

УДК 621.39

Л.О. Шебанова (канд. техн. наук, доц.), В.В. Турупалов (канд. техн. наук, проф.)
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Донецьк,
кафедра автоматики та телекомунікацій

МЕТОД ОРГАНІЗАЦІЇ СТРУКТУРИ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ

В статті був запропонований метод, що дозволяє на етапі планування або модернізації транспортної мережі сформуванню множини варіантів структур, з яких, згодом, буде обрана одна оптимальна. Більш раціональна з неідентичних варіантів структур транспортної мережі визначається на основі критерію оптимальності. Отримана оптимальна (удосконалена) структура транспортної телекомунікаційної мережі залежить від початкової (базової) структури мережі, процедур зміни структури й послідовності їх проведення.

Ключові слова: транспортна телекомунікаційна мережа, структура мережі, кільце, вузол, ребро.

Загальна постановка проблеми

На сьогоднішній день при побудові транспортних телекомунікаційних мереж (ТКМ), вибір розташування вузлів і зв'язків між ними зазвичай проводиться на основі результатів прийняття проектних рішень інженерами, що пов'язане з проведенням численних експериментів і досліджень на існуючому встаткуванні мереж, що істотно підвищує трудомісткість і вартість процесу розгортання або модернізації мереж.

Для моделювання й оптимізації роботи інформаційних мереж та їх проектування використовуються універсальні та спеціалізовані мови програмування, а також програмні засоби імітаційного моделювання (MathCAD, Mapl, Mathematica, MATLAB, OPTIMUM 1.0 та ін.). Однак, в результаті використання зазначених програмних засобів неможливо врахувати велику кількість особливостей, які в значній мірі цікавлять оператора зв'язку та пов'язані з вже вказаними проблемами.

Постановка задачі дослідження

Наявність наведених проблем обумовлює актуальність завдання оптимізації структур транспортних ТКМ. Вирішення цього завдання на практичному рівні дозволить у значній мірі знизити трудові й фінансові витрати при впровадженні сегментів транспортних мереж, модернізації існуючої мережі, впровадженні нових мереж і експлуатації існуючих.

Структура мережі задається географічним розміщенням своїх елементів і зв'язків між ними (на етапі модернізації). Автоматизація завдання удосконалення структури транспортної ТКМ через наявність великої розмірності сучасних ТКМ є складною задачею, тому для її рішення було запропоновано використовувати моделі, засновані на принципах ієрархічної декомпозиції.

На етапі синтезу структури транспортної мережі вхідними даними є:

- координати розміщення вузлів транспортної ТКМ $\{(x_i, y_i)\}$, де $i = \overline{1, s}$;
- v_{MUX_i} – номінальна канална ємність для мультиплексорів в залежності від модулю STM;
- матриця відстаней (довжини з'єднувальних ліній) $R = r_{ij}, i, j = \overline{1, s}$;

© Шебанова Л.О., Турупалов В.В., 2013

– матриця типів кабелю для ліній $X_{FOL} = x_{ij_FOL}$, $i, j = \overline{1, s}$, у якій зазначена наявність і тип волоконно-оптичного кабелю між парами вузлів;

– множина каналів транспортної ТКМ, яка характеризується імовірностями працездатності каналів P_{link_ij} ;

– множина вузлів, яка описується імовірностями працездатності вузлів P_{node_i} ;

– базовою топологією для побудови транспортних ТКМ вважаємо топологію "кільце".

Завдання зводиться до оптимізації структури транспортної мережі [1] T на різних етапах проекту мережі – проектування або модернізації.

