УДК 004.65

О.В. Барабаш, В.С. Зоценко

Державний університет телекомунікацій, Київ

АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ЗВ'ЯЗНОСТІ СТРУКТУР ПЕРВИННИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

В даній роботі досліджено технологічні вимоги до телекомунікаційних мереж. Проаналізовано степені зв'язності основних структур телекомунікаційних мереж. На основі отриманих результатів, зроблено висновок про шляхи покращення зв'язності даних структур та як підвищення коефіцієнту зв'язності заданої структури впливає на вартість синтезу телекомунікаційної мережі.

Ключові слова: *телекомунікаційна мережа, живучість, граф, топологія, зв'язність.*

Вступ

Телекомунікаційа мережа являє собою сукупність технічних засобів, що забезпечують передачу і розподіл потоків інформації при взаємодії віддалених об'єктів. У якості віддалених об'єктів локальні та територіальні мережі. Телекомунікаційні мережі прийнято оцінювати низкою показників, що відбивають у цілому можливість і ефективність транспортування інформації в них.

Можливість передавання інформації в телекомунікаційній мережі пов'язана зі ступенем її працездатності у часі, тобто виконання заданих функцій у встановленому обсязі на потрібному рівні якості протягом певного періоду експлуатації мережі чи в довільний момент часу.

Постановка завдання в загальному вигляді. На сьогодні питання надійності мережі є досить актуальним, оскільки працездатна мережа – одна із головних запорук успішного бізнесу.

Працездатність мережі пов'язана з поняттям живучості.

Живучість мережі зв'язку характеризує її спроможність зберігати повну або часткову працездатність за дії причин, що перебувають за межами мережі й призводять до руйнувань або значних пошкоджень певної частини її елементів (пунктів та ліній зв'язку). Показниками живучості можуть виступати: ймовірність того, що поміж будь-якою парою (заданою парою) пунктів мережі можна передати обмежений обсяг інформації після впливу уражаючих чинників; мінімальна кількість пунктів, ліній (або тих та інших) мережі, вихід із ладу яких призводить до незв'язної мережі щодо довільної пари пунктів; середнє число пунктів, що залишаються зв'язними при одночасному ушкодженні декількох ліній зв'язку [1 – 4]. В статті запропоновано розглянути основні вимоги до телекомунікаційних мереж, а також основні види структур мереж.

Аналіз основних публікацій. Проблеми надійності мереж досліджувались у роботах багатьох авторів, основними з яких є роботи Б.П. Філіна, В.А. Гадасіна, І.А. Ушакова, А.М. Половка, І.О. Рябініна, О.В. Семашка та інших вчених [1 – 4]. Також основні принципи побудови надійних мереж були розглянуті в роботах О.В. Барабаша, О.А. Машкова, Кравченка Ю.В. та інших [5 – 9]. Кожен із авторів має свою методику обчислення надійності мереж, яка має як свої переваги так і недоліки, тому існує необхідність в її постійному удосконаленні.

Метою даної статті є аналіз зв'язності основних структур телекомунікаційних мереж (ТКМ), а також шляхи підвищення зв'язності.

Основна частина

Основними технологічними вимогами до мереж є:

1) висока продуктивність (пропускна здатність) ТКМ;

2) семантична і часова прозорість ТКМ, тобто система має бути інваріантною до структури трафіка існуючих мережних технологій і забезпечувати в заданих межах значення ймовірнісно-часових показників якості його обслуговування;

3) «широкосмуговість», під якою розуміється можливість гнучкої і динамічної зміни швидкості передачі інформації в широкому діапазоні залежно від поточних потреб користувача;

4) ефективність використання мережних ресурсів (канальні, фізичні ресурси і ресурси мережного обладнання);

5) надійність ТКМ як на експлуатаційному рівні (відмовостійкість), так і на рівні доставки пакетів (імовірність доставки);

6) масштабованість, тобто здатність ТКМ нарощувати кількість вузлів і протяжність зв'язків в дуже широких межах із збереженням продуктивності мережі в заданих межах, що досягається сегментацією ТКМ і використанням ієрархічних структур.

На рівні найзагальнішого уявлення телекомунікаційна мережа складається з сукупності пунктів і з'єднуючих їх ліній. Взаємне розташування пунктів

© О.В. Барабаш, В.С. Зоценко

та ліній характеризує зв'язність мережі і здатність до забезпечення доставки інформації в різні пункти.

Поняття зв'язності графів відіграють фундаментальну роль при аналізі та синтезі структур мереж зв'язку. Особливі значення характеристики зв'язності мають при дослідженні живучості та структурної надійності мереж зв'язку [6-9].

Структура первинної мережі природним чином може бути задана графом G=(N, R), де N – множина вершин, а R – множина гілок. Кожному мережевому вузлу первинної мережі буде відповідати вершина графа G, а кожній сполучній лінії - гілка графа G. Характеристики елементів первинної мережі в цьому випадку відповідають параметрам відповідних вершин і гілок графа G.

