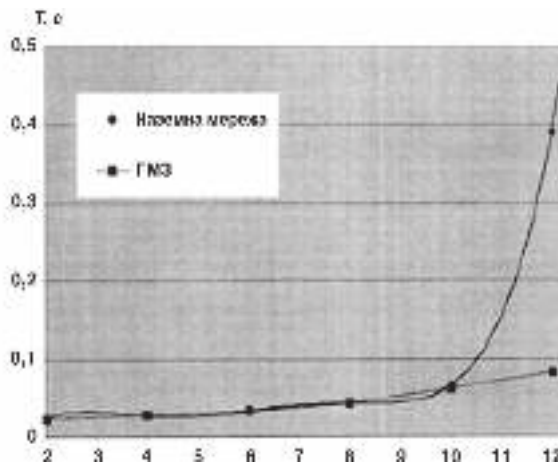


Рис. 2. Затримка T у наземній і гібридній мережах

Зі збільшенням навантаження на мережу наземні канали стають все більш насичені, коли ж інтенсивність навантаження в каналах мережі стає порівнянною з їхньою пропускну здатністю, затримка в наземній мережі починає різко зростати до 0,4 с, а тому все більша частина навантаження починає надходити в супутникову мережу.

При досягненні граничного значення навантаження в 10 пакетів/с частина вхідного потоку починає передаватися через супутникову мережу. У результаті цього порушується симетрія розподілу потоків у наземній мережі і затримка пакетів стає різною для шляхів однакової довжини за кількістю транзитів, а весь потік концентрується на шляху з мінімальною затримкою. Можна сказати, що відбувається «зняття виродження» в мережі, тобто шляхи з початково однаковою довжиною стають нееквівалентними.

При цьому, як впливає з рис. 2, чим ближче один до одного розташовані вузли, тим при меншій інтенсивності вхідного навантаження відбувається концентрація потоку на одному зі шляхів однакової довжини. Так, для пари вузлів 3-6 це значення становить 11 пакетів/с, а для пари 2-5 — уже 20 пакетів/с.

### Висновки

Активне становлення цифрових мереж як альтернатива щодо аналогових каналів зв'язку має на меті в найближчій перспективі забезпечити техніко-технологічний розвиток телекомунікацій. Утім без вирішення задачі маршрутизації для гібридних мереж зв'язку, з урахуванням необхідності максимального використання ресурсів як наземних, так і супутникових мереж, забезпечити ефективну роботу таких мереж неможливо.

Отже, дослідження та розробки щодо створення відповідних поставлених проблемі методик стають дедалі актуальніші, заслуговуючи на поглиблений розвиток і конкретизацію.

## Список використаної літератури

1. Балашов В. А., Копийка О. В., Ляховецький Л. М. VDSL — Ближнє майбутнє цифрового абонентського доступу // Зв'язок. 2005. №7. С. 8–13.

2. Беркман Л. Н. Методи когерентного прийому багатопозиційних АФМ сигналів багатоканальних модемів: монографія. 1987. С. 44–50.

3. Система управління сучасними телекомунікаційними мережами / Л. Н. Беркман, В. Г. Кривуца, М. Н. Клиш [та ін.]. Київ, 2009. С. 25–45.

4. Лесная Н. Н. Сравнительный анализ методов оценки характеристик интеллектуальной сети // Нук. з пискки УНДІЗ. 2009. №2(10). С. 97–102.

5. Управление псевдосервисами в защищенных информационных системах на основе теории конфликтов / Н. А. Виноградов, Г. В. Данилин, Д. В. Домрев, Я. В. Милокум // Нук. з пискки УНДІЗ. 2014. № 6. С. 5–12.

**Рецензент:** доктор техн. наук, професор К. С. Козелкова, Державний університет телекомунікацій, Київ.

Н. А. Посев

### РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ В КОМБИНИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Рассмотрена сущность задачи маршрутизации для гибридных (комбинированных) сетей связи, имеющей целью максимальное использование ресурсов как наземного, так и спутникового компонентных сетей.

В связи с этим актуализируются проблемы по созданию соответствующих поставленной проблеме методик решения задачи маршрутизации в комбинированной информационной технологии является актуальной.

**Ключевые слова:** комбинированная информационная технология; многопозиционные сигналы; гибридные сети связи; ансамбль двумерных сигналов; отношение сигнал-шум; коэффициент помехоустойчивости; равновероятные сигналы; вероятность ошибки.

М. О. Losev

### DEVELOPMENT OF THE METHOD OF OPTIMIZATION OF LOAD DISTRIBUTION IN THE COMBINED INFORMATION TECHNOLOGY

In the article the method of optimization of load distribution in the combined information technology is considered.

Without solving the routing problem for hybrid communication networks, which takes into account the need to maximize the use of both terrestrial and satellite networks, it is impossible to ensure the efficiency of such networks.

In this regard, carrying out research and development to create the appropriate problem posed by the methods of solving routing problems in the combined information technology is relevant. The solution to this problem is devoted to this article. Without solving the routing problem for hybrid communication networks, which takes into account the need to maximize the use of both terrestrial and satellite networks, it is impossible to ensure the efficiency of such networks.

**Keywords:** combined information technology; Multipoint signals; hybrid network; an ensemble of two-dimensional signals; signal-to-noise ratio noise immunity; signal equally probable; the probability of mistakes.