Для розв'язання поставленого завдання використовуються методи евристичного програмування. Алгоритм вирішення завдання оптимізації структури транспортної мережі заснований на двох принципах: багаторазовій побудові рішень і перетворення рішень із метою поліпшення деяких початкових – заданих рішень. Спочатку задається деяка початкова структура мережі. На стадії планування транспортної ТКМ початкова структура мережі визначається на основі запропонованого методу організації структури мережі, а на стадії модернізації – основою є базова структура транспортної ТКМ, що підлягає модернізації. Стосовно базової структури мережі, на підставі методу організації структури, формується множина неідентичних структур для транспортної ТКМ шляхом включення або виключення окремих ліній. Після цього визначається вектор оптимальних рішень на підставі розрахунку критеріїв капітальних витрат, пропускної здатності та функціональної надійності, а також визначається напрямок траєкторії оптимізації.

Далі розглянемо алгоритм модифікації структури базової транспортної ТКМ.

Реалізація методу організації структури мережі. Результати досліджень

Нехай w_{ij} – це вага (значущість) лінії між вузлами v_i та v_j , що відображує перевагу включення даної лінії в остаточний варіант мережі та використовується в алгоритмі генерації структури мережі. Тоді модернізацію алгоритму можна звести до модифікації ваги w_{ij} у наступному виді:

$$w_{ij} = r_{ij} \cdot d_{ij} \cdot \mu_{link_ij} \cdot P_{link_ij}, \quad (1)$$

де r_{ij} – відстань між парою вузлів (i, j) ; d_{ij} – вартість прокладки лінії e_{ij} для пари вузлів (i, j) , що належить одному з рівнів пропускної здатності STM-N для організації відповідного кільця, тобто $i, j \in STM-N$; μ_{link_ij} – коефіцієнт використання ємності для каналів групових трактів, що з'єднує i -ий та j -ий вузли; P_{link_ij} – імовірність працездатності лінії e_{ij} .

Отже, у випадку, коли проводиться модернізація транспортної мережі, для визначення ваги діючих ліній необхідно скористатися виразом (1). На етапі планування транспортної мережі вага лінії зв'язку визначається за спрощеною формулою з урахуванням відстані між вузлами та вартості прокладки лінійних споруджень, а саме $w_{ij} = r_{ij} \cdot d_{ij}$.

Вага кожної лінії для певної реалізації мережі запам'ятовується й при успішній реалізації сегмента мережі записується в масив мережі оптимальною конфігурацією.

Запропонований метод організації структури транспортної мережі здійснюється відповідно до наступних етапів:

1. *Вибір зони покриття вузла та кільця.*

На першому кроці обирається довільний (базовий) вузол мережі v_i . Для даного вузла формується зона можливого об'єднання (покриття) S_n з радіусом r_n , у якій перебувають вузли-претенденти (рис.1). Зона покриття вузла визначається максимально припустимою довжиною ліній між вузлами відповідно до характеристик використаного кабелю й фізичних параметрів переданого сигналу. Крім радіуса покриття вузла, вводиться додаткове

обмеження – зона дії кільця однієї ємності S_r , у яку входить даний вузол і вузли-претенденти на об'єднання в дане кільце з радіусом R_r . Зона дії кільця визначається оператором залежно від місцевості проектування.

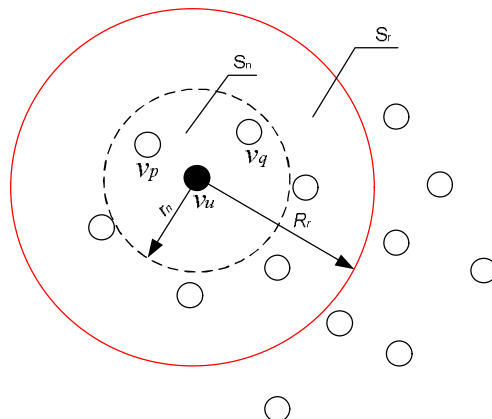


Рисунок 1 – Вибір зони покриття вузла й кільця

2. Вибір претендента на об'єднання.

Відповідно з рис. 1 у зоні покриття базового вузла v_i перебувають два вузла-претендента на об'єднання – v_p і v_q . Тому для кожного з вузлів-претендентів визначається вага (значність) w_{ip} та w_{iq} для відповідних ліній. При цьому напрямок приєднання вузлів для всього кільця повинен бути строго визначений – напрямок руху вправо та вниз, або вліво та нагору. Останній претендент на об'єднання – початковий вузол. Перетинання існуючих ліній не допускаються. При введенні обмеження на напрямок руху, область невизначеності пошуку нового вузла зменшується.

Умови вибору вузла v_q на приєднання до базового вузла v_u представлені наступними виразами:

$$v_u, v_q \in S_n; v_u, v_q \in S_r; Nh(v_u) \in S_n; \tag{2}$$

$$w_{uq} = \min_{i=1..m} w_{ui}, i \in Nh(v_u), \tag{3}$$

де v_u – базовий вузол кільця; v_q – вузол-претендент на об'єднання; $Nh(v_u)$ – множина вузлів сусідів вузла v_u ; w_{uq} – вага лінії між вузлами v_u і v_q ; w_{ui} – вага лінії між вузлом v_u і іншими претендентами на об'єднання.

Якщо параметри вузла-претендента задовольняють умовам на об'єднання (2), (3), тоді проводиться з'єднання вузлів і формується ребро кільця (рис. 2).

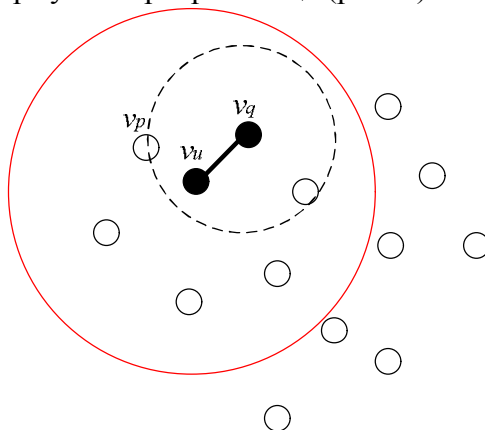


Рисунок 2 – Об'єднання вузлів кільця

Об'єднання вузлів у майбутньому кільці описується наступним виразом:

$$Ring_{M_STM-N} = v_1 \cup v_m,$$

де $Ring_{M_STM-N}$ – M -е кільце транспортної мережі ємності STM-N; m – загальна кількість вузлів, що входять у кільце.

3. *Формування кільця мережі.*

Після того, як два перших вузла кільця об'єднані та обраний напрямок руху, аналогічно проводиться вибір вузлів-претендентів щодо вузла v_q і так далі до остаточного формування кільця (рис. 3), ознакою якого є повернення у базовий вузол, якщо неможливо знайти нові вузли претенденти.

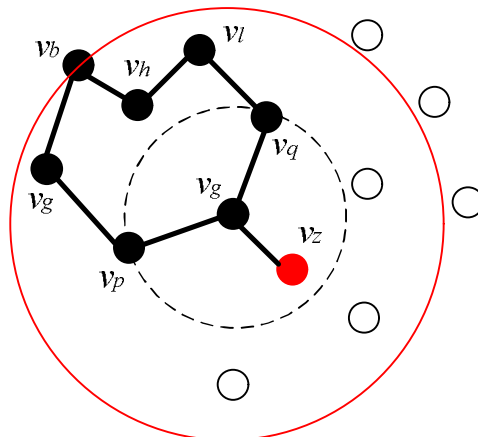


Рисунок 3 – Формування кільця мережі

4. *Формування структури мережі з можливістю додавання резервних зв'язків.*

Після того, як перше кільце сформоване, проводиться пошук претендентів на об'єднання щодо будь-якого вузла сформованого кільця, за винятком того вузла, який був базовим (рис. 3).

Для нового базового вузла формується нова зона можливого покриття S_n з радіусом r_n , а також зона дії нового кільця однієї ємності S_r , у яку входить даний вузол і вузли-претенденти на об'єднання в дане кільце з радіусом R_r .