Структура, що відбиває взаємозв'язок пунктів (конфігурацію лінії),називається топологією [5].

Розрізнюють топологію фізичну й логічну. Фізична топологія показує розміщення мережних пунктів і конфігурацію кабельної системи. Логічна топологія дає уявлення про шляхи, якими передаються потоки інформації поміж пунктами.

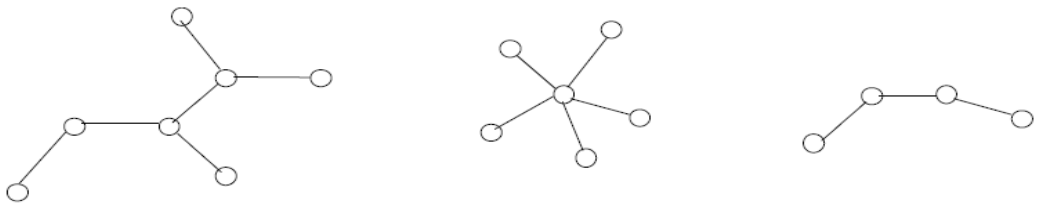
Граф є топологічною моделлю структури інформаційної мережі. Вибір топології мережі є щонайпершою задачею, розв'язуваною при її побудові, і визначається такими вимогами, як *економічність* та *надійність зв'язку*.

Задача вибору топології мережі розв'язується порівняно нескладно, якщо є відомий набір стандартних топологій, з яких вона може бути складена.

Розглянемо низку базових топологій та їхні особливості.

Топологія «точка – точка» є найбільш простим прикладом базової топології і являє собою сегмент мережі, що зв'язує фізично і логічно два пункти. Надійність зв'язку в такому сегменті може бути підвищена за рахунок введення резервного зв'язку, який забезпечує стовідсоткове резервування, називане захистом типу 1+1. При виході з ладу основного зв'язку мережа автоматично переводиться на резервну. Незважаючи на всю простоту, саме ця базова топологія найбільш широко використовується при передаванні великих потоків інформації високошвидкісними магістральними каналами, наприклад, трансокеанськими підводними кабелями, обслуговуючими цифровий телефонний трафік. Вона ж використовується як складова частина радіально-кільцевої топології (як радіуси). Топологія «точка–точка» з резервуванням типу 1+1 може розглядатися як вироджений варіант топології «кільце».

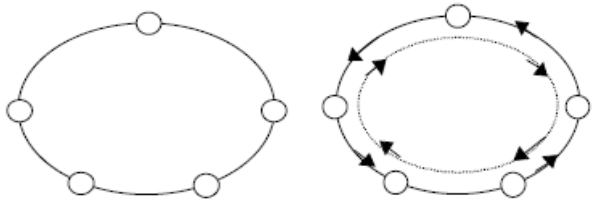
Особливістю сегмента мережі, що має **деревоподібну топологію** (рис. 1) будь-якого із зазначених варіантів, є те, що зв'язність *n* пунктів на рівні фізичній топології тут досягається числом ребер R = (n – 1) що забезпечує високу економічність такої мережі на логічному рівні. Кількість зв'язуючих шляхів передавання інформації поміж кожною парою пунктів в такому сегменті завжди дорівнює *h*=1. З погляду надійності це досить низький показник. Підвищення надійності в таких мережах досягається введенням резервних зв'язків (наприклад, захисту типу 1+1). Деревоподібна топологія знаходить застосування в локальних мережах, мережах абонентського доступу.



а б в

Рис. 1. Деревоподібна топологія: а – дерево, б – зірка, в – ланцюг

Топологія «кільце» (рис. 2) характеризує мережу, в якій до кожного пункту приєднано дві, й лише дві лінії. Кільцева топологія широко використовується в локальних мережах, в сегментах поміжвузлових з'єднань територійних мереж, а також у мережах абонентського доступу, що зорганізовуються на базі оптичного кабелю.



а б

Рис. 2. Приклади опології "кільце"

Кількість ребер графа, що відбиває фізичну топологію, дорівнює числу вершин: R = n і характеризує порівняно невисокі витрати на мережу.

На логічному рівні поміж кожною парою пунктів може бути зорганізовано h = 2 незалежних зв'язуючих шляхів (прямий та альтернативний), що забезпечує підвищення надійності зв'язку в такому сегменті, особливо при використанні резервування типу 1+1, так званого подвійного кільця. (рис. 2, б).

Подвійне кільце утворюється фізичними з'єднаннями поміж парами пунктів, при яких інформаційний потік прямує в двох протилежних напрямках (східному й західному), причому один напрямок використовується як основний, другий – як резервний.

