

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
освітній рівень

«Програмне управління гнучкою мультиплексацією в
телекомунікаційних системах»

Назва теми

КВРКІ.180106.18.01.06 ПЗ

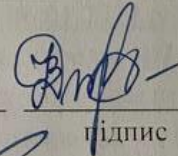
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія»

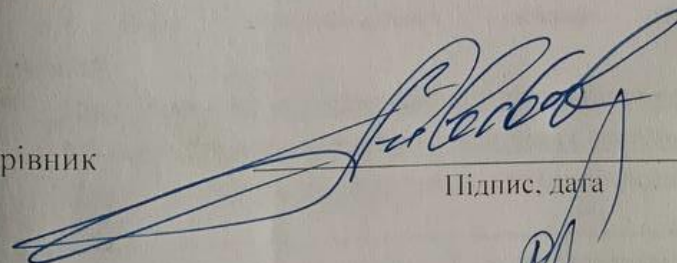
Виконала: студентка IV курсу, група KI-18-1



Д.В. Гандзій

підпис

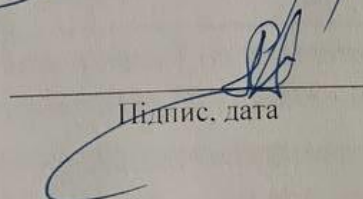
Керівник



Підпис, дата

О.В. Іванов

Нормоконтролер




Підпис, дата

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. Кафедри комп'ютерної
Інженерії та інформаційних систем



Підпис

Т.О. Говорущенко

«20» 06 2022р.

Хмельницький 2022

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма ОСВІТНЯ ПРОГРАМА «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорущенко

“ ” 2022 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Івановій

Дарині

Володимирівні

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Програмне управління гнучкою мультиплексацією в телекомунікаційних системах

Керівник проекту (роботи) Іванов О.В., к.т.н., доцент.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 06.01.2022 р. № 1

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 07.06.2022 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

Дослідження предметної області та постановка задачі

Мультиплексація в телекомунікаційних системах

Програмне управління гнучкою мультиплексацією в телекомунікаційних системах

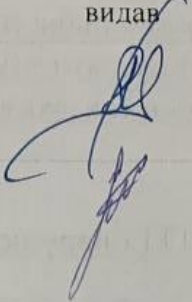
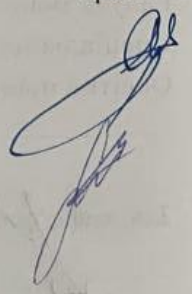
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

Схема мультиплексування PDH трибів в технології SONET SDH

Формування синхронного транспортного модуля STM 1 з навантаження потоку E1.

Структура тракту передачі на базі SDH обладнання SL16

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

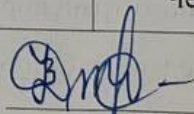
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Нормоконтроль | Лисенко С.М., професор кафедри КІСП |  |  |
| Антиплагіат | Нічепорук А.О., доцент кафедри КІСП | | |

7. Дата видачі завдання « 06 » 09 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

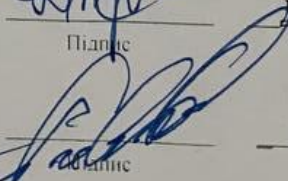
| № з/п | Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи) | Термін виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|---|--|----------|
| 1 | Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником | 11.01.2022 | виконано |
| 2 | Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження | 01.02.2022 | виконано |
| 3 | Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі | 01.03.2022 | виконано |
| 4 | Робота над розділом 2 – мультиплексація в телекомунікаційних системах | 01.04.2022 | виконано |
| 5 | Робота над розділом 3 – програмне управління гнучкою мультиплексацією в телекомунікаційних системах | 30.04.2022 | виконано |
| 6 | Оформлення пояснювальної записки згідно вимог | 31.05.2022 | виконано |
| 7 | Попередній захист ВКР | 02.06.2022 | виконано |
| 8 | Захист ВКР на засіданні ЕК | Червень 2022 року | |

Студент


Підпис

Д.В. Гандзій
Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи)


Підпис

О.В. Іванов
Ініціали, прізвище

даня
яв

дмитя

конано

конано

конано

конано

конано

конано

конано

| № | р я д к а | ф о р м а т | Позначення | Найменування | К і л і с т і в | № ек з | П р и м і т к а |
|---|-----------------------|----------------------------|--------------------------|--|--------------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| | | | | Текстові документи | | | |
| 1 | | | КвРКІ 180106.18.01.06 ПЗ | Пояснювальна записка | 61 | | |
| | | | | Графічні матеріали | | | |
| 2 | | | КвРКІ 180106.18.01.06 ПЗ | Схема мультиплексування PDH трибів в технології SONET SDH | 1 | | |
| 3 | | | КвРКІ 180106.18.01.06 ПЗ | Формування синхронного транспортного модуля STM 1 з навантаження поточу E1. | 1 | | |
| 4 | | | КвРКІ 180106.18.01.06 ПЗ | Структура тракту передачі на базі SDH обладнання SL16 | 1 | | |

КвРКІ 180106.18.01.06 ВПІ

| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата | Літера | | | Аркуш | | | Аркушів | | |
|-----------|-----|-------------|--------|------|-------------------|--|--|-------|--|--|--------------|--|--|
| Розробив | | Гандзій | | | | | | | | | | | |
| Перевір. | | Іванов | | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | Лисенко | | | | | | | | | | | |
| Затв. | | Говорушенко | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Відомість проекту | | | | | | ХНУ, КІ-18-1 | | |

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Програмне управління гнучкою мультиплексацією в телекомунікаційних системах».

Автор роботи: Гандзій Дарина Володимирівна.

Керівник роботи: Іванов Олексій Валентинович.

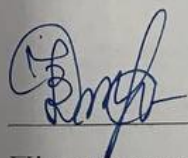
Пояснювальна записка: 61 с., 30 рис., 3 табл., 3 дод., 17 джерел.

Метою роботи є виявлення за допомогою чого здійснюється програмне управління гнучкою мультиплексацією в телекомунікаційних системах.

Об'єктом дослідження є гнучкий мультиплексор.

Предметом дослідження є формалізований опис програмного управління гнучкої мультиплексації в телекомунікаційних системах.

Практичне значення має реалізоване програмне управління гнучкою мультиплексацією в телекомунікаційних системах.



Підпис студента

20.06.2022

Дата

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ | 3 |
| ВСТУП..... | 4 |
| 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ | 7 |
| 1.1 Загальне поняття мультиплексії..... | 7 |
| 1.2 Поняття телекомунікаційних систем..... | 8 |
| 1.3 Висновки. Постановка задачі..... | 13 |
| 2 МУЛЬТИПЛЕКСАЦІЯ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ | 14 |
| 2.1 Синхронна цифрова ієрархія. Основні характеристики SDH..... | 14 |
| 2.2 Гнучкий мультиплексор | 21 |
| 2.3 Технологія SDH..... | 28 |
| 2.4 Висновки | 50 |
| 3 ПРОГРАМНЕ УПРАВЛІННЯ ГНУЧКОЮ МУЛЬТИПЛЕКСАЦІЄЮ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ..... | 51 |
| 3.1 Моделювання програмного управління..... | 51 |
| 3.2 Алгоритм дій..... | 61 |
| 3.3 Висновок..... | 62 |
| ВИСНОВКИ..... | 63 |
| Додаток А Копія креслення «Схема мультиплексування PDH трибів в технології SONET SDH»..... | 64 |
| Додаток Б Копія креслення «Формування синхронного транспортного модуля STM 1 з навантаження потоку E1»..... | 65 |
| Додаток В Копія креслення «Структура тракту передачі на базі SDH обладнання SL16» | 66 |

| | | | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|--------|------|---|--------------|-------|---------|
| | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | | | |
| м. Арк. | №докум. | Підпис | Дата | Програмне управління гнучкою мультиплексацією в телекомунікаційних системах Пояснювальна записка | Літера | Арквш | Арквшів |
| Виконав Іревері. | Ганзіій Д.В. Іванов О.В. | | | | | 2 | |
| І.контр. Затвер. | Лисенко Гавришук | | | | ХНУ, КІ-18-1 | | |

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

SDH – Синхронна цифрова ієрархія

TDM – Мультиплексування з поділом за часом, Часове ущільнення

PDH – Плезіохронна цифрова ієрархія

ОС – операційна система

ПЗ – програмне забезпечення

FDM – Частотний поділ каналів, мультиплексування з поділом по частоті

STM – кроковий двигун

ADM – обладнання для супутникового моніторингу та інших об'єктів.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КвРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

ВСТУП

Мультиплексація з перерозподілом часу була вперше розроблена для програм в телеграфії направляти кілька передач одночасно по одній лінії передачі.

Бездротовий набір № 11 для мультиплексування 10 телефонних розмов через мікрохвильове реле аж до 70 миль використовувала британська армія ще у 1944р., що дозволяло командирам на місцях підтримувати зв'язок по всій території з персоналом Англії.

Вже у комерційну експлуатацію 24-канальний TDM для передачі аудіоінформації між установкою RCA на Брод-стріт увів 1953 році RCA Communications, штат Нью-Йорк.

Мультиплексація з розподілом часу використовується в основному для цифрових сигналів, але можуть застосовувати мультиплексацію в яких два і більше сигналів або бітові потоки передаються, відображаючи одночасно як підканали в одному каналі зв'язку, але фізично по черзі на каналі.

Часова область поділяється на кілька повторюваних часових інтервали фіксованої довжини, по одному для кожного підканалу.

На початку технологія синхронної цифрової ієрархії була розроблена компанією Bellcore з назвою «синхронні оптичні мережі» та по суті, є початком розвитком технології PDH, поява якої в 60-ті роки. дозволило створити якісні та відносно недорогі цифрові канали між телефонними станціями.

PDH довгий час добре виконувала зі свої обов'язки як магістральна технологія, даючи користувачам канали T1 (1,5 Мбіт/с) - T3 (45 Мбіт/с) в американському варіанті, або канали E1 (2 Мбіт/с) - E3 (34 Мбіт/с) - E4 (140 Мбіт/с) у європейському та міжнародному варіантах.

Швидкий розвиток телекомунікаційних технологій призвело до необхідності розширення ієрархії швидкостей PDH та максимального використання усіх можливостей, які давало нове середовище – волоконно-оптичні лінії зв'язку.

У той же час, з розширенням швидкісної лінії, довелося використовувати її внаслідок роботи цих низькошвидкісних ліній PDH, які були виявлені протягом

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

години роботи, через принципову неможливість побачити низьку швидкість потоку від однієї високої швидкості без повного демультимплексування.

Термін "плезіохронний", тобто. "майже" - синхронний, щоб говорити про причину такого явища - про те, що відбувається нова синхронізація потоків даних при суміщенні низькошвидкісних каналів з дрібнішими.

Для вирівнювання швидкостей кількох низькошвидкісних каналів із неузгодженими частотами, технологія PDH передбачає вставку кількох додаткових біт між кадрами каналів із відносно меншими швидкостями. Потім ці кадри однакової частоти мультимплексуються з чергуванням біт складовий кадр другого і вищих рівнів ієрархії.

У результаті для вилучення даних з об'єднаного каналу необхідно повністю демультимплексувати кадри об'єднаного каналу. Ось якщо потрібно отримати дані одного абонентського каналу на 64 Кбіт/с із кадрів каналу E3, ці кадри доведеться демультимплексувати до рівня кадрів E2, потім - до рівня кадрів E1, і, нарешті, демультимплексувати самі кадри E1.

Якщо мережа PDH використовується тільки як транзитна магістраль між двома великими вузлами, то операції мультимплексування та демультимплексування виконуються лише в кінцевих вузлах та проблем не виникає. Але якщо потрібно виділити один або декілька абонентських каналів у проміжному вузлі мережі PDH, це завдання якщо мережа PDH використовується тільки як транзитна магістраль між двома великими вузлами, то операції мультимплексування та демультимплексування виконуються лише в кінцевих вузлах та проблем не має.

Якщо потрібно виділити один або декілька абонентських каналів у проміжному вузлі мережі PDH, це завдання простого рішення немає. Як варіант пропонується установка двох мультимплексорів рівня T3/E3 і зверху в кожному вузлі мережі.

Повне демультимплексування потоку виконує перший і відведення частини низькошвидкісних каналів абонентам, а інший знову збирає канали, що залишилися, разом з нововведеними у вихідний високошвидкісний потік. У цьому кількості працюючого устаткування подвоюється.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

Інший варіант – «зворотна доставка» (back hauling). У проміжному вузлі встановлюється один високошвидкісний мультиплексор, котрий просто передає дані транзитом далі через мережу без їх демультимплексування.

Операцію виконує лише кінцевий вузол мультиплексора, потім повертає дані, відповідні абоненту окремим фізичним каналом на проміжний вузол.

Такі взаємини комутаторів ускладнюють організацію мережі, вимагають її тонкого конфігурування, що веде до великого обсягу ручної роботи та помилок, а також не забезпечують необхідну гнучкість - для відведення даних абоненту потрібен окремий фізичний канал.

Крім цього, у технології PDH не були передбачені вбудовані засоби забезпечення відмовостійкості та управління мережею.

Всі ці недоліки були враховані та подолані розробниками технології SONET, перший варіант стандарту якої з'явився у 1984 р.

Міжнародна технічна стандартизація під егідою Європейського інституту телекомунікаційних стандартів (ETSI) та ССІТТ, спільно з ANSI та провідними телекомунікаційними компаніями Америки, Європи та Японії.

Створення технології, здатної передавати трафік всіх існуючих цифрових каналів рівня PDH (як американських T1–T3, так і європейських E1–E4) високошвидкісною магістральною мережею на базі волоконно-оптичних кабелів та забезпечити ієрархію швидкостей, що продовжує ієрархію технології PDH до швидкості кілька Гбіт/с було основною метою розробників міжнародного стандарту

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Загальне поняття мультиплексії.

При наскрізному управлінні передачею даних транспортний рівень підтримує такі функції, як адресація, встановлення з'єднання, керування потоком даних, визначення пріоритетів даних, виявлення та виправлення помилок, відновлення після аварій та мультиплексування.

Мультиплексування забезпечує можливість передачі кількох потоків інформації по лінії, яким виділяється фіксована частина ресурсу кожної лінії (пропускна здатність або час зайнятості). Навіть у періоди нестачі інформації фіксований розподіл ресурсів лінії залишається незмінним, тобто централізована функція не працює. Оберненою функцією є демультиплексування. Реалізація функцій мультиплексування в комунікаційному обладнанні (мультиплексорах) завжди поєднується з демультиплексуванням. на рис. На рисунку 1.1 показана схема мультиплексування.