Алгоритм працює, поки всі вузли не будуть об'єднані в кільцеві структури та утворять єдину транспортну мережу (рис. 4).

У результаті проведення експерименту існує можливість за допомогою формування зон покриття S_n з радіусом для різних вузлів різних кілець, одержувати резервні (надлишкові) зв'язки між кільцевими структурами для підвищення показника надійності на різних ділянках мережі.

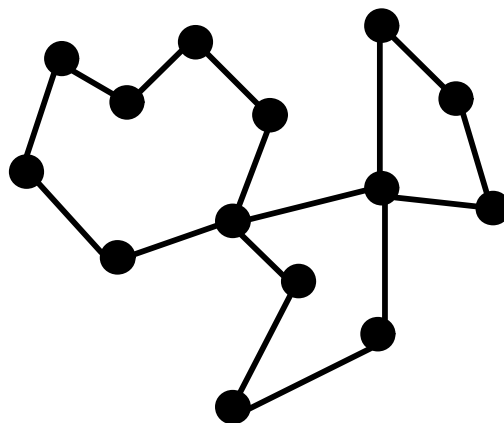


Рисунок 4 – Формування структури транспортної мережі

На рис.5 представлено варіант мережі, для якого вузол v_g , приналежний одному з кілець, визначає вузол v_f , приналежний іншому кільцю базової архітектури, як претендента на об'єднання для створення резервного зв'язку.

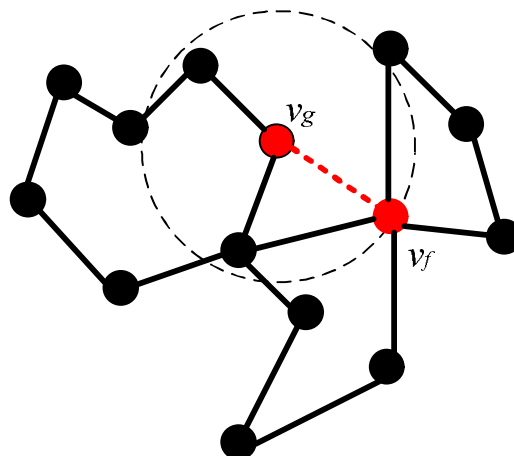


Рисунок 5 – Визначення можливого надлишкового зв'язку

Подібним чином, формується множина структур первинної ТКМ, що представлений на рис. 6.

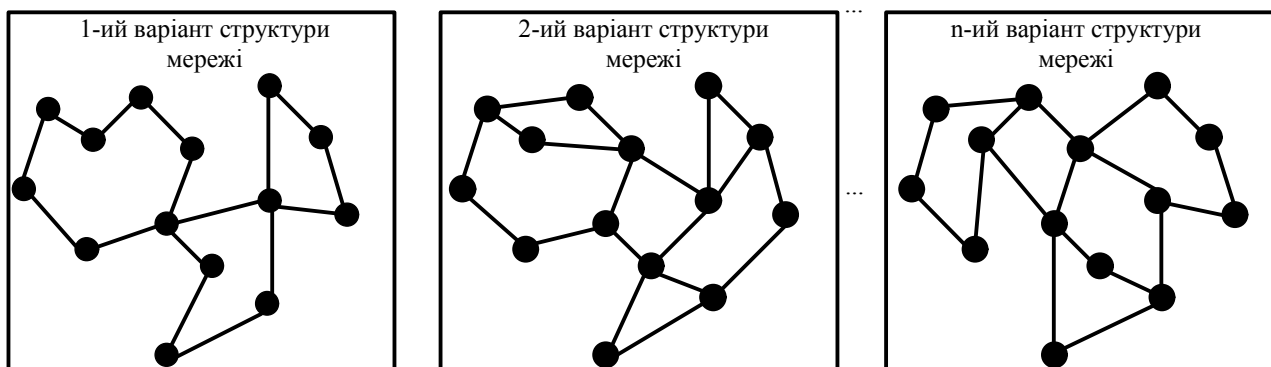


Рисунок 6 – Визначення можливих структур для транспортної ТКМ

Висновки

Запропонований метод організації структури транспортної ТКМ дозволяє сформулювати множину варіантів структур для первинної мережі, з яких, згодом, буде обрана одна оптимальна. Для визначення більш раціонального з неідентичних варіантів структур транспортної мережі визначається комплексний критерій, за яким буде проводитись етап порівняння структур. Методика визначення даного критерію представлена в джерелі [2].

Отримана оптимальна (удосконалена) структура транспортної ТКМ [3] залежить від початкової (базової) структури мережі, процедур зміни структури й послідовності їх проведення.

Запропонований метод, заснований на синтезі структури, дозволяє:

- розраховувати вектор оптимальності K після корекції структури мережі;
- проводити реконфігурацію мережі на локальних ділянках для поліпшення значення вектора, тобто здійснювати оптимізацію структури всієї мережі.

Список використаної літератури

1. Шебанова Л.О. Пошук оптимальної структури транспортної ТКМ / Л.О. Шебанова, В.В. Турупалов // Матеріали IV Міжнародного науково-технічного симпозиуму «Нові технології в телекомунікаціях» ДУІКТ-Карпати. – Карпати, Вишков, 2011. – С. 26-27.
2. Турупалов В.В. Підвищення якості функціонування транспортної мережі за рахунок удосконалення її структури / В.В. Турупалов, Л.О. Шебанова // Наукові праці Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. – 2011. – Випуск 60. – С. 126-131.
3. Шебанова Л.О. Удосконалення структури транспортної мережі / Л.О. Шебанова // Науковий вісник Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Серія: Комп'ютерні системи та компоненти. – 2012. — Т. 3, випуск 1. – С. 89-93.

Надійшла до редакції:
10.04.2013

Рецензент:
д-р техн. наук, проф. Скобцов Ю.О.

Л.А. Шебанова, В.В. Турупалов

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Метод организации структуры транспортной сети.

В статье был предложен метод, позволяющий на этапе планирования или модернизации транспортной сети сформировать множество вариантов структур, среди которых, впоследствии, будет выбрана одна оптимальная. Наиболее рациональная из неидентичных вариантов структур транспортной сети определяется на основе критерия оптимальности. Полученная оптимальная (усовершенствованная) структура транспортной телекоммуникационной сети зависит от начальной (базовой) структуры сети, процедур изменения структуры и последовательности их проведения.

Ключевые слова: транспортная телекоммуникационная сеть, структура сети, кольцо, узел, ребро.

L.O. Shebanova, V.V. Turupalov

Donetsk National Technical University

Method of Transport Network Structure Organization. *Today transport telecommunication networks formation is connected with the choice of arrangement of nodes and communications between them, which is often carried out based on decisions-making by planning engineers. It is connected with numerous experiments and researches, which are conducted on the existing equipment of the network. As a result it significantly increases laboriousness and cost of network expansion or modernization process. There are some universal and specialized programming languages and software for imitation modeling, which are used for modeling, planing and optimization of information networks. However, the use of the above software does not allow considering a lot of features. These problems solution on a practical level will significantly reduce the labour and financial costs of introducing transport networks segments, and will give the possibility to upgrade the existing networks and implement new ones. The paper provides a method that allows forming a variety of structures at the stage of transport network planning and upgrading. Then the optimal structure is to be chosen. The most effective variants of non-identical structures of transport network are identified on the basis of optimality criterion. The optimal (improved) structure of the transport telecommunication network depends on the primary network structure, procedures of changes in the structure and their sequence.*

Keywords: transport telecommunications network, structure of network, ring, node, link.