Повнозв'язна топологія забезпечує фізичне і логічне з'єднання пунктів за принципом «кожний із кожним». Граф, що включає n вершин, містить $R = n \cdot (n - 1) / 2$ ребер, що визначає високу вартість мережі. Кількість незалежних зв'язуючих шляхів поміж кожною парою пунктів у такому сегменті мережі дорівнює $h = (n - 1)$. Повнозв'язна топологія на логічному рівні має максимальну надійність зв'язку завдяки можливості організації великої кількості обхідних шляхів. Така топологія є характерна для територійних мереж при формуванні сегментів базових і опорних (магістральних) мереж. Максимальна надійність зв'язку в сегменті досягається при використанні на обхідних напрямках альтернативних середовищ передавання сигналів (наприклад, волоконно-оптичний кабель і радіорелейна лінія).

Комірчаста топологія (рис. 3). Кожний пункт сегмента має безпосередній зв'язок з невеликою кількістю пунктів, найближчих за відстанню. При великій кількості вершин число ребер $R \approx r \cdot n / 2$, де r – число ребер, інцидентних кожній вершині. Комірчасті сегменти мають високу надійність зв'язку при меншому числі ребер порівняно з повнозв'язним сегментом.

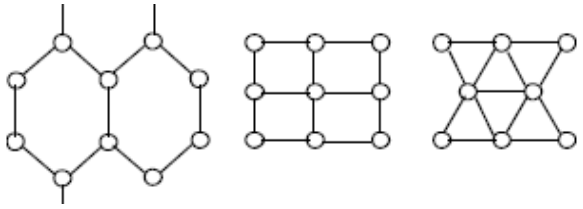


Рис. 3. Комірчаста топологія

Використання повнозв'язної та комірчастої топологій доцільне лише в сегментах з високою концентрацією трафіка, оскільки їхня реалізація пов'язана зі значними витратами.

Висновок

На основі викладеного матеріалу можна побачити, що кожна структура має як свої переваги так і недоліки. Під час проектування телекомунікаційних мереж часто потрібно знаходити компромісне оптимальне рішення, яке б дало змогу отримати якомога надійну мережу (із найбільшим коефіцієнтом зв'язності) за мінімальну вартість.

Список літератури

1. *Филин Б.П. Методы анализа структурной надежности сетей связи. / Б.П. Филин // – М.: Радио и связь, 1988. – 204 с.*
2. *Гадасин В.А. Надежность сложных информационно-управляющих систем. / В.А. Гадасин, И.А. Ушаков // – М.: 1975. – 191 с.*
3. *Половко А.М. Основы теории надёжности / А.М. Половко // – М.: Наука, 1964. – 446 с.*
4. *Рябинин И.А. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем / И.А. Рябинин // – М.: Радио и связь, 1981. – 264 с.*
5. *Нікітюк Л.А. Архітектура інформаційних мереж / Л.А. Нікітюк // – Одеса: УДАЗ ім. О.С. Попова, 2000. – 60 с.*
6. *Барабаш О.В. Оценка показателя функциональной устойчивости псевдорегулярных структур распределенных информационных систем / О.В. Барабаш, А.А. Бельская // Проблеми транспорту: збірник наукових праць. – К.: НТУ, 2011. – Вип. 8. – С 245 – 250.*
7. *Барабаш О.В. Топологічні критерії та показники функціональної стійкості складних ієрархічних систем / О.В. Барабаш, О.А. Машков // Моделювання та інформаційні технології: збірник праць. – К.: ІПМЕ НАН України, 2003. – Вип.25. – С. 29 – 35.*
8. *Барабаш О.В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем / О.В. Барабаш // – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.*
9. *Кравченко Ю.В. Функціональна стійкість – властивість складних технічних систем / Ю.В. Кравченко, О.В. Барабаш // Збірник наукових праць. – К.: НАОУ, 2002. – Бюл.№40. – С. 225 – 229.*
10. *Емеличев В.А. Лекции по теории графов / В.А. Емеличев, О.И. Мельников, В.И. Сарванов, Р.И. Тышкевич // – М.: Наука, 1990. – 384 с.*

Надійшла до редколегії 1.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Кравченко, Державний університет телекомунікацій, Київ.

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К СВЯЗНОСТИ СТРУКТУР ПЕРВИЧНОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

О.В. Барабаш, В.С. Зоценко

В данной работе исследованы технологические требования к телекоммуникационным сетям. Проанализированы степени связности основных структур телекоммуникационных сетей. На основе полученных результатов сделан вывод о путях улучшения связности данных структур и как повышение коэффициента связности заданной структуры влияет на стоимость синтеза телекоммуникационной сети.

***Ключевые слова**: телекоммуникационная сеть, живучесть, граф, топология, связность.*

REQUIREMENTS ANALYSIS OF CONNECTIVITY STRUCTURES PRIMARY TELECOMMUNICATION NETWORK

O.V. Barabash, V.S. Zotsenko

In this paper researched the technological requirements for telecommunications networks. We analyzed the level of connectedness of the basic structures of telecommunication networks. Based on the results concluded on ways to improve the connectivity of these structures and how to increase the connectivity factor of a given structure affects the cost of the synthesis of the telecommunications network.

***Keywords**: telecommunication network, vitality, graph, topology, connectivity.*