

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ,
ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТА РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ**

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри

_____ Одарченко Р.С.
“ _____ ” _____ 2021 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР

Тема: «Мережа наступного покоління в м. Енергодар»

Виконавець: _____ Зимін Ю. С.
(підпис)

Керівник: _____ Антонов В. В.
(підпис)

Нормоконтролер: _____ Бахтіяров Д. І.
(підпис)

Київ 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Одарченко Р.С.

“ ” _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ на виконання дипломної роботи

Зиміна Юрія Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломної роботи (проекту): «Мережа наступного покоління в м. Енергодар» затверджена наказом ректора від «06» квітня 2021 р. №559 / ст
2. Термін виконання роботи: з 17.05.2021 р. по 20.06.2021 р.
3. Вихідні дані до роботи: AN-516; 610; 512;514; SAN-55; 54; 56; 52; 53; вузол спец-служб, комутаційне поле для AN/SAN; сполучні лінії міжміські.
4. Зміст пояснювальної записки: . вступ, Технології SDH для організації мереж, Принципи, особливості SDH мережі, Аналіз існуючої мережі, Топологія, основні особливості існуючої мережі, Обладнання, що використовується і його характеристики, Архітектура системного контролю, Технічні відомості стандартних схем захисту SDH, Ключові характеристики плат 7070, Реконструкція існуючої мережі, Розрахунок інтенсивності навантаження, Розрахунок ємності пучків сполучних ліній, Розрахунок кількості потоків E1, висновки, список використаних джерел.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: SURPASS Нове покоління, Мережа SDH, Мультисервісна оптична мережа, Мультисервісна оптична мережа, SURPASS hiT 7070, GFP, Топологія управління мережі, SURPASS hiT 7070, мережа після реконструкції

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Розробити деталізований зміст розділів диплому	17.05.2021-20.05.2021	Виконано
2	Вступ	21.05.2021-22.05.2021	Виконано
3	Назва першого розділу	23.05.2021-27.05.2021	Виконано
4	Назва другого розділу	28.05.2021-03.06.2021	Виконано
5	Назва третього розділу	04.06.2021-09.06.2021	Виконано
6	Усунення недоліків дипломної роботи	10.06.2021-14.06.2021	Виконано

7. Дата видачі завдання: "26" квітня 2021 р.

Керівник дипломної роботи _____ Антонов В. В.
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання _____ Зимін Ю. С.
(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота «Мережа наступного покоління в м. Енергодар» містить 67 сторінок, 27 рисунків, 12 таблиці, 10 використаних джерел.

Ключові слова використовувані в дипломній роботі - SDH, ТРАНСПОРТНА МЕРЕЖА, ВУЗЛИ МЕРЕЖІ, SAN/AN, SURPASS HIT 7070, ТОПОЛОГІЇ, НАВАНТАЖЕННЯ, РОЗРАХУНОК ІНТЕНСИВНОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ.

Метою дослідження є проектування мережі наступного покоління в м. Енергодар.

Завдання дослідження є проектування мережі SDH, розрахунок навантаження у мережі та на вузлах, та реконструкція мережі.

Об'єктом дослідження є транспортна мережа в м. Енергодар з обладнанням SURPASS.

Предметом дослідження є функціонування, аналіз певних вузлів мережі, практичне дослідження характеристик елементів мережі.

Методи досліджень. Для досягнення поставлених цілей в роботі використано: методи математичного моделювання по даним характеристикам вузлів мережі, моделювання структурної схеми мережі.

Матеріали дипломної роботи рекомендується використовувати при проектуванні, реконструкції мережі на базі технологій SDH.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЇ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ.....	8
1.1. Вступ	8
1.2. Провідні мережі доступу	9
1.3. Векторизація - сьогодення мідна технологія	11
1.4. Волоконно-оптичні технології	15
1.5. Ширококутні кабельні мережі	19
1.6. Передача даних в ширококутних кабельних мережах	21
1.7. Довготривалий розвиток ширококутних кабельних мереж	22
1.8. Технологічний внесок ширококутних кабельних мереж в розширення мульти-сервісного доступу	23
1.9. Транспортні мультисервісні мережі	24
1.10. Мережі які визначаються програмно	26
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ МЕРЕЖІ.	30
2.1. Топологія, основні особливості існуючої мережі.	31
2.2. Обладнання, що використовується і його характеристики.	32
2.3. Архітектура системного контролю.	35
2.4. Технічні відомості стандартних схем захисту SDH.....	37
2.5. Ключові характеристики плат SURPASS hiT 7070.	40
2.6. Реконструкція існуючої мережі.	43
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ІНТЕНСИВНОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ	46
3.1. Розрахунок ємності пучків сполучних ліній.....	60
3.2. Розрахунок кількості потоків E1.....	62
ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	67

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

SDH - синхрона цифрова ієрархія.

SNCP - резервування трактів підмережовим з'єднанням.

TM - термінальний мультиплексор.

DXC - кросовий комутатор.

ADM - мультиплексор вводу\виводу.

RDLU - модуль цифрових ліній.

AN/SAN (EWSD) - цифрова електронна комутаційна система (АТС).

SMA - синхронний мультиплексор вводу\виводу.

BCC - вузол спецслужб.

СЛМ - сполучні лінії міжміські.

УСЛ - умовно сполучна лінія

NGA Next Generation Access

NG-PON Next Generation Passive Optical Network

OFDM Orthogonal Frequency-Division Multiplex

OLT Optical Line Termination

OSI Open Systems Interconnection

PDH Plesiochrone digitale Hierarchie

PON Passive Optical Network

QAM Quadraturamplitudenmodulation

RF Radio Frequency

RFoG Radio Frequency over Glass

SDH Synchrone digitale Hierarchie

TWDM-PON Time and Wavelength Division Multiplexed Passive Optical Network

UHF Ultra-High Frequency

VDSL Very High Speed Digital Subscriber Line

WLAN Wireless Local Area Network

ВСТУП

Актуальність теми. Мережі SDH зайняли високе місце в телекомунікаційній структурі. На цей момент вони є у всіх великих мережах - регіональних, національних і міжнародних. Технології SDH має гарний рівень адаптації, тому ці мережі мають високий рівень адаптивності та можуть бути модифікованими.

Маючи багато різних особливостей, ієрархії SDH мають перевагу серед інших типів мереж. Також важливим аспектом є те, що структура верхнього рівня може будуватись із структур нижнього рівня, декілька структур того ж рівня, можуть бути об'єднані в одну більш загальну структуру, тому мережі, що побудовані на цій технології мають можливість працювати з різними мережами.

Варто згадати, що варіативність топологій дає змогу будувати мережі, які матимуть гарний рівень захисту, та можливість працювати у критичних ситуаціях, (коли певний вузол вийшов з робочого режиму).

Мета і завдання дослідження.

Метою дослідження є проектування мережі наступного покоління в м. Енергодар.

Завдання дослідження є проектування мережі SDH, розрахунок навантаження у мережі та на вузлах, та реконструкція мережі.

Об'єктом дослідження є транспортна мережа в м. Енергодар з обладнанням SURPASS.

Предметом дослідження є функціонування, аналіз певних вузлів мережі, практичне дослідження характеристик елементів мережі.

Методи досліджень. Для досягнення поставлених цілей в роботі використано: методи математичного моделювання по даним характеристикам вузлів мережі, моделювання структурної схеми мережі.

Апробація отриманих результатів. Основні положення роботи доповідалися та обговорювалися на таких конференціях:

- Науково-практична конференція «Проблеми експлуатації та захисту інформаційно-комунікаційних систем», м. Київ, 2021 р.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЇ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ

1.1. Вступ

Мультисервісні технології доступу допомагають досягти поставлених завдань в області широкопasmового зв'язку щодо забезпечення кожного домогосподарства як мінімум 50 Мбіт/с. Для реалізації мереж доступу наступного покоління (так звані мережі доступу наступного покоління - NGA) існують як провідні, так і радіо-технології доступу [2].

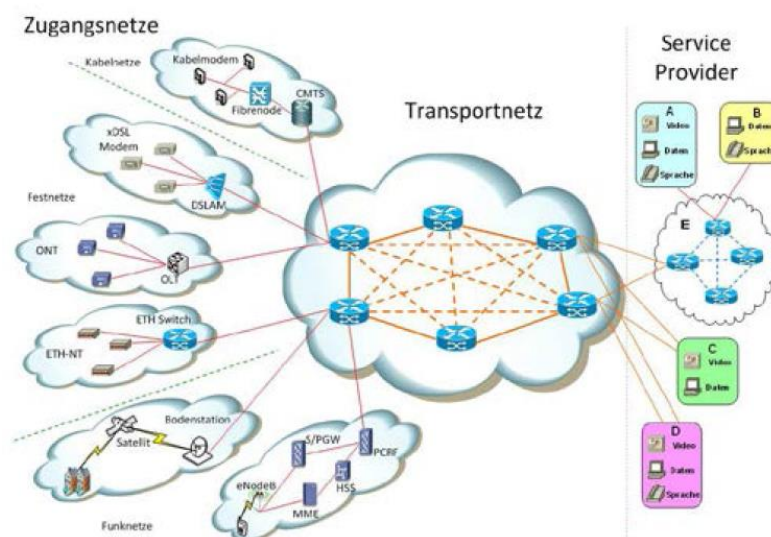


Рис. 1.1. Приклади точок доступу NGA більш високих рівнів в загальній мережі

До провідних мереж доступу відносяться мережі з двопровідними мідними лініями, волоконно-оптичні мережі та широкопasmові кабельні мережі. Мережі на основі радіо включають стільникові мережі та супутникову передачу. Крім того, WLAN (бездротова локальна мережа) тепер також пропонується операторами телекомунікаційних мереж в якості доступу. WLAN є додатковим компонентом технологій, показаних для використання мультисервісного широкопasmового зв'язку незалежно від місця розташування. Через обмеження діапазону ця технологія сама по собі менш

підходить для досягнення максимально можливого покриття на всій території. Крім використання окремих технологій, описаних тут, існує можливість комбінувати і поєднувати різні технології доступу на терміналі користувача і, таким чином, збільшувати максимально досяжну пропускну здатність даних. Однак цей варіант вирішення більш докладно не розглядається, тому що він не є оригінальною технологією мультисервісного доступу [1].

Технології радіодоступу, як правило, можуть бути доступні швидко і відносно недорого на великих територіях, оскільки вони не вимагають від абонентів будь-яких трудомістких робіт з прокладання, особливо коли сполучні лінії прокладені під землею. В цьому відношенні радіотехнології можуть прискорити доступність NGA і доповнити лінії зв'язку, де щільність населення в даний час не може економічно виправдати витрати на дорогі роботи з прокладання нових лінійних технологій.

До опису мультисервісних технологій відносяться функціональні можливості, пропускну здатність даних і те, як цього можна досягти в реальних умовах експлуатації з сьогодишньої точки зору, а також огляд відповідних граничних умов, які необхідно дотримуватися для використання в реальних умовах [1].

1.2. Провідні мережі доступу

Під мережею доступу розуміється частина провідний телекомунікаційної мережі, до якої абоненти безпосередньо підключені і через яку вони мають доступ до різноманітних послуг, на відміну від магістральної мережі. З технічної точки зору мережа доступу знаходиться між абонентською лінією і першим комутаційним блоком або першим мережевим вузлом транспортної мережі. Існують різні мультисервісні технології доступу. Більшість з них являють собою (провідний) фіксований доступ до мережі. По суті, вони засновані на трьох технологіях:

- мідні технології
- волоконно-оптичні технології
- широкосмугові кабельні технології

1.2.1. Мідні технології

Мідні дроти використовувалися для передачі мови більше ста років. Перші домашні комп'ютери також викликали потребу в передачі даних, яка була реалізована через існуючу мідну інфраструктуру з використанням модемів. Зростаючий попит на смугу пропускання ініціював постійне подальший розвиток передачі даних через існуючу інфраструктуру мідних телефонних кабелів, так що сьогодні навіть голос передається у вигляді даних.

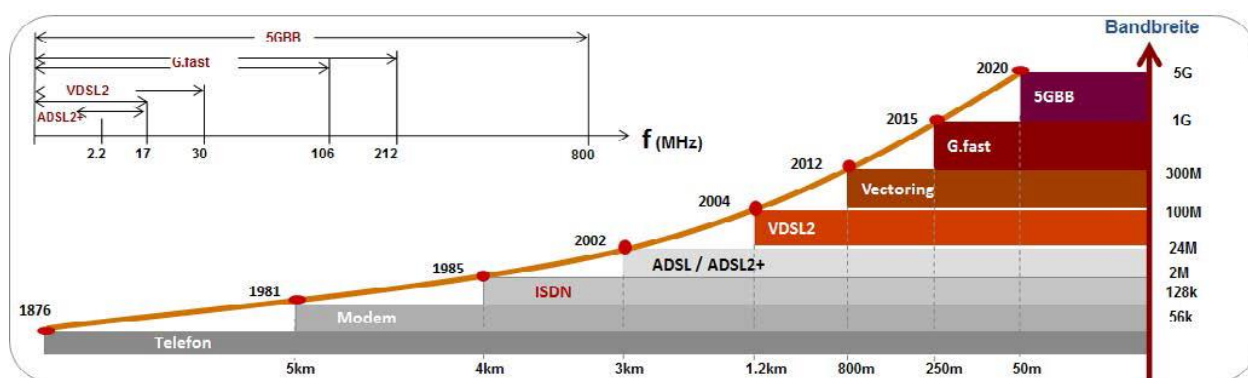


Рис. 1.2. Огляд технологій проводового доступу на основі мідних проводів © Huawei Technologies [3]

Тільки через високі частоти, які потрібні для постійно збільшується смуги пропускання, корисна довжина кабелю стає все коротшими і коротшими зі збільшенням смуги пропускання.

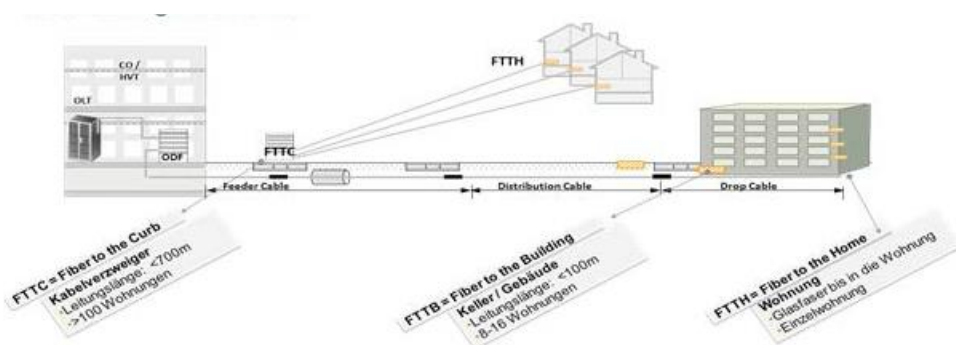


Рис. 1.3. Огляд сценаріїв додатків для технологій проводового доступу © Huawei Technologies [3]

Діапазони, показані нижче в документі, відносяться до значень в лабораторних умовах; фактично досяжний діапазон зазвичай нижче цих значень через зовнішні фактори, що впливають [1].

1.3. Векторизація - сьогодення мідна технологія

При підключенні DSL корисна пропускна здатність з'єднання зменшується зі збільшенням довжини лінії, а також з кількістю абонентів, що використовують DSL в одному кабелі або зв'язці лінії. Чим більше кількість абонентів, тим сильніше перехресні перешкоди в лініях в зв'язці. Ці перешкоди усуваються процесом векторизації, і сигнал DSL передається з максимально можливою пропускною здатністю. Смуга пропускання 100 Мбіт / с може бути реалізована при довжині кабелю до 400 метрів.

Цю технологію можна в грубому наближенні порівняти з активними навушниками, які компенсують навколишні шуми, що заважають, відповідними «проти-шумами».

Векторизація використовується як частина розширення FTTC VDSL. Скловолокно прокладено до розташування розподільної шафи кабелю (РШ), а існуюча мідна інфраструктура використовується для «останньої милі».

Перевага цього варіанту розширення мережі NGA полягає в тому, що вартість - порівняно з волоконно-оптичними мережами до будівлі абонента - порівняно невисока, а розширення може бути реалізовано набагато швидше. В принципі, векторизація вимагає, щоб всі абонентські лінії (АЛ) кабелю мали скоординований вплив. Підвищення ефективності векторизації значно зменшується зі збільшенням кількості «джерел перешкод» в лінійному пучку, що означає, що векторизація вимагає віртуального поділу через потік бітів. Тому в 2013 році була створена відповідна база, що дозволяє використовувати векторизацію VDSL2 і пропонувати клієнтам відповідні попередні послуги.

У деяких локальних мережах векторизація VDSL2 технологічно доступна з 2013 року. У другій половині 2014 року провайдери VDSL2 запропонували більш високу пропускну здатність з використанням цієї технології. В інших європейських

країнах де кілька великих телекомунікаційних компаній вже пропонують послуги, засновані на технології векторизації [1].

VDSL2 Vectoring im Überblick

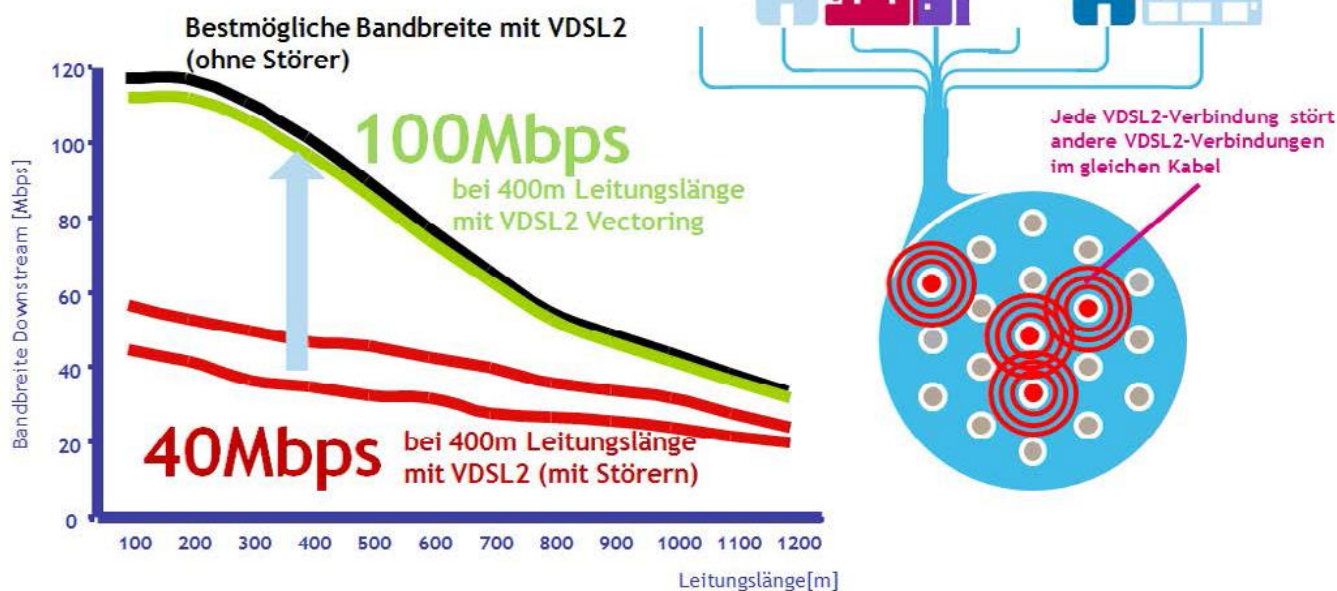


Рис. 1.4. Вплив векторизації на смугу пропускання в залежності від довжини кабелю

1.3.1. Переваги та недоліки технології

VDSL2 векторизація може допомогти досягти цілей в області мультисервісного широкопasmового зв'язку швидше і дешевше, ніж це було б можливо при розширенні оптоволоконних мереж в житлових будинках абонентів (FTTB або FTTH). Однак попередньою умовою є оптоволоконне з'єднання до кабельних розподільчих шаф, які векторизація також не може обійти [1].

Векторизація переслідує дві мети:

- Збільшення пропускнуої здатності в низхідному і висхідному напрямках.
- Вирівнювання та найкраща передбачуваність максимальної пропускнуої здатності кабелю.

1.3.2. G.fast - мідна технологія завтрашнього дня

Опис і характеристики технології G.fast можна розглядати як наступний важливий етап еволюції технологій доступу на основі мідних кабелів для забезпечення високої пропускної спроможності на останніх 100-200 метрів («остання миля»).

Для досягнення смуги пропускання передачі до 1 Гбіт / с по парам мідних проводів необхідно використовувати частоти в три-шість разів вище, ніж при VDSL2. G.fast використовує для передачі даних частоти до діапазону VHF (106 МГц або 212 МГц). Однак через фізичні причини ці високі частоти можуть передаватися тільки по кабелях на короткі відстані приблизно до 250 метрів. Через високі частоти взаємні перешкоди від перехресних перешкод більш виражені, ніж в VDSL2. Це вимагає використання векторизації, щоб уникнути втрат при передачі, як описано раніше.

Завдяки G.fast швидкість передачі 500 Мбіт / с може бути досягнута при довжині кабелю до 200 метрів і навіть вище при використанні відповідно більш коротких кабелів.

Цю «загальну смугу пропускання» можна розділити на від 9:1 до 5:5 в низхідному і висхідному напрямках [1].

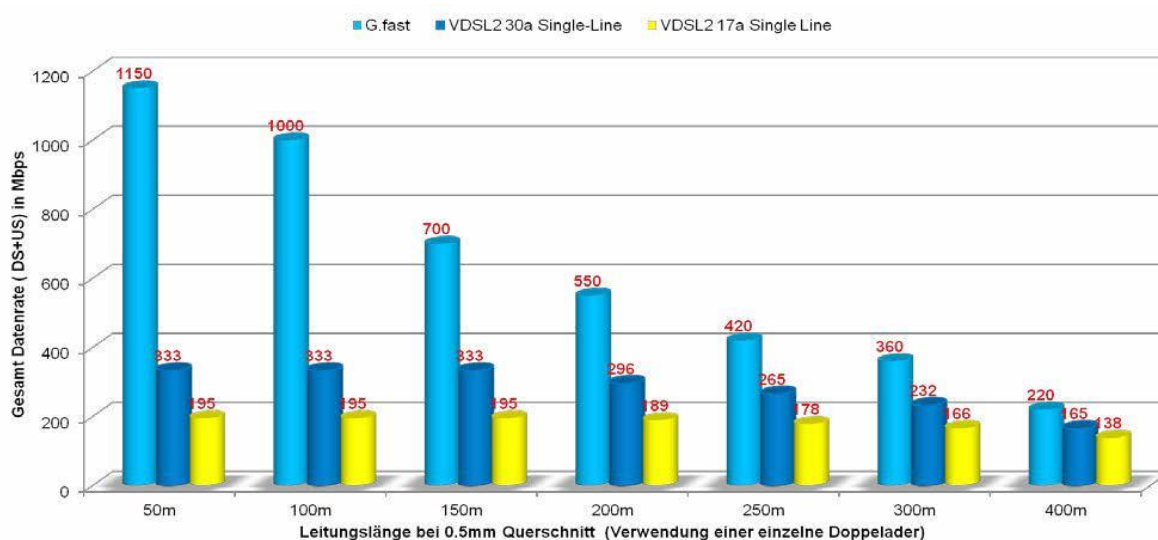


Рис. 1.5. Огляд продуктивності G.Fast в порівнянні з VDSL2 © Huawei Technologies

[3]

Завдяки своїм властивостям, G.fast особливо підходить для тимчасового використання мідної пари (до тих пір, поки не стане доступний FTTH), всередині будівлі разом з FTTB і, якщо є інфраструктура, також з FTTC, щоб з'єднати цілі вулиці по існуючій мідній парі з високою пропускною спроможністю. Щоб гарантувати, що активна технологія забезпечується електрикою в цих, можливо, недостатньо забезпечених точках, зворотна подача електроенергії від кінцевого пристрою або з центральної точки була прийнята в проекті стандарту, визначеному ITU.

Існуюча мідна інфраструктура не вимагає негайної повної заміни для використання високої пропускної здатності, замість цього оптоволоконний кабель наближається до кінцевого споживача на додатковому етапі [1].

1.3.3. 5GBB - мідна технологія післязавтра

Технологія 5GBB "широкосмугового доступу п'ятого покоління" - слід згадати як передостанній і, ймовірно, на даний момент останній етап еволюції в області технологій мультисервісного доступу на основі мідних кабелів для забезпечення високої пропускної спроможності на останніх 50 метрах.

Щоб досягти бажаної смуги пропускання від 2 до 5 Гбіт / с на звичайні пари мідних проводів, смугу частот для передачі необхідно розширити до 800 МГц в порівнянні з технологією G.fast. Однак передбачається використання «полнодуплексного процесу». Це дозволяє відправляти і отримувати дані одночасно.

Стандартизація термінів і комерційне розгортання описаної технології 5GBB, яка в результаті забезпечує «оптоволоконну смугу пропускання» на існуючих мідних парах, доступна для первинних випробувань в лабораторіях виробників і університетів і повинна використовуватися в продуктах, які потім будуть доступні з 2022 року.

Переваги та недоліки технології

По-перше, наприклад, прокладку оптоволоконних кабелів в будинку / квартирі можна відкласти до наступного планового ремонту, не відмовляючись від високої пропускної здатності. Крім того, через невеликі відстані і використання в квартирі будуть переважно окремі кабелі, а це означає, що не слід очікувати перешкод від паралельних ліній [1].

1.4. Волоконно-оптичні технології

У зв'язку з попитом на високі швидкості передачі даних і великі відстані між мережами, скловолокно стало середовищем передачі між точками в глобальній мережі. Введення високих і постійно зростаючих вимог до пропускної здатності, особливо в приватному секторі, не може бути реалізовано з існуючої двухпроводної мідної мережею, що означає, що скловолокно також поступово використовується в мережі мультисервісного доступу. Технології GPON, спеціально розроблені для цього додатка, а також класична технологія Ethernet в даний час задовольняють вимогам користувачів до смуги пропускання до 10 Гбіт / с.

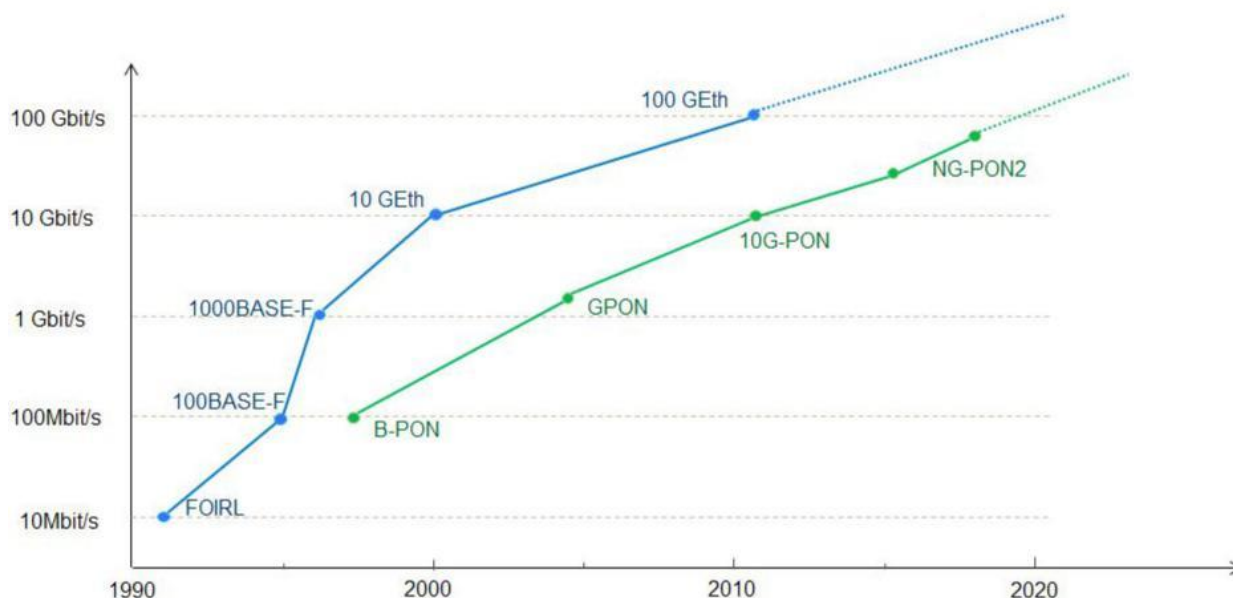


Рис. 1.6. Огляд технологій оптоволоконного доступу © Huawei Technologies [3]

1.4.1. Point-to-Point - волоконно-оптична технологія сьогодні

Пряме з'єднання в інформаційних і комунікаційних технологіях - це пряме, безпосереднє з'єднання між двома точками або місцями розташування. Технічний термін «точка-точка» походить з англійської мови. Точка-точка в строгому сенсі цього слова описує шлях з'єднання між двома кінцевими пристроями без проміжної станції. Зв'язок на нижніх мережевих рівнях, рівні з 1 по 3 в моделі OSI (еталонна модель для мережевих протоколів). Двоточкові з'єднання існують як в транспортній мережі, так

і в зоні з'єднання. У мережах NGA точка-точка встановлюється через оптоволокно. Безперервне оптоволоконное з'єднання є обов'язковою умовою для такого з'єднання, так що двоточкові з'єднання можуть використовуватися тільки в мережах FTTH. Відповідно, великі економічні витрати на розширення великомасштабної мережі.

Пропускна здатність волоконно-оптичного з'єднання точка-точка коливається від 0 Гбіт / с (темне волокно) до декількох 100 Гбіт / с і обмежується тільки поточним станом активної технології або фізичними властивостями волокна. Оптоволоконное з'єднання «точка-точка» - це перспективний варіант з'єднання двох кінцевих пристроїв.

1.4.2. GPON - сучасна оптоволоконна технологія

GPON в даний час є найбільш часто створюваним стандартом для пасивних оптичних мереж (PON) та FTTH. «Пасивний» ставиться до того факту, що між абонентським пристроєм (ONT) в квартирі і центральним пристроєм (OLT) в АТС не потрібні активні (енергоспоживаючі) компоненти. GPON може управляти до 128 абонентів по одному оптичному волокну, серед яких динамічно розподіляється смуга пропускання 2,44 Гбіт / с в низхідному напрямку і 1,22 Гбіт / с у висхідному напрямку. Один OLT управляє до 256 оптоволоконними лініями і обслуговує до 15 000 абонентів.

Відстань між АТС і абонентом може становити до 20 кілометрів, так що дуже велика кількість абонентів може бути об'єднано на центральній АТС. Крім послуг передачі даних дуже високої якості, архітектура PON також дозволяє поширювати аналогове і цифрове кабельне телебачення на окремій довжині хвилі, не впливаючи на послуги передачі даних. Сьогодні абоненту пропонуються послуги Triple Play до 1 Гбіт / с в мережах GPON. [1]

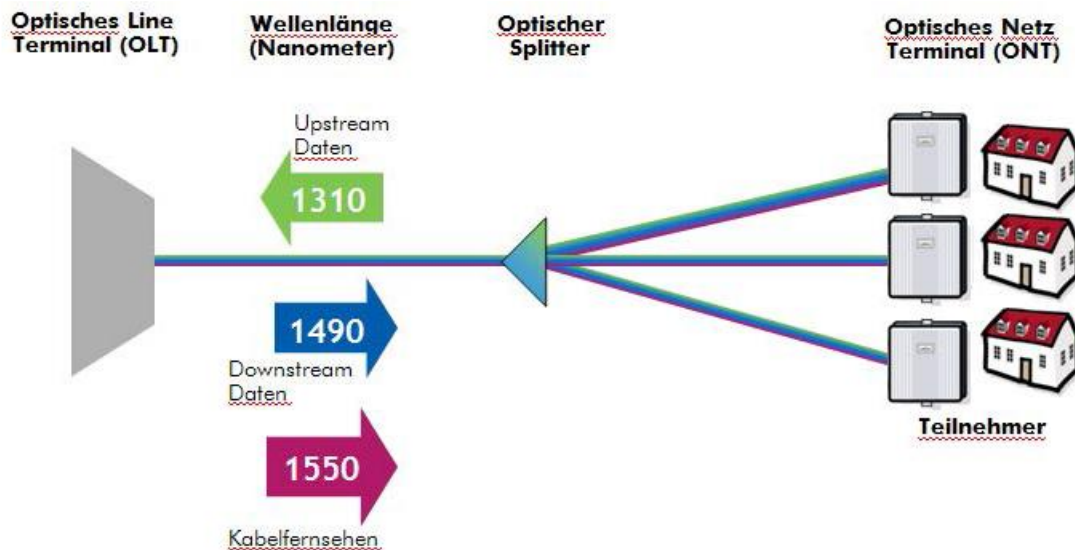


Рис. 1.7. Структура мережі GPON

1.4.3. NG-PON1 - оптоволоконна технологія завтрашнього дня

NG-PON1 описує наступний рівень технології GPON, яка може працювати разом з GPON в одній і тій же пасивній оптичній мережі, використовуючи різні довжини хвиль в одному волокні.

Стандартизація термінів і комерційне розгортання NG-PON1 стандартизований ITU з висхідним потоком 2,5 Гбіт / с і низхідним потоком 10 Гбіт / с і був протестований на багатьох пілотних і тестових установках з 2012 року. Однак на сьогоднішній день у всьому світі заплановано або реалізовано лише кілька розгортання NG-PON1. Причини цього полягають у відсутності в даний час потреби в такій високій пропускної здатності, невеликій кількості доступних кінцевих пристроїв і відповідних інвестиціях в NG-PON1. NG-PON2 наступного покоління, який в даний час стандартизується, також може бути доступний, якщо пропускна здатність, яку надає GPON, більше не буде достатньою. Залежно від необхідної в той час смуги пропускання і різниці у вартості в порівнянні з NG-PON2, NG-PON1 буде використовуватися в якості оптоволоконної технології «завтра». В якості альтернативи можна пропустити проміжний крок через NG-PON1 і використовувати NG-PON2 безпосередньо.

Переваги та недоліки технології

NG-PON1 може використовуватися паралельно в тій же оптоволоконній інфраструктурі, що і GPON, тому користувачі можуть плавно переходити від одного до

іншого. Взаємні перешкоди, наприклад, при передачі по мідному кабелю, виключені, і оптоволоконна інфраструктура може також забезпечити достатню смугу пропускання в віддаленому майбутньому.

1.4.4. NG-PON2 - оптоволоконна технологія майбутнього

FSAN і ITU передбачили два етапи розвитку волоконно-оптичних мереж: NG-PON1 і NG-PON2. Як і стандарт GPON, стандарт NG-PON1 не пропонував достатньої гнучкості для бізнес-клієнтів і високопродуктивних областей. Тим часом доступні більш потужні технології, тому зараз основна увага приділяється пасивним оптичних мереж наступного покоління.

TWDM-PON (пасивна оптична мережа ущільнення каналів за часом і довжині хвилі), на якій заснований NG-PON2, підвищує продуктивність сучасних мереж GPON і забезпечує не менше чотирьох пар довжин хвиль на скляне волокно, кожна з яких складає 2,5 Гбіт / с або 10 Гбіт / с може передавати симетрично або асиметрично. Розподіл смуги пропускання і симетрії може виконуватися динамічно і індивідуально для кожної пари. Це забезпечує діапазон від 10 Гбіт / с для обслуговування бізнес-клієнтів до $n * 100$ Мбіт / с для приватних клієнтів з тієї ж інфраструктурою. [1]

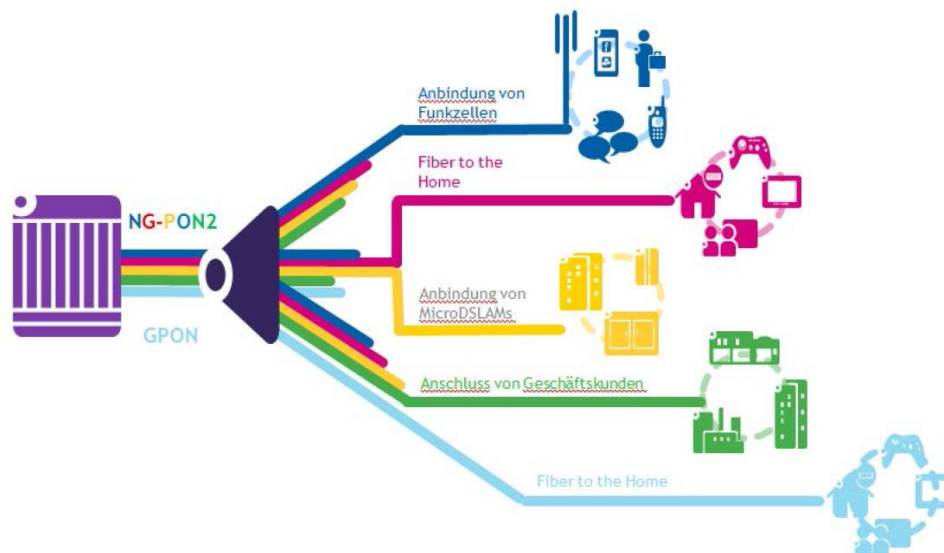


Рис. 1.8. Представлення послуг від операторів на основі NG-PON2, диференційованих за певними довжинами хвиль

Переваги та недоліки технології

NG-PON2 відкриває ряд нових можливостей для скловолокна, в тому числі:

- Паралельне надання виділеної смуги пропускання (симетрія) для різних послуг

- Організація декількох ізольованих груп користувачів на одному оптоволоконі

- Розподіл довжин хвиль між декількома операторами мережі (розукрупнення)

Технологія сумісна з існуючими оверлейними мережами GPON і RF, тому обидва стандарти можуть працювати паралельно. Ніяких додаткових вкладень в пасивну інфраструктуру не потрібно.

Загальні інвестиційні витрати на NG-PON2 вище, ніж в поточних мережах GPON, через більш складних пристроїв, але допускають моделі спільного інвестування в тій же пасивної оптоволоконної інфраструктури. Це означає, що інвестиції в інфраструктуру можна розділити між декількома операторами.

1.5. Широкошмугові кабельні мережі

Широкошмугові мультисервісні кабельні мережі, часто звані для стислості кабельними мережами, з'явилися близько півстоліття тому як чисто кабельні телевізійні мережі, для яких спочатку не призначалася передача даних по зворотних каналів, зі швидкістю до 400 Мбіт / с.

З появою можливості зворотного шляху ці мережі поступово перетворилися в надзвичайно потужне середовище передачі, яка сьогодні може передавати телефонію і високошвидкісний Інтернет з ефективним використанням частоти в додаток до широкого спектру аналогових і цифрових телебачення і радіо.

Широкошмугові кабельні мережі в даний час реалізуються з використанням коаксіальних кабелів, особливо в області прокладки кабелів для будинку або будівлі. Завдяки своїй конструкції коаксіальні кабелі вже добре екрановані і мають порівняно низька затування для досягнення високої пропускної здатності в традиційній мережі на основі міді. Для цього ослаблення переданих сигналів багаторазово компенсується послідовним перемиканням підсилювачів (каскадірування). Таким чином, на

практиці можна подолати відстані, що значно перевищує 20 кілометрів, і, таким чином, можна реалізувати великомасштабне постачання цілих міст і муніципалітетів без обмеження продуктивності. Широкополосні кабельні мережі розширюються з використанням оптоволокна вже близько двох десятиліть. Спочатку оптоволокно в основному використовувалося для подачі в чисто коаксіальні розподільні мережі, а протягом приблизно десяти років також в масовому масштабі в мультисервісних мережах доступу. Тим часом, широкополосні кабельні мережі з'єднуються один з одним через оптоволоконні магістралі. Процедура, якої дотримуються всі оператори кабельних мереж для збільшення пропускної здатності мережі, полягає в просуванні волоконної оптики через так звані волоконно-оптичні вузли (FN) в існуючу коаксіальну мережу відповідно до вимог і ще глибше. Що виходить в результаті - гібридна мережа, яка називається мережею HFC (гібридний волоконно-оптичний коаксіальний кабель), а сама процедура також називається «Fibre Deep».

Широкополосні мультисервісні кабельні мережі плануються, будуються і експлуатуються відповідно до низки національних, європейських і міжнародних стандартів. Відповідні стандарти в індустрії широкополосного кабелю були і, безумовно, будуть поступово розширюватися, щоб включати нові технології і можливі варіанти використання в майбутньому. Останні приклади - сумісне використання коаксіальної і оптоволоконної інфраструктури з використанням RFoG (радіочастота над склом - згідно SCTE 174 2010р.) в мультисервісній мережі доступу, а також DOCSIS (специфікація інтерфейсу передачі даних по кабелю), тепер у версії 3.1, і DVB-C2 як стандарт передачі цифрового телебачення по широкополосному кабелю.

Еквівалентна пропускна здатність для кінцевого споживача при подальшому використанні звичайних коаксіальних розподільних систем в будівлях може становити від 4,3 Гбіт / с в даний час з DOCSIS 3.1 або DVB-C2, більш докладно описаних нижче, до 5,4 Гбіт / с можна збільшити. Оптоволоконний з FTTB (Fiber to the Building), 8 Гбіт / с вже можливий сьогодні; в довгостроковій перспективі може бути досягнуто подальше збільшення до більш ніж 14 Гбіт / с (з безперервним розширенням частотного спектра до 1,7 ГГц). [1]

1.6. Передача даних в широкосмугових кабельних мережах

DOCSIS 3.0

DOCSIS розшифровується як Data over Cable Service Interface Specification і є визначальним стандартом передачі даних в широкосмугових кабельних мережах. Предметом поточної реалізації є DOCSIS 3.0.

Цей стандарт, що зародився в Північній Америці, отримав визнання у всьому світі і також використовується в Європі в формі так званого Euro-DOCSIS. Euro-DOCSIS характеризується використанням спеціального набору параметрів передачі, який враховує потреби різних видів використання частот, частотні обмеження, а також ширину смуги пропускання і призначення каналів в Європі. Раніше окремий стандарт для Європи (DAVIC) не зміг утвердитися.

DOCSIS 3.1

DOCSIS 3.1 - це послідовне подальший розвиток поточного, всесвітньо встановленого стандарту DOCSIS 3.0 для передачі даних в широкосмугових кабельних мережах. Цей стандарт був доопрацьований і прийнятий Cable Television Laboratories (Cable Labs) в жовтні 2013 року. Уже доступні прототипи технічної реалізації цього нового стандарту передачі. Основні компоненти системи, такі як CMTS, а також перші кабельні модеми були анонсовані на четвертий квартал цього року.

Основні переваги DOCSIS 3.1:

- Використовуваний частотний діапазон передачі було розширено в напрямку розподілу з нинішніх приблизно 1 ГГц до 1,2 ГГц (обов'язково) і майже 1,8 ГГц (опціонально). Межа частоти для зворотного тракту був збільшений з 65 МГц до 204 МГц. Тільки ці розширення частотного діапазону дозволяють підвищити ефективність передачі як в прямому, так і в зворотному тракті.

- Однак DOCSIS 3.1 також дозволяє збільшувати потужність передачі в межах частоти 862 МГц, яка до сих пір була загальноприйнятою для широкосмугових кабельних систем. Для цього базові високочастотні канали передачі з пропускнуою здатністю 8 МГц в прямому тракті або з пропускнуою здатністю 6,4 МГц в зворотному тракті можуть бути об'єднані в один канал передачі, кожен з пропускнуою здатністю до 192

МГц або 96 МГц, і тепер з використанням OFDM (ортогональне мультиплексування з частотним поділом каналів) може використовуватися на кордонах каналу без втрати смуги пропускання.

- Крім того, DOCSIS 3.1 надає більш широкі методи захисту від помилок і методи цифрової модуляції більш високого рівня з до 4096 QAM.3 [1]

1.7. Довготривалий розвиток широкосмугових кабельних мереж

Широкосмугові кабельні мережі вже були розроблені і розширені в усі більш потужні мультисервісні мережі з використанням нових технологій і стандартів передачі. Широкосмугові кабельні мережі в даний час майже без винятку є гібридні мережі з оптоволоконними кабелями і існуючої коаксіальної інфраструктурою, орієнтованої на клієнта. Ці широкосмугові кабельні мережі також відомі як мережі HFC, які в даний час працюють до частот передачі 862 МГц.

Еквівалентна пропускна здатність всієї системи в даний час складає не менше 4,3 Гбіт / с, і протягом деякого часу вона постійно збільшувалася за рахунок все більш глибокого поділу (сегментації) коаксіальної мережі. Сегментація широкосмугових кабельних мереж ще не дуже просунута і, отже, дозволить безперервно збільшувати ефективність передачі, що досягається в кожному випадку, протягом декількох років.

З впровадженням DOCSIS 3.1 еквівалентна пропускна здатність існуючих мереж негайно збільшиться до 5,4 Гбіт / с. Архітектура цих (існуючих) мереж HFC, безумовно, допускає дещо вищі швидкості передачі. З підвищенням продуктивності передачі за допомогою DOCSIS 3.1, який найшвидше розвивається в даний час поділ або сегментація мереж може відповідно трохи сповільнитися. Підвищення продуктивності за рахунок сегментації досягає тільки важливої віхи в процесі розвитку мережі з оптоволоконним з'єднанням останнього активного об'єкта широкосмугової кабельної мережі в громадських місцях, так званої точки підсилювача (VrP).

Розширення діапазону частот передачі в коаксіальних домашніх розподільних мережах не викликає ніяких проблем. Протягом багатьох років з супутникових приймальних систем було відомо, що така інфраструктура може використовуватися для

реалізації і надійної роботи на частотах передачі більш 2 ГГц. Широкопasmові кабельні системи, при необхідності зі структурами FTTB, а також домашні розподільні системи по коаксіальній технології, тому є розумним вибором для швидкого і в той же час рентабельного розширення широкопasmового зв'язку в короткостроковій і середньостроковій перспективі в областях, які вже були розвинені. Їх також досить, і вони розраховані на майбутнє для задоволення прогнозованих потреб в довгостроковій перспективі.

Таким чином, більш широке оптоволоконне розширення до FTTH (Fiber to the Home) врівноважується з точки зору часу. Оператори кабельних мереж готові не тільки до розширення за допомогою FTTB, а й, при необхідності, до подальшого розширення до FTTH. Хоча це не здається абсолютно необхідним в середньостроковій і довгостроковій перспективі через наведені вище пояснення, оператори кабельних мереж як і раніше будуть впроваджувати установку FTTH в залежності від попиту. І FTTB, і FTTH можуть бути запропоновані з використанням RFoG (Radio Frequency over Glass) і інтелектуальної системи в рамках так званого D (DOCSIS) -PON. І те, і інше можна реалізувати по одному і тому ж оптоволоконному кабелю.

Якщо «All-IP» буде все більше переважати з подальшим розвитком ринку і технологій, рекомендується в волоконно-оптичних широкопasmових кабельних мережах пропонувати клієнтам такі продукти і послуги не тільки в рамках D (DOCSIS) -PON або RFoG, але, крім того, він буде доступний на інших довжинах хвиль через паралельний GPON або EPON. [1]

1.8. Технологічний внесок широкопasmових кабельних мереж в розширення мультисервісного доступу

Існуючі широкопasmові кабельні мережі в технології HFC масштабуються. Зі збільшенням числа користувачів, а також з постійно зростаючим попитом на смугу пропускання і пропускну здатність їх можна швидко розширювати в міру необхідності. Це послідовне розширення відбувалося протягом деякого часу за рахунок так званої сегментації, тобто шляхом постійного поділу існуючої мережевої інфраструктури

на все більш глибоке оптоволоконне з'єднання. Перевага заснована, зокрема, на тому факті, що дороге і трудомістке будівництво для подальшого розвитку та оновлення мережі не повинно виконуватися негайно і в широкому масштабі, але може виконуватися з урахуванням потреб і послідовно, кроки зі зсувом у часі.

Очікується подальше підвищення продуктивності передачі для клієнтів як мінімум до 1 Гбіт / с, і воно вже проходить випробування. Можливо, це навіть можна було досягти в рамках подальшої сегментації мережі коаксіального широкосмугового кабелю.

З іншого боку, збільшення пропускної спроможності до значно більш ніж 1 Гбіт / с для кінцевого споживача, ймовірно, буде пов'язано з розширенням FTTB, тобто розширенням на основі оптоволоконна в відповідну будівлю. Це означає, що частота передачі близько 1 ГГц буде можлива на всьому шляху до кінцевого споживача, що підвищить пропускну здатність або продуктивність передачі приблизно на 20 відсотків. Завдяки керованим оновленням, в першу чергу в області, орієнтованої на клієнта, можна досягти частот передачі до 1,7 ГГц і, таким чином, підвищити продуктивність передачі приблизно на 85 відсотків. Це збільшення пропускної здатності мережі як і раніше базується на поєднанні FTTB, тобто навіть не на безперервному оптоволоконному з'єднанні з кінцевим споживачем (FTTH).

Наведені вище твердження і пояснення прояснюють, що широкосмугові кабельні мережі, на додаток до поточних розробок для них, можуть внести значний вклад в швидке, гнучке і недороге розширення мультисервісного доступу. [1]

1.9. Транспортні мультисервісні мережі

З подальшим розширенням мереж широкосмугового доступу все більше і більше учасників можуть передавати дані на високих швидкостях від своїх підключень до вузла агрегації. Приклади точок доступу NGA (рисунок 1.9) більш високих рівнів в загальній мережі абонент підключений до свого постачальника послуг через мережу мультисервісного доступу, що залежить від технології, і транспортну мережу. Технологія, використовувана при налаштуванні мережі доступу - в зв'язку з визначенням

розмірів при настройці мережі - визначає максимальну швидкість передачі даних, яку окремий користувач може використовувати самостійно (це часто рекламовані значення «до xxx Мбіт / с»), і мінімальна швидкість передачі даних, доступна для всіх користувачів одночасно.

«Транспорт» описує мережевий розділ, який з'єднує мережу доступу з центральними пристроями постачальника мультисервісних послуг. Тільки через цей ланцюжок підключеним абонентам можуть пропонуватися послуги широкосмугового доступу. Для учасника важливо, щоб дані з його додатків передавалися з досить високою швидкістю на всьому шляху до постачальника послуг або джерела даних. Це також включає відповідні розміри транспортної мережі.

Тільки в тому випадку, якщо кілька постачальників послуг мають широкосмугові транспортні сполучення з мережами відкритого доступу NGA, абоненти, підключені до них, зможуть використовувати широкий спектр послуг від різних постачальників послуг. Єдині процеси з електронними інтерфейсами дозволяють постачальникам послуг ефективно і швидко пропонувати свої пропозиції через мережі відкритого доступу. В даний час на ринку транспорту не існує стандартизованих процесів і електронних інтерфейсів. [1]

Транспортні технології

У транспортних мережах переважно використовуються двоточкові з'єднання, які з'єднують два вузли агрегації один з одним. Ці сполуки мають відповідати постійно зростаючим вимогам до пропускної спроможності мереж NGA і забезпечувати відповідно високу продуктивність (пропускну здатність). У транспортних мережах в основному використовуються три інфраструктури. Це мідні кабелі, спрямований радіозв'язок і оптоволокно.

Мідні кабелі з технологіями на основі ATM і SDH більше не грають вирішальної ролі в сучасних мережах агрегації. Пропускна здатність, яка може бути досягнута таким чином, становить до 1 Гбіт / с, що набагато нижче того, що може бути досягнуто сьогодні за допомогою оптоволоконного з'єднання. Подальшого розширення використання мідних кабелів в агрегаційних мережах більше немає. Як правило, для

транспортних мереж використовується тільки існуюча інфраструктура, особливо в сільській місцевості.

Волоконно-оптичні кабелі з відповідною кількістю волоконно-оптичних кабелів забезпечують тут найвищу пропускну здатність. Пропускна здатність оптоволоконного з'єднання досягає декількох 100 Гбіт / с і підтримується тільки поточним рівнем техніки і технологій. Фізичні властивості волокна обмежені (див. сьогодні волоконно-оптичну технологію точка-точка). Таким чином, волоконна оптика являє собою перспективну форму інфраструктури транспортних мереж, однак витрати на її реалізацію порівняно високі через необхідність прокладки волоконно-оптичних кабелів. [1]

1.10. Мережі які визначаються програмно

Перехід на «All-IP» в останні роки зробив значний внесок в економічне будівництво та експлуатацію широкосмугових мереж. Однак з огляду на експоненціально зростаючого мережевого трафіку неможливо було адекватно протидіяти збільшенню складності. Результатом є неефективне використання ресурсів і тривалі терміни впровадження продуктів і послуг.

Щоб протидіяти цьому розвитку, була розроблена SDN (Software-Defined Networking). SDN і пов'язаний з ним протокол OpenFlow визначають поділ рівнів управління мережею і пересилання. Основна ідея полягає в тому, щоб надати програмний інтерфейс для рівня управління, щоб зробити мережі і мережеві служби «програмованими». За допомогою SDN управління мережею може бути централізовано і стандартизовано без необхідності ручного доступу до окремих фізичних компонентів мережі. Таким чином, SDN докорінно змінює принципи і стратегії створення і експлуатації сучасних мереж (див. рисунок 13). [1]

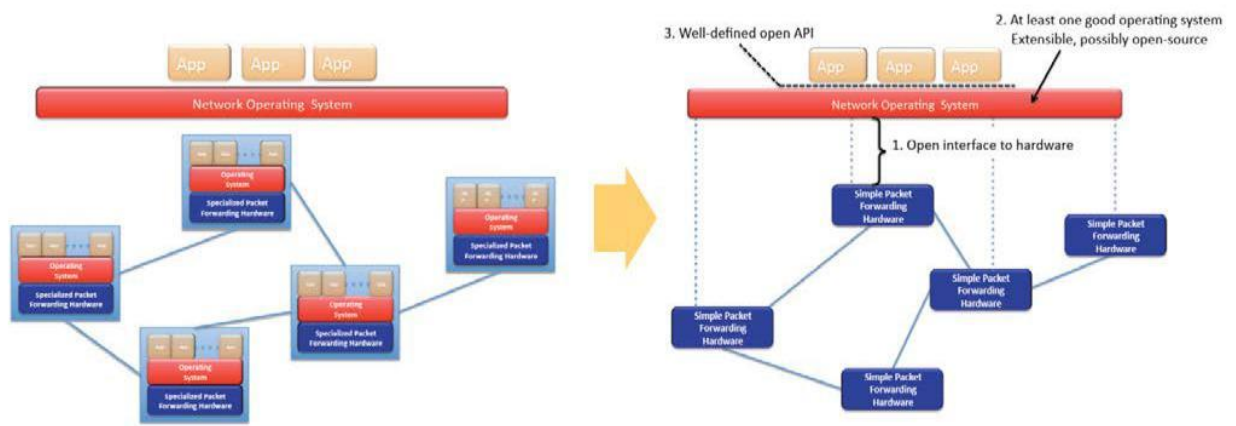


Рис. 1.9. Вплив SDN на попередню мережеву архітектуру (джерело: ONF)

SDN спочатку був розроблений Стенфордським університетом для релятивізації обмежень попередніх (автономних) мережевих архітектур. Термін «мережі які визначаються програмно» вперше був використаний в 2009 році. Тим часом, SDN викликає широкий інтерес в індустрії інформації і зв'язку і стандартизується і допрацьовується Open Network Foundation. Перше комерційне використання SDN, відоме широкому загалу, - це створення мереж центрів обробки даних Google. SDN - порівняно молода технологія, яка все ще перебуває в зародковому стані. [4]

Переваги та недоліки технології

Одним з основних драйверів витрат в сучасних мережах є експлуатаційні витрати. Тому SDN фокусується на спрощення і підвищення гнучкості мережевих операцій. Повинна бути можливість використовувати мережеві ресурси динамічно, ефективно, масштабоване, автоматично і з відкритими стандартами. Нові послуги можуть бути введені і доступні швидко. Конфігурації мережі можна оптимізувати в реальному часі. Разом з NFV (віртуалізація мережевих функцій), яка реалізує віртуалізовані мережеві функції в вигляді програмного забезпечення на стандартному ІТ-обладнанні, також можливо реалізувати телекомунікаційні функції і інфраструктуру в хмарному середовищі.

Зокрема, оператори мереж доступу в Інтернет повинні розвивати додаткові джерела доходу на додаток до бізнесу кінцевих споживачів, щоб залишатися прибутковими в майбутньому. Для цього має сенс «контрольоване» відкриття мереж. Стандартизовані програмні інтерфейси (API) повинні уможливити в майбутньому, щоб

зовнішні постачальники послуг або бізнес-клієнти могли легше інтегрувати платні послуги мережевого оператора в свої власні додатки. Перспективним сценарієм додатків для SDN є «Інфраструктура як послуга» (IaaS). Замість того, щоб купувати інфраструктуру, оператори і користувачі можуть орендувати її при необхідності - аналогічно бізнес-моделям в області хмарних обчислень. Це призводить до появи безлічі нових можливостей додатків і бізнес-моделей. Завдяки винагороді, заснованому на використанні, інфраструктуру можна використовувати оптимально, експлуатаційні витрати краще адаптувати до вимог, можна скоротити стартове фінансування і знизити пов'язані з цим ризики. Ця оптимізація використання також розширює можливості мережевих операторів, щоб вони могли краще спільно реалізовувати принципи відкритого доступу. [1]

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 1

Пропускна здатність передачі, яка може бути досягнута за допомогою волоконно-оптичних мереж, не може бути досягнута з використанням будь-якого іншого середовища, враховуючи поточний стан справ і прогнозований розвиток технологій. В майбутньому інформація про виробничі фактори і базова цифрова інфраструктура, які набувають все більшого значення майже для всіх галузей економіки, повинні бути доступні найкращим чином. Таким чином, в довгостроковій перспективі неможливо максимально наблизити оптоволоконні мережі до кінцевих користувачів у міру розширення. Повний розширення мереж доступу з оптоволоконним кабелем в кожному будинку або квартирі (так зване FTTH / H), як показують різні дослідження, може бути досягнуто тільки з дуже високими інвестиційними витратами.

Для цього підходять описані вище технології в межах досяжності, так як більша частина витрат на розширення припадає на неї, в першу чергу на будівельні роботи при прокладанні нових ліній. Таким чином, цільові показники щодо широкосмугового зв'язку (50 Мбіт / с по всій країні до 2022 року) можуть бути досягнуті тільки з використанням такого поєднання технологій.

Крім швидкості з'єднання, важливим критерієм для користувачів є вибір між різними продуктами і постачальниками послуг.

У цьому розділі не порушувалося питання про відповідності технології доступу для певних областей застосування. Це може бути прийнято тільки в індивідуальному порядку і з урахуванням місцевих умов і переважаючих економічних умов. Для цього повинні бути розглянуті наступні параметри:

- щільність населення
- передбачувана потреба в підвищенні вимог до електрозв'язку
- топологія території, що обслуговується
- існуюча телекомунікаційна інфраструктура і її вік
- відстань до відповідних мережевих вузлів
- експлуатаційні витрати
- повні витрати на розширення за кілька технологічних циклів

Швидкий технологічний прогрес в галузі ІКТ та пов'язані з ним можливості використання потребують постійного вивчення цієї теми. Досягнення цілей стратегії мультисервісного зв'язку стане важливою віхою на шляху до гігабітного суспільства.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ МЕРЕЖІ

2.1. Існуюча мережа

Будучи спроектованою радіально-кільцевим принципом і побудована в Мелітополі, мережа SDH, є цілком надійною. В її склад входять дев'ять вузлів (SAN), що зв'язані між собою по STM-4 за допомогою оптичної мережі, реалізованої на базі мультиплексорів вводу/виводу SMA-1/4 фірми «Siemens», які працюють по парі волокон. Як захист використовується метод SNCP (резервування трактів підмержевим з'єднанням). З'єднання всіх SAN мережі з МТС здійснюється на АТС-56 за допомогою мультисервісної платформи SURPASS hiT 7070 фірми «Siemens». В даному випадку синхросигнал виділяється з фрейма STM, що йде від МТС м. Мелітополя по мережі Укртелекому.

SAN мережі представлені двох видів: EWSD фірми «Siemens» та французька МТ-20/25.

Особливістю обох оптичних кілець є те, що весь трафік з початку передається на SAN-56, на якій відбувається комутація каналів, і вирішується питання про передачу розмови на будь-яку з SAN мережі для подальшого з'єднання з абонентом. Винятком буде комутація всередині SAN. На рисунку 2.1. показана топологія для управління мережею, а на рисунку 2.2. схема існуючої мережі [4].

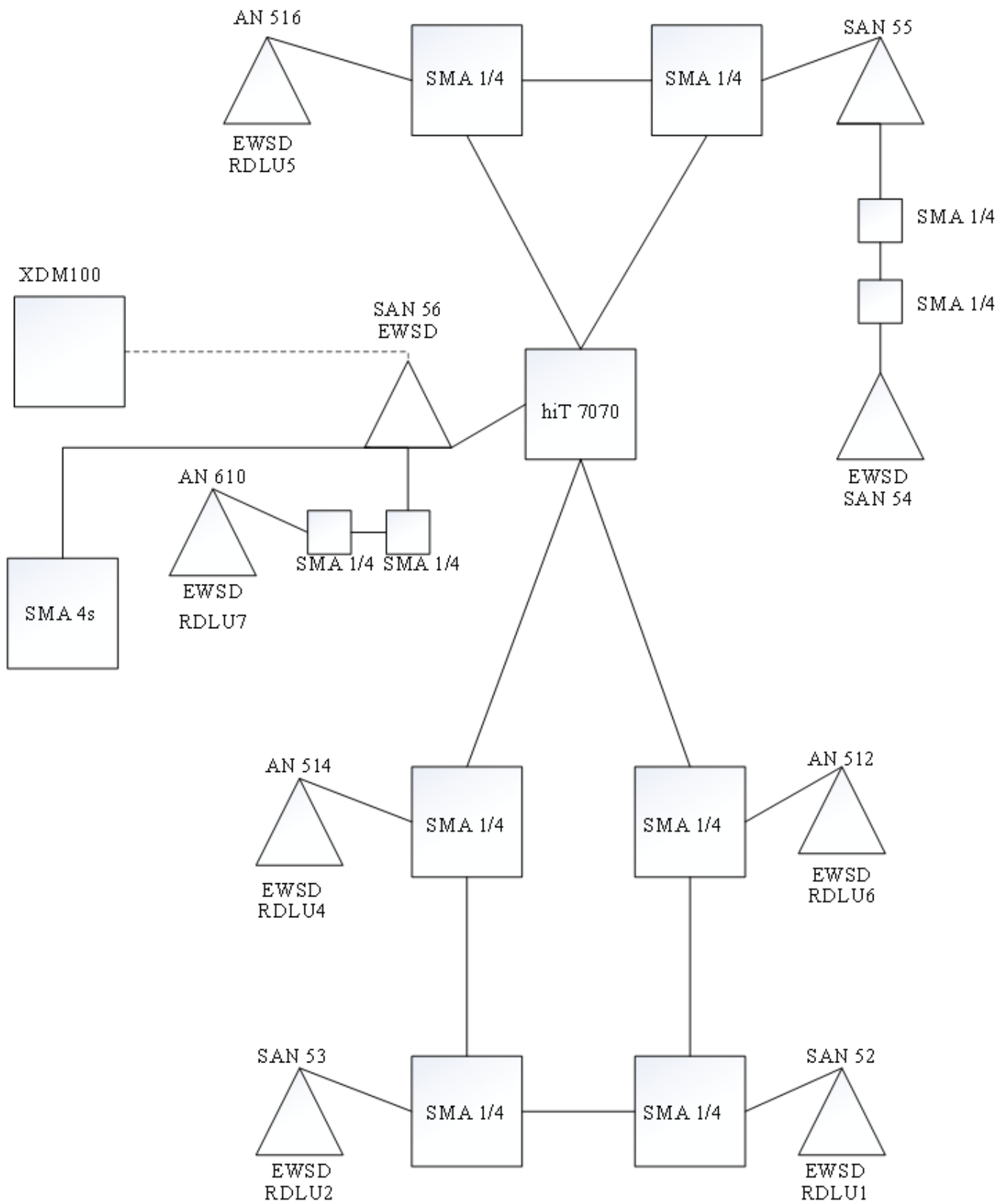


Рис. 2.1. Топологія управління мережею

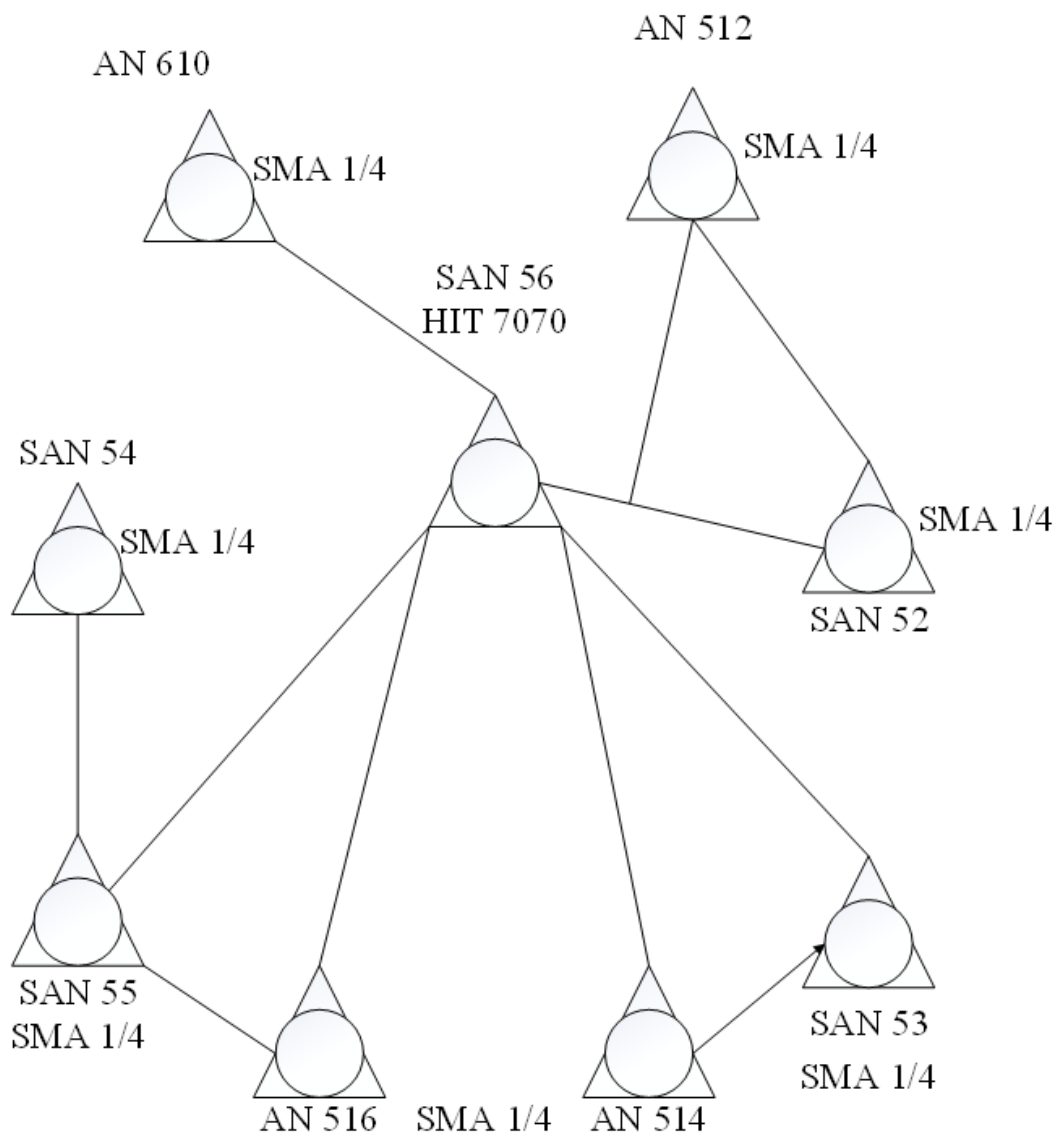


Рис 2.2. Схема існуючої мережі з прив'язкою на місцевості

2.2. Обладнання, що використовується і його характеристики.

На SAN-56 встановлен SURPASS hiT 7070 – мультисервісна платформа наступного покоління фірми Siemens.

Основні принципи SURPASS hiT 7070.

Ця платформа дає можливість гнучкості пакетної комутації та передачу Ethernet, працюючи з надійністю, що властива SDH. Різні мережеві елементи об'єднані і суміщені в єдиний компактний блок. Ефективність такого підходу, разом з широким використанням високо інтегрованих компонентів, дозволяє SURPASS hiT 70 series, домогтися більш низьких витрат у порівнянні з існуючими рішеннями [5].

Для постійно зростаючого середовища інформації з безліччю послуг необхідна єдина ефективна платформа, з хорошим масштабуванням, що має можливість для обробки пульсуючого пакетного трафіку плюс традиційний вузькосмуговий і широкосмуговий трафік. Як наступне покоління 10-гігабітних систем SDH, SURPASS hiT 7070, працює з TDM і матрицею пакетної комутації, що є ключовим фактором, що відрізняє його від існуючого обладнання SDHL [5].

Мультиплексування SDH виконується відповідно до стандартів ITU-T. Комутуюча матриця TDM в SURPASS hiT 7070, розроблена в двох рівнях модульності: VC-4 і VC-3 та підтримує повну пропускну здатність до 1024x1024 (SC підтримує 708x708) STM-1 еквівалентів з рівнем модульності старшого розряду VC-4 і 16x16 STM-1 (64x64 STM-1) еквівалентів з рівнем модульності VC-32 і V03 (за вибором).

Об'єднавши різні матриці TDM на одній спільній платформі, SURPASS hiT 7070 ефективно трансформується в систему 10 Гбіт/сек з масштабується рівнем модульності комутації, переходячи від VC-4 відразу до VC-12. SURPASS hiT 7070 підтримує повну пропускну здатність до 64x64 STM-1 еквівалентів з рівнем модульності VC-12 і VC-3 і рівнем модульності VC-4. На додаток до комутаційних матриць TDM, SURPASS hiT 7070, може також бути оснащений комутаційною матрицею RPR. Ця матриця пакетної комутації працює в якості комутатора рівня 2. Вона завершує VC, витягує кадри Ethernet з VC і потім комутує кадри на призначені порти на адресу Ethernet MAC. Крім стандарту плат SDH і PDH, SURPASS hiT 7070 також містить додаткові інтерфейси, процедури формування кадрів (Generic Framing Procedure - GFP). У міру зростання попиту на транспортування протоколів передачі даних по телекомунікаційних інфраструктур загального користування, виникла ідея про інкапсуляції пакетів даних в конверти SDH. На жаль, багато в технології пакетної передачі через SDH є або приватними розробками, або неефективним при обробці пакетів IP пульсуючого характеру. Через ці властивих даної технології недоліків, визначено новий родової стандартизований механізм формування кадрів для передачі даних. GFP або ITU-T G.7041, був визначений ITU і ANSI як родового механізму для адаптації існуючих протоколів передачі даних для мереж з вирівнюванням зсуву байтів, як,

наприклад, SDH. GFP підтримує різні протоколи, такі як Ethernet, IP, ESCONTM і FICONTM [5].

Інтерфейси GFP для SURPASS hiT 7070 основні функції та можливості:

- неблокуючий рівень комутаційної модульності 160G VC-4 і 10G VC-12;
- еквіваленти 10ГБ з рівнем комутаційної модульності VC-12, VC-3 або VC-4;
- паketні комутатори (Resilient Packet Ring - RPR (Динамічне кільце, MPLS), для

реалізації комутатора L2;

- підготовка пакетного трафіку для з'єднання точка - безліч точок;

- багатофункціональна платформа: інтерфейси 2M, 34/45M, 155M, STM-1/4/16,

GFP для 10 / 100BT, GbE, SAN (FICON, волоконно-оптичний канал) для ядра;

- розвинені захисні властивості (SNCP, MSP, BSHR, Апаратні засоби);

- підтримка для низькопріоритетного трафіку;

- робота з простим оптичним кабелем;

-рішення щодо забезпечення розширення (LambdaShelf, PDH Micro-Shelf, FlexShelf, AmplifierShelf);

- краще в своєму класі ядро TNMS для управління;

- взаємопідключення кілець для кілець на всіх портах трафіку;

- автоматичне відключення лазера, в разі переривання зв'язку (розриву волокон)

відповідно до ITU-T G.664 і ITU-T G.958;

- автоматичне виявлення з'єднання і легке оснащення;

- широкий діапазон інтерфейсів для додаткових послуг і каналів передачі даних.

-концепція контролю, відповідна ITU-T рекомендації G.784; інтерфейси для місцевого рухомого терміналу (F-інтерфейс) і TMN (Q- інтерфейс).

-широке використання виділеної інтегрованої схеми, що дає можливість створення вкрай компактного дизайну з низькими вимогами до потужності та високою надійністю.

Використання системи с платформою SURPASS hiT 7070 має варіативність:

- крайній мультиплексор (TM)

- мультиплексор вводу/виводу (ADM)

- кросовий комутатор(LXC)

Більш того, 7070 може також підтримувати експлуатацію міських WDM, між-міських DWDM так само добре, як і роботу зі швидкістю 40 Гбіт / сек.

2.3. Архітектура системного контролю

Системний контроль і моніторинг реалізуються за допомогою розподіленої архітектури взаємопідключення мікропроцесорів. Інформація про ALARM і статусах обробляється на кожному блоці незалежним мікропроцесором «Модулем контролера плати». Головний контролер «Системний контролер і службовий процесор» (SCOH) здійснюють моніторинг і контроль всіх компонентів мережевого елемента SURPASS hiT 7070. SCOH зв'язується з платами трафіку через різні внутрішні інтерфейси:

- внутрішні інтерфейси LAN 100BASE-T, використовуються для обміну керуючими повідомленнями між контролерами «Модулем контролера плати»/SCOH;
- внутрішня шина CAN використовується для передачі інформації між будь-якими портами трафіку;
- внутрішня шина P-CAN використовується тільки для обміну повідомленнями захисту;
- шина SCOH використовується для передачі службових байтів.

Q є інтерфейсом ITU-T M3010 з високошвидкісним доступом в Ethernet (10/100BASE-T повний/половинний дуплекс із з'єднувачем RJ-45). SCOH також забезпечує взаємодію через інтерфейс F з місцевим рухомим терміналом.

Для розширення або налагодження функцій, можливе завантаження програмного забезпечення для всіх блоків системи. В ході завантаження трафік не страждає [5].

Архітектура тактової синхронізації / синхронізації за часом

У SURPASS hiT, SETS розташовані на платах виділеного CLU (блоку синхронізації). SETS інтегровані у вигляді модуля, званого CLUM (модуль блоку синхронізації), в плату комутуючої матриці SF10G-C. Функціональні можливості CLU і CLUM однакові. Забезпечуються наступні джерела синхронізації [5]:

- від будь-якого отриманого лінійного сигналу STM-N або сигналу STM-N;
- від сигналів 2.048 кГц (згідно G.811), отриманих в порту інтерфейсу синхронізації;

- додатковий вхідний / вихідний сигнал при 2048 кбіт/сек, включаючи обробку SSMB в T3 і T4;

- від внутрішнього генератора;

Функціональні можливості:

- підтримка байтів повідомлень про стан синхронізації (S1) на будь-якому інтерфейсі трафіку SDH;

- до 10 джерел синхронізації (8 від SDH / SONET IF і 2 фізичних входу) можуть бути налаштовані одночасно для внутрішнього генератора тактових сигналів в якості потенційних джерел тактової синхронізації для пріоритетного списку.

- До 8 джерел синхронізації (8 від SDH / SONET IF) можуть бути налаштовані одночасно для зовнішнього генератора тактових сигналів в якості потенційних джерел тактової синхронізації для пріоритетного списку.

Пріоритетний список:

- два фізичних виходу сигналів синхронізації за часом (2048кГц, 75Ом незбалансований або 120Ом збалансований, без SSM-байта).

- два фізичних входи сигналів синхронізації за часом (2048кГц, 75Ом незбалансований або 120Ом збалансований, без SSM-байта).

- додаткові входи/виходи при 2048 кбіт/сек, включаючи обробку SSMB.

- додатковий блок синхронізації (CLU) може бути резервувати в SC. Він буде резервуватися автоматично, при оснащенні двома SF10G-C.

Програмне забезпечення / Апаратне забезпечення

Кожна плата має вбудований мікроконтролер з метою моніторингу, управління і збереження інформації про статус. Контролер запрограмований за допомогою вбудованого апаратного забезпечення, що міститься на EPROM. Можливість завантаження програмного забезпечення передбачена для всіх блоків. Завантаження забезпечується через адміністратора елементів або місцевий рухливий термінал, для обох -

можливо і дистанційно і локально. Внутрішня база даних про конфігурацію системи може бути вивантажено і завантажена.

Службовий доступ SURPASS hiT 7070 забезпечує доступ до службових байтів відповідно до ITU-T G.707. Ця можливість реалізується в службовому модулі (OHM), розташованому в SCOH. Можливий службовий доступ до всіх SDH SOH-байтам (STM-N, SOH номер 1). Доступ до POH байту можливий в точках на кінцях тракту (на комутуючій матриці молодшого розряду). Це дозволяє контролювати віддалене мережеве кінцеве обладнання (наприклад, SMAlk або SURPASS hiT 7050). Крім цього, доступ до такого обладнання може бути здійснений через сторонні мережі SDH. Службовий доступ також використовується для обробки допоміжних канатів (AUX) та службових каналів для інженерних робіт (EOW).

Архітектура захисту. Оскільки сьогоднішні мережі передають все більші обсяги важливого трафіку, питання захисту став більш актуальним. Належним чином захищена мережа гарантує мінімальний час простою і таким чином забезпечує максимальну працездатність послуг. У SURPASS hiT 7070 є три схеми захисту:

- захист трафіку SDH;
- захист пакетного трафіку;
- захист обладнання (інтерфейсів трафіку, комутуючої матриці, генератора тактових сигналів і модуля вентилятора);

Розділи нижче дають технічні відомості стандартних схем захисту SDH.

2.4. Технічні відомості стандартних схем захисту SDH

Лінійний MSP аналогічний 1+1 MSP, за винятком того, що тракт із захистом може використовуватися для передачі трафіку з низьким пріоритетом при нормальних робочих умовах. Робочий тракт буде використовуватися для передачі трафіку з високим пріоритетом. Якщо робочий тракт вийде з ладу, трафік з низьким пріоритетом буде перерваний, а трафік з високим пріоритетом буде переключено на тракт з захистом [5].

Наступні інтерфейси трафіку підтримують MSP [5]:

- IFS10G STM-64 (1 порт);
- IFS10G-M. STM-64 кольоровий для міських мереж (1 порт);
- IFS10G-L STM-64 кольоровий для роботи з hiT 7500 (1 порт);
- IFQ2G5 STM-16 (4 порту);
- IFS2G5 STM-16 (1 порт);
- IFQ622M STM-4 (4 порту);
- IF0155M STM-1 (8 портів);
- IF0155M-E STM-1 (8 електричних портів);

Аналогічно 1 + 1 лінійної захисту MSP, час перемикання для MSP становить також <50 мс.

Лінійний MSP

Допустимий діапазон N від 1 до 14. Невикористаний порт захисту передає додатковий трафік. У разі безлічі збоїв портів, схема пріоритетів згідно ITU-T G.841 визначає, який з відмовили робочих портів буде захищений: для кожного робочого порту в 1: N лінійної групі MSP оператор може конфігурувати високі і низькі пріоритети [5].

Наступні інтерфейси підтримують 1: N MSP:

- IFQ622M STM-4 (4 порту);
- IF0155M STM-1 (8 портів);
- IF0155M-E STM-1 (8 електричних портів);

Всі інтерфейси реалізують 1+1 MSP по портам, що означає, що не всі порти на платі повинні брати участь в схемі захисту.

1 +1 Захист підмережових з'єднань (SNCP)

SNCP реалізується безпосередньо на комутуючій матриці. На головному вузлі, робочий сигнал і сигнал із захистом передаються одночасно на кінцеву ділянку. Комутуюча матриця на волоконній MS-SPRing (BSHR-2) для STM-I6/-64/-256

Реалізація 2-волоконної BSHR в SURPASS hiT 7070 підтримує, як мінімум 3 NE, а максимум - 16 NE. Безліч 2-волоконних BSHR можуть підтримуватися SURPASS hiT 7070 при швидкості передачі даних 10 Гбіт/с і 2.5 Гбіт/с. У 2-волоконної BSHR половина повної кільцевої ємності завжди зарезервована для захисту. Якщо

відбувається розрив волокна, трафік змінює напрям в зворотному напрямку через тракт із захистом, образно на кінцеве обладнання. У SURPASS hiT 7070, BSHR завжди знаходиться в режимі роботи з поверненням. Час очікування відновлення може бути налаштоване від 1 до 12 хвилин з кроком в 1 хвилину [5].

Наступні стану автоматично призводять до захисного перемикання:

- відмова сигналу - кільце;
- погіршення сигналу - кільце;
- відмова плати;

Крім того, оператор може також видати зовнішній запит на захисне перемикання через LCT / NCT. Наступні запити на перемикання можуть бути видані через:

- локаут робочих каналів;
- примусове перемикання - кільце;
- ручне перемикання - кільце;
- система тестування - кільце;

-захисне перемикання контролюється з використанням байтів K1 і K2, як рекомендовано ITU-T G.841. Час перемикання завжди становить <50 мс.

-волоконний MS-SPRing (BSHR-4) для STM-16/-64;

-волоконний BSHR підтримує, як мінімум 3 NE і максимум 16 NE. Подібно 2-волоконний BSHR, 4-волоконний BSHR;

-працює в безповоротній режимі з часом очікування відновлення, конфігурованим оператором;

-захисне перемикання контролюється з використанням байтів K1 і K2, як рекомендовано ITU-T G. 841;

-час перемикання <50 мс;

Крім цього, схеми безшумної конфігурації можуть бути налаштовані оператором з метою уникнення неправильних з'єднань в разі багаторазових відмов на певному відрізку. Схема безшумної конфігурації аналогічна кільцевій мапі, яка складається зі списку всіх вузлів ID на кільці. Вона використовується для того, щоб гарантувати, що весь трафік виходить і закінчується на потрібному вузлі. Зокрема, 4-

портовий інтерфейс STM-16 реалізує BSHR-4 по портам, це означає, що не всі порти на платі повинні брати участь в схемі захисту.

2.5. Ключові характеристики плат SURPASS hiT 7070.

SURPASS hiT 7070 підтримує максимальну комутаційну ємність в 10 Гбіт/сек. при рівні модульності VC-4, VC-3 і VC- 12 [5].

NEAP - панель сигналізації мережевих елементів.

