

ОПТИМІЗАЦІЯ ПОТОКІВ SDH МЕРЕЖ З РЕЗЕРВУВАННЯМ

© Мельник Дмитро, Ворко Василь, Бас Михайло, Андрухів Тарас, 2004

Розглянуто способи підвищення пропускної здатності SDH мережі за різних методів резервування, проведено аналіз ефективності SNCP та MS Spring методів резервування, а також запропоновано методіку розрахунку потоків при збільшенні навантаження в транспортній мережі м. Львова.

Methods of SDH network capacity increasing at different reservation methods have been considered, and the analysis of SNCP and MS Spring methods efficiency has been carried out. And stream calculation method at loading increasing in the Lviv's transport network has been represented.

Вступ

В наш час технологія SDH є не тільки перспективною, але і достатньо апробованою технологією для створення транспортних мереж. Технологія SDH має багато важливих переваг з експлуатаційної і інвестиційної точок зору. Якщо абонентам оператора зв'язку зручна оренда каналів $n \times 2$ Мбіт/с або більш швидкісних каналів 34 Мбіт/с, 155,520 Мбіт/с, а трафік є симетричним, то мережа SDH може розглядатися як готовий засіб надання послуг. В тому разі, якщо велика кількість абонентів не використовує такі канали ефективно, мережа SDH може виконувати роль опорної мережі, яка уможливить раціональніше використовувати можливості мережі і забезпечити диференціацію надання послуг відповідно до потреб абонентів. Мережа SDH є раціональним рішенням з погляду інвестицій, оскільки має великі можливості для подальшого розширення, а також дає змогу створювати сучасні мережі з широким переліком послуг. На її основі може бути побудовано "мультисервісну мережу".

1. Оптимізація мережі за різних видів резервування

Аналіз мереж SDH показує, що принципи побудови мереж у традиційних і альтернативних операторів є різними, це пояснюється різними задачами цих мереж та різними характеристиками трафіка. Як правило, місцеві транспортні мережі будуються за принципом об'єднання двох або декількох кілець в єдину мережу (рис. 1). Залежно від міста і величини трафіка мережа може мати різні рівні агрегованого потоку від STM-1 до STM-16.

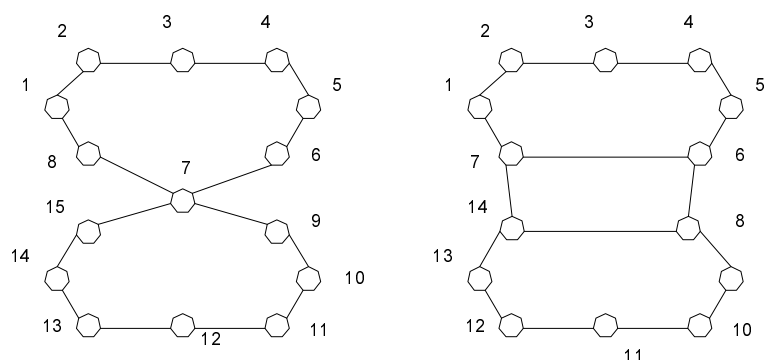


Рис. 1. Об'єднання кілець в єдину мережу: а – з'єднання кілець в одному вузлі;
 б – з'єднання кілець по загальному ребру

Мережі з кільцевою топологією забезпечують автономне резервування і не вимагають встановлення системи управління, так званого “ мережевого менеджера”, що є дуже важливо, враховуючи його високу вартість.

Основною перевагою кільцевої топології для традиційних операторів є постійне розташування вузлів зв'язку (АТС) і легко прогнозований ріст трафіка. Введення нової АТС переважно планується і відповідно можна спрогнозувати ріст трафіка в мережі. Так, певною мірою стаціонарна ситуація росту пропускної здатності мережі відповідає параметрам кільцевої архітектури. Кільцева структура дає змогу отримати високу надійність при низькій зв'язності мережі, причому найменшу зв'язність ($d=2-4$) мають місцеві мережі.

Мережі альтернативних операторів рідко використовують кільцеву архітектуру. Такі мережі найчастіше будуються за принципом дворівневої структури (рис. 2), де перший рівень відповідає периферійній частині мережі, а другий – центральній частині, яка і забезпечує транзитний трафік.

