
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.396.21

С. П. Корнієнко, к.т.н., доцент
І. В. Корнієнко, к.т.н., ст. викладач**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОСТОРОВО-РОЗПОДІЛЕНИХ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ**

У статті пропонується підхід до оцінки ефективності багатополюсних просторово-розподілених телекомунікаційних мереж.

Ключові слова: просторово-розподілена мережа, зв'язність, вагові коефіцієнти, наближені оцінки, теорія графів

С. П. Корниенко, к.т.н., доцент
И. В. Корниенко, к.т.н., ст. преподаватель**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ**

В статье предлагается подход к оценке эффективности многополюсных пространственно-распределенных телекоммуникационных сетей.

Ключевые слова: пространственно-распределенная сеть, связность, весовые коэффициенты, приближенные оценки, теория графов.

S. Kornienko, I. Kornienko**THE EVALUATION OF SPACE-ALLOCATED
TELECOMMUNICATION NETWORKS**

The approach to evaluate the efficiency of multipolar space-allocated telecommunication networks is described in the article.

Key words: space-allocated network, connectivity, weight coefficients, approximate evaluation, graph theory.

Аналіз проблеми. На сьогоднішній час достатньо складним питанням оцінки ефективності телекомунікаційних мереж є оцінка багатополюсних мереж. Існує два основних науково-методичних апарати для дослідження подібних задач [1], це теорія графів і алгебраїчна топологія. Особливістю оцінки територіально розподілених систем є необхідність оцінки ефективності функціонування системи як цілого на основі часткових показників ефективності кожного з елементів. Складність оцінки багатополюсної мережі полягає у необхідності визначення її ефективності по сукупності всіх функціонуючих у ній двополюсних мереж [2, 3].

Оцінка ефективності багатополюсних решітчастих структур на основі теорії графів вимагає процедури структурного спрощення графу і вибору методу визначення ймовірності зв'язності структури графу [3, 4]. Для запобігання цього у [2] запропоновано використовувати інтегральний показник ймовірності зв'язності структури, який є згортокою показників ймовірностей своєчасної доставки повідомлень між будь-якими двома парами полюсів мережі зведених у матрицю ймовірності зв'язності:

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

$$F(P_{3B}) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (w_{i,j} \cdot P_{i,j}); \quad i = \overline{1, I}; \quad j = \overline{1, J}; \quad i \neq j \quad (1)$$

де $P_{i,j}$ – зв'язність між i -ою і j -ою вершиною графу;

$w_{i,j}$ – ваговий коефіцієнт ребра графу,

$$w_{i,j} = \begin{cases} 1/2, & \text{при } \rho_{ij} < 0,1M[\rho]; \\ 1, & \text{при } 0,1M[\rho] \leq \rho_{ij} < M[\rho]; \\ 2, & \text{при } \rho_{ij} \geq M[\rho], \end{cases}$$

де ρ_{ij} – задана інтенсивність передачі інформації від i до j ;

$M[\rho]$ – середнє значення заданої інтенсивності передачі інформації від i до j .

Використання вагового показника вигляду $w_{i,j}$ робить діапазон зміни інтегрального показника зв'язності $0 \leq F(P_{3B}) \leq +\infty$, що незручно при порівнянні мереж різної структури і невизначеністю щодо верхньої межі ефективності мережі.

Формалізація задачі. Існує множина багатополюсних просторово-розподілених мереж (у тому числі телекомунікаційних), які можуть розрізнятися структурою, кількістю елементів, показником зв'язності між елементами. Необхідно розробити механізм ефективної та достатньо точної оцінки оптимальності конфігурації мереж.

Відомо багато методів визначення ймовірності зв'язності між двома вершинами графу, проте всі вони визначаються двома підходами: визначення зв'язності точними методами та визначення зв'язності наближеними методами оцінок. Як визначає аналіз [2, 3, 5, 6], визначення точного значення ймовірності зв'язності є задачею NP – складності, яка зростає за експоненціальним законом при збільшенні розмірності мережі, тому для оцінки великих мереж бажано користуватись наближеними методами на основі оцінок Езарі-Прошана, Літвака-Ушакова, Полеського, що значно спрощує алгоритм обчислення, але в цьому випадку існує деяка погрішність в отриманому результаті.

При подальшому виборі наближеного методу оцінок зв'язності мережі необхідно враховувати два взаємопов'язаних аспекти [7]: *аспект ефективності* – визначення оцінок повинне вимагати менше зусиль, ніж визначення самої зв'язності; *аспект точності* – оцінки повинні забезпечувати "достатньо добре" наближення.

Суть наближених оцінок полягає в наступному, на основі базових елементарних конструкцій – простих шляхів і простих розрізів для мережі з топологією H будуються оціночні мережі H^* та H_* [2, 5, 8], ймовірності зв'язності яких задовольняють нерівностям

$$P(H_*) \leq P(H) \leq P(H^*) \quad (2)$$

де $P(H_*)$ – нижня межа ймовірності зв'язності вихідної мережі;

$P(H)$ – точне значення ймовірності зв'язності вихідної мережі;

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

$P(H^*)$ – верхня межа ймовірності зв'язності вихідної мережі.

Наявність методів двосторонніх оцінок дозволяє визначити наближену оцінку $\tilde{P}(H)$ ймовірності зв'язності за формулами [5 – 7]:

$$\begin{aligned}\tilde{P}(H) &= \frac{P(H^*) + P(H_*)}{2}; \\ \Delta(H) &= \frac{P(H^*) - P(H_*)}{2},\end{aligned}\quad (3)$$

де $\Delta(H)$ – верхня оцінка похибки обчислень, що апіорі гарантує $|P(H) - \tilde{P}(H)| \leq \Delta(H)$.

Аналіз методів наближених оцінок, що приводиться у [2, 5, 6, 7], визначає пріоритетність використання методів оцінок Полеського як таких, що володіють найменшою похибкою оцінки у порівнянні з точними методами. Сплатаю за зменшення похибки є деяке підвищення трудомісткості у порівнянні з іншими методами. Проте у роботі [7] для оцінки зв'язності пропонується використовувати як найбільш точні та найбільш ефективні у обчисленні різнісно-розв'язуючі оцінки вигляду:

$$\begin{aligned}P(H^*) &= 1 - \sum_{j=1}^k q_j \prod_{i=1}^{j-1} (1 - q_{i-j}); \\ P(H_*) &= \sum_{j=1}^l p_j \prod_{i=1}^{j-1} (1 - p_{i-j}),\end{aligned}\quad (4)$$

де q_j – ймовірність справного стану j -го простого ланцюга;

k – кількість простих шляхів, $k = i + j$;

p_j – ймовірність справного стану j -го простого розрізу;

l – кількість простих розрізів, $l = i + j$.

У [7] зазначається, що при обчисленні (4) допустимо не підсумовувати по всіх k і l , а достатньо обірвати суми на довільних $u \leq k, r \leq l$, внаслідок цього оцінки стануть більш грубими, проте будуть ефективно обчислюватися.

У реальних телекомунікаційних системах абоненти мають пріоритетність, що визначається їх рангом, тобто повідомлення абонентів різного рангу володіють певною пріоритетністю, що можна визначити через деякий ваговий коефіцієнт W_{ij} . У загальному випадку, для уникнення суб'єктивізму бажано визначити ваговий коефіцієнт у відповідності до заданого трафіку [2], що відображено у (1) і визначається матрицею вхідних вимог відповідно до кожної тяжіючої ij -ї пари кореспондентів:

$$H = \begin{bmatrix} \lambda_{1,1} & \cdots & \lambda_{1,N} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \lambda_{N,1} & \cdots & \lambda_{N,N} \end{bmatrix},\quad (5)$$

де λ_{ij} – потік повідомлень між i -ю та j -ю вершинами;

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

N – кількість вершин графу.

Як визначалося раніше, інтенсивність потоку пакетів у лінії мережі – λ_{ij} може складатися з потоків інцидентних вершин, та у разі виконання транзитних функцій – частки потоків суміжних магістральних ліній

$$\lambda_{ij} = \lambda_{ij} + \sum_{z=1}^Z \lambda_{ij}^z \quad (6)$$

де λ_{ij} – інтенсивність потоку інцидентної вершини;

Z – загальна кількість маршрутів, що передається по ij -й лінії;

λ_{ij}^z – інтенсивність транзитних потоків, що передаються по Z -му маршруту.

Відповідно до цього важливість ліній зв'язку мережі визначається кількістю та інтенсивністю потоків даних, що передається по них. Отже, скориставшись підходом, який описується у [9] та з урахуванням (6), коефіцієнти вагомості ліній зв'язку мережі правомірно визначити як

$$w_{i,j} = \frac{\lambda_{ij}}{\sum_{r=1}^N \sum_{s=1}^N \lambda_{rs}}; \quad i = \overline{1,N}; \quad j = \overline{1,N}; \quad r = \overline{1,N}; \quad s = \overline{1,N}; \quad i \neq j; \quad r \neq s \quad (7)$$

де λ_{ij} – інтенсивність потоку пакетів між i -ою і j -ою вершинами графу;

N – загальна чисельність вершин графу;

r, s – довільні вершини графу.

При цьому очевидно, що $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{i,j} = 1$.

Обчислення ймовірності своєчасної доставки повідомлення здійснюються відносно усіх тяжіючих вершин графу, що визначається відповідною матрицею вхідних потоків (2). На основі значень $\tilde{P}(H)$, що отримуються за виразами (3), (4), формується матриця зв'язності мережі:

$$M_S = \begin{bmatrix} P_{1,1} & \cdots & P_{1,N} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ P_{N,1} & \cdots & P_{N,N} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Визначення вагових коефіцієнтів ліній зв'язку у вигляді (7) та значень матриці зв'язності мережі (8) дозволяє отримати інтегральний показник зв'язності мережі:

$$F(P_{3B}) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (w_{i,j} \cdot P_{i,j}) \quad (9)$$

який буде знаходитись у межах $0 \leq F(P_{3B}) \leq 1$, що надає йому сенсу ймовірності, та бути більш чутливим до інформаційного навантаження, що передається по лініях мережі.

Таким чином, отриманий інтегральний показник зв'язності (9), який на відміну від існуючого (1) має фізичний сенс імовірності своєчасної доставки повідомлення у багатополісній просторово-розподіленій телекомунікаційній

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

системі. Використання отриманого показника вигляду (9) з ваговими коефіцієнтами вигляду (7) дозволить більш точно визначати оптимальність конфігурації мережі та прийнятої маршрутизації багатопольових просторово-розподілених телекомунікаційних систем.

Література

1. Олейник В. Ф. Мобильные радиотелекоммуникационные системы специального назначения / Олейник В. Ф., Сайко В. Г., Булгач С. В. – К. : ГУИКТ, 2004. – 102 с.
2. Барабаш О. В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем / Барабаш О. В. – К. : НАОУ, 2004. – 226 с.
3. Проектирование и эксплуатация сетей передачи дискретных сообщений / [Архипов М. Н., Захаров Г. П., Малиновский С. Т., Яновский Г. Г.]. – М. : Радио и связь, 1988. – 360 с.
4. Надежность и живучесть систем связи / [Дудник Б. Я., Овчаренко В. Ф., Орлов В. К. и др.]; под ред. Б. Я. Дудника – М. : Радио и связь, 1984. – 216 с.
5. Костров В. О. Применение оценок Полесского для расчета надежности сети связи / В. О. Костров // Электросвязь. – 2001. - № 11.
6. Кривулец В. Г. Квазиупаковочные оценки характеристик надежности сетей / В. Г. Кривулец, В. П. Полесский // Информационные процессы. - 2001. – Т. 1, № 2. – С. 126 – 146.
7. Кривулец В. Г. Об одном методе аппроксимации надежности монотонных систем / В. Г. Кривулец, В. П. Полесский // Информационные процессы. - 2002. - Т. 2, № 1. – С. 111 – 119.
8. Самуйлов К. Е. Методы анализа и расчета сетей ОКС 7 / Самуйлов К. Е. – М. : РУДН, 2002. – 115 с.
9. Окунев Ю. Б. Принципы системного подхода к проектированию в технике связи / Ю. Б. Окунев, В. Г. Плотников. – М. : Связь, 1976. – 184 с.

Надійшла 19.01.2011 р.