IF2M (W) - слоти для робочих карт 63×2 Мбіт/с.

IF2M (P) - слоти для карт захисту 63×2 Мбіт/с.

LSU Slot - слоти для блоків лінійних перемикачів.

CLU Slot - слоти для блоків генератора тактової частоти.

E-Core - слоти для блоків крос-коннектора низького порядку (SF2G5, рівень VC-4 / VC-12).

Traffic Slot - 9 слотів для установки однієї з карт:

-IFS10G - 1×10 Гбіт/с SDH card (STM-64);

-G5-4 × 2,5 Гбіт/с SDH card (STM-16);

-G5 -14 × 2,5 Гбіт / с SDH card (STM-16);

-M - 4 × 622 Мбіт / с SDH card (STM-4);

-M - 8 × 155 Мбіт / с SDH card (STM-1);

-4 × Gigabit Ethernet card (1000Base-Sx / Lx);

-E - 4 × Gigabit Ethernet card (1000Base-T);

-E - 8 × Electrical Ethernet card (10 / 100BaseT).

-Slot- слоти для блоків крос-коннектора високого порядку

-SCOH Slot - слот для блоку центрального контролера.

-COPA - панель для конекторів.

Електроживлення: вхідний постійна напруга 48В або -60В.

Всі компоненти, які можуть входити до складу обладнання мультиплексора поділені на 3 групи:

конструктив (Hardwave);

захисні перемикання (APS SW);
управління (TNMS CT LCT / NCT).

Таблиця 2.1.

Призначення елементів апаратури SURPASS hiT 7070

Коротке позначення	Опис	Функції
IFS40G-MX	Мультиплексор / демultipлексор	Модуляція / демодуляція окремих хвиль
IFS10G	SDH плата	Доступ і обробка оптичних сигналів STM-64
ISF10G-M	Плата SDH	Доступ і обробка сигналів оптичному транспортному блоку
IFS2G5	SDH плата	Доступ і обробка цифрових сигналів 1 × STM -16
IFSG5B	SDH плата 1 × 2,5 Гбіт/с	Доступ і обробка цифрових сигналів 1 × STM -16
IFQ622M	SDH-плата	Доступ і обробка цифрових сигналів 4 × STM -4
IFQGBE	Плата 4 × Gigabit Ethernet	Доступ і обробка даних мережі Ethernet
IFOFES-E	Плата електричних інтерфейси 8 × Ethernet	Доступ і обробка даних мережі Ethernet
IF2M	Електричні інтерфейси 63 × 2Мбіт/с	Доступ і обробка даних потоків E
LSU	Блок підключення і резервування ліній	захисні перемикання
SF160G	Кросовий комутатор трактів високого порядку VC-4	Комутація трактів високого порядку з граничною ємністю до 160 Гбіт/с
SF2G5	Кросовий комутатор трактів низького порядку VC-3/VC-12	Комутація трактів високого порядку з граничною ємністю до 2,5 Гбіт/с
PF2G5	Пакетна комутація в захищеному кільці RPR	Підтримка функцій захищеного пакетного кільця RPR
CLU	Центральний тактовий генератор	Реалізує всі Функції синхронізації обладнання

Електроживлення, вхідна напруга DC (згідно ETS 300 132-2): 48В до 60В

Діапазон від 40.5В до 72В.

Споживання потужності при 60В, повний комплект комплект SURPASS hiT 7070 < 1000 Вт.

Мультиплексор SMA 1/4 На SAN-52, 53, 54, 55; AN-512, 514, 516, 610 використовується синхронний мультиплексор вводу-виводу SMA 1/4 фірми «Siemens».

Одним з унікальних відмінностей мультиплексорів цього класу є наявність Core-мапи. На основі створеної власної елементної бази (технологія ASIC), вдалося об'єднати кілька функціональних модулів в один. Завдяки цьому на центральній мапі CORE закладена наступна функціональність:

- комутація каналів (матриця)
- здійснення функції центрального контролю через інтерфейс локального терміналу (Local Craft Terminal)
- терминирование 32x2 Мбіт / с трибутарних інтерфейсів (як портів для передачі трафіку або резервування)
- наявність двох посадочних місць для однопортових модулів STM1 або STM4.

Мультиплексори SMA серії 4 (SMA 1 / 4с, SMA 1/4, SMA 1 / 4Е) є компактними повнофункціональні мультиплексори крос-конекту (DXC) з можливістю повної неблокуючої крос-комутації на рівні VC-12 і забезпечують гнучке надання послуг. Ці мультиплексори комплектуються універсальним набором плат з високою щільністю портів, що встановлюються в кошики, і є частиною великого портфеля обладнання SDH фірми « Siemens » [6].

Фізично дане устаткування виконано в 19 дюймових каркасах з можливістю установки різних модулів. Модулі мультиплексорів однакові для кожного мультиплексора даного класу.

В силу своєї масштабованості мультиплексори дозволяють резервувати модулі, матрицю комутації та модулі електроживлення.

Функціональні можливості SMA 1 / 4с, SMA 1/4, SMA 1 / 4Е:

- матриця комутації еквівалента 32×STM-1 на будь-якому рівні починаючи з VC-12 до VC-4.
- можливість введення і виведення зовнішньої синхронізації 2048 кГц.

- резервування PDH портів.
- робота мережевих додатків з використанням таких стандартів як Ethernet 10/100, ATM (UNI) 2,34,45,155 Mbit / s, X.21.
- характерною відмінністю мультиплексора SMA1 / 4 є наявність 8-ми універсальних слотів для установки трибутарних або лінійних модулів. Таким чином конструкція виробу адаптована до можливості термінації як низькошвидкісних (до 128 E1) інтерфейсів, так і високошвидкісних (до $16 \times \text{STM-1} + 4 \times \text{STM-4}$).
- максимальна ефективність використання мультиплексора досягається при установці його в ті місця мережі, де потрібно здійснювати як транзит каналів між кільцями SDH, так і терминувати різні види стандартів передачі (E1, E3, STM -1, STM-4, Ethernet).

2.6. Реконструкція існуючої мережі.

Реконструкція мережі пов'язана з ростом потреби в підключення міських номерів. Також це пов'язано з ростом потреби в послугах передача даних, вихід в інтернет, хостинг та ін.

Сама реконструкція матиме такі пункти:

- додати до існуючого кільце SDH SAN-54 і AN-610, зараз в кільця включені наступні вузли SAN-56, AN-516, SAN-55;
- провести розрахунок інтенсивності навантаження SAN
- в зв'язку зі зростаючою потребою в послугах передачі даних в кожному вузлі мережі забезпечити доступ до комфортних швидкостей.

Свій вибір в топології мережі я зупиняю на кільцевій структурі, що складається з двох кілець SDH, оскільки для, двох вузлів мережі (SAN-54 і AN-610) є, на мою думку, єдине і дуже вигідне рішення, які полягають в прокладці оптичного кабелю в існуючій кабельній каналізації між даними узлами. Схема реконструйованої мережі з прив'язкою до місцевості зображена на рисунку 2.3.

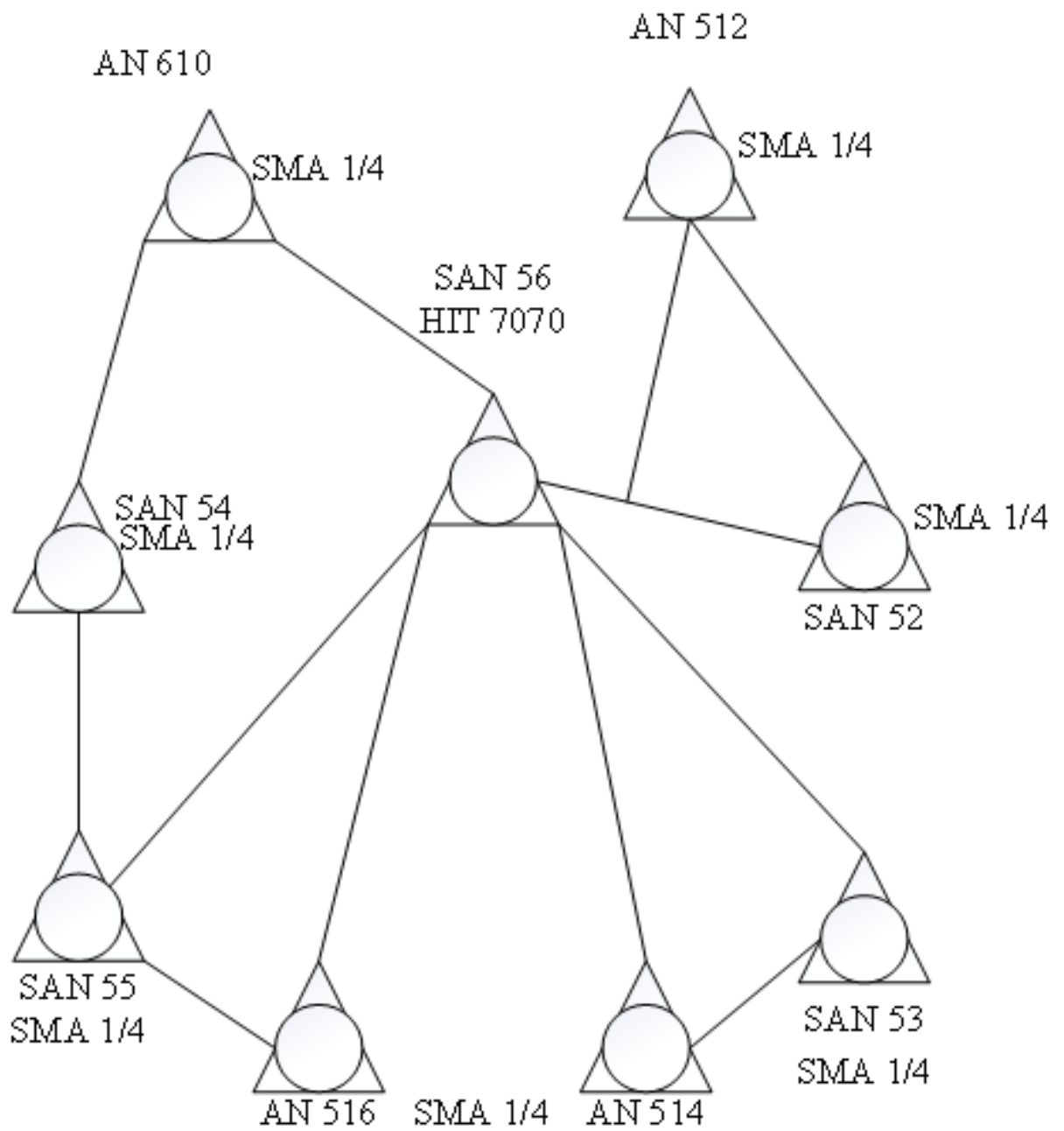


Рис. 2.3. Схема існуючої мережі м. Енергодар після реконструкції

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2

Свій вибір в топології мережі я зупиняю на кільцевій структурі, що складається з двох кілець SDH, оскільки для двох вузлів мережі (SAN-54 і AN-610) є, на мою думку, єдине і дуже вигідне рішення, які полягають в прокладці оптичного кабелю в існуючій кабельній каналізації між даними вузлами.

Для постійно зростаючого середовища інформації з безліччю послуг необхідна єдина ефективна платформа, з хорошим масштабуванням, що має можливість для обробки пульсуючого пакетного трафіку плюс традиційний вузькосмуговий і широкосмуговий трафік. Одним з головних аспектів що повинні бути виконані, це те, що в зв'язку зі зростаючою потребою в послугах передачі даних в кожному вузлі мережі забезпечити доступ до комфортних швидкостей, а тому проаналізувавши характеристики SURPASS hiT 7070, можна зробити висновок, що дане обладнання найкращим чином може використовуватись. А якщо згадати, що 7070 має високий рівень адаптивності, стає зрозуміло, що мережу можна не тільки модифікувати, а і взагалі змінювати.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ІНТЕНСИВНОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ

Для розрахунку навантаження необхідні дані про ємності SAN/AN в мережі, які указані в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Розподіл телефонної ємності на мережі

Тип АТС	Ємність	Категорія абонентів		
		Кварт 70%	Нг 29,5%	Таксоф 0,5%
AN-516	10000	7000	2950	50
SAN-55	24000	16800	7080	120
SAN-54	19000	13300	5605	95
AN-610	2000	1400	590	10
SAN-56	24000	16800	7080	120
AN-512	5000	3500	1475	25
SAN-52	12000	8400	3540	60
SAN-53	14000	9800	4130	70
AN-514	5000	3500	1475	25

Вихідна місцеве навантаження в Ерл, розраховується за формулою [7-10]:

$$Y_{\text{вих.м.}} = (d_i \times P_p \times C_j \times t_i^j \times N_i^j) / 3600 \quad (3.1.)$$

Де: j - ознака, що характеризує тип номеранабирача, який використовується абонентом для передачі адресної інформації на АТС;

$j = 1$ - телефонний апарат з тастатурним номеронабирачем. Середній час передачі одного знака номера при використанні ТА даного типу становить 0,8 с незалежно від способу передачі адресному інформації-декадних кодом, шлейфним способом або кодом 2 з 6 тональним способом;

$j = 2$ телефонний апарат з дисковим номеронабирачем. Середній час передачі одного знаку номера при цьому становить 1,5 с;

i - це категорія абонентів.

Зазначу, що $i = 1$ - абоненти, які відносяться квартирному сектору; $i = 2$ - до народногосподарському сектору; $i = 3$ - таксофони місцевої мережі.

Відзначимо, що таксофони, як правило, мають тастатурні номеронабирачі. Обслуговуються тільки абоненти, що мають дискові системи набору, тому для них формула (3.1.) набуде вигляду:

$$Y_{\text{вих.м.}} = d_i \times a_i \times P_p \times C_i \times (N_i^1 \times t_i^1 + N_i^2 \times t_i^2) / 3600 \quad (3.2)$$

де a_i - коефіцієнт, що характеризує частку викликів, які не скінчилися розмовою.

Коефіцієнт d_i , є функцією від тривалості розмов.

$P_p = 0,5 - 0,6$, це коефіцієнт, що визначає частку викликів, що закінчилися розмовою;

N_i^j - число абонентів i -ої категорії j -ого ознаки;

C_i - інтенсивність надходження викликів від абонентів i -ої категорії в ЧНН;

t_i^j - середній час заняття телефонного тракту для абонента i -ої категорії в секундах, що має телефонний апарат j -го типу при відбулося розмові, знаходимо за формулою:

$$t_i^j = t_{pc} + t_{bc} + t_{zm}^j \times n + t_{вст} + t_{пв/кпв} + T_i + t_{зв} \quad (3.3)$$

де $t_{pc} = 0,1$ с - час реакції системи комутації, як проміжок часу від моменту посилки абонентом сигналу "заняття" на станцію до моменту отримання сигналу "відповідь станції"

$t_{bc} = 3$ с - середній час прослуховування сигналу "відповідь станції"; - середній час передачі одного знака номера

$$t_{зм}^j = 0,8 - 1,5 \text{ с.}$$

n - число знаків в абонентському номері ($n = 6$);

$t_{вст} = 2$ с - середній час встановлення з'єднання. Слід зазначити, що при використанні системи сигналізації №7 час $t_{вст}$ складає не більше декількох сотень мс. Якщо використовується код 2 з 6, то час залежить від кількості знаків номера абонента і виду зв'язку (входить або виходить). При $t_{вст}$ цьому може складати від 0,9 с до 2,4 с.

$t_{пв/кпв} = 6-8$ с - середній час видачі сигналів «передача виклику» і «контролю передачі виклику»

$t_{зв} = 1$ с – середній час звільнення. Параметри C_i і T_i залежать:

- від частини розмов, що відбулися;
- від частки квартирних абонентів в загальній ємності мережі;
- від кількості жителів;
- від категорії абонента.

У таблиці 3.2. наведені значення параметрів навантаження для абонентів різних категорій.

Таблиця 3.2.

Параметри навантаження C_i і T_i

Частка абонентів у мережі	Квартирний сектор		народногосподарський сектор		Таксофони	
	C_i Вик\год	T_i сек	C_i Вик\год	T_i сек	C_i Вик\год	T_i сек
До 65% абонентів	1,1	110	3,6	8,5	10	110
Понад 65% абонентів	1,2	140	2,7	90	10	140

При $P_p = 0,5$ і кількості жителів міста понад 300000 в таблиці 3.3. наведені значення в залежності від $P_p = 0,5$.

Таблиця 3.3.

Залежність a_i від T_i якщо $P_p = 0,5$

T_i	80	85	90	110	140
a_i	1,24	1,23	1,22	1,185	1,16

Середній час заняття телефонного тракту для абонента i -ої категорії в секундах, що має телефонний апарат j -го типу при розмові, що відбулася, знаходимо за формулою, що була вказана вище (3.1):

Телефонні апарати з тастатурним номеронабирачем [7]:

$$t_{\text{КВ}}^1 = 0,1 + 3 + 0,8 \times 6 + 2 + 7 + 140 + 1 = 157,9 \text{ с}$$

$$t_{\text{НГ}}^1 = 0,1 + 3 + 0,8 \times 6 + 2 + 7 + 90 + 1 = 107,9 \text{ с}$$

$$t_{\text{Т}}^1 = 0,1 + 3 + 0,8 \times 6 + 2 + 7 + 110 + 1 = 127,9 \text{ с}$$

Телефонні апарати з дисковим номеронабирачем:

$$t_{\text{КВ}}^2 = 0,1 + 3 + 1,5 \times 6 + 2 + 7 + 140 + 1 = 162,1 \text{ с}$$

$$t_{\text{НГ}}^2 = 0,1 + 3 + 1,5 \times 6 + 2 + 7 + 90 + 1 = 112,1 \text{ с}$$

$$t_{\text{Т}}^2 = 0,1 + 3 + 1,5 \times 6 + 2 + 7 + 110 + 1 = 132,1 \text{ с}$$

Вихідне місцеве навантаження розрахуємо для SAN-610, вона має ємність 2000 номерів:

$$N_{\text{КВ}} = 1400, N_{\text{КВ}}^1 = 1260(90\%), N_{\text{КВ}}^2 = 1400 - 1260 = 140$$

$$N_{\text{НГ}} = 590, N_{\text{НГ}}^1 = 531(90\%), N_{\text{НГ}}^2 = 590 - 531 = 59$$

$$N_{\text{Т}} = 10, N_{\text{Т}}^1 = 7(90\%), N_{\text{Т}}^2 = 3$$

$$Y_{\text{вих.м.}} = (d_{\text{КВ}} \times P_{\text{р}} \times C_{\text{КВ}} \times (N_{\text{КВ}}^1 \times t_{\text{КВ}}^1 + N_{\text{КВ}}^2 \times t_{\text{КВ}}^2) + d_{\text{НГ}} \times P_{\text{р}} \times C_{\text{НГ}} \times (N_{\text{НГ}}^1 \times t_{\text{НГ}}^1 + N_{\text{НГ}}^2 \times t_{\text{НГ}}^2) + d_{\text{Т}} \times P_{\text{р}} \times C_{\text{Т}} \times (N_{\text{Т}}^1 \times t_{\text{Т}}^1 + N_{\text{Т}}^2 \times t_{\text{Т}}^2)) / 3600, \text{Ерл}$$

(3.4.)

$$Y_{\text{вих.м.}} = (1,16 \times 0,5 \times 1,2 \times (157,9 \times 1260 + 162,1 \times 140) + 1,22 \times 0,5 \times 2,7 \times (107,9 \times 531 + 112,1 \times 59) + 1,185 \times 0,5 \times 10 \times (127,9 \times 7 + 132,1 \times 3)) / 3600 = 74,220, \text{Ерл}$$

Вихідне місцеве навантаження для цифрової AN-512; 514, що мають ємність по 5000 номерів, для SAN-516, місткістю 10000 номерів, для SAN-52, ємністю 12000 номерів, для SAN-53, ємністю 14000 номерів, для SAN-54, ємністю 19000 номерів, для SAN-55; 56, ємністю по 24000 номерів, розрахуємо як і попередню SAN за формулою (3.4.).

AN-512, AN-514, ємність 5000 номерів:

$$N_{\text{КВ}} = 3500, N_{\text{КВ}}^1 = 3150(90\%), N_{\text{КВ}}^2 = 3500 - 3150 = 350$$

$$N_{\text{НГ}} = 1475, N_{\text{НГ}}^1 = 1328(90\%), N_{\text{НГ}}^2 = 1475 - 1328 = 147$$

$$N_{\text{Т}} = 25, N_{\text{Т}}^1 = 18, N_{\text{Т}}^2 = 7$$

$$Y_{\text{ВИХ.М.}} = 184.666 \text{ Ерл}$$

AN-516; Ємність 10000 номерів:

$$N_{\text{КВ}} = 7000, N_{\text{КВ}}^1 = 6300(90\%), N_{\text{КВ}}^2 = 7000 - 6300 = 700$$

$$N_{\text{НГ}} = 2950, N_{\text{НГ}}^1 = 2655(90\%), N_{\text{НГ}}^2 = 2950 - 2655 = 295$$

$$N_{\text{Т}} = 50, N_{\text{Т}}^1 = 35, N_{\text{Т}}^2 = 15$$

$$Y_{\text{ВИХ.М.}} = 371,574 \text{ Ерл}$$

SAN-52; Ємність 12000 номерів:

$$N_{\text{КВ}} = 7000, N_{\text{КВ}}^1 = 6300(90\%), N_{\text{КВ}}^2 = 7000 - 6300 = 700$$

$$N_{\text{НГ}} = 2950, N_{\text{НГ}}^1 = 2655(90\%), N_{\text{НГ}}^2 = 2950 - 2655 = 295$$

$$N_{\text{Т}} = 50, N_{\text{Т}}^1 = 35, N_{\text{Т}}^2 = 15$$

$$Y_{\text{ВИХ.М.}} = 371,574 \text{ Ерл}$$

SAN-53; ємність 14000 номерів:

$$N_{\text{КВ}} = 9800, N_{\text{КВ}}^1 = 8820(90\%), N_{\text{КВ}}^2 = 9800 - 8820 = 980$$

$$N_{\text{НГ}} = 4130, N_{\text{НГ}}^1 = 3717(90\%), N_{\text{НГ}}^2 = 4130 - 3717 = 413$$

$$N_{\text{Т}} = 70, N_{\text{Т}}^1 = 50, N_{\text{Т}}^2 = 20$$

$$Y_{\text{ВИХ.М.}} = 519,505 \text{ Ерл}$$

SAN-54; ємність 19000 номерів:

$$N_{\text{КВ}} = 13300, N_{\text{КВ}}^1 = 11970(90\%), N_{\text{КВ}}^2 = 13300 - 11970 = 1330$$

$$N_{\text{НГ}} = 5605, N_{\text{НГ}}^1 = 5045(90\%), N_{\text{НГ}}^2 = 5605 - 5045 = 560$$

$$N_{\text{Т}} = 95, N_{\text{Т}}^1 = 70, N_{\text{Т}}^2 = 25$$

$$Y_{\text{ВИХ.М.}} = 705,027 \text{ Ерл}$$

SAN-55, SAN-56; ємність 24000 номерів:

$$N_{\text{КВ}} = 16800, N_{\text{КВ}}^1 = 15120(90\%), N_{\text{КВ}}^2 = 16800 - 15120 = 1680$$

$$N_{\text{НГ}} = 7080, N_{\text{НГ}}^1 = 6372(90\%), N_{\text{НГ}}^2 = 7080 - 6372 = 708$$

$$N_{\text{Т}} = 120, N_{\text{Т}}^1 = 90, N_{\text{Т}}^2 = 30$$

$$Y_{\text{Вих.М.}} = 890,55 \text{ Ерл}$$

Навантаження на виході КП створюється з моменту початку процесу встановлення з'єднання. Це означає, що при розрахунку до уваги береться час слухання абонентом сигналу «відповідь станції» і час набору номера. У зв'язку з цим навантаження, створювана на виході КП менше навантаження, створюваної на його вході.

Розрахунок інтенсивності навантаження на виході КП для цифрових АТС здійснюється за формулою [8]:

$$Y_{\text{Вих.КП}} = (1 - K_{\text{Вих}}) \times Y_{\text{Вих.М}} \quad (3.5.)$$

$$K_{\text{Вих.і}} = (t_{\text{Вс}} + t_{\text{НН}})/t_{\text{Вх}} \quad (3.6.)$$

$K_{\text{Вих}}$ - коефіцієнт, що враховує зниження навантаження на виході КП для і-ої станції.

$t_{\text{Вс}} = 3 \text{ с}$ - середній час прослуховування сигналу «відповідь станції»;

$t_{\text{НН}}$ - середній час набору номера абонентами і-ої станції в секунду

$t_{\text{Вх}}$ - середній час заняття входу КП при обслуговуванні одного виклику для і-ої станції в секундах. Знаходиться за формулою:

$$t_{\text{Вх}} = (Y_{\text{Вих.М}} \times 3600)/(N_{\text{КВ}} \times C_{\text{КВ}} + N_{\text{НГ}} \times C_{\text{НГ}} + N_{\text{Т}} \times C_{\text{Т}}) \quad (3.7.)$$

$$t_{\text{НН}} = \frac{(N_{\text{КВ}}^1 + N_{\text{НГ}}^1 + N_{\text{Т}}^1) \times 0,8 \times n + (N_{\text{КВ}}^2 + N_{\text{НГ}}^2 + N_{\text{Т}}^2) \times 1,5 \times n}{N_{\text{КВ}} + N_{\text{НГ}} + N_{\text{Т}}} \quad (3.8.)$$

Підставив дані в формули (3.5.), (3.6.), (3.7.), (3.8.) і зробимо розрахунок

$$t_{\text{нн}} = \frac{(1260 + 531 + 7) \times 0,8 \times n + (140 + 59 + 3) \times 1,5 \times n}{1400 + 590 + 10} = 5,224 \text{ с}$$

$$t_{\text{вх}} = \frac{74,220 \times 3600}{1400 \times 1,2 + 590 \times 2,7 + 10 \times 10} = 79,215 \text{ с}$$

$$K_{\text{вих},i} = \frac{3 + 5,224}{79,215} = 0,104$$

$$Y_{\text{вих,кп}} = (1 - 0,104) \times 74,220 = 66,510 \text{ Ерл}$$

Розрахунок інтенсивності навантаження на виході КП для цифрових АН - 512, 514, ємність 5000 номерів, зробимо аналогічно за формулами (3.5.), (3.6.), (3.7.), (3.8.).

$$t_{\text{нн}} = \frac{(3150 + 1328 + 18) \times 0,8 \times 6 + (350 + 147 + 7) \times 1,5 \times 6}{3500 + 1475 + 25} = 5,223 \text{ с}$$

$$t_{\text{вх}} = \frac{184,666 \times 3600}{3500 \times 1,2 + 1475 \times 2,7 + 25 \times 10} = 78,553 \text{ с}$$

$$K_{\text{вих},i} = \frac{3 + 5,223}{78,553} = 0,1047$$

$$Y_{\text{вих,кп}} = (1 - 0,1047) \times 184,666 = 165,331 \text{ Ерл}$$

АН-516; ємність 10000 номерів:

$$t_{\text{нн}} = \frac{(6300 + 2655 + 35) \times 0,8 \times 6 + (700 + 295 + 15) \times 1,5 \times 6}{700 + 2950 + 50} = 5,224 \text{ с}$$

$$t_{\text{вх}} = \frac{371,574 \times 3600}{7000 \times 1,2 + 2950 \times 2,7 + 50 \times 10} = 79,316 \text{ с}$$

$$K_{\text{вих},i} = \frac{3 + 5,224}{79,316} = 0,1037$$

$$Y_{\text{вих,кп}} = (1 - 0,1037) \times 371,574 = 333,042 \text{ Ерл}$$

SAN-52; ємність 12000 номерів:

$$t_{\text{HH}} = \frac{(7560 + 3184 + 45) \times 0,8 \times 6 + (840 + 356 + 15) \times 1,5 \times 6}{8400 + 3540 + 60} = 5,224 \text{ с}$$

$$t_{\text{BX}} = \frac{445,279 \times 3600}{8400 \times 1,2 + 3540 \times 2,7 + 60 \times 10} = 79,208 \text{ с}$$

$$K_{\text{вих},i} = \frac{3 + 5,224}{79,208} = 0,1038$$

$$Y_{\text{вих,кп}} = (1 - 0,1038) \times 445,279 = 333,059 \text{ Ерл}$$

SAN-53; ємність 14000 номерів:

$$t_{\text{HH}} = \frac{(8820 + 3717 + 50) \times 0,8 \times 6 + (980 + 413 + 20) \times 1,5 \times 6}{9800 + 4130 + 70} = 5,2239 \text{ с}$$

$$t_{\text{BX}} = \frac{519,505 \times 3600}{9800 \times 1,2 + 4130 \times 2,7 + 70 \times 10} = 79,21 \text{ с}$$

$$K_{\text{вих},i} = \frac{3 + 5,2239}{79,21} = 0,1038$$

$$Y_{\text{вих,кп}} = (1 - 0,1038) \times 519,505 = 465,58 \text{ Ерл}$$

SAN-54; ємність 19000 номерів:

$$t_{\text{HH}} = \frac{(11970 + 5045 + 70) \times 0,8 \times 6 + (1330 + 560 + 25) \times 1,5 \times 6}{13300 + 5605 + 95} = 5,2233 \text{ с}$$

$$t_{\text{BX}} = \frac{705,027 \times 3600}{13300 \times 1,2 + 5605 \times 2,7 + 95 \times 10} = 79,208 \text{ с}$$

$$K_{\text{вих},i} = \frac{3 + 5,2233}{79,208} = 0,1038$$

$$Y_{\text{вих,кп}} = (1 - 0,1038) \times 705,027 = 631,845 \text{ Ерл}$$

SAN-55, SAN-56; ємність 24000 номерів:

$$t_{\text{нн}} = \frac{(15120 + 6372 + 90) \times 0,8 \times 6 + (1680 + 708 + 30) \times 1,5 \times 6}{16800 + 7080 + 120} = 5,2232 \text{ с}$$

$$t_{\text{вх}} = \frac{890,55 \times 3600}{16800 \times 1,2 + 7080 \times 2,7 + 95 \times 10} = 79,699 \text{ с}$$

$$K_{\text{вих,і}} = \frac{3 + 5,2232}{79,699} = 0,1032$$

$$Y_{\text{вих,кп}} = (1 - 0,1032) \times 890,55 = 798,111 \text{ Ерл}$$

Розрахунок навантаження до вузла спецслужб (ВСС)

Частина інтенсивності навантаження до ВСС від місцевого навантаження КП становить 3%. Тоді $Y_{\text{всс}}$ розраховується по формулі:

$$Y_{\text{всс}} = 0,03 \times Y_{\text{вих,кп}} \quad (3.9)$$

AN-610:

$$Y_{\text{всс}} = 0,03 \times 66,501 = 1,995 \text{ Ерл}$$

Розрахунок інтенсивності вихідного міжміського навантаження (умовно-сполучна лінія) визначаємо за формулою:

$$Y_{\text{усл}} = y_{\text{усл}} (N_{\text{кв}} + N_{\text{нг}}) + Y_{\text{кпп}} + Y_{\text{мта}} \quad (3.10)$$

де $Y_{\text{кпп}}$ - вихідне навантаження, створювана кабінами переговорних пунктів:

$$Y_{\text{кпп}} = \left(\frac{y_{\text{кпп}}}{2}\right) \times N_{\text{кпп}} \quad (3.11)$$

Де $y_{\text{кпп}} = 0,45$ Ерл - питоме навантаження від однієї кабіни ПП;

$y_{\text{усл}}$ - питоме навантаження від одного джерела на УСЛ;

$Y_{\text{мта}}$ - навантаження, створювана міжміськими телефонами-автоматами:

$$Y_{\text{мта}} = y_{\text{мта}} \times N_{\text{мта}} \quad (3.12)$$

де $y_{мта} = (0,42-0,65)$ Ерл - питома навантаження від одного МТА.

Міжміське навантаження включає в себе міжміське навантаження в межах зони і між різними зонами мережі, а також міжнародне навантаження [6].

Розрахунок інтенсивності вхідного міжміського (сполучні лінії міжміські) навантаження визначимо за формулою:

$$Y_{слм} = y_{слм} \times (N_{кв} + N_{нг}) + Y_{кпп} \quad (3.13.)$$

Значення $y_{слм}$ та $y_{усл}$ відображені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4.

Навантаження на ЗСЛ та СЛМ

Чисельність населення міста	Середнє навантаження на одного абонента за вихідними (УСЛ) і входять (СЛМ) міжміським лініях, Ерл	
	УСЛ	СЛМ
До 20000 чоловік	0,0025	0,0020
20 - 100 тис. чоловік	0,0025	0,0020
100 - 500 тис. чоловік	0,0020	0,0015
500 тис. - 1 млн осіб	0,0015	0,0010

Середній час заняття УСЛ - 150 с. Середній час заняття СЛМ - 126 с.

Підставивши значення в формули (3.10), (3.11), (3.12), (3.13) і виконаємо розрахунок.

АН-610:

$$Y_{кпп} = \left(\frac{0,45}{2}\right) \times 3 = 0,675 \text{ Ерл}$$

$$Y_{мта} = 0,42 \times 10 = 4,2 \text{ Ерл}$$

$$Y_{усл} = 0,002 \times (1400 + 590) + 0,675 + 4,2 = 8,855 \text{ Ерл}$$

$$Y_{слм} = 0,0015 \times (1400 + 590) + 0,675 = 3,66 \text{ Ерл}$$

Розрахунок для інших SAN/AN проводиться аналогічно, результати зведені в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5.

Значення інтенсивності навантаження на мережі

Назва	$Y_{\text{вих.м.}}$	$Y_{\text{вих.кп}}$	$Y_{\text{всс}}$	$Y_{\text{зсл}}$	$Y_{\text{слм}}$	$Y_{\text{мта}}$	$Y_{\text{кпп}}$
AN-610	74,22	66,501	1,995	8,855	3,66	4,2	0,675
AN-512; 514	184,666	165,331	4,96	31,7	18,713	10,5	11,25
AN-516	371,574	333,042	9,991	42,7	21	16,72	1,8
SAN-52	445,279	399,059	11,972	51,33	20,16	25,2	2,25
SAN-53	519,505	465,58	13,967	59,96	23,595	29,4	2,7
SAN-54	705,027	631,845	18,955	80,86	31,508	39,9	3,15
SAN-55; 56	890,55	798,111	23,943	102,21	39,87	50,04	4,05

У попередніх розділах наведено розрахунок місцевої вихідного навантаження на виході комутаційного поля $Y_{\text{вих.кп}}$, а також навантаження до вузла спецслужб $Y_{\text{всс}}$ для кожної AN/SAN мережі. Визначимо значення навантаження від кожної станції, що підлягає розподілу на місцевій мережі. Позначимо це навантаження для i -ої AN/SAN через Y_i , тоді:

$$Y_i = Y_{\text{вих.кп}} - Y_{\text{всс}} \quad (3.14)$$

$$Y_{610} = 66,501 - 1,955 = 64,506 \text{ Ерл}$$

Для кожної AN/SAN визначимо коефіцієнт η_i за формулою:

$$\eta_i = (Y_{\text{вих.кп}} \times 100) / \sum_{j=1}^m Y_{\text{вих.кп}} \% \quad (3.15)$$

Коефіцієнт η_i характеризує частину вихідного навантаження для i -ої AN/SAN до сумарного вихідного навантаження всіх елементів мережі міста, вираженою у відсотках.

Розрахувавши коефіцієнт η_i по таблиці 3.6. визначимо значення коефіцієнта внутрішнього станційного тяжіння K_i ($i = 1, m$) для кожної станції.

Таблиця 3.6.

Норми навантаження по різним напрямках.

$\eta_i, \%$	$K_i, \%$	$\eta_i, \%$	$K_i, \%$	$\eta_i, \%$	$K_i, \%$
2,5	19,2	7,0	22,6	13,0	31,5
3,0	19,4	8,0	24,2	14,0	32,9
3,5	19,7	8,5	25,1	15,0	33,3
4,0	20,0	9,0	25,8	20,0	38,5
4,5	20,2	9,5	26,4	25,0	42,4
5,0	20,4	10,1	27,4	30,0	46,0
5,5	20,7	10,2	27,6	35,0	50,4
6,0	21,0	11,0	28,3	40,0	54,5
6,5	21,7	12,0	30,0	45,0	58,2

Визначимо значення навантаження $Y_{розп}$, яке розподіляється між іншими станціями по мережі за формулою:

$$Y_{розп} = Y_i(1 - K_i/100) \quad (3.16.)$$

Розподіл навантаження від обраної станції $Y_{розп}$ до інших станцій мережі здійснюється пропорційно, розподіляється навантаження від кожної станції. Для розрахунку використаю формулою:

$$Y_{ij} = (Y_{\text{розп.}i} \times Y_{\text{розп.}j}) / (\sum Y_{\text{розп.}k} - Y_{\text{розп.}i}) \quad (3.17.)$$

Де Y_{ij} - міжстанційне навантаження від і-ої станції до j-ої станції,

$Y_{\text{розп.}i}$ та $Y_{\text{розп.}j}$ - значення розподіляється на мережі навантаження відповідно для і-ої і j-ої станції.

Результати розрахунків для всіх AN/SAN зведемо в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7.

Результати розподілу навантаження на мережі (Ерл)

№	AN 610	AN 512	AN 514	AN 516	SAN 52	SAN 53	SAN 54	SAN 55	SAN 56
AN 610	-	1,769	1,769	3,345	3,994	4,505	5,825	6,785	6,785
AN 512	1,769	-	4,433	8,382	10,008	11,289	14,599	17,003	17,003
AN 514	1,769	4,433	-	8,382	10,008	11,289	14,599	17,003	17,003
AN 516	3,345	8,382	8,382	-	19,525	22,025	28,481	33,171	33,171
SAN 52	3,994	10,008	10,008	19,525	-	26,648	34,459	40,134	40,134
AN 53	4,505	11,28	11,28	22,02	26,64	-	39,28	45,75	45,75
SAN 54	5,852	14,599	14,599	28,481	34,459	39,282	-	60,824	60,824
SAN 55	6,785	17,003	17,003	33,171	40,134	45,751	60,824	-	72,315
SAN 56	6,785	17,003	17,003	33,171	40,134	45,751	60,824	72,315	-
BCC	1,995	4,96	4,96	9,991	11,972	13,967	18,955	23,943	23,943
ЗСЛ	8,855	31,7	31,7	42,7	51,33	59,96	80,86	102,21	102,21
СЛМ	3,66	18,713	18,713	16,725	20,16	23,595	31,508	39,87	39,87

3.1. Розрахунок ємності пучків сполучних ліній

Середнє значення навантаження на різних напрямках, представлені в таблиці

3.7. необхідно перерахувати в розрахункові значення за формулою:

$$Y_{pi-j} = 1,03 \times Y_{i-j} + 0,29 \times \sqrt{Y_{i-j}} \quad (3.18)$$

$$\text{Де } Y_{i-j} = Y_{ij} + Y_{ji}$$

Y_{i-j} - розподіл навантаження між станціями.

Для AN-610 и AN-512:

$$Y_{610-512} = 1,769 + 1,769 = 3,538 \text{ Ерл}$$

$$Y_{p610-512} = 1,03 \times 3,538 + 0,29 \times \sqrt{3,538} = 4,198 \text{ Ерл}$$

Розрахунок для інших станцій проводиться аналогічно. Результати розрахунків зображені в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8.

Значення навантаження на різних напрямках мережі (Ерл)

№	AN 610	AN 512	AN5 14	AN 516	AN 52	SAN 53	SAN 54	SAN 55	SAN 56
AN 610	-	4,198	4,198	7,641	9,048	10,15	12,98	15,14	15,14
AN 512	4,198	-	9,995	18,45	21,91	24,66	31,64	36,71	36,71
AN 514	4,198	9,995	-	18,45	21,91	24,66	31,64	36,71	36,71
AN 516	7,641	18,45	7,641	-	42,34	47,97	60,86	70,64	70,69

SAN 52	9,048	21,91	9,048	42,34	-	57,01	73,39	85,27	85,27
SAN 53	10,51	24,66	10,15	47,29	57,01	-	83,49	97,02	97,02
SAN 54	12,85	31,64	12,98	60,86	73,39	83,49	-	128,4	128,4
SAN 55	15,45	36,71	15,14	70,69	85,27	97,02	128,49	-	152,3
SAN 56	15,14	36,71	15,14	70,69	85,27	97,02	128,8	152,3	-
BCC	2,64	5,59	5,599	10,96	13,09	15,20	20,82	25,73	25,7
ЗСЛ	9,94	33,89	33,89	45,19	54,41	63,46	85,64	107,5	107,5
СЛМ	4,32	20,22	20,22	18,27	21,75	25,37	33,88	42,45	42,55

При розрахунку ємності пучка з'єднувальних ліній (каналів) використовуємо формулу О'Дейла:

$$V_{ij} = \alpha \times Y_{pi-j} + \beta \quad (3.19)$$

де Y_{pi-j} - розрахункове навантаження в напрямку від і-ої станції до j-ої станції, значення беремо з таблиці 3.8.

α та β - коефіцієнти: $\alpha = 1,7$; $\beta = 3,3$.

Підставивши цифрові дані в формулу 3.19. зробимо розрахунок числа з'єднувальних ліній між станціями.

Для AN-610 та AN-512:

$$V_{610-512} = 1,7 \times 4,198 + 3,3 = 11$$

Розрахунок кількості числа з'єднувальних ліній для інших станцій проводиться аналогічно. Результати розрахунків в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9

Кількість з'єднувальних ліній між станціями

№	AN 610	AN 512	AN 514	AN 516	AN 52	SAN 53	SAN 54	SAN 55	SAN 56
AN 610	-	11	11	17	19	21	26	30	30
AN 512	11	-	21	35	41	46	58	66	66
AN 514	11	21	-	35	41	46	58	66	66
AN 516	17	35	35	-	76	84	107	124	124
SAN 52	19	41	41	76	-	101	129	149	149
SAN 53	21	46	46	84	101	-	146	169	169
SAN 54	26	58	58	107	129	146	-	222	222
SAN 55	30	66	66	124	149	169	222	-	263
BCC	8	13	13	22	26	30	39	46	46
УСЛ	21	61	61	81	96	112	149	187	187
СЛМ	11	38	38	35	41	47	61	76	76

3.2. Розрахунок кількості потоків E1

При використанні двосторонніх пучків і централізованої системи сигналізації ЗКС-7 розрахуємо число потоків E1, що передаються по мережі SDH, за формулою:

$$N_{ij} = E_n \times ((V_{зл} - 1)/30 + 1) \quad (3.20)$$

Де N_{ij} - необхідне число цифрових потоків Е1 від і-ої станції до j-ої;

$V_{зл}$ - число з'єднувальних ліній (каналів) між і-ою і j-ою станціями.

E_n - знак цілої частини числа.

Підставивши дані в формулу 3.20. розрахуємо кількість потоків Е1 на прикладі AN-610 і AN-512:

$$N_{ij} = E_n \times ((11 - 1)/30 + 1) = 1$$

Розрахунок кількості потоків для інших станцій проводиться аналогічно. Результати розрахунків зведені в таблицю 3.10.

Таблиця 3.10.

Кількість потоків Е1 між станціями мережі

№	AN 610	AN 512	AN 514	AN 516	SAN 52	SAN 53	SAN 54	SAN 55	SAN 56
AN 610	-	1	1	1	1	1	1	1	1
AN 512	1	-	1	2	2	2	2	3	3
AN 514	1	1	-	2	2	2	2	3	3
AN 516	1	2	2	-	3	3	4	5	5
SAN 52	1	2	2	3	-	4	5	5	5
SAN 53	1	2	2	3	4	-	5	6	6
SAN 54	1	2	2	4	5	5	-	8	8
SAN 55	1	3	3	5	5	6	8	-	9
SAN 56	1	3	3	5	5	6	8	9	-
BCC	1	1	1	1	1	1	2	2	2
ЗСЛ	1	3	3	3	4	4	5	7	7
СЛМ	1	2	2	2	2	2	3	3	3
Σ	12	22	22	31	34	36	45	52	52

Також крім каналів телефонії на AN-512,514 необхідно організувати доступ до чотирьох 100Мбіт/с потоків Ethernet, на AN-610 до трьох 100Мбіт/с потоків Ethernet, на AN-516, SAN-52, 53 - до одного потоку Gigabit Ethernet, на SAN-54, 55, 56 - до двох потоків Gigabit Ethernet. Так як в системі SDH навантаження розраховується в VC-n, то зроблю переклад розрахованого навантаження:

$$E1 (2 \text{ Мбіт/с}) = VC-12,$$

$$E3 (34 \text{ Мбіт/с}) = VC-3 = 21VC-12,$$

$$E4 (140 \text{ Мбіт/с}) = VC-4 = 64 VC-12,$$

$$\text{Fast Ethernet} = VC-3-2v = 42 VC-12,$$

$$\text{Ethernet} = VC-4-7v = 441 VC-12.$$

Таким чином, число потоків E1 для всіх станцій з урахуванням додаткового навантаження відображені в таблиці 3.6.2.

Таблиця 3.11

Кількість потоків E1 між станціями мережі з урахуванням додаткового навантаження.

Назва станції	AN 610	AN 512	AN 514	AN 516	AN 52	SAN 53	SAN 54	SAN 55	SAN 56
Кількість E1	138	190	190	472	475	477	927	934	934

На проєктованій мережі буде реалізований метод захисту SNCP. Отже, з урахуванням основного і резервного напрямка, на кожній ділянці мережі буде присутнє навантаження всіх напрямків. Звідси загальна ємність тракту мережі для ділянки, що реконструюється

AN-610; SAN-56; AN-516; SAN-55; SAN-54:

$$138(VC-12)+934(VC-12)+472(VC-12)+934(VC-12)+927(VC-12)=3405(VC-12)$$

Для ділянки AN-512; AN-52; SAN-53; AN-514; SAN-56:

$$(VC-12)+475(VC-12)+477(VC-12)+190(VC-12)+934(VC-12)=2266(VC-12).$$

При такому навантаженні, на обох ділянках, доцільно використовувати рівень STM-64, що забезпечує транспортування до 4032E1.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Виконавши розрахунки можна зробити висновок, що дана мережа на базі обладнання Surpass hiT 7070 має ефективне розподілення навантаження, що покращує якість обслуговування абонентів. Також, із-за того, що навантаження завжди буде десь більшим, система на базі Surpass 7070, ідеально формує баланс навантаження на вузлах. Також, якщо якийсь вузол буде в критичній ситуації, з'єднання вузлів буде регулювати розподілення навантаження, тому данна мережа буде надійною та буде мати можливість для швидкого ремонту та усуненню недоліків чи критичних ситуацій. Також данна мережа має потенціал, для обслуговування абонентів з урахуванням збільшення кількості потреб у зв'язку.

ВИСНОВКИ

В цій дипломній роботі приводиться розрахунки технічних показників для мережі SDH м. Енергодар. Мережа SDH спочатку була реалізована на основі обладнання типу «Siemens EWSD», і мультиплексорів SMA-1/4 і SURPASS hiT 7070 виробництва Siemens. В ході реконструкції рівень мережі підвищився по STM-16, також в кільце було включено два пункти: SAN-54 і AN-610.

При побудові мережі пріоритетним завданням окрім реконструкції, було впровадження надійності.

Надійність мережі передбачає, що надходять від споживача інформаційні потоки можуть проходити через мережу зв'язку з певною ймовірністю доставки в місце призначення, коли присутні пошкодження мережі.

Також були проведені розрахунки, для того, щоб найкраще проанлізувати мережу. Тому мережа SDH на базі обладнання SURPASS hiT 7070 має гарні розрахункові характеристики, що дають можливість для реконструкції, модифікації. Мережа функціональна і надійна, що властиво мережам SDH, але з допомогою SURPASS hiT 7070 ці переваги стали найбільш вагомими, також дана мережа має можливість подолати один із недоліків, а саме неможливість надавати послуги в певних швидкісних діапазонах.

Також, на мою думку, головним кроком стане використання резервування трактів підмержевим з'єднанням, яке буде давати можливість працювати мережі навіть у критичних ситуаціях.

Зробивши розрахування головних характеристик, я зробив висновок, що дана мережа буде ідеально працювати, але є невеликий недолік, так, як мережа залежить від місцевості, де розташована. А саме, наявність телекомунікаційних каналізацій та інших з'єднувальних елементів. В наш час, системи каналізацій дуже гарно розвинені, тому мережа може бути використана в регіональному масштабі, де присутня добре розвинена система каналізацій. Данна мережа актуальна і в наш час, вона надійна, добре захищена і має потенціал для роботи з великою кількістю абонентів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://plattform-digitale-netze.de/app/uploads/2016/06/IT-Gipfel-2014-AG8-Ergebnisdokument-UAG-BB-PG-Technologien.pdf>
2. https://www.bundesnetzagentur.de/EN/Areas/Telecommunications/Companies/MarketRegulation/NGAForum/NGAForum_node.html
3. <https://www.huawei.com/en/>
4. <https://opennetworking.org/>
5. Кузенний В.А. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ. Синхронна цифрова ієрархія (SDH)
6. Стеклов В.К., Нові інформаційні технології: Транспортні мережі телекомунікацій. Київ: «Техніка»
7. Стеклов В. К. Телекомунікаційні мережі: Стеклов В. К., Беркман Л. Н. – К.: Техніка.
8. Брескін В. О. Проектування фрагмента транспортної мережі SDH / Брескін В. О., Пашолок П. О., Чистяков Ю. І.
9. Слепов Н. Н. Синхронные цифровые сети SDH
10. Корнейчук В. И. Оптические системы передачи / Корнейчук В. И., Макаров Т. В., Панфилов И. П.