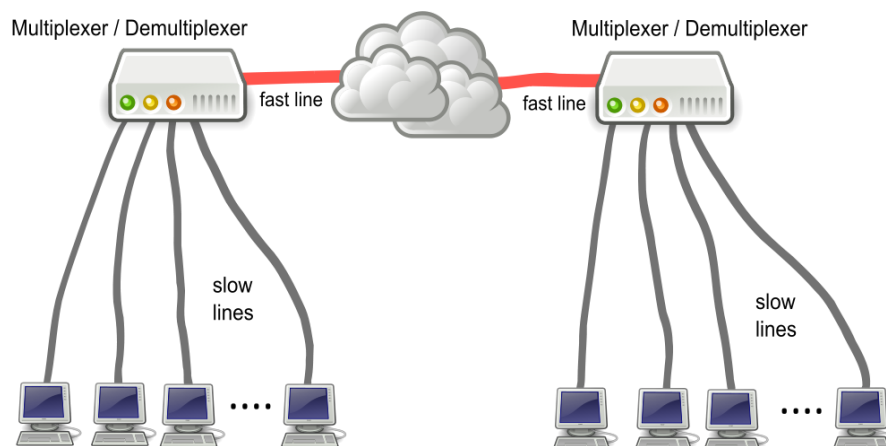


Рисунок 1.1 – Схема мультиплексування

Функція мультиплексації дозволяє в одному мережевому з'єднанні організувати Підключення транспортного рівня. Адреси транспортного рівня, розглянуті вище, дозволяють транспортному рівню розрізняти сегменти,

| | | | | |
|------|------|---------|--------|------|
| | | | | |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата |

адресовані різним процесам програми. Перевага такого мультиплексування полягає в тому, що воно знижує вартість передачі даних у мережі. Однак це стосується лише режиму роботи мережі, який зосереджується на встановленні з'єднань (віртуальних каналів).

Одною з важливих функцій фізичного рівня є мультиплексування, яке поєднує багато вузькосмугових (низькошвидкісних) каналів в один широкосмуговий (високошвидкісний). Добре відомо, що технічний принцип розрізняє мультиплексування з частотним розділенням (Frequency Division Multiplexing, FDM) і мультиплексування з тимчасовим поділом (Time Division Multiplexing, TDM). Технології FDM і TDM можна комбінувати, щоб розділити підканали в системі частотного мультиплексування на кілька каналів за допомогою технології мультиплексування з тимчасовим розподілом. Ця технологія використовується для роботи цифрових стільникових мереж.

Використовуючи мультиплексування, ви можете організувати кілька незалежних каналів у спільному середовищі зв'язку, розділивши їх пропускну здатність на канали з меншою пропускну здатністю. Кожен з них може використовуватися за принципом єдиного розподільчого середовища для підключення кількох кінцевих точок, або як окремий двоточковий канал з'єднання для з'єднання пар точок. У будь-якому випадку обмежуйте

Потужність середовища передачі загального призначення недостатня, і, незважаючи на ці недоліки, використання цього середовища завжди є економічно ефективним рішенням. Основні переваги загального комунікаційного середовища полягають у тому, що фізична топологія мережі проста, а комунікаційне обладнання є відносно простим і недорогим, і немає необхідності аналізувати адресу інформацію переданих повідомлень.

1.2 Поняття телекомунікаційних систем.

Телекомунікації (англ. Telecommunications) — це передавання та/або приймання знаків, сигналів, письмового тексту, зображень та звуків або

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

повідомлень будь-якого роду дротовими, радіо, оптичними або іншими електромагнітними системами.

При обміні інформацією виникає телекомунікація між учасниками з використанням спеціальних технологій.

Передача відбувається через електричний струм через фізичне середовище, таке як кабель, або через електромагнітне випромінювання у вільному просторі. Як правило, шлях передачі розділений на канали зв'язку, що дозволяє насолоджуватися перевагами технології мультиплексування.

Термін часто використовується у множині телекомунікації, оскільки для передачі використовується багато різних технологій і систем.

Ранні телекомунікації включали візуальні сигнали, такі як маяки, димові сигнали, світловий телеграф, сигнальні прапорці та світлові сигнальні геліостати. Інші приклади сучасних телекомунікацій включають звукові повідомлення, такі як барабани, труба.

У 20-му і 21-му століттях у телекомунікаціях на великій відстані зазвичай використовувалися електричні та електромагнітні технології, такі як телеграф, телефони, телетайпи, телекомунікаційні мережі, радіоприймачі, реле, волоконно-оптичні та супутникові системи.

Сигнали можуть передаються або за допомогою аналогових або цифрових сигналів. Тому існують аналогові та цифрові системи зв'язку. Для аналогових систем передачі сигнал постійно змінюється на основі інформації.

У цифрових системах передачі сигнал кодується як набір дискретних значень (наприклад, набір 1s і 0s). Під час поширення та прийому інформація, що міститься в аналоговому сигналі, неминуче погіршується через небажані фізичні шуми.

Часто шум у системі зв'язку можна представити шляхом додавання та віднімання від потрібного сигналу в абсолютно випадковому порядку. Ця форма шуму називається адитивним шумом, і вона може мати позитивне або негативне значення в різний час. Неадитивний шум виникає в більш складних ситуаціях опису та аналізу, і інші шуми не будуть розглядатися в цій статті.

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

З іншого боку, якщо адитивний шум не перевищує певний поріг, інформація, що міститься в цифровому сигналі, залишиться незмінною. Їх завадостійкість є ключовою перевагою цифрових перед аналоговими.

Телекомунікаційна мережа — повний набір передавачів, приймачів та каналів зв'язку, таких як обмін повідомленнями віч-на-віч. Активна цифрова система зв'язку має замінити один або кілька маршрутизаторів, оскільки вони працюють разом, щоб забезпечити необхідну кореспондентів інформацію. Аналогова система зв'язку складається з одного або кількох комутаторів, так що зв'язок може бути встановлений між двома або більше користувачами.

Для обох типів мереж повторювач може бути потрібним для посилення сигналу або якщо він проходить по великій лінії.

Підсилювачі перемагають у боротьбі із завмираннями сигналу, коли сигнал не може бути перерваний шумом. Тому простіше записати два значення напруги (високе та низьке), ніжні значення безперервного діапазону в аналогових схемах.

Термін "канал" має два різні значення. Насамперед, канал — це фізичне середовище, подібне до передачі сигналу між відправкою та отриманням. Стиком такого середовища може бути атмосфера для звукового з'єднання, скловолокно для оптичного з'єднання, коаксіальний кабель для з'єднання додаткової електричної напруги, струму, що протікає в темряві, або через вільний простір з видимим світлом це ультрафіолетова хвиля, радіохвиля.

Такий канал можна назвати "вільним оптичним каналом". Провідність радіоефіру не падає через наявність атмосфери між передавачем та приймачем. Радіохвиль так само легко проникати у вакуум, як і в холодний вітер, туман, морок або газоподібне середовище.

Інше значення терміну «канал» у телекомунікаціях відіграє «канал зв'язку», що є підвидом середовища передачі, що дозволяє протягом години відтворювати посилення великої кількості потоків інформації.

Наприклад, одна радіостанція може передавати радіосигнал на частотах близько 94,5 МГц (мегагерц), інша радіостанція може передавати радіосигнал на частотах близько 96,1 МГц протягом однієї години. Діапазон частот для шкірної радіостанції (ширина каналу) становить 180 кГц (кілогерц) з центром (опорна

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

частота) на прогнозованих мегагерцових частотах. При цьому сумарні канали були на 200 кГц. Різниця між водними зв'язками (200 кГц) та шириною каналу (180 кГц) називається зазором (20 кГц). Захисний інтервал використовується як короткострокова системна страхова зв'язка.

У проектуваному фронті «Вільнюського оптичного каналу» розподілу каналів прив'язані до частот, а кожному каналу виділено широкий діапазон частот передачі передачі радіосигналу. Поділ середовища у системі Ця на канали за частотою називається частотним поділом каналів (ЧЧД). Іншим терміном для тієї ж концепції є «мультиплексування з домінуючим вітром» (WDM), яке з більшою ймовірністю виграє в оптичному зв'язку, якщо передавальна дека підключена до того самого фізичного споживання.

Другий спосіб приборкати фізичне середовище в каналах — використовувати посилення, щоб бачити для скіна повторення сегментів передач за годину і дозволити передачу інвалідності через шкіру має відбуватися лише на час вашого інтервалу. Цей метод поділу середовища на канали зв'язку називається "погодинним мультиплексуванням" (TDM) і використовується в оптичному зв'язку. Деякі системи радіозв'язку підтримують TDM на частоті, розподіленої каналом FDM. Крім того, ці системи підсумовують TDM та FDM.

Модуляція може використовуватися для передачі даних від низькочастотних аналогових сигналів на більш вищих частотах. Тому інформація з низькочастотного аналогового сигналу повинна бути перетворена в високочастотний аналоговий сигнал (так званий опорною частотою) перед передачею.

Щоб досягти цього, існує кілька різних методів модуляції (два найпоширеніші - амплітудна модуляція (AM) і частотна модуляція (FM)). Прикладом використання є радіостанція, яка модулює опорну частоту з частотою 103,1 МГц (тоді радіосигнал буде передаватися як 103,1 FM). Крім того, ще однією перевагою частотної модуляції є можливість використання мультиплексування з частотним розділенням (FDM).

Маніпуляція - та ж модуляція, що й переможна для представлення цифрового супроводу в аналоговому вигляді. Базовий код прийомів

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

маніпулювання: зсув фази, зсув частоти та зсув амплітуди. За прикладом "bluetooth" фазові маніпуляції для обміну інформацією між різними підсобними приміщеннями. Основна комбінація фазового та амплітудного зсуву, звана квадратурною амплітудною модуляцією (КАМ), є переможною у цифрових системах радіозв'язку великої ємності.

Існує три типи синхронних TDM: T1, SONET / SDH та ISDN.

Цифрова ієрархія (PDH) була розроблена як стандарт для мультиплексування вищого порядку. PDH створює більше каналів шляхом мультиплексації стандартного європейського 30-канального кадру TDM. Це рішення виконувало роботу деякий час але PDH страждав від кількох невіддільних недоліків, котрі в результаті призвели до розвитку Синхронної цифрової ієрархії (SDH).

Необхідними вимогами до росту SDH були такими:

1. Бути синхронними - усі годинники в системі мають рівнятися з контрольним годинником.
2. Бути орієнтованими на послуги - SDH має переправляти трафік з заключної біржі на заключну біржу, не хвилюючись про обміни між ними, де пропускна можливість може бути залишеною на зафіксованому рівні протягом фіксованого часу.
3. Дозволяти знімати кадри будь-якої величини або встановляти їх у кадр SDH будь-якої величини.
4. Легко керований завдяки можливості передачі даних управління через посилення.
5. Забезпечити високий рівень відновлення від несправностей.
6. Забезпечувати високий темп передачі даних маршрутом мультиплексації кадру будь-якої величини, обмеженого технологією.

Хоча SDH вважається протоколом передачі (Рівень 1 у Довідковій моделі OSI), він реалізовує деякі функції перемикання, як вказано у третій вимозі написаній вище. Найпоширенішими мережевими функціями SDH є такі:

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

1. Поперечний зв'язок SDH - SDH Crossconnect - це версія SDH перемикача часу-простору-часу. Він під'єднує будь-який канал на будь-якому з входів до будь-якого каналу на будь-якому виході.

2. Мультиплексор SDH Add-Drop - SDH Add-Drop Multiplexer (ADM) може приєднувати або від'єднувати будь-який мультиплексований кадр до 1,544 Мб. Нижче цього ступеню можна виконати стандартний TDM. ADM ADH також можуть виконувати завдання SDH Crossconnect і використовують в кінцевих біржах, де канали від абонентів під'єднані до основної мережі PSTN.

Функції мережі SDH під'єднуються за допомогою летючого оптичного волокна. Оптичне волокно використовує імпульси світла для передачі даних, і тому надзвичайно швидко. Теперішня передача оптичного волокна використовує мультиплексацію з поділом на довжину хвилі (WDM), де знак, що передаються через волокно, передаються з неоднаковою довжиною хвилі, створюючи додаткові канали для передачі. Це збільшує швидкість і пропускну здатність зв'язку, що зменшує як одиничні, так і загальні витрати.

1.3 Висновки. Постановка задачі.

У даному розділі було ознайомлення з загальними поняттями мультиплексації, телекомунікаційних систем. Ключовими висновками є телекомунікації (англ. Telecommunications) - це передавання та/або приймання знаків, сигналів, письмового тексту зображень та звуків або повідомлень будь-якого роду дротовими, радіо, оптичними або іншими електромагнітними системами та Мультиплексація (Multiplexing) забезпечує можливість передачі декількох потоків інформації однією лінією, що здійснюється закріпленням за кожним із них фіксованої частини ресурсу лінії (смуги пропускання або часу зайняття).

Постановка задачі. Знаючи про основні поняття, задачею стоїть виявлення за допомогою чого здійснюється програмне управління гнучкої мультиплексації в телекомунікаційних системах.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

2 МУЛЬТИПЛЕКСАЦІЯ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

2.1 Синхронна цифрова ієрархія. Основні характеристики SDH

Синхронні цифрові ієрархії дають змогу організувати загальну транспортну систему, яка охоплює всі частини мережі та виконує інформаційні функції контролю та управління транспортом.

Він призначений для передачі сигналів псевдосинхронної цифрової ієрархії, а також усіх існуючих і перспективних сервісів, у тому числі широкосмугових цифрових мереж, інтегрованих із сервісами В-ISDN, за допомогою асинхронного методу передачі АТМ.

Синхронізовані цифрові ієрархії використовують останні досягнення в галузі електроніки, системної інженерії, обчислювальної техніки тощо.

Його застосування дозволяє значно зменшити розміри та вартість обладнання, експлуатаційні витрати, а також тривалість монтажу та налаштування обладнання. Однак його використання значно покращує надійність мережі, живучість і гнучкість, а також рівень зв'язку.

Лінійні сигнали сумісної цифрової ієрархії дисципліновані в модулі синхронної передачі STM (табл. 2.1), один з яких відповідає швидкості 155 Мбіт/с, а кожен інший має швидкість у декілька разів вищу від попереднього й утворюється байтовим синхронним мультиплексуванням.

Як вище зазначалося, центральним середовищем передавання сигналів для SDH є ВОЛЗ, хоча і можливе використання радіоліній.

Якщо пропускна можливість радіоліній недостатня для STM 1 використовується первинний транспортний модуль STM-RR зі швидкістю передачі 52 Мбіт/с (що у 3 рази менше, ніж у STM 1).

У мережі синхронної цифрової ієрархії використовують принцип контейнерних перевезень. Сигнали котрі підлягають транспортуванню, попередньо розміщуються в звичайних контейнерах. Усі операції з контейнерами відбуваються незалежно від їхнього значення.

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 2.1 – Ієрархія швидкостей SDH

| Рівень ієрархії | SDH | Швидкість |
|-----------------|---------|----------------|
| 1 | STM 1 | 155.520 Мбіт/с |
| 4 | STM 4 | 622.080 Мбіт/с |
| 16 | STM 16 | 2.488 Гбіт/с |
| 64 | STM 64 | 9.953 Гбіт/с |
| 256 | STM 256 | 39.81 Гбіт/с |

При вимірі синхронної цифрової ієрархії використовується принцип контейнерних перевезень.

Сигнали, призначені для перевезення, пересилаються у стандартні контейнери. Усі операції із контейнерами виконуються не залежить ні від чого.

Таким чином досягається прозорість мережі синхронної цифрової ієрархії, тобто можливість передавати плезіохронні сигнали цифрової ієрархії, потоки АТМ або будь-який новий сигнал.

Верхній шар утворює мережу каналів, що обслуговують кінцевих користувачів.