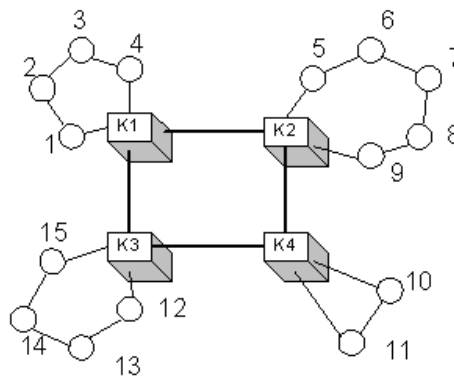


Рис. 2. Дворівнева структура мережі

Резервування в таких структурах здійснюється маршрутизацією трактів користувачів за двома незалежними шляхами з реалізацією схеми 1+1.

Кільцеві структури транспортних оптичних мереж SDH в обласних містах відрізняються великою різноманітністю. При цьому найчастіше використовуються два способи збільшення пропускної здатності мережі. У першому випадку збільшення пропускної здатності мережі досягалося шляхом введення додаткового кільця по окремій волоконно-оптичній парі і накладення його на вже існуюче кільце з розподіленням навантаження між двома кільцями. В другому випадку зберігають структуру мережі, але змінюють рівень агрегатного потоку в одному або декількох кільцях (переходять від STM-4 до STM-16). Таке рішення потребує заміни мультиплексорів в усіх вузлах кільця і великих фінансових затрат.

Сьогодні більшість транспортних мереж в різних містах побудована за принципом об'єднання декількох взаємозв'язаних кілець типу SNCP. Це пояснюється тим, що на ранніх етапах введення систем SDH, мультиплексори багатьох фірм-виробників обладнання SDH, наприклад ECI, Lucent Technologies (для рівня STM-4), не підтримували спосіб резервування MS Spring в кільцевих топологіях.

Тепер, коли є можливість використовувати різні способи резервування, продовжує зберігатись тенденція до використання в нових проектах кільцевої структури з резервуванням типу SNCP, що в подальшому призводить до менш ефективного використання пропускної здатності мережі. В результаті в багатьох містах кільцеві структури типу SNCP мережі традиційних операторів вже перевантажені.

У структурі взаємозв'язаних кілець можуть використовуватися два методи резервування: SNCP та MS Spring. Оскільки пропускна здатність кільця SNCP повинна дорівнювати сумі всіх потоків кільця, то оптимізувати ізольоване кільце SNCP взагалі неможливо, але в системі взаємозв'язаних кілець оптимізація досягається за рахунок мінімізації передачі транзитного трафіка.

Основний ефект від оптимізації мережі SDH забезпечується оптимізацією кільцевих структур типу MS Spring. Зниження загальних затрат у цьому кільці досягається мінімізацією максимального завантаження ребра в кожному кільці, за якими визначається резервна ємність кільця. Мінімізація максимального завантаження ребра досягається шляхом маршрутизації потоків в системі взаємозв'язаних кілець. Аналіз затрат на резервування шляху способами типу SNCP та MS Spring показав, що метод резервування MS Spring є ефективніший і уможливує резервувати на 10–40 % менше пропускної здатності, ніж у способі SNCP. Найбільший вигрaш може бути отриманий у разі рівномірного розподілу трафіка.

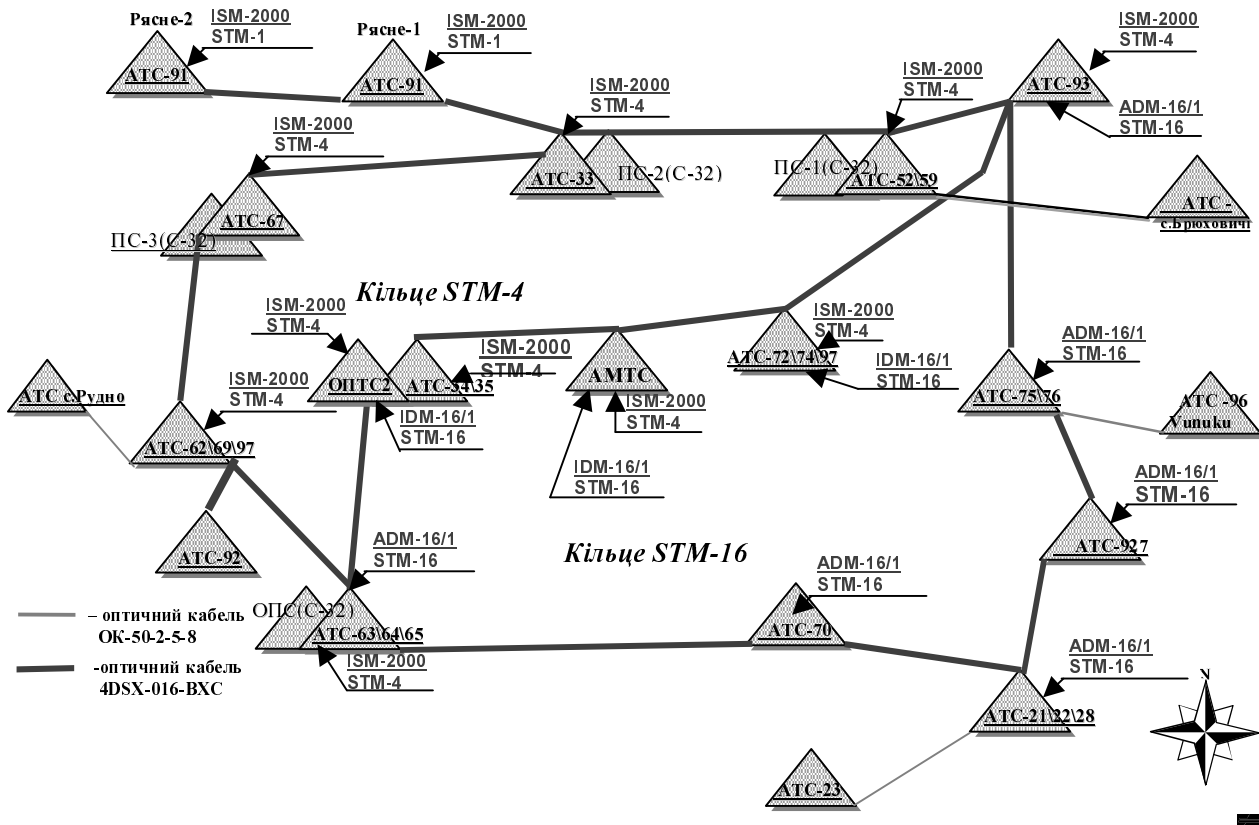


Рис. 3. Схема SDH-мережі м. Львова

2. Розрахунок навантаження і оптимізація топології транспортної мережі м. Львова

На основі первинного аналізу навантаження у вузлах мережі з врахуванням майбутнього розвитку мережі задамо сумарний вихідний трафік від абонентів у вузлах мережі м. Львова у вигляді матриці вихідного трафіка ($S=S_{ij}$) для N вузлів мережі ($i=j=1, \dots, N$):

$$S_{ij} := \begin{pmatrix} S_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & S_{NN} \end{pmatrix} \quad (1)$$

У діагональних елементах матриці S задано вихідний трафік відповідних станів.

Розподілена матриця трафіка D (табл. 1 і 2) задає первинне розподілення потоків між N вузлами мережі і дає змогу згідно з формулою (2) розрахувати матрицю трафіка T , елементи якої T_{ij} визначає первинне розподілення трафіка між вузлами транспортної мережі. При цьому діа-

гональні елементи матриці трафіка $T_{ij} = T_{ii}$ ($i=j$) визначають сумарний об'єм вхідного та вихідного трафіка у вузлі мережі. Наступним етапом буде нормування матриці розподіленого трафіка **D** (сума всіх елементів у кожному стовпці матриці повинна дорівнювати 1).

Таблиця 1

Розподіл потоків віртуального кільця STM-4

АТС	АТС-33	АТС-52	АТС-62	АТС-63	АТС-67	АТС-72	АТС-93\94	ОПТС-2	АТС-34	УТЕЛ	Рясне1	Рясне2
АТС-33						1	12	15	1	9		
АТС-52			8	1			23	6	2	14		
АТС-62		8		3			5	12	1	17		
АТС-63	4	9	3		9		1	1		16		
АТС-67				9				9		6		
АТС-72	1						4			17		
АТС-93	12	23	5						8	14	19	6
ОПТС-2	15	6	12	1	9				8	5		
АТС-34	1	2	1							11		
УТЕЛ	9	14	17	16	6	17	14	5	11			
Рясне1							19					
Рясне2							6					
Сума	42	62	46	30	24	18	59	48	31	109	19	6

Таблиця 2

Розподіл потоків віртуального кільця STM-16

АТС	АТС-21	АТС-70	АТС-63	АТС-72	АТС-75	АТС-93	ОПТС-2	УТЕЛ	АТС-33	АТС-52	АТС-67	АТС-251
АТС-21			10	1	10	32	32	15				
АТС-70				7	15		20	10				
АТС-63	10				9	47	61	11	4	8	4	
АТС-72	1	7			2	30	14	4				
АТС-75	10	15	9	2		60	14	24				
АТС-93	32		47	30	60		30	29				6
ОПТС-2	32	20	61	14	14	30		20				4
УТЕЛ	15	10	11	4	24	29	20		6			4
АТС-33			4					6				
АТС-52			8									
АТС-67			4									
АТС-251						6	4	4				
Сума	100	52	154	58	134	234	195	123	10	8	4	14

Узгоджену матрицю трафіка **T_c** можна визначити за формулою (2)

$$T_c = S \cdot D_c \quad (2)$$

Кожний елемент узгодженої матриці трафіка **T_c** визначає трафік між усіма вузлами транспортної мережі м. Львова. На основі узгодженої матриці розподілення трафіка розраховують нормовану (на кількість цифрових потоків E_1) матрицю розподілу трафіка між вузлами мережі. Нормована матриця дає змогу розрахувати навантаження між вузлами мережі у вигляді цифрових потоків $N_{ix}E_1$, де $i=1,2,3,\dots, k$ – номер тракту, i визначити ємність магістралі мережі в цифрових потоках рівня STM-N ($N=1,4,\dots$). Матриця розподілу трафіка між вузлами мережі будується у вигляді матриці потоків E_1 .

На основі проведеного розрахунку розподілу трафіка між вузлами запропоновано топологію транспортної мережі м. Львова (рис. 3), яка використовує дві з'єднані кільцеві структури зі спільним ребром. Транспортні кільця згідно з розрахунками, наведеними в табл. 1 і 2, побудовані з використанням обладнання транспортних модулів STM-4 і STM-16 фірми Lucent Technologies.

Висновки

Запропонований метод розрахунку транспортної мережі дає можливість розрахувати трафік між вузлами мережі при зміні навантаження і розподілу потоків між вузлами мережі. Аналіз матриці розподілення трафіка (Тс) дає змогу визначити доцільність оптимізації топології мережі. Оптимізація топології ґрунтується на дослідженні матриці розподілення трафіка (Тс), корегування топології та розподілу трафіка між вузлами мережі в такий спосіб, щоб досягти приблизно однакового завантаження лінійних трактів, вираженого числом цифрових потоків Е1.

1. *Вербовецкий А. А. Основы проектирования цифровых оптоэлектронных систем связи. – М., 2000.* 2. *Сергеева Т.М., Баркова И.В. Оптимизация проектирования сетей SDH с резервированием / Вестник “Связи”. – 2003.* 5. *Климаш М.М., Романчук В.І. Розрахунок ефективності використання пропускної здатності каналу для різних видів трафіка та мережевих технологій / Вісник НУ”Львівська політехніка” “Ком’ютерні системи проектування: теорія і практика”. – 2003.*

УДК 621.382.33:681

Маркіян Павликевич, Орест Костів, Ольга Шаталова, Мар’ян Кирик
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра телекомунікацій

АНАЛІЗ, ПРОГНОЗУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ ЗОВНІШНЬОГО КАНАЛУ WEB-ВУЗЛА

© Павликевич Маркіян, Костів Орест, Шаталова Ольга, Кирик Мар’ян, 2004

Наведено результати аналізу та дослідження трафіка зовнішнього каналу Інтернет-провайдера. Здійснено спробу спрогнозувати цей трафік на основі популярних аналітичних методів прогнозування часових рядів.

There are given results of the analysis and investigation of the Internet-provider external channel traffic. The attempt to predict given traffic on the base of popular analytical procedures of time series prediction has been made.

Стрімкий розвиток інформаційних та телекомунікаційних технологій, що викликає, своєю чергою, зростання попиту на інфокомунікаційні послуги, зокрема Інтернет-послуги, вимагає розробки нових алгоритмів збільшення пропускної здатності каналів зв’язку. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є оптимізація проходження тих чи інших інформаційних застосувань залежно від їх пріоритетності та розміру.

Ефективність надання послуг кінцевим користувачам визначається кількома чинниками, одним з яких є завантаженість каналу Інтернет-провайдера. Тому дослідження розподілу трафіка Інтернет-провайдера за популярними протоколами, прогнозування навантаження у його зовнішньому каналі відносно тижня та годин доби, а також управління трафіком кожного з популярних Інтернет-протоколів на основі такого прогнозу є актуальною темою наукових досліджень на сучасному етапі [1].

Аналіз трафіка зовнішнього каналу

Такі дослідження протягом двох років проводяться спільно кафедрою “Телекомунікації” та Центром інформаційних та телекомунікаційних технологій Національного університету “Львівська політехніка” на основі статистичних даних завантаження зовнішнього каналу Інтернет-вузла.

Схема організації Інтернет-вузла зображена на рис. 1. Збір даних проводився як на сервері баз даних, на якому зберігаються лог-файли усіх користувачів Інтернету, яких обслуговує цей Інтернет-провайдер (користувачі, які працюють через локальну мережу, комутовані та некомутовані лінії), так і на кеш-сервері інтернет-вузла.