

УДК 656.7.085:657.71(045)

Міляєв Ю.П., к.т.н., доцент,
Бельська О.А., к.т.н., доцент,
Ковшик А. Г.

ТЕХНОЛОГІЯ СИНХРОННОЇ ЦИФРОВОЇ ІЄРАРХІЇ ДЛЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ

Мета роботи полягає в підвищенні ефективності технології SDH. Особливу увагу приділено основним етапам побудови та проектування мереж на основі технології синхронної цифрової ієрархії. У праці проведений аналіз технології синхронної ієрархії та основні напрямки вдосконалення мереж на основі цієї технології. В результаті проведеного аналізу технології SDH спроектована модель транспортної мережі. Отримані результати детально проаналізовані, наведено оптимальну топологію отриманої мережі та номенклатуру обладнання, за допомогою вона реалізується.

Цель работы состоит в повышении эффективности технологии SDH. Особое внимание уделено основным этапам построения и проектирования сетей на основе технологии синхронной цифровой иерархии. В работе проведен анализ технологии синхронной цифровой иерархии и основные направления совершенствования сетей на основе этой технологии. В результате проведенного анализа технологии SDH спроектирована модель транспортной сети. Полученные результаты подробно проанализированы, приведена оптимальная топология полученной сети и номенклатура оборудования, с помощью которой она реализуется.

The objective of the work is to improve the efficiency of technology SDH. Particular attention is paid to the main stages of construction and planning of networks based on synchronous digital hierarchy technology. The technology of synchronous hierarchy and general ways of improving networks based on this technology are described in this work. There is a model of transport network based on synchronous digital hierarchy technology which is designed after previous analysis. Taking into account the obtained results, there are presented the optimal network's topology and range of equipment, using it is implemented.

Вступ. Головною особливістю телекомунікаційних провідних систем є можливість створення певного (у даному випадку провідного) штучного середовища для поширення електромагнітних хвиль, що дозволяє проводити оптимізацію цього середовища з метою досягнення найбільшої пропускної спроможності. Саме в процесі цієї оптимізації

відбувся розвиток проводового зв'язку від мідного проводу і коаксіального кабелю до волоконно-оптичної лінії зв'язку (ВОЛЗ). Наведемо їх основні переваги:

- широка смуга пропускання;
- низький рівень загасання сигналу при розповсюдженні;
- відсутність власних зовнішніх електромагнітних випромінювань;
- можливість повного діелектричного виконання волоконно-оптичних кабелів.

В даний час великі транспортні мережі зв'язку використовують волоконно-оптичні системи в якості середовища передачі інформації на великі відстані. При цьому більшість таких мереж мають інфраструктуру, засновану на технології SDH (Synchronous Digital Hierarchy). Це пов'язано з наступними особливостями технології SDH:

- зрілість та стабільність застосовуваних технологій і стандартів.
- відповідність рішень сучасному рівню технології.
- висока якість зв'язку.
- висока надійність.
- економічна ефективність.

Інтерес до технології SDH обумовлений тим, що ця технологія прийшла на зміну імпульсно-кодової модуляції (ІКМ) і плезіохронної цифрової ієрархії (ПЦІ) і стала інтенсивно впроваджуватися в результаті масового встановлення сучасних закордонних цифрових АТС (аналогових телефонних станцій), які дозволяють оперувати потоками 2 Мбіт/с, та створення в регіонах локальних кілець SDH. На сьогоднішній день на основі технології SDH відбувається масштабне переобладнання старої аналогової мережі зв'язку в цифрову взаємозв'язану мережу зв'язку, яка використовує самі передові технології.

Аналіз досліджень і публікацій.

В статті [8] описується проблема синхронізації цифрових мереж, пропонується використання єдиного джерела синхронізації, наведені схеми управління в мережах, точні параметри і основні помилки еталонних джерел, класи і характеристики хронуючих джерел, обладнання синхронізації мереж.

В статті [9, 10] описується стандарт синхронної цифрової ієрархії та процедури формування кадрів.

Постановка завдання. Наукова задача полягає в розробці способів і прийомів аналізу топологій та архітектур SDH. Об'єктом дослідження є телекомунікаційна транспортна мережа. Предметом дослідження є технологія SDH для телекомунікаційних транспортних мереж. В дипломній роботі поставлені наступні задачі:

- провести аналіз технології цифрової синхронної ієрархії.

- з'ясувати основні етапи при побудові та проектуванні транспортних телекомунікаційних мереж.
- спроектувати модель транспортної телекомунікаційної мережі на основі технології SDH.
- провести аналіз отриманих результатів.

Актуальність теми полягає в тому, що в даний час великі транспортні мережі зв'язку використовують волоконно-оптичні системи в якості середовища передачі інформації на великі відстані [1]. При цьому більшість таких мереж мають інфраструктуру, засновану на технології SDH. Інтерес до цієї технології обумовлений тим, що вона прийшла на зміну імпульсно-кодovій модуляції і плезіохронній цифровій ієрархії. На сьогоднішній день на основі технології SDH відбувається масштабне переобладнання старої аналогової мережі зв'язку в цифрову взаємозв'язану мережу зв'язку, яка використовує самі передові технології.

Щоб спроектувати мережу в цілому, потрібно пройти кілька етапів, на кожному з яких вирішується те чи інше функціональне завдання [2]. Першим з них є завдання вибору топології мережі. Другим етапом при побудові мережі на основі технології SDH є вибір архітектури мережі. Згідно сучасним уявленням [7] перспективна мережа на базі систем передачі SDH повинна мати ієрархічну трирівневу архітектуру (рис. 1).

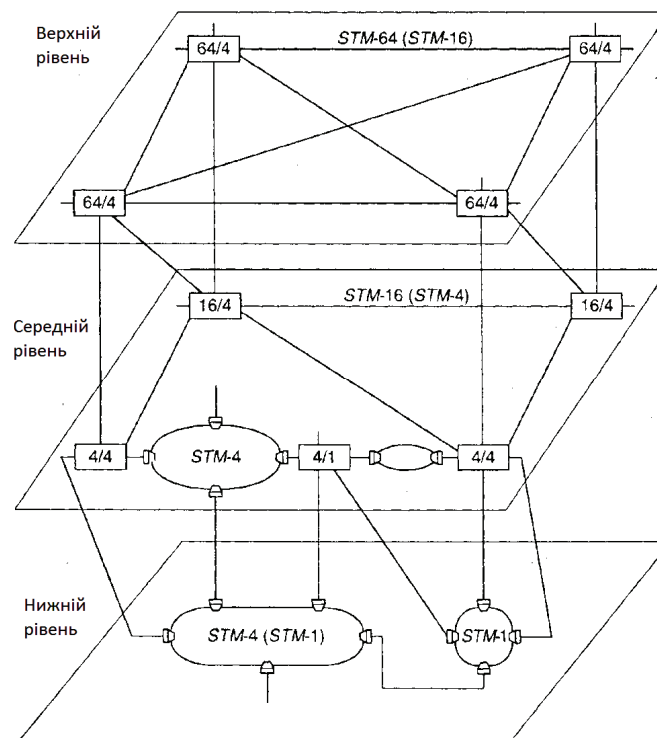


Рис. 1. Ієрархічна трирівнева архітектура.

Верхній (магістральний) рівень утворюється головними вузлами мережі, на яких встановлюється різне високошвидкісне синхронне

устаткування (SLM, DIM, DXC та ін.). Середній рівень складається з декількох сполучених регіональних мереж, що охоплюють певну територію. Нижній рівень складають мережі доступу, до яких підключаються джерела і споживачі навантаження.

При побудові мереж SDH найбільш поширеними їх структурами є кільцеві мережі з використанням топологій «кільце» і «точка - точка», а також комірчасті мережі на базі топології «точка - точка» і крос-конекторів (рис. 2). З метою досягнення необхідної надійності і стійкості зв'язку може бути спроектована комбінована (гібридна) конфігурація мережі, що поєднує комірчасту структуру з лінійним захистом і пов'язані з нею кільцеві структури.

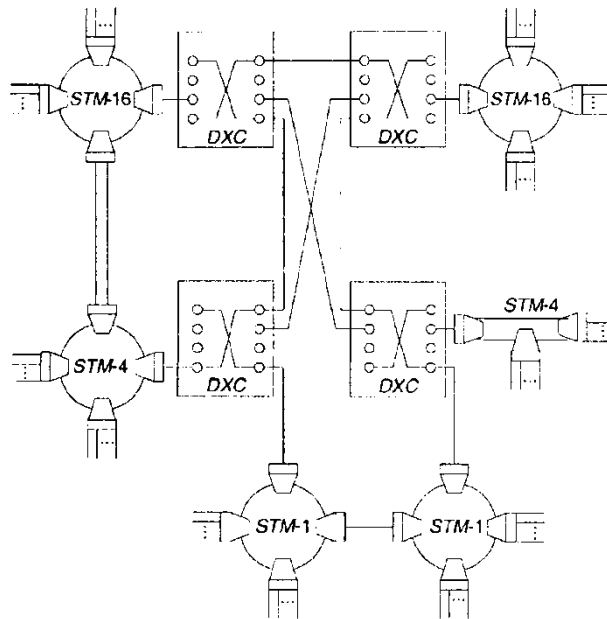


Рис. 2. Архітектура розгалуженої мережі SDH.

На основі проведеного аналізу топологій і архітектур мереж була спроектована модель транспортної телекомунікаційної мережі на основі технології синхронної цифрової ієрархії (рис. 3), яка має 6 вузлів (6 цифрових АТС).

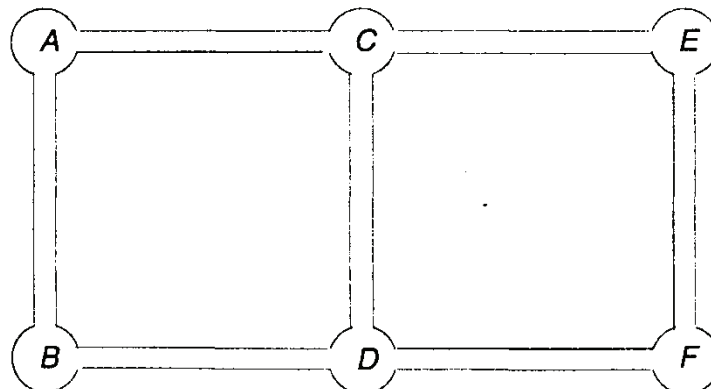


Рис. 3. Спроекована модель транспортної телекомунікаційної мережі на основі технологій SDH.

Кількість первинних цифрових каналів та каналів з системою захисту «1+1» представлені на рис. 4.

Вузли	Роки											
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
<i>A</i>	<i>A</i>		30/10	70/14	30/5	50/10	30/3	60/12	10/1	15/3	10/0	17/4
<i>B</i>	30/10	70/14	<i>B</i>		7/2	17/4	4/0	10/4	5/0	7/2	4/1	8/2
<i>C</i>	30/5	50/10	7/2	17/4	<i>C</i>		2/2	7/7	-	3/1	-	-
<i>D</i>	30/3	60/12	4/0	10/4	2/2	7/7	<i>D</i>		-	-	-	4/1
<i>E</i>	10/1	15/3	5/0	7/2	-	3/1	-	-	<i>E</i>		-	2/0
<i>F</i>	10/0	17/4	4/1	8/2	-	-	-	4/1	-	2/0	<i>F</i>	
Всього	110/19	212/43	50/13	112/26	39/9	77/22	36/5	81/24	15/1	27/6	14/1	31/7

Рис. 4. Кількість первинних цифрових каналів та каналів з системою захисту «1+1».

У результаті проведеного короткого аналізу можливих топологій спроектованої мережі, комірчасту мережу з топологією, представленою на рис. 3, можна рекомендувати для використання як оптимальну, так як вона при мінімальній кількості мультиплексорів (чотири мультиплексора рівня STM -4 і два - рівня STM -1) задовольняє сформульованим умовам щодо резервування зазначених первинних цифрових каналів.

Питання резервування були вирішені шляхом направлення виділених первинних цифрових каналів за двома маршрутами з збігаючимися кінцевими точками мережі, наприклад за маршрутами $A \rightarrow B$ і $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B$. Результати представлені на рис. 5.

$A \rightarrow B$	$A \rightarrow C$	$B \rightarrow D$	$C \rightarrow D$	$C \rightarrow E$	$D \rightarrow F$	$E \rightarrow F$
$A-B$ 30/70	$A-B(p)$ 10/14	$A-B(p)$ 10/14	$A-B(p)$ 10/14	$A-E$ 10/15	$A-E(p)$ 1/3	$A-E(p)$ 1/3
$A-C(p)$ 5/10	$A-C$ 30/50	$A-C(p)$ 5/10	$A-C(p)$ 5/10	$A-F$ 10/17	$A-F(p)$ 0/4	$A-F$ 10/17
$A-D$ 30/60	$A-D(p)$ 3/12	$A-D$ 30/60	$A-D(p)$ 3/12	$B-E(p)$ 0/2	$B-E$ 5/7	$B-E$ 5/7
$A-E(p)$ 1/3	$A-E$ 10/15	$A-E(p)$ 1/3	$B-C$ 7/17	$B-F(p)$ 1/2	$B-F$ 4/8	$B-F(p)$ 1/2
$A-F(p)$ 0/4	$A-F$ 10/17	$A-F(p)$ 0/4	$B-D(p)$ 0/4	$C-E$ 0/3	$C-E(p)$ 0/1	$C-E(p)$ 0/1
$B-C(p)$ 2/4	$B-C(p)$ 2/4	$B-C$ 7/17	$C-D$ 2/7	$D-F(p)$ 0/1	$D-F$ 0/4	$D-F(p)$ 0/1
$B-D(p)$ 0/4	$B-D(p)$ 0/4	$B-D$ 4/10	$C-E(p)$ 0/1	-	-	$E-F$ 0/2
$B-E(p)$ 0/2	$B-E(p)$ 0/2	$B-E$ 5/7	$D-F(p)$ 0/1	-	-	-
$B-F(p)$ 1/2	$B-F(p)$ 1/2	$B-F$ 4/8	-	-	-	-
$C-D(p)$ 2/7	$C-D(p)$ 2/7	$C-D(p)$ 2/7	-	-	-	-
Сума 166	Сума 127	Сума 140	Сума 66	Сума 40	Сума 27	Сума 33

Рис. 5. Умови резервування первинних цифрових каналів.

Як перспективу подальшого розвитку даної теми, було розглянуто напрямки вдосконалення мереж SDH, основним з яких є поступовий перехід до транспортних мереж нового покоління шляхом поступової адаптації до передачі пакетного трафіку.

Висновки. Таким чином, в даній роботі був проведений аналіз технології синхронної цифрової ієрархії для транспортних телекомунікаційних мереж, в ході якого було виявлено переваги синхронної цифрової ієрархії над плезиохронною цифровою ієрархією. Було досліджено основні етапи процесів побудови та проектування телекомунікаційних транспортних мереж на основі технології SDH. В ході дослідження були визначені наступні особливості:

– сучасні телекомунікаційні мережі повинні бути високошвидкісними, мати гнучку, легко керовану структуру і при цьому забезпечувати можливість спільної роботи апаратури і устаткування різних фірм-виробників (постачальників) як на мережі одного оператора, так і при взаємодії декількох мереж різних операторів;

– щоб спроектувати мережу в цілому, потрібно пройти кілька етапів, на кожному з яких вирішується те чи інше функціональне завдання. Першим з них є вибір топології мережі, а другим – вибір архітектури мережі.

В ході проведеного аналізу була спроектована модель транспортної мережі, яка дозволила на основі отриманих даних запропонувати оптимальну топологію мережі – комірчасту, так як вона при мінімальній кількості мультиплексорів (чотири мультиплексора рівня STM -4 і два - рівня STM -1) задовольняє сформульованим умовам щодо резервування зазначених первинних цифрових каналів.

Як перспективу подальшого розвитку даної теми, було розглянуто основні напрямки вдосконалення мереж SDH.

Усі теоретичні результати та напрацювання бакалаврської дипломної роботи можуть бути використані при аналізі телекомунікаційних мереж, при побудові та проектуванні архітектури телекомунікаційних мереж.

Використані джерела інформації:

1. *Льченко М.Ю., Кравчук С.О.* Сучасні телекомунікаційні системи. - К.: НВП "Наукова думка", 2008. - 328 с.
2. *Хмелёв К.Ф.* Основы SDH: Монография. - К.: ИВЦ «Издательство "Политехника"», 2003.-584 с.
3. *Олифер В.Г., Олифер Н.А.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов. 4-е изд. – СПб.: Питер, 2010. - 944 с.
4. *Кулева Н.Н., Федорова Е.Л.* Архитектурное представление сетевых слоёв в процессах мультиплексирования в транспортных сетях SDH: Учебное пособие/СПбГУТ. – СПб, 2004. – 70 с .

5. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи. - М.: Радио и связь, 2000.-468 с.
6. Бакланов И.Г. SDH →NGSDH: практический взгляд на развитие транспортных сетей. М.: Метротек, 2006. – 736 с.
7. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH. – М.: ЭКО –ТРЕНДЗ, 1997.–150 с.
8. Слепов Н.Н. Синхронизация цифровых сетей. Методы, терминология, аппаратура. ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес №2. - 2002. – С. 24-29.
9. Климов Д.А. Развитие технологии SDH. Материалы V Международной научно-технической школы-конференции, 10 – 13 ноября 2008 г. М.: МИРЭА, 2008, часть 4. С. 200-204.
10. Шполянский Е.А. Методы расчета надежности и оптимизации загрузки кольцевых SDH – сетей /Е. А. Шполянский//Информация и космос. – №3. –2004. – С. 46-51.
11. Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации. Под ред. Ю. Н. Чернышова. - М.: Эко-Трендз, 2008. - 400 с.
12. Бакланов И.Г. Технологии измерения первичной сети. Часть 1. Системы E1, PDH, SDH. М.: Эко-Трендз, 2000. – 145 с.