Групи каналів групуються в групові тракти різного порядку (проміжні шари), які організовані в лінійні шляхи, що належать нижнім шарам фізичного середовища передачі.

Нижній шар розділений на часткові підшари (мультиплексування та регенерація) та підшари фізичного середовища.

Є чотири рівні бінів (табл. 2.2), швидкість 8 Мбіт/с для європейського квазіохронного цифрового класу не показана, оскільки бін С2 призначений для нових сигналів зі швидкістю не класу).

Важливою особливістю мережі синхронної цифрової ієрархії є її поділ на функціональні шари та підшарові. Кожен нижній шар служить вищому шару і мусить його замінити.

Незалежність кожного шару дає можливість впроваджувати, модернізувати або замінити його, не торкаючись до інших шарів.

Таблиця 2.2 – Швидкості стандартних каналів доступу

| Рівень | Контейнер | Швидкість транспортування сигналів PDH Мбіт/с |
|--------|-----------------|---|
| 1 | C ₁₁ | 1.544 |
| | C ₁₂ | 2.048 |
| 2 | C ₂ | 8.448 |
| 3 | C ₃ | 34.368 |
| 4 | C ₄ | 140 |

Найбільша куля утворює мережу каналів, що обслуговуються крайовими водопроводами.

Групи каналів зібрані до групових ділянок різного порядку (центральна сфера), начебто вони були організовані в лінійні ділянки, що лежать у нижній сфері фізичного середовища передачі.

Нижня куля розділена на підкулі секцій (мультиплекс та регенерація) та підшар фізичного середовища.

Ієрархія SDH включає корисне навантаження STM.

Як приклад варіанта поєднання SDH на рис. 2.1 показаний первинний рівень SDH, який включає кільця магістрального рівня, створені для потоків STM 16, регіональні рівні, створені для потоків STM 4, і локальні злиття з потоками STM 1.

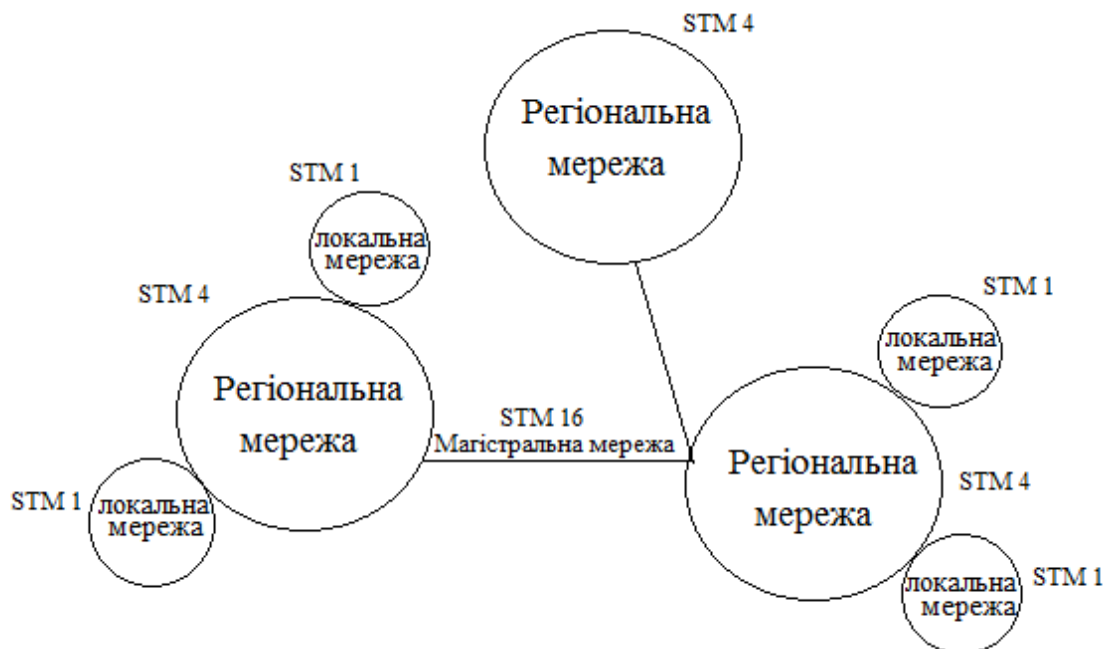


Рисунок 2.1 – Приклад первинної мережі, побудованої на технології SDH

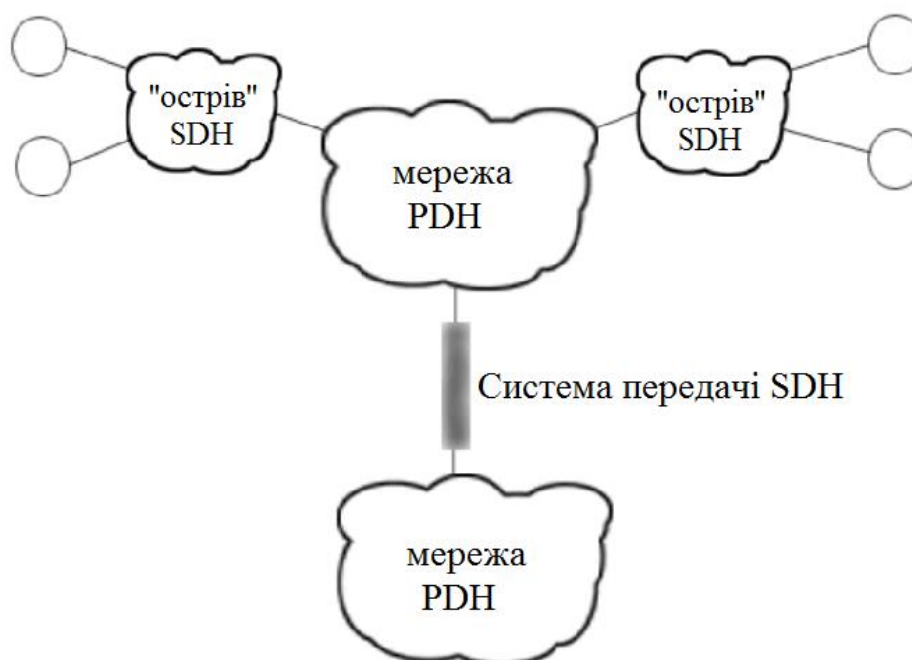


Рисунок 2.2 – Приклад комбінованої первинної мережі PDH/SDH

У процесі впровадження технології SDH на першому етапі може з'явитися комбінована мережа SDH/PDH. Технологія SDH зазвичай реалізується у вигляді «острівців», з'єднаних існуючими каналами основної мережі. На другому етапі «острівці» об'єднуються в основну мережу на основі SDH. Тому на цьому етапі

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата |

слід розглянути не лише технологію SDH, а й вивчити комбінований процес мережі та взаємодії SDH та PDH.

Принцип побудови лінійного шляху SDH. Загальні характеристики побудови ієрархій синхронізації. Розглянемо загальні характеристики побудови синхронної цифрової ієрархії SDH.

Хоча мережі SDH перевершують мережі PDH, вони не були б такими успішними без прийняття та підтримки стандарту PDH. Розвиток технології SONET забезпечив прийняття американської ієрархії, а також розвиток SDH – європейської ієрархії PDH. Нарешті, стандарт SONET/SDH підтримує дві попередні ієрархії.

Це виражалось в тому, що в кінцевому мультиплексорі та мультиплексорі вводу-виводу мережі SONET/SDH, через які доступ до мережі був дозволений для меншої кількості вхідних каналів, тобто каналів у доступі, швидкість передачі цих входів була аналогічна поширеній стандартній серії американського архіпелагу PDH (1,5, 2, 6, 8, 34, 45, 140 Мбіт/с). Цифрові сигнали каналів, швидкість котрих відповідає вказаному числу, називатимемо племенами PDH, а сигнали, швидкість передачі котрих відповідає звичайному діапазону швидкостей SDH, - племенами SDH.

Першою особливістю ієрархії SDH – підтримка вхідних сигналів каналів доступу лише трибів PDH і SDH.

Ще однією особливістю є порядок формування каркасної конструкції.

За наявності ієрархії структур, структура вищого рівня відбуватиметься із структур нижнього рівня, декілька структур одного рівня може бути об'єднана у більшу структуру.

Інші правила слідує технічні деталі. Наприклад, на вході мультиплексора доступу ми маємо триба PDH, які повинні бути інкапсульовані в корпус кадру для легкого введення та виведення в потрібних місцях за допомогою мультиплексора вводу/виводу. Для цього досить представити сам фрейм у контейнері стандартного розміру (розмір якого не повинен змінюватися через синхронність мережі), з допоміжною інформацією - заголовок, який збирає все необхідне,

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

однотипний. у менших контейнерах, які також повинні мати заголовки та корисні навантаження за допомогою послідовних вкладень або інкапсуляції.

Для реалізації цього підходу було запропоновано використовувати концепцію контейнерів для упаковки племен. Контейнери поділяються на чотири рівні за типом і розміром, відповідно до рівня PDH. Контейнер повинен супроводжуватись етикеткою, яка може керувати інформацією для збору статистики про проходження контейнера. Контейнер з такою міткою виграє у передачі інформації (це логічний об'єкт, а не фізичний, тому він називається віртуальним контейнером).

Тут проявляється особливість ієрархії SDH – триби упаковані у стандартні упаковані контейнери, які вважаються рівними трибу в ієрархії PDH.

Віртуальні контейнери можна згрупувати двома різними способами. Контейнери в нижніх ярусах можуть, наприклад, бути мультиплексними (складатися за один раз) і вигравати за місткістю основного контейнера у верхньому ярусі (більшого розміру), тому у своєму ряду вони служать коричневими плямами більшого ярусу (більший розмір) – кадр 1 СТМ.

Таке угруповання можна здійснити за схемою синхронного жесту, з однаковим простором контейнера в полі розміщувати суворо фіксованого вантажу. З другої сторони, з кількох фреймів можуть бути створені нові (більші) утворення мультифреймів.

У можливих варіаціях типів компонентів контейнерного фреймворка та непередбачених часових затримок у завантаженні фреймворків позиція контейнера в середині кількох кадрів може не бути строго фіксованою, що може призвести до помилок введення-виводу контейнера та загальної нестабільності синхронізації мережі. Фактична початкова адреса контейнера встановлюється на карті, приписаній до полів корисного навантаження. Показчик надає контейнеру певну ступінь свободи (здатність «плавати» під впливом непередбачених коливань часу), але в той же час гарантує, що він не буде втрачений.

Третя особливість ієрархії SDH - положення віртуального контейнера можна задати за допомогою показників, які дозволяють задати значне поле

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

корисного навантаження з можливістю синхронізації обробки та зміни середнього положення контейнера.

Хоча розмір контейнера різний, а місткість верхнього контейнера велика, результат може бути, у будь-якому випадку все відсутнє, інакше при бажанні краще побачити декілька (навіть із дрібною частиною) контейнерів менших габаритів. Тому можливість конкатенації контейнерів було перенесено на технологію SDH. Складська тара маркується тим самим індексом, як і основна, і бачиться (з погляду позиціонування товару) як одна велика тара. Показано можливість, з одного боку, оптимізації заданої номенклатури контейнерів, з іншого боку, дозволяє легко прив'язати технологію до нових видів перевезень, які відсутні на момент розробки.

Четверта характеристика ієрархії SDH полягає в тому, що кілька контейнерів на одному рівні можуть бути з'єднані разом і розглядатися як один суміжний контейнер для нестандартних корисних навантажень.

П'ята особливість ієрархії SDH полягає в тому, що вона забезпечує єдине (звичайне для технології обробки пакетів у локальній мережі) формування поля заголовка розміром $9 \times 9 = 81$ байт. Хоча загальне перевантаження курсу не є значним і становить 3,33%, його достатньо для розміщення всіх необхідних засобів контролю та моніторингу

інформації та виділити кілька байтів для організації каналу обслуговування, необхідного для передачі даних. Припускаючи, що передача кожного байта в структурі кадру еквівалентна потоку даних зі швидкістю 64 кбіт/с, передача зазначеного заголовка відповідає організації потоку службової інформації, еквівалентної 5,184 Мбіт/с. Звичайно, при побудові будь-якої ієрархії необхідно визначити ряд стандартних швидкостей для цієї ієрархії, а правилом формування його є пісенний член члена. У той час як для PDH значення DSO (64 кбіт/с) було досить простим, для SDH значення першого члена могло бути віддаленішим після позначення структури кадру і другого вимірювання.

Схема логічних міркувань є досить простою. По-перше, поле його навантаження грішило тим, що вміщало найбільший за розміром віртуальний контейнер, формуючи при інкапсуляції плем'я 140 Мбіт/с. По-іншому, наступний

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

розмір: $9 \times 261 = 2349$ байт та встановити розмір основного поля заголовка STM 1, а перед новим полем заголовка встановити розмір синхронного транспортного модуля STM 1: $9 \times 261 + 9 \times 9 = 24730$ байт, або $2430 \times 8 = 19440$ біт, що з частоті повторення 8000 Гц дозволяє позначити термін генерації для ієрархії SDH: $19440 \times 8000 = 155,52$ Мбіт/с.

2.2 Гнучкий мультиплексор

Гнучкий мультиплексор ГМ-2 (рис. 2.3) призначений для організації зв'язку між локальними мережами, комп'ютерами, маршрутизаторами через будь-яку каналотворюючу апаратуру з інтерфейсами E1 (з фреймінгом або без фреймінгу), а також фізичними лініями зв'язку.



Рисунок 2.3 – Гнучкий мультиплексор ГМ-2

Опис

Мультиплексор ГМ-2 оснащується портом E1, портом УПІ-2 та асинхронним портом RS-232, який може бути використаний як для управління мультиплексором, так передачі даних. ГМ-2 має два посадкові місця для додаткових модулів. На одне з них може бути встановлений модуль другого порту E1 або SHDSL. На інше посадкове місце може бути встановлений будь-який з наступних модулів: модуль із портом Ethernet 10Base-T, модуль із двома портами Ethernet 10Base-T, модуль із портом Ethernet 10Base-T/100Base-Tx або модуль із додатковим синхронним портом УПІ-2. Наявність у мультиплексорі певних опціональних функцій залежить від модифікації базової плати та типів встановлених на ній модулів.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

Мультиплексор ГМ-2 забезпечує комутацію даних, що належать каналним інтервалам (тайм-слотам) між портами E1, а також розміщення даних від цифрових інтерфейсів в потоці E1 і розщеплення потоку E1 на кілька потоків даних. Через канал порту SHDSL мультиплексор ГМ-2 може одночасно передавати дані порту E1 (весь потік або визначені користувачем тайм-слоти), одного або двох портів УПІ-2 (nx64 кбіт/с) та дані одного або двох портів Ethernet. Сумарна швидкість передачі даних каналом SHDSL може досягати 2688 кбіт/с. ГМ-2 дозволяє передавати структурований потік E1 через V.35 інтерфейс. Ця функція корисна при побудові мереж передачі даних із використання аналогових систем (К-60, К-300) або супутникових систем. У режимі інверсного мультиплексора ГМ - 2 забезпечує передачу даних із швидкістю до 3968 кбіт/с.

Типові програми:

1) У режимі вставки/вилучення ГМ-2 дозволяє передавати дані користувача в потоці існуючого E1(рисунок 2.4)

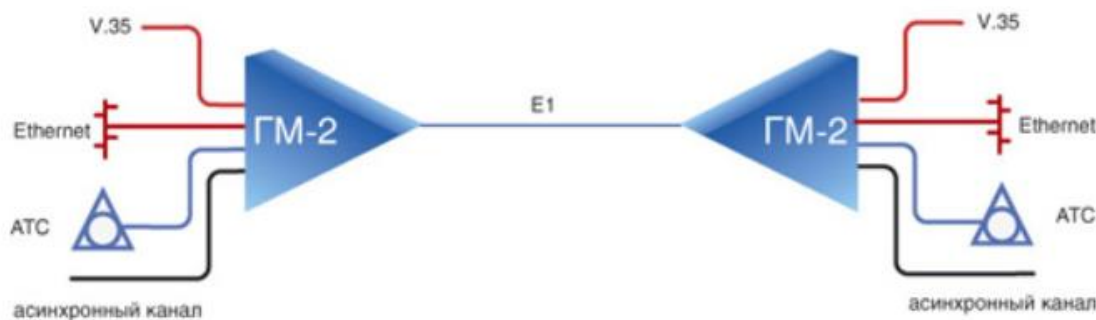


Рисунок 2.4 – Передача даних користувача в потоці існуючого E1

2) ГМ-2 із встановленим модулем ГМ-2-SHDSL дозволяє передавати дані E1, синхронних інтерфейсів УПІ-2 та Ethernet по каналу SHDSL (рисунок 2.5)

- 4) з віддаленого пристрою по каналу SHDSL відповідно до Рек. G.994.1;
- 5) можливість оновлення вбудованого ПЗ;
- 6) вбудований BER-тестер;
- 7) можливість включення локальних та віддалених шлейфів;
- 8) світлодіодна аварійна сигналізація;
- 9) виведення аварійної сигналізації на "сухі контакти".

Мультиплексор ГМ-2-СП (рисунок 2.6) призначений для передачі телефонних сигналів, сигналів телемеханіки, асинхронного потоку даних RS-232 і даних Ethernet через низькошвидкісний синхронний канал чи один/два канальний інтервал потоку E1.



Рисунок 2.6 – ГМ-2-СП

Мультиплексор забезпечує одночасну передачу даних 11 інтерфейсів користувача:

- 4 телефонні канали або чотирипровідні канали ТЧ
- 6 каналів сигналів телемеханіки та асинхронної передачі даних
- 1 канал Ethernet через низькошвидкісний синхронний канал зі швидкістю до 80 кбіт/с або один/два канальний інтервал потоку E1.

Мультиплексор підтримує як цифровий, так і аналоговий режими.

Низький сервісний трафік, мінімальна пропускна здатність і гнучкий розподіл пропускної спроможності, а також стиснення голосу забезпечують високоякісний сервіс при повному використанні доступної пропускної здатності. Крім того, мультиплексор коригує загальний трафік відповідно до співвідношення сигнал/шум в лінії зв'язку на основі інформації, отриманої від модему M-ASP-GHG або інших пристроїв, і встановлює пріоритети, вибрані користувачем, на різних пристроях. Канал (телефон, ТМ, ІМО, Ethernet).

Лінійний порт УПШ-2

- типи інтерфейсів, що підтримуються: RS-232 (V.24/V.28), V.35, V.36, RS-449, RS-530, X.21, V.10, V.11)
- вибір типу інтерфейсу здійснюється підключенням відповідного кабелю
- режим роботи: синхронний, DTE
- швидкість передачі (цифровий режим):
- ГМ-2-СП-А-1 - 5.6, 11.2, 14.4, 17.6, 20.8 або 25.6 кбіт/с
- ГМ-2-СП-А-2 - 12, 24, 28.8, 33.6, 40.8 і 51.2 кбіт/с
- ГМ-2-СП-А-3 - 16, 32, 48, 64 та 80 кбіт/с
- швидкість передачі (аналоговий режим):
- ГМ-2-СП-А-1 - 128 кбіт/с
- ГМ-2-СП-А-2 - 256 кбіт/с (2 канали ТЧ) і 384 кбіт/с (3 канали ТЧ)
- ГМ-2-СП-А-3 - 384 кбіт/с (3 канали ТЧ) та 512 кбіт/с (4 канали ТЧ)

Лінійний порт Е1 (на додатковому модулі)

- інтерфейс: G.703 2048 кбіт/с, ГОСТ 27767-88
- циклова структура: G.704
- лінійне кодування: HDB3
- чутливість приймача: -43 дБ

Порти ТМ/ММО

- кількість портів: 6
- режим роботи ТМ або ММО вибирається програмно для кожного порту
- інтерфейс RS-232
- швидкості передачі в режимі ТМ: 100, 200, 300, 600, 1200 та 9600 біт/с
- швидкості передачі в режимі ММО: 2400, 4800, 9600 та 19200 Бод

Порти FXS/FXO (на додатковому модулі)

- кількість портів: 4
- спосіб набору номера: імпульсний та тональний
- вбудований ехокомпенсатор

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

- підтримка режиму FXS-FXS з можливістю генерації сигналів «КПВ» та «Зайнято»

- довжина абонентського шлейфу: понад 3 км за ТПП-0,5

Порти ТЧ (на додатковому модулі)

- кількість портів: 4

- тип портів: чотирипровідний

- підтримка двочастотної сигналізації 1200/1600 Гц

- можливе підключення до апаратури АДАСЕ

- підтримка режиму «прозорої» передачі сигналів модему ТМ надтонового діапазону із збереженням мовного каналу

- допустимі рівні вхідних сигналів $-16...+5$ дБ

- допустимі рівні вихідних сигналів $-13...+7$ дБ

Порт Ethernet (на додатковому модулі)

- інтерфейс: 10Base-T/100Base-TX

- підтримка VLAN

- робота в режимі мосту (bridge)

Додаткові модулі

- МПГ-Е1 - модуль з портом Е1

- МПГ-МБЕ100 - модуль з портом Ethernet 10/100Base-TX, VLAN.

- СП-ІР - модуль з двома портами Ethernet 10/100Base-TX для передачі телефонії та даних по ІР-мережі

- СП-4xVU — модуль із чотирма універсальними телефонними портами FXS, FXO або ТЧ

Управління та контроль роботи

- з передньої панелі за допомогою РКІ та клавіатури

- з персонального комп'ютера через порт RS-232

- з віддаленого мультиплексора ГМ-2-СП

- можливість оновлення вбудованого ПЗ

- можливість включення локальних та віддалених шлейфів

- світлодіодна аварійна індикація

- журнал подій

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

Живлення

- універсальне харчування $\sim 220 \text{ В} = 20 \dots 72 \text{ В}$

Конструктивне виконання

- металевий корпус висотою 1U для монтажу у стійку 19"

2.3 Технологія SDH

Місце цифрової первинної мережі у системі електрозв'язку

Положення цифрової мережі в телекомунікаційній системі

Перша цифрова мережа на основі PDH/SDH складається з вузлів мультиплексації (мультиплексорів), які діють як перетворювачі між каналами на різних рівнях стандартної ієрархії пропускної здатності, регенераторів, які відновлюють цифрові потоки на довгих шляхах, і на рівнях Цифровий кросовер комутації перемикачі каналів на шляху основної мережі.

Як видно з малюнка, побудова первинної мережі враховує типові канали, утворені системою передачі. У сучасних системах передачі використовуються електричні та оптичні кабелі та засоби передачі сигналів, а також радіочастотні пристрої (радіорелейні та супутникові системи передачі).

Цифровий сигнал типового каналу має певну логічну структуру, включаючи циклічну структуру сигналу та лінійний тип коду. Циклічна структура сигналу використовується для процесів синхронізації, мультиплексування та демультиплексування між різними рівнями ієрархії основного мережевого каналу, а також контролю блокових помилок.

Лінійний код забезпечує перешкодостійкість передачі цифрового сигналу. Апаратура передачі здійснює перетворення цифрового сигналу з цикловою структурою в модульований електричний сигнал, який потім передається по середовищі передачі.

Тип модуляції залежить від пристрою та використовуваного середовища передачі. Штрих-коди забезпечують завадостійкість для передачі цифрового сигналу.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

Пристрій передачі перетворює цифровий сигнал з циклічною структурою в модульований електричний сигнал, а потім передає його через середовище передачі. Тип модуляції залежить від пристрою та використовуваного середовища передачі.

Штрих-коди забезпечують завадостійкість для передачі цифрового сигналу.

Пристрій передачі перетворює цифровий сигнал з циклічною структурою в модульований електричний сигнал, а потім передає його через середовище передачі. Тип модуляції залежить від використовуваного пристрою та середовища передачі (рисунок 2.9).

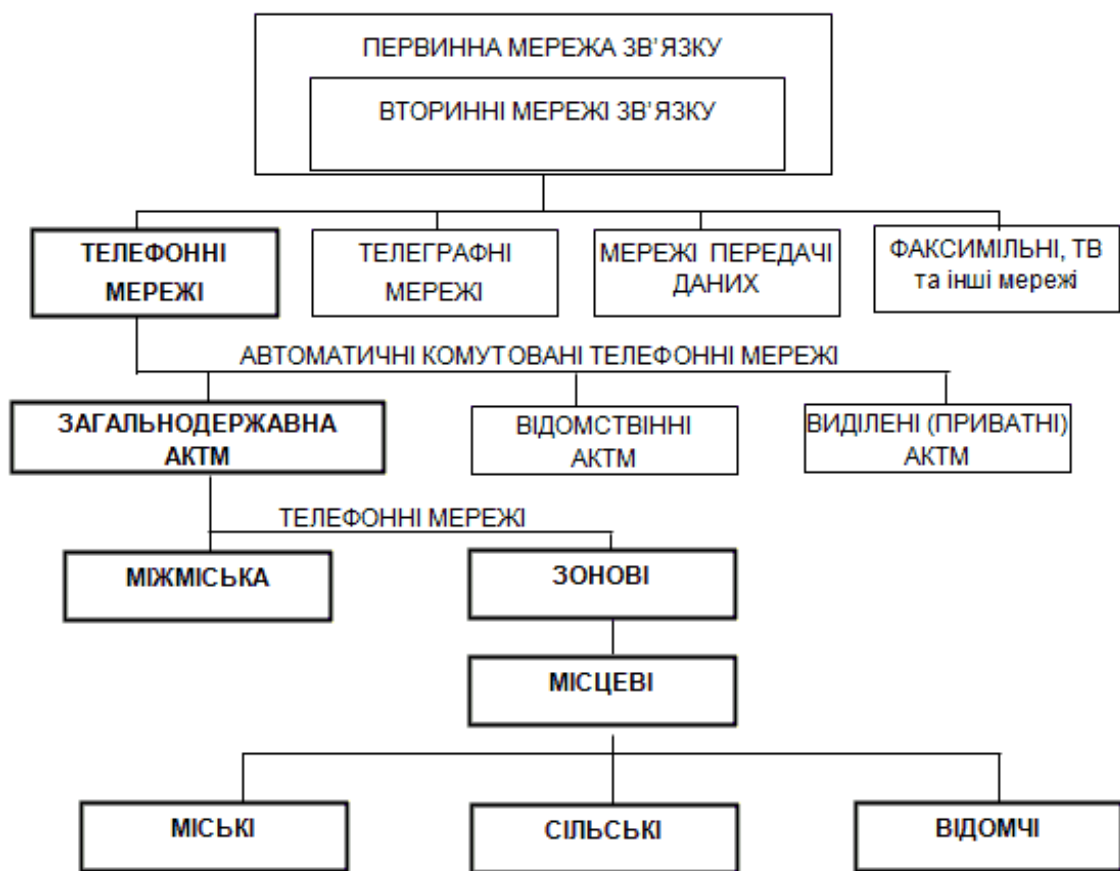


Рисунок - 2.9 Структура первинної мережі.

Таким чином, в середині цифрових систем передачі встановлюється передача електричних сигналів в іншій структурі, на виході цифрових систем передачі встановлюються первинні цифрові канали, що відповідають нормам гнучкості передачі, циклічної структури і типу лінійного коду.

Канали виклику від основної лінії доходять до вузлів зв'язку і потрапляють до лінійного апаратного магазину (ЛАС), виклики спрямовуються на другорядні лінії. Можна сміливо сказати, що первинним тросом є банк каналів, та був використовуються вторинні троси (телефонні зв'язку, троси передачі, спеціальні розвідувальні троси тощо). Справа в тому, що всі другорядні лінії банку каналів з'єднані, сигнали та повороти об'язувального були сильними, щоб канали первинної лінії відповідали нормам. Сучасні цифрові мережі базуються на трьох основних технологіях: псевдосинхронній ієрархії (PDH), синхронній ієрархії (SDH) і асинхронному режимі передачі (ATM). З цих технологій лише перші дві тепер можуть служити основою для побудови цифрової мережі.

Як основна технологія побудови мережі, технологія банкоматів ще дуже молода і не пройшла повну перевірку. Різниця між цією технологією та технологією PDH та SDH полягає в тому, що вона охоплює не лише первинний мережевий рівень, а й технологію вторинної мережі, особливо мережу передачі даних та широкопasmовий ISDN (B-ISDN). Тому, розглядаючи технологію ATM, важко відокремити частину, пов'язану з технологією первинної мережі, від частини, тісно пов'язаної з вторинною мережею.

Розглянемо більш детально історію побудови та відмінності квазісинхронних і синхронних цифрових архітектур. Схема PCS була розроблена на початку 1980-х років. Їх три:

1) прийнята в США та Канаді, як швидкість сигналу першого цифрового каналу ПЦК (DS1) було вибрано швидкість 1544 кбіт/с і яка давала послідовність DS1 -DS2 - DS3 - DS4 або ж послідовність виду: 1544 - 6312 - 44736 – 274176 кбіт/с. Це все дозволяло передавати відповідно 24, 96, 672 та 4032 каналу DS0 (ОЦК 64 кбіт/с);

2) в Японії, використовувалася така ж сама швидкість для DS1; яка давала послідовність DS1 - DS2 - DSJ3 - DSJ4 або ж послідовність 1544 - 6312 - 32064 - 97728 кбіт/с, що дозволяло передавати 24, 96, 480 або 1440 каналів DS0;

3) прийнята в Європі та Південній Америці, як первісна була вибрана швидкість 2048 кбіт/с і давала послідовність E1 - E2 - E3 - E4 - E5 або 2048 - 8448

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

- 34368 - 139264 - 564992 кбіт/с. Зазначена ієрархія дозволяла передавати 30, 120, 480, 1920 чи 7680 каналів DS0.

Комітетом з стандартизації ІТУ - Т був розроблений стандарт, згідно з яким:
- по-перше, були стандартизовані три перші рівні першої ієрархії, чотири рівні другої та чотири рівні третьої ієрархії як основні, а також схеми крос-мультиплексування ієрархій; - по-друге, останні рівні першої та третьої ієрархій не були рекомендовані як стандартні.

Ієрархії PDH та SDH взаємодіють через процедури мультиплексування та демультимплексування потоків PDH у системи SDH.

Головною різницею системи SDH від системи PDH є перебудова на оновлений принцип мультиплексування.

Система PDH використовує принцип квазісинхронного (або майже синхронного) мультиплексування, і мультиплексування здійснюється відповідно до цього принципу.

Наприклад, 4 потоки коду E1 (2048 кбіт/с) синтезуються в один кодовий потік E2 (8448 кбіт/с), який вирівнювання тактової частоти вхідного сигналу процес. За штатним методом.

Тому при демультимплексуванні процес відновлення вихідного каналу необхідно виконувати поетапно.

Наприклад, у вторинній цифровій телефонній мережі найчастіше використовується потік кодів E1.

Коли потік передається через мережу PDH на шляху EC, необхідно спочатку мультиплексувати E1-E2-EC крок за кроком, а потім поступово демультимплексувати EC-E2-E1 в кожній точці каналу E1.

Система SDH виконує синхронне мультиплексування/демультимплексування, забезпечуючи прямий доступ до каналів PDH, що передаються в мережах SDH.

Важливе нововведення в технології привело до того, що загалом, чим багатша технологія мультиплексування в міру SDH, тим нижче технологія в міру PDH, збільшилася можливість синхронізації параметрів середовище передачі та параметри системи передачі, а також більші виміри робіт.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

В результаті методи експлуатації та технології для імітації SDH багатші, ніж для PDH.

Міжнародним союзом електрозв'язку ІТУ-Т передбачено низку рекомендацій, що стандартизують швидкості передачі та інтерфейси систем PDH, SDH та АТМ, процедури мультиплексування та демультиплексування, структуру цифрових ліній зв'язку та норми на параметри джиттера та вандера

Уточнено схему мультиплексування потоків SDH.

Стандартна схема інкапсуляції трибу PDH у контейнер та подальшого мультиплексування при формуванні модуля СТМ-1 представлена на рис. 2.10.

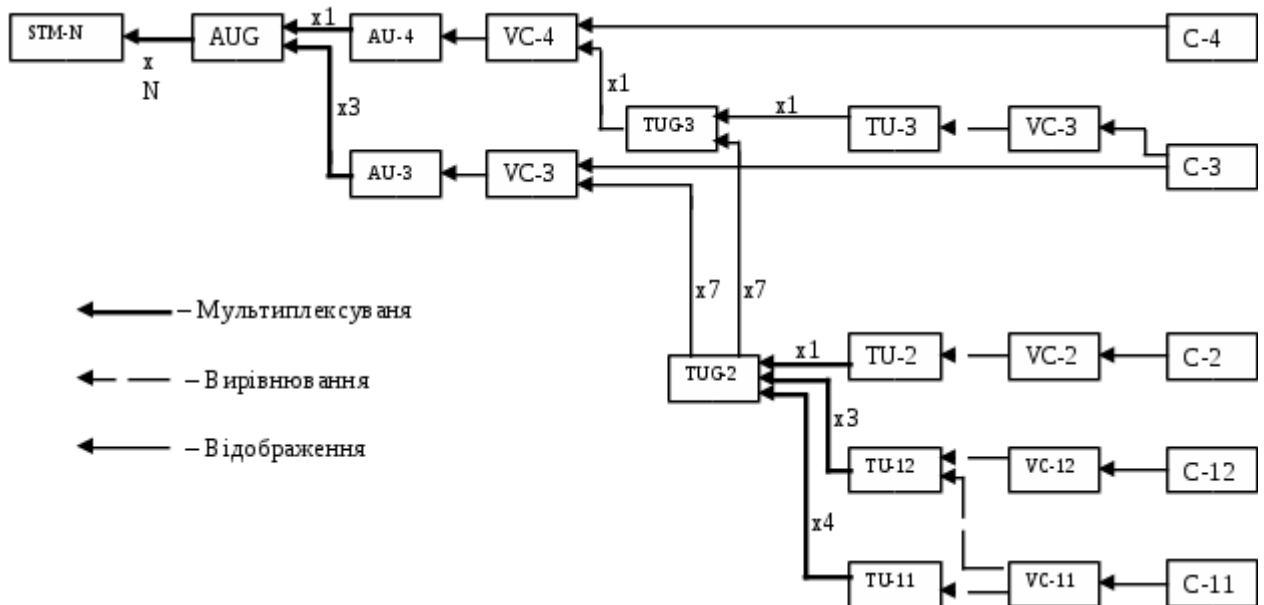


Рисунок 2.10 - Схема мультиплексування PDH трибів в технології SONET SDH

У цій схемі мультиплексування спостерігаємо початок швидкості: С-п - контейнери рівні п (n= 1,2,3,4); VC-п - віртуальні контейнери, рівні п (n = 1,2,3,4); TU-п - племінні блоки рівного п (n = 1,2,3); TUG-п – групові блоки триби, рівні п (n = 2,3); AU-п - адміністративні блоки, рівні п (n = 3,4); AUG-п – адміністративні групові блоки, STM-N – синхронний транспортний модуль.

Контейнери С-п призначені для інкапсуляції (розміщення для подальшої передачі) вхідних сигналів канали доступу, або триби, для проживання їх входів.

Слово «інкапсуляція» - це скоріше фізичний сенсорний процес, якщо має сенс перевести ферментацію з каркасної структури племені видів до структури інкапсулюючої судини. Контейнери рівні n відповідають рівним PDH ієрархії ($n = 1,2,3,4$), а кількість розмірів символів у N контейнерах дорівнює кількості членів об'єднаного стандартного ряду.

Кількість випусків коригується таким чином, щоб квартальний стандарт PDH був нижчим у ЄС. С 4 інкапсулює E4, а контейнер С - 1,2,3 повинні бути розбиті кожен на два підрівні, для інкапсуляції відповідних трибів АС і ЕС ієрархій.

Поля PL і PОН формату віртуального контейнера як логічного елемента мають вигляд:

1. PL – поле різних розмірів (залежить від типу ілюзійного контейнера), формат якого має двох-вимірну структуру по типу фрейму виду $9 \times m$ (9 стрічок і m стовпців). Це поле формується з контейнерів відповідного рівня (наприклад, для віртуальних контейнерів VC – 1,2 воно формується із контейнерів С – 1,2 відповідно), або із інших відповідних елементів структури мультиплексування SDH.

2. PОН – поле, розміром не більше 9 байт, формат якого має двовимірну структуру виду $1 \times n$ (наприклад, формат 1×9 для VC -4, або VC -32 і формат 1×6 байт для VC – 31). Це поле складається із різних за призначенням байтів.

TU- n – триб-блоки рівних n ($n = 1,2,3$) (у термінології ланок субблоки) – структурні елементи мультиплексування SDH, формат деяких простих і визначається за формулою: PTR + VC, де PTR – триб-індикатор блоку (TU - n PTR), що йде у віртуальний контейнер, наприклад TU 1 = (TU 1 PTR) + VC 1. Блоки дерева n -го рівня, як віртуальний контейнер, розбиті на блокові дерева одиниці нм, потім TU - нм і сама:

TU 1 розбитий на TU 11, TU 12;

TU 2 розбитий на TU 21, TU 22;

TU 3 розбито на TU 31, TU 32.

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

TUG-n - група з n-рівневих триб-блоків (початки укладання тільки на 2 лінії і відповідно на 3-й лінії), так як вона утворюється в результаті мультиплексування декілька триб-блоків.

- TUG 2 – сукупність триб-блоків 2-го рівня – елемент структури мультиплексування SDH, який утворений шляхом мультиплексування трубчастих блоків TU – 1,2 зі своїми коефіцієнтами мультиплексування; TUG 2 так само, як і TU - 1.2, поділяється на дві підгрупи: TUG 21 та TUG 22.

У результаті використання усіх можливих різновидів, яких потребує наявність підрівнів, наведена загальна схема розгортається в детальну симетричну відносно контейнера C 4 схему мультиплексування, запропоновану в першому варіанті стандарту G.709. Тут xN означають коефіцієнти мультиплексування.

Наприклад, до шістнадцяти каналів STM 1 (0, 1, 2, ... 13, 14, 15 або в системі шістнадцяти номерів 0, 1, 2, ..., D, E, F) на мультиплексорі - сформувати шістнадцятибайтові послідовності : b0 b0 b0..., b1 b1 b1..., b2 b2 b2...,..., bD bD bD..., bE bE bE..., bF bF.. ., тому в результаті мультиплексування на виході формується послідовність байтів: b0 b1 b2... bD bE bF b0 b1 b2....

Справді, так просто мультиплексувати тільки один раз, якщо все хоче створити таку ж структуру, як і основний підхід, як би його не було, то необхідно дотримуватись правил безконфліктного між'єднання.

У стандарті G.708 зазначено, що всі STM 1 належать до однієї із трьох категорій: 1 – AU 3 (різного типу), які несуть C 3 як корисне навантаження;

1 – AU-n (різного типу), які несуть той же тип TUG 2 як корисне навантаження;

3 – Різні типи TUG 2 як корисне навантаження.

У цьому ж стандарті для версії зв'язку з органами влади в схемах ETSI і SONET/SDH правила безконфліктного зв'язку послідовностей STM-N стають ще суворішими, а саме:

– при мультиплексуванні послідовностей, наприклад, щоб уникнути AUG, які засновані на різних AU-n (AU 4 або AU 3), можна покладатися на ланцюги, що відповідають AU 4.

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

Ті самі ланцюги, які відповідають AU 3, повинні бути демультимплексовані для рівні TUG 2 або VC 3 та демультимплексування за схемою: TUG 3 → VC 4 → AU 4;

– при мультиплексуванні послідовностей, таких як VC 11, якщо TU-n (TU 11 або TU 12) є замісними, схеми, які заміщають TU 11, матимуть переважну силу.

Якщо в складі модуля STM-N прийнято каскадне мультиплексування, воно по черзі здійснюється через групи байтів, а кількість байтів у групі дорівнює кратному мультиплексуванню попереднього етапу.

Наприклад, якщо формування STM 16 здійснюється за двоступінчастою схемою $4 \times \text{STM } 1 \rightarrow \text{STM } 4$, $4 \times \text{STM } 4 \rightarrow \text{STM } 16$, на першому етапі використовується мультиплексування байтів, а на другому етапі — групи з чотирьох байтів.

Припустимо, що вхід до кожного з чотирьох STM 4 отримує послідовність $\{b_{ij}\}$ - (де нижня сума індексу = 0,1,2,3 - номер входу, верхній індекс $j = 1,2,3,4$ - STM кількість мультиплексорів 4), а процес формування виглядає наступним чином:

Очевидно, що якщо формування STM 64 є тріступеневою схемою $4 \times \text{STM } 1 \rightarrow \text{STM } 4$, $4 \times \text{STM } 4 \rightarrow \text{STM } 16$, $4 \times \text{STM } 16 \rightarrow \text{STM } 64$, перший етап приймає байтове мультиплексування, а другий етап приймає 4 байти як один мультиплексування. групи, третя — група з 16 байтів.

Якщо під час створення модуля STM-N відбувається каскадне мультиплексування, необхідно рандомізувати групи байтів, а кількість байтів у групі дорівнює прямому каскадному мультиплексуванню.

Наприклад, якщо STM 16 побудований за двокаскадною схемою $4 \times \text{STM } 1 \rightarrow \text{STM } 4$, $4 \times \text{STM } 4 \rightarrow \text{STM } 16$, перший каскад мультиплексується по байтах, а другий – групами по чотири байти. Припустимо, що послідовності $\{b_{ij}\}$ - (нижні індекси $i = 0,1,2,3$ - вхідні числа, а верхні індекси $j = 1,2,3,4$ - номери мультиплексорів STM) 4), тоді процес, що формується, починається з наступного кроку:

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

Малося на увазі, що якщо STM 64 формувався за трьома каскадними схемами $4 \times \text{STM } 1 \rightarrow \text{STM } 4$, $4 \times \text{STM } 4 \rightarrow \text{STM } 16$, $4 \times \text{STM } 16 \rightarrow \text{STM } 64$, то перший каскад мультиплексується по байтах, а другий – за групами по 16 байт.

Спрощена структура транспортного синхронного модуля STM 1 показана на рис. 2.11.

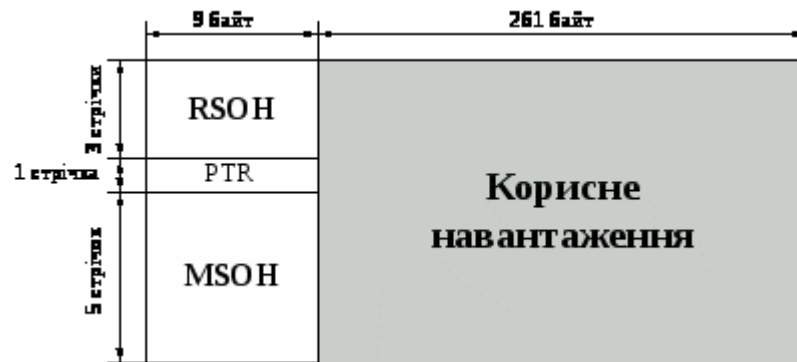


Рисунок 2.11 - Структура синхронного транспортного модуля STM 1

Триальність циклу передачі STM становить 125 мкс, який повторюється з частотою 8 кГц. Скін-фрейм підтримує швидкість передачі 64 Кбіт/с. Отже, якщо на передачу кадру скіна йде 125 мкс, то за 1 секунду можна передати $9 \times 270 \times 64 \text{ Кб/с} = 155\,520 \text{ Кб/с}$, тобто 155 Мб/с.

Для встановлення великих цифрових потоків в системах SDH формується випереджаюча цифрова ієрархія: 4 модуля STM 1 об'єднуються шляхом байтового мультиплексування модуль STM 4, потім 4 модуля STM 4 з'єднуються в модуль STM 16 і т. д. . Також можливо безпосередньо мультиплексувати STM 1 STM-N.

Розглянемо принцип мультиплексування. STM 16: спочатку кожні 4 модуля STM 1 об'єднуються в один модуль STM 4 за допомогою мультиплексора з чотирма входами, потім 4 модуля STM 4 мультиплексуються з тим самим 4-вхідним мультиплексором в один модуль STM 16. Однак існують 16-вхідні мультиплексори, які дозволяють STM 1 відразу отримати STM 16.

Склад модуля STM 1. Принцип контейнерних перевезень застосовний до мережі SDH. Сигнали, необхідні для транспортування, вставляють у стандартні контейнери. Усі операції контейнера відбуваються незалежно від його вмісту, що

забезпечує прозорість мережі SDH, тобто можливість передачі будь-яких даних, включаючи потоки PDH.

Найближчим за швидкістю до 1 рівня ієрархії SDH (155 520 Мбіт/с) є цифровий потік E4 цифрової ієрархії PDH зі швидкістю 139 264 Мбіт/с. Найпростіше розмістити його в модулі STM 1. Для цього вхідний цифровий сигнал спочатку «інкапсулюється» в контейнер, тобто поміщається в якесь положення контейнера. Контейнери називаються C4. Контейнер C4 має 9 рядків із 260 однобайтовими стовпцями. Додавання ще одного стовбця – Route Header – (Path Over Head – POH) перетворює цей контейнер на віртуальний контейнер VC 4.

Тепер, щоб розмістити VC 4 у модулі STM 1, потрібно закріпити його індикатором (PTR), який авторизує саму адміністративну одиницю AU 4, а решта відразу розміщуються безпосередньо в модулі STM 1 із заголовком розділу SOH.



Рисунок 2.12 - Розміщення контейнерів в модулі STM 1

Синхронний транспортний модуль STM 1 може бути захоплений аналогічним порядком та іншими плезіохронними потоками (E1, E2, E3).

Як приклад, розглянемо процес формування синхронного транспортного модуля STM 1 з приставкою потоку E1.

Розглянемо докладніше формування модуля STM 1 при подачі вхідного потоку 2048 кбіт/с (рис. 2.12).

Потік трибний E1 на швидкості 2048 кб/с із тактовою частотою 8 кГц (як і кадр STM 1) надходить у контейнер C 12. Потік E1 має 32 байти.

Перед наступною послідовністю можна додавати розпушувачі та інші фіксуєчі, неправильні та пакувальні наконечники (вказівки з блоку «біт»).

Мішок має ємність C 12 але може бути більше або більше 34 байт (допустимо 34 байта).

1. До контейнера C 12 додається маршрутний заголовок PОН довжиною 1 байт, (буде 35 байт).
2. До контейнера VC 12 приєднується покажчик трибного блоку PTR довжиною байт, (разом 36 байт)
3. За допомогою байт мультиплексування послідовність трибних блоків TU 12 групується в субблоки по трьох групи $36 \times 3 = 108$ байт. Отже, TUG 2 має довжину 108 байт. Це зручніше представити у виді матриці 9×12 байт.
4. Послідовність TUG 2 повторно байт-мультиплексується для формування групи TUG 3 $108 \times 7 = 774$, тобто матриця 9×84 байт.
5. Послідовність TUG 3 мультиплексують 3:1. Одержують $774 \times 3 = 2322$.
6. Формується VC 4 шляхом додавання маршрутного заголовка PОН довжиною 9 байт. Фрейм стає довжиною $2322 + 9 = 2331$ байт.
7. Додається заголовок PTR довжиною 9 байт для одержання адміністративного блоку AU 4.
8. Шляхом формального мультиплексування 1:1 AU 4 і мультиплексування 3:1 AU 3 поєднуються в групу адміністративних блоків AUG.
9. До групи AUG додається секційний заголовок SOH (з 2 х частин RSOH 3×9 байт, MSOH 5×9 байт) у результаті чого виявляється сформованим стандартний транспортний модуль STM 1 у виді кадру довжиною 2430 байт або у виді матричного фрейму 9×270 байт, то при частоті передачі 8 кГц складе швидкість 155.52 Мбіт/с.

Трохи відрізняються схеми складання STM 1 будуть виходити для інших трибних потоків.

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

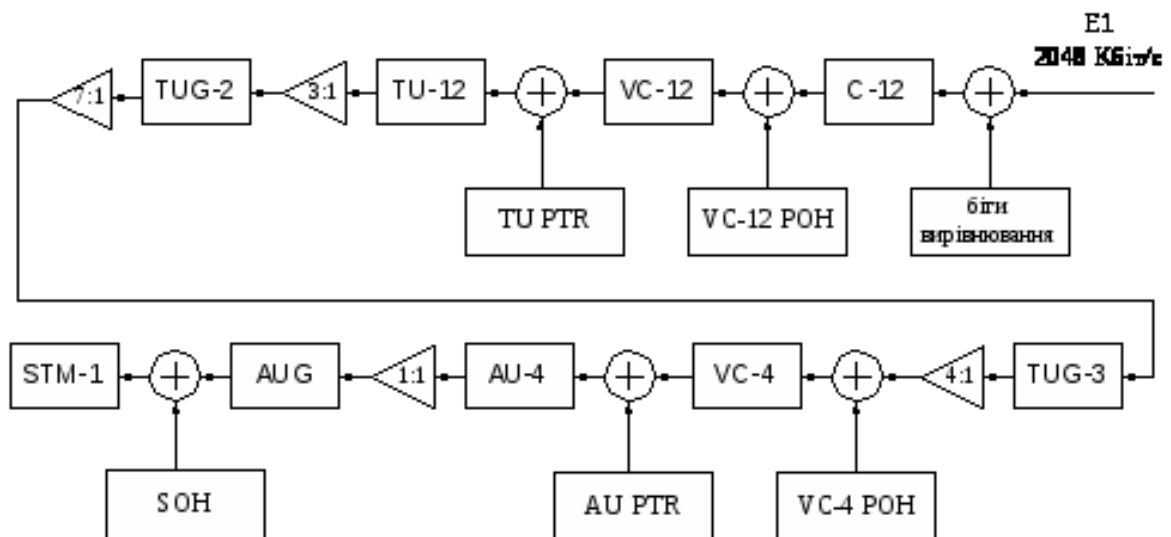


Рисунок 2.13 - Формування транспортного синхронного модуля STM1 з інжекцією потоку E1.

Як видно на малюнку 2.13, у процесі формування синхронного транспортного модуля до початку трансмісії додаються виривні біти, а також фіксуючі та керуючі біти.

Перед сформованим контейнером C 12 маршрут VC 12 RON (Path Overhead) додається заголовок, відповідно формується віртуальний контейнер.

Додати 1 байт у віртуальний контейнер Показчик (PTR) перетворює першу в одиницю навантаження (TU).

Потім відбувається процес мультиплексування блоків корисного навантаження на різні рівні груп блоків корисного навантаження (TUG), доки не буде сформований віртуальний контейнер для верхнього VC 4, в результаті додавання заголовка, який направляє накладні витрати VC 4 RON).

З огляду на поділ маршрутів на два типи сегментів, SON складається із заголовка сегмента регенератора (RSOH) і заголовка сегмента мультиплексора (MSOH).

Наявність великої кількості показників (PTR) дозволяє чітко визначити положення квазіохронного потоку в ізохронному транспортному модулі.

Важливою особливістю SDH є те, що у заголовку, крім інформації про маршрутизацію, є дані, які дозволяють керувати всією мережею в цілому,

| | | | | |
|------|------|---------|--------|------|
| | | | | |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата |

забезпечувати віддалену комутацію в мультиплексорах, досягати ефективності мережі та забезпечувати якість на рівні.

Функціональні модулі SDH технологій

Можна описати основні елементи системи передачі даних на основі SDH або функціональні модулі SDH.

Ці модулі можуть бути з'єднані один з одним у SDH. Логіка роботи або інтермодальність модулів у мережі визначає необхідні функціональні зв'язки модулів - топологію, або архітектуру мережа SDH.

Мережа SDH, як і мережа, може складатися з 4-х різних наборів функціональних модулів: мультиплексорів, комутаторів, концентраторів, регенераторів та кінцевих зв'язків.

Набір визначається основними функціональними завданнями, які вирішує мережа:

- Збір вхідних потоків до осередків через канали доступу, придатні для передачі в мережах SDH .

Проблема мультиплексування, вирішена термінальними мультиплексорами - TM Access Network - Транспортування блоків стільників у мережі, з можливістю введення/виведення потоків введення/виведення - транспорт проблеми, розв'язувані введення/виведення - ADM, потік інформації в логічно керованій мережі, і потік у фізико-фізичному середовищі, що формує транспортний канал в цій мережі; - відповідно до потоку інформації від одного сегмента мережі до іншого.

Схема маршрутизації завантажує віртуальні контейнери, що виконуються у виділених вузлах мережі, - за допомогою цифрових комутаторів або крос-комутаторів для вирішення завдання комутації або крос-комутації - DXС; об'єднання деталей однотипних потоків в окремий вищий навчальний заклад – концентратор (або хаб) – завдання на концентрацію, вирішується концентраторами;

- регенерація (відновлення) форми та амплітуди переданого сигналу у великих масштабах для компенсації його згасання - завдання регенерації, що

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

вирішується за допомогою регенераторів - насадок, аналогічних ретрансляторам у ЛОМ;

- отримання лінії огорожі з лінією SDH - завдання на придбання, вирішуваний для додаткової установки кінця лінії - різні атмосферостійкі пристрої, наприклад, перетворювачі інтерфейсів, перетворювачі безпеки, перетворювачі імпедансу і т.д.

Погляньмо на роботу цих модулів.

Основний функціональний модуль мережі SDH є мультиплексор. На відміну від традиційних мультиплексорів, що використовуються в мережах RDH, мультиплексори SDH виконують функції мультиплексора та термінального доступу, дозволяючи низькошвидкісним багатопаровим каналам RDH підключатися безпосередньо до їхніх вхідних портів.

Вони є більш універсальними і гнучкими пристроями, які дозволяють вирішити практично всі перераховані вище проблеми.

Термінал мультиплексування ТМ може або входити в канали (перемикати їх з входу Tribal роз'єму на лінійний вихід), або вихідні канали (перемикати їх з лінійного входу на вихід Tribal роз'єму).

Також можна локально переключити вхід одного племінного інтерфейсу на вихід другого племінного інтерфейсу. Зазвичай це перемикання обмежується орди 1,5-2 Мбіт/с.

Terminal Multiplexer ТМ - це мультиплексор і термінальне обладнання мережі SDH, канали доступу якого відповідають племенам ієрархій PDH і SDH. (рис. 2.14).

Термінальний мультиплексор може або вводити канали, тобто комутувати їх з входу трибного інтерфейсу на лінійний вихід, або ж виводити канали, тобто комутувати з лінійного входу на вихід трибного інтерфейсу.

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

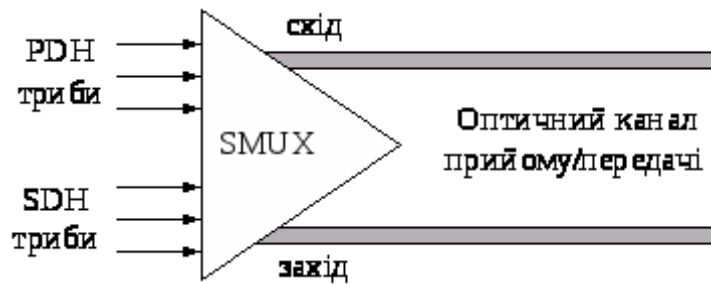


Рисунок 2.14 - Синхронний мультиплексор (SMUX): термінальний мультиплексор TM або мультиплексор вводу / виводу ADM

Мультиплексор SDH (STM-16) на будь-якій швидкості з вихідним потоком 10 Гбіт/с, максимальна кількість каналів у доступі може включати триби PDH 1,5, 2, 6, 34, 45, 140 Мбіт/с і триби SDH 155, 622 2500 Мбіт/с зі стандартом STM-1, STM-4, STM-16.

У той час як триби коліна RDH є електричними, триби SDH можуть бути електричними (STM-1) або оптичними (STM-4, STM-16).

Звичайно, конкретний мультиплексор не може мати набору трибів для використання як каналу доступу. Це відрізняється не тільки бажаністю покупця, а й можливостями виконавця.

Ще однією важливою особливістю мультиплексора SDH є наявність двох оптичних лінійних виходів, так званих агрегатних виходів, які вибираються для режиму 100% резервування або за схемою 1+1 для більшої надійності.

Ці розетки також можна назвати основними і резервними, або східними і західними. Вони називаються східним і західним, щоб позначити два протилежні напрямки поширення сигналу в кільцевій топології.

Мультиплексори вводу/виводу ADM можуть мати той самий набір триб, що й термінали.

Це дозволяє вводити/виводити відповідний канал. Крім можливостей перемикавання, ADM дозволяє створювати наскрізне перемикавання вихідних потоків в обох напрямках, а також коротке замикання від каналу прийому до каналу передачі з обох боків (східного і західного) в разі одного напрямку не вдається.

Також дозволяє пропустити основний оптичний потік в режимі обходу.

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

Регенератор - це вироджений корпус мультиплексора з одним вхідним каналом, зазвичай оптичним племінним STM-N (рис. 2.15).

Він застосовується для збільшення прийнятної відстані між вузлами мережі SDH шляхом відновлення сигналів корисного навантаження. Звичайно ця відстань складає 15 – 40 км. для довжини хвилі порядку 1300 нм, або 40 – 80 км. – для 1500 нм.

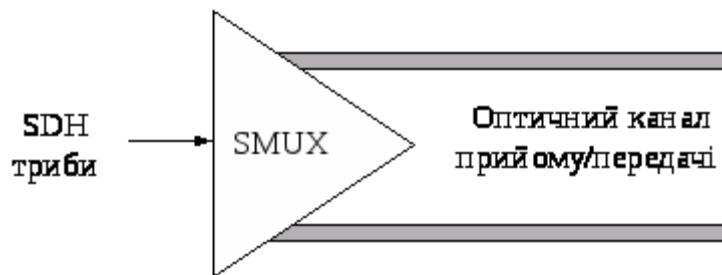


Рисунок 2.15 - Мультиплексор в режимі регенератора

Комутатор. Фізично можливість внутрішньої комутації каналів закладена в самому мультиплексорі SDH, а значить, про мультиплексор можна говорити як про внутрішній або локальний комутатор.

Наприклад, на рис. 2.16 диспетчер магістральних каналів може динамічно змінювати логіку між магістральним TU та каналом доступу, що еквівалентно внутрішньому перемиканню каналів. Крім того, мультиплексор, як правило, може мати можливість комутації локальних каналів доступу, що відповідає локальній комутації каналів.

На мультиплексорі, наприклад, можливий доступ до завдань місцевого комутатора аналогічними каналами одного і того ж типу, так що завдання приймаються концентраторами (рис. 2.17).

У високовольтному режимі необхідно переходити на спеціально розділені синхронні перемикачі – СДКС, які передаються не тільки локально, але й глобально, або високовольтні струми та синхронні транспортні модулі STM-N (рис. 2.18).

Важливою властивістю таких комутаторів є нестача блокування інших каналів при комутації, коли комутація одних груп TU не накладає обмежень на процес обробки інших груп TU тоді така комутація називається неблокуючою.

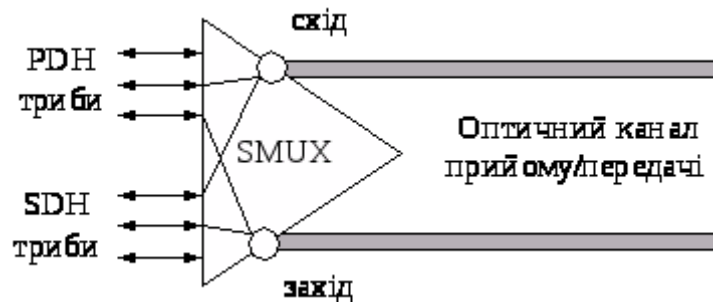


Рисунок 2.16 - Мультиплексор вводу / виводу в режимі внутрішнього комутатора

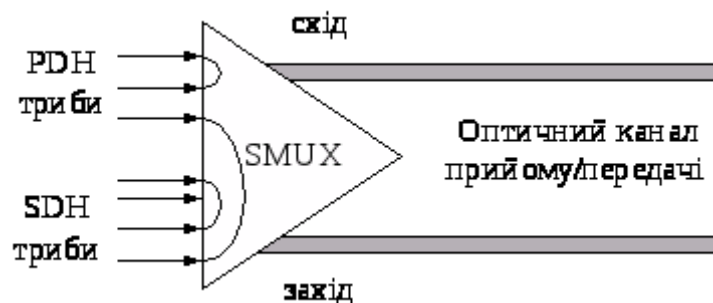


Рисунок 2.17 - Мультиплексор вводу / виводу в режимі локального комутатора

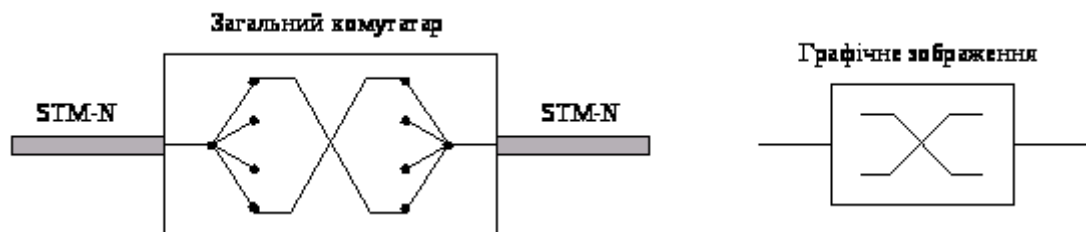


Рисунок 2.18 - Загальний або прохідний комутатор високошвидкісних каналів

Ви можете побачити шість різних функцій, пов'язаних з перемикачем:

- маршрутизація віртуальних контейнерів у VC, що здійснюється на підставі різної інформації у маршрутному заголовку ROH віртуального контейнера;
- консолідація або консолідація (consolidation/hubbing) віртуальних контейнерів ВК, що здійснюється в режимі хаб/хаб;

- переведення (переведення) в потік точок в декількох крапках, або в мультикрапках, здійснюється при різних режимах прив'язки "крапка - мультикрапка";
- сортування або групування (drooming) віртуальних контейнерів VC, створених методом зіставлення порядку декількох потоків VC з основного потоку VC, що надходить на комутатор;
- доступ до ілюзорного контейнера VC, здійснення при тестуванні установки;
- введення / виведення (drop/insert) віртуальних контейнерів, здійснювана при роботі мультиплексора введення / виведення;

Концентратор — це мультиплексор, який зазвичай об'єднує потоки одного типу з віддалених вузлів мережі в один вузол мережі SDH, не обов'язково також віддалений, але підключений до транспортної мережі.

Вузлом також може бути не два, а лінійний потік 3,4 і більше типів STM-N або STM-N 1 і дозволяти відгалужуватися від основної або кільцевої організації. Або, навпаки, з'єднати дві зовнішні гілки з основним потоком або кільцем. Загалом, це зменшує загальну кількість каналів, безпосередньо підключених до основної мережі SDH.

Мультиплексор, який розподіляє вузли в порту розриву, дозволяє перемикає підключені канали локально, дозволяючи віддаленим вузлам перемикаєтися через нього, не обтяжуючи основний трафік.

Можуть бути сформовані архітектурні рішення в проектуванні мережі SDH. Найбільш поширеними варіантами є кільцева та радіальна топології або топології послідовно-лінійної стійки.

Топологія "крапка-крапка".

Сегмент мережа, що зв'язує два вузли А і В, або топологія «плями-плями» - найпростіший приклад базової топології SDH мережі (рис. 2.19).

Може використовуватися для додаткових кінцевих мультиплексорів ТМ як за схемою без резервування на канал приймання/передачі, так і за схемою зі стояковим резервуванням типу 1+1, комутацією між основним і резервним електричним або оптичним агрегатом. виходи (канали прийому/передачі).

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

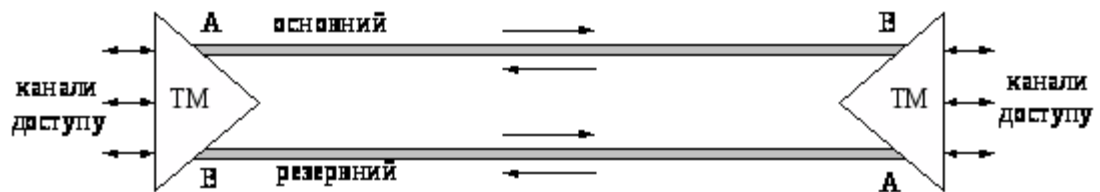


Рисунок 2.19 - Топологія «крапка-крапка», реалізована з використанням ТМ

Топологія «послідовний лінійний ланцюг»

Базова топологія переважає тільки в тому випадку, якщо щільність руху в районі не така висока і є необхідність проведення технічного обслуговування в деяких точках траси, де можуть бути введені канали доступу.

Вона може бути представлена або простою послідовною лінійною формою без бронювання, як на рисунку 2.20, або складчастою формою з бронюванням типу 1+1. Останній варіант топології часто називають «спрощеним кільцем»

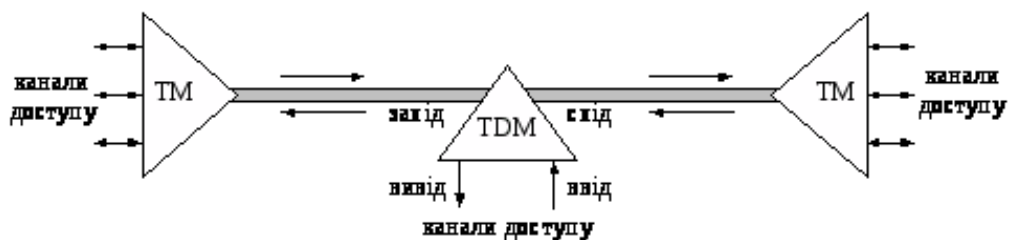


Рисунок 2.20 - Топологія «послідовний лінійний ланцюг», реалізована на ТМ і TDM

Топологія «зірка», що реалізовує функцію концентратора.

У цій топології один із віддалених вузлів ланки, пов'язаний з центром комутації або вузлом ланки SDH на центральному кільці, грає роль концентратора, частина трафіку може бути доведена до терміналу користувача. але й іншу частину, її можна залишити, це можуть бути інші віддалені вузли (рисунок 2.21).

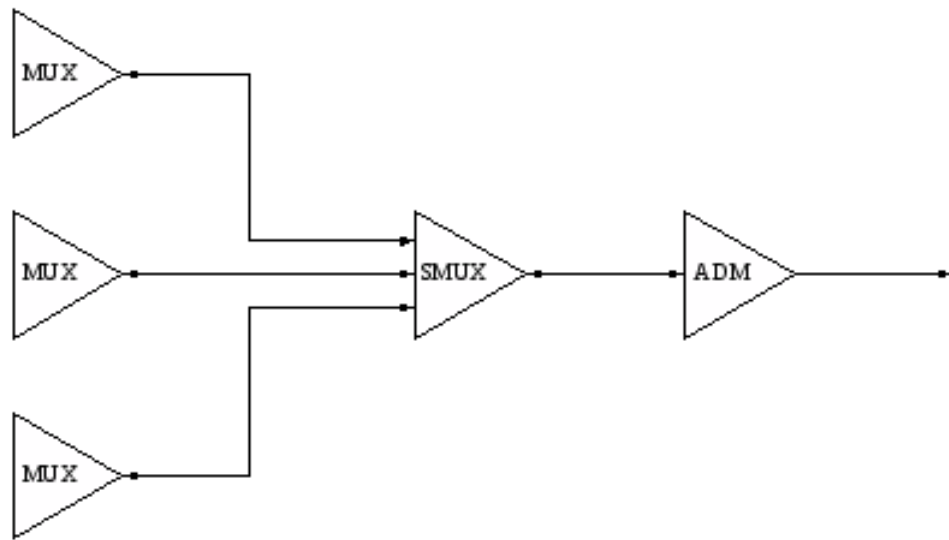


Рисунок 2.21 - Топологія «зірка» з мультиплексором як концентратор

Топологія «кільце».

Ця топологія (рисунок 2.22) широко поширено, що для побудови SDH об'єднуються дві перші рівноправні SDH ієрхії.

Основною перевагою топології є простота організації типу 1+1, видимість двох пар оптичних каналів на приймання/передачу в синхронних мультиплексорах SMUX: схід-захід, що дає можливість формування подвійного кільця з швидкими потоками.

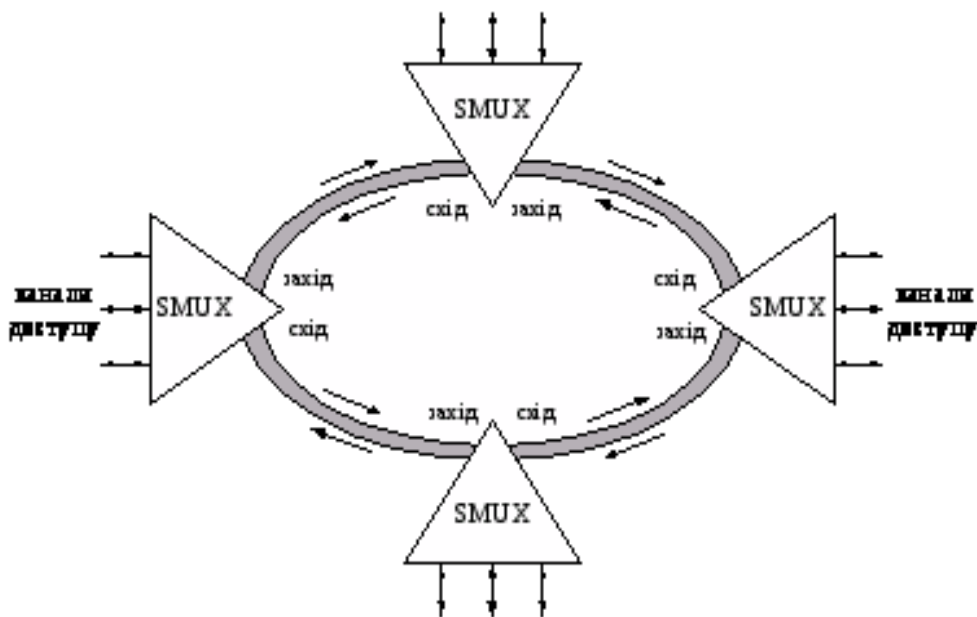


Рисунок 2.22 - Топологія «кільце» із захистом 1+1.

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата |

Мережева модель SDH систем

Архітектурні рішення при реалізації мережі SDH може формуватися як з урахуванням використання погляду більш елементарні топологічні лінії, і протягом кількох відрізків.

Основа радіальної кільцевої архітектури SDH показана малюнку 2.23.

Ланцюжок фактично був створений на основі двох основних топологій: «кільце» та «послідовний лінійний ланцюг».

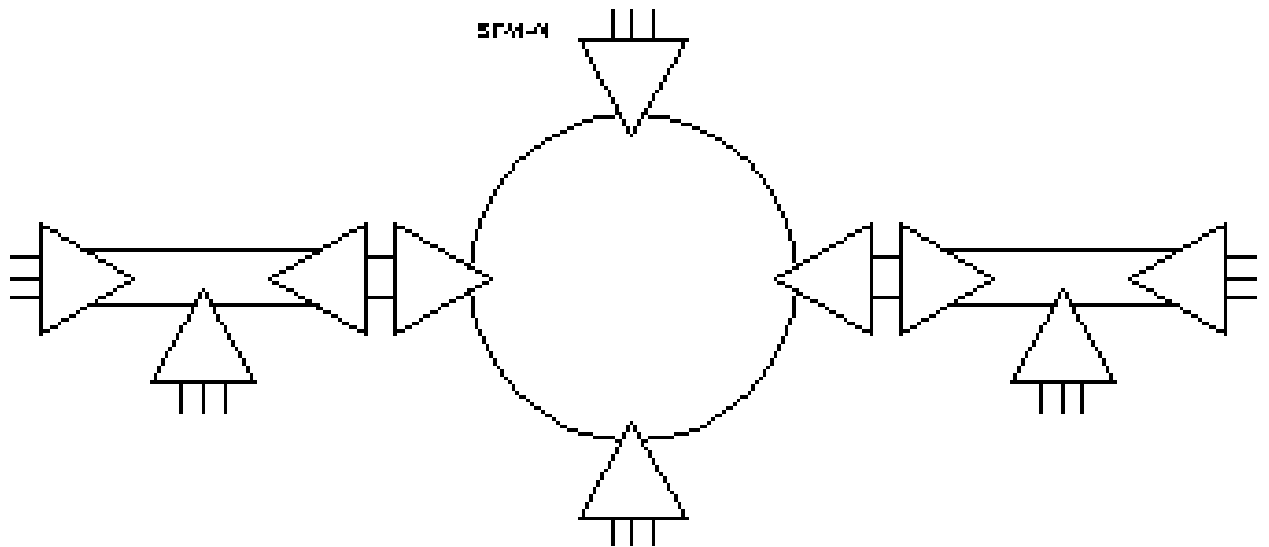


Рисунок 2.23 - Радіально-кільцева мережа SDH

Архітектура типу «кільце-кільце»

З'єднання типу «кільце-кільце» ще одне часто використовуване в архітектурі мереж рішення

Кільця в цьому з'єднанні можуть бути або однакового, або різного рівнів ієрархії SDH.

На рисунку 2.24 вказана схема з'єднання двох кілець одного рівня – STM 4, а на рисунку 2.25 каскадна схема з'єднання трьох кілець – STM 1, STM 4, STM 16.

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

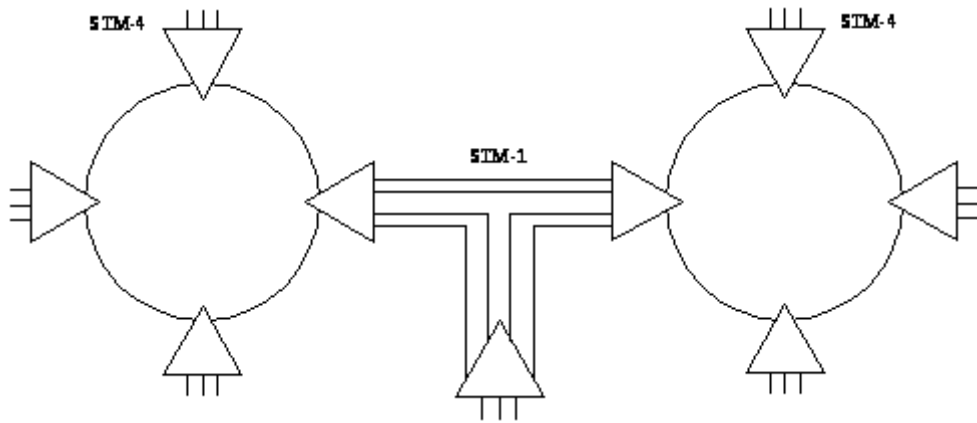


Рисунок 2.24 - Два кільця одного рівня

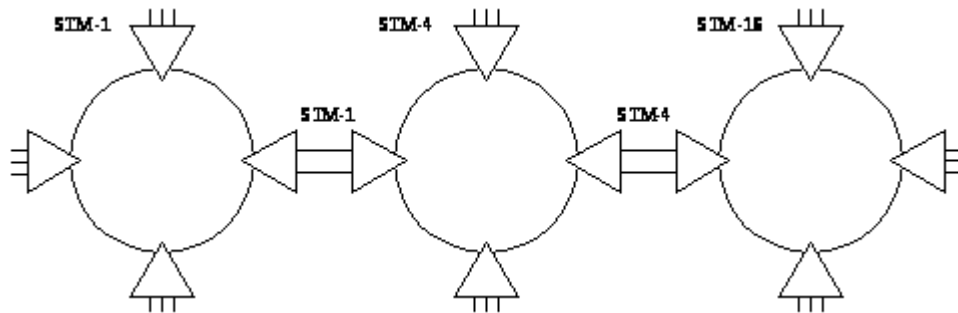


Рисунок 2.25 - Каскадне з'єднання трьох кілець

Лінійна архітектура для мереж великої протяжності.

Для довгих лінійних ліній між кінцевими мультиплексорами є кілька ліній, що може бути рекомендовано, виходячи з максимально допустимого обриву оптоволоконного кабелю.

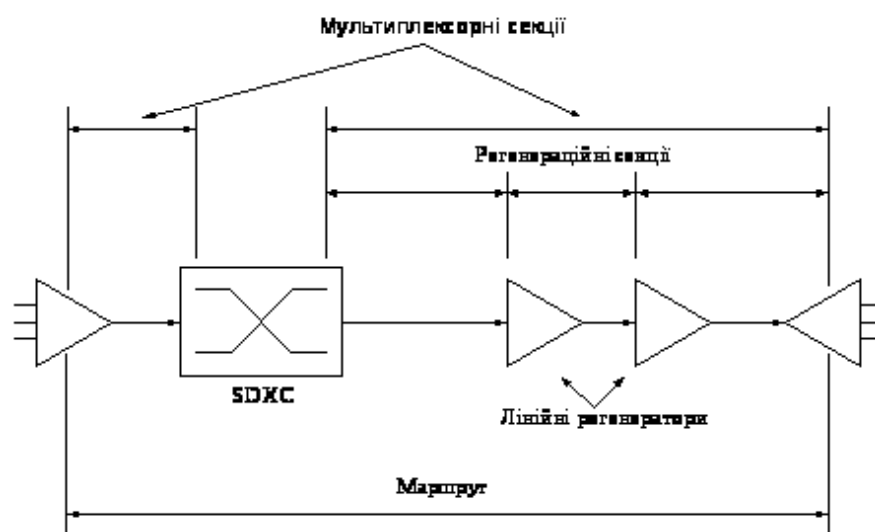


Рисунок 2.26 - Мережа SDH великої протяжності із зв'язком типу «крапка-крапка» і її сегментація

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата |
| | | | | |

Таким чином, на шляху між ТМ (рисунку 2.26) були встановлені оточення мультиплексорів та прохідного комутатора та регенераторів для посилення оптичного сигналу, що завмирає.

У процесі розвитку SDH мережі ритейлери можуть виграти ряд рішень, типових для глобальної мережі, таких як формування свого «кістяка» (backbone) або основної лінії у комерційному структурно-подібному вигляді (місиві), що дозволяє шляхом організації альтернативних (резервних) маршрутів, виграючи у низці проблем виникнення при маршрутизації віртуальних контейнерів за основним маршрутом.

У той самий час, за потужних заходів внутрішніх резервів SDH дозволяє підвищити першість всіх заходів загалом. Крім того, за такого резервування альтернативних маршрутів можуть існувати альтернативні джерела альтернативного покриття сигналу. Наприклад, якщо на основному маршруті все ОК, то на резервному – РРЛ, або на іншому.

2.4 Висновки

У даному розділі було ознайомлення із технологією SDH, знаємо які є гнучкі мультиплексори. Відомо про синхронну цифрову ієрархію. Знаємо основні характеристики SDH

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

3 ПРОГРАМНЕ УПРАВЛІННЯ ГНУЧКОЮ МУЛЬТИПЛЕКСАЦІЄЮ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

3.1 Моделювання програмного управління

Технічні виміри обладнання SL 16 v. 1, SRT 1

Синхронічне лінійне устаткування SL16 забезпечує передавання до 16 синхронічних цифрових сигналів STM 1 при швидкості передачі 155.520 Мбіт/с або до 16 цифрових сигналів при швидкості передавання 139.264 Мбіт/с.

Сигнали передаються по одномодовому оптичному волокну із довжиною хвилі 1300 нм або 1550 нм. Оптичне волокно зобов'язане відповідати рекомендаціям G.652 і G.653.

Варіація волокна, що відповідає рекомендаціям G.652, оптимізована для діапазону 1300 нм, а дисперсія волокна, що відповідає рекомендаціям G.653, оптимізована для діапазону 1550 нм.

Волокна Prote, що відповідають останнім рекомендаціям G.652, можуть використовуватись для обох діапазонів.

Всі вузли установки SL16 можуть бути оснащені оптичною платою як діапазону 1300 нм, так і діапазону 1550 нм.

Сигнал оптичної лінії формується за 16-м циклом STM.

Швидкість передачі бітів є 2488,320 Мбіт/с (2,5 Гбіт/с).

Залежно від конфігурації порту можуть використовуватись оптичні або електричні сигнали STM 1.

Лінійна установка SL16 складається з висувних блоків:

- термінал синхронної лінії SLT16,
- синхронний лінійний регенератор SLR16,
- стенд для встановлення лінійної установки,
- програмне забезпечення управління системою (SMSW) для робочого терміналу.

Для передачі сигналів STM 16 відповідно до Рекомендації G.957 використовується лінійний код NRZ (без повернення до нуля) з скремблюванням.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

Для лінійного регенератора вхідний оптичний сигнал перетворюється на електричний сигнал, посилюється, регенерується і знову перетворюється на оптичний сигнал.

Лінійний регенератор забезпечує доступ до службового каналу зв'язку та додаткових каналів передачі даних секції регенерації.

У діапазоні 1300 нм допустиме ослаблення в оптичному кабелі ділянки регенерації становить 25 дБ, а діапазоні 1550 нм - 27,5 дБ.

Між двома районними пунктами допускається розміщення до 48 регенераторів SLR16.

Для будь-якої значущої фази значення фазового звуку вибирається із допустимого значення. Більш довгоживучі шляхи передачі можуть бути організовані шляхом каскадного включення ділянки регенерації на кінцях включення лінійної крайової посадки.

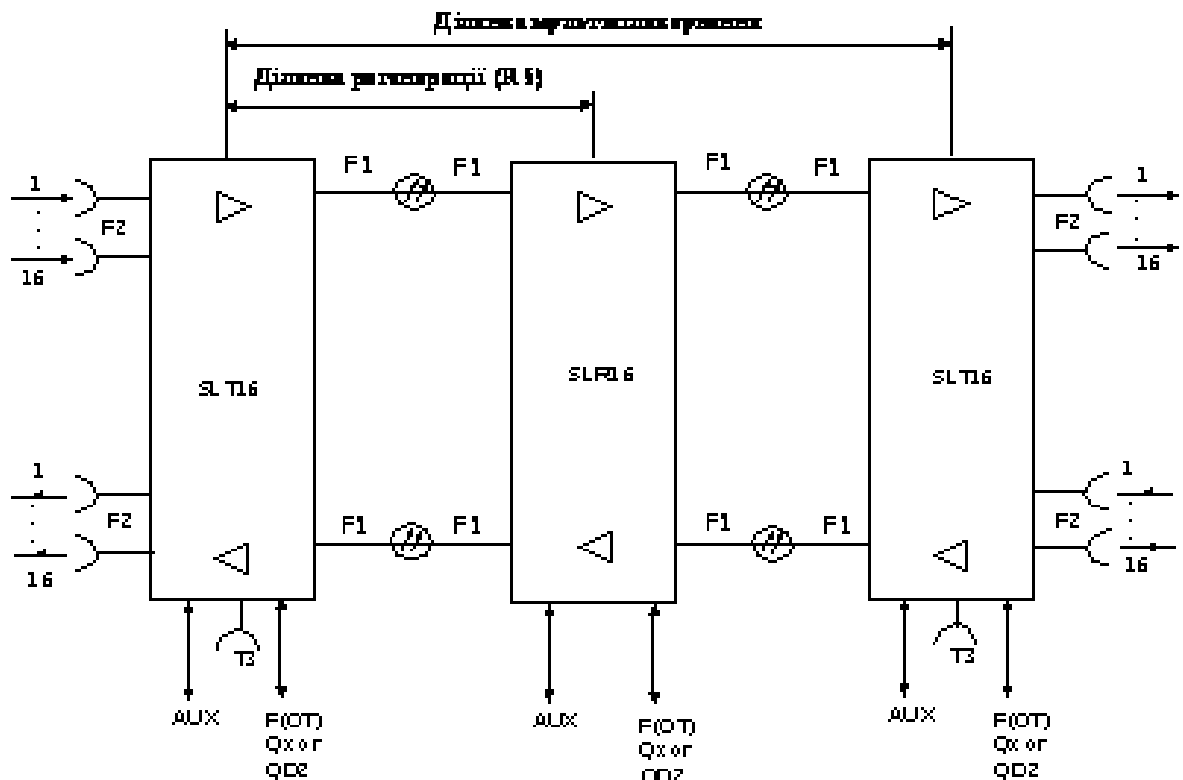


Рисунок 28 - Структура тракту передачі на базі SDH обладнання SL16

Основні вживані позначення:

AUX – додаткові канали;

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

Qx, QD2 – інтерфейс системи управління мережею (TMN);

F1 – F1 інтерфейс: 2488.320 Мбіт/с, в кодi NRZ, SDH;

F2 – F2 інтерфейс: електричний 155 Мбіт/с SDH, або 140 Мбіт/с PDH;

SRL16 – лінійний регенератор SDH;

SLT16 – лінійний термінал SDH;

F(OT) – інтерфейс робочого терміналу;

T3 – вхід синхронізації.

Модульна структура SL16 дозволяє використовувати її для різних систем.

Наступні важливі функціональні властивості можна оптимізувати під конкретний тип, вибираючи різні варіанти конструктивного типу:

- оптичні приймачі та передавачі для різних діапазонів до 1300 нм або 1550 нм та різної довжини ліній передачі,
 - оптичне джерело живлення, що дозволяє збільшити відстань відновлення, до прикладу, для підводних кабельних ліній,
 - електричний інтерфейс F2 для плезіохронних сигналів 140 Мбіт/с або синхронних сигналів 155 Мбіт/с,
 - наявність оптичного виходу на інтерфейсі F2,
 - дублювання виведення на інтерфейс F2 для різних спецвходів,
 - наявність карт доступу до байтів заголовка розділу (COX), (карта ЗК11 та ОПФ2),
 - налаштування виклику служби.
- у цьому ранзі система SL16 оптимально підходить для майбутніх рубок:
- шляхи передачі між станціями (без регенераторів SLR16),
 - магістральні магістралі великої протяжності (з регенераторами SLR16 та без них).

Синхронна волоконно-оптична система SL16, версія 1 є результатом еволюційного розвитку випробуваної системи SL4, та вже отримала міжнародне визнання.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

Як частина родини виробів TransXpress, система SL16 v. 1 включена в комплексну стратегію "Siemens Solution ONE" як основу для майбутніх систем зв'язку.

Що ж до лінії, то SL16 v. 1 передає сигнали зі швидкістю 2,5 Гбіт/с діапазоні 1300 нм або 1550 нм.

Інтерфейси передбачені в наступні в трибні блоки

- електричний 140 Мбіт/с та/або Електричний STM 1.
- оптичні STM 1, STM 4, STM 16

Вибір оптичного кабелю

Обладнання для ВОСПІ належать компанії «SIEMENS» SL16, яка дозволяє передавати потік 2,5 Гбіт/с по оптоволокну через цю магістральну лінію передачі.

Якщо необхідно збільшити пропускну здатність мережі, можна встановити додаткове обладнання SL16 (і вставити вільні волокна в ОК) або використовувати технологію WDM.

Як марка кабелю який використовується ОКЛК 01-6-8-10/125-0,36/0,22-3,5/18-1,0 - (таблиця 3.1), що працює на довжині 1310 нм.

Кабель призначений для прокладання в трубах, шахтах та тунелях, блоках та трубопровідних колекторах, у ґрунтах усіх категорій, на мостах, через болота та водоводи.

В даному кабелі використовуються одномодове ОВ з не нульовою переміщеною дисперсією марки LEAF CPC 6 виробництва фірми КОРНІГІН.

Параметри модуля приймача SL16:

Модуль передавача - високопотужний лазерний діод

- Рівень передачі +2 дБм
- Ширина смуги випромінювання 1 нм

Модуль приймача - InGaAs LFD Standard

- Рівень чутливості при BER = 10^{-10} -27 дБм

Головна синхронна радіорелейна система SRT1 призначена для передачі сигналів 1x155 Мбіт/с або 2x155 Мбіт/с в одному каналі.

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 3.1 - Параметри кабеля ОКЛК 01–6–8–10/125–0.22–3.5–1.0.

| | |
|--------------------------------|-----------|
| Кількість ОВ | 8 |
| Діаметр кабеля, мм | 15.0–28.5 |
| Діаметр оболонки, мкм | 10 |
| Коефіцієнт загасання, дБ/км | 125 |
| Хроматична дисперсія, пс/нм·км | 0.22 |
| Будівельні довжини, км | 3.5 |

Крім того, є можливість працювати на комбінованій частоті бездротової магістралі, збільшуючи пропускну здатність радіочастотного каналу в 2 рази. Сигнали передаються в циклі STM 1 синхронної цифрової ієрархії (SDH).

Сигнал псевдосинхронної цифрової ієрархії (PDH) зі швидкістю 140 Мбіт/с може бути перетворений у період STM 1 на вході.

Вихід перетворює сигнал STM 1 на плезіохронний сигнал 140 Мбіт/с. Це значно спрощує перехід від мереж PDH до мереж SDH.

Радіорелейна система SRT1 доступна в 2-х версіях А і В, які відрізняються своїми характеристиками передачі та конструкцією.

Версія А постачає передачу 1x155 Мбіт/с або 2x155 Мбіт/с у одному каналі, версія В-передачу 1x155 Мбіт/с.

Дві версії А і В можуть оновлюватись устаткуванням безпомилкового синхронного перемикачання на резервний стовбур SPS 155 (N+1), (N+2), а також функцією службових каналів.

Версія А розміщується у вузьких стійках 7R, версія В-в стійках стандарту ETSI.

Властивості

1. Радіорелейна система відповідає вимогам Рекомендацій ІТУ-Т G.707 і G 709, а також вимогам ІТУ-R.

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

2. Пристрій автоматичного регулювання потужності передачі (ATRS) дозволяє зберігати величину кута зменшення радіоканалу в межах встановленого значення, тим самим зменшуючи вплив перешкод.

3. Забезпечує інтерфейс QD2 або Qx для передачі даних до системи TMN (наприклад, EM-OS).

4. Забезпечити додаткові інтерфейси для сервісу PCM-CHANNEL та додаткових сервісів.

Модульна конструкція радіорелейного обладнання та додаткового обладнання пропонує можливість поступового та економічного розширення для багатьох застосувань.

Для покращення можливостей вирівнювання використовується адаптивний еквалайзер у часовій області (ATDE) із «сліпим отриманням».

Кожен радіочастотний канал використовує дві площини поляризації. Для версії А комбінація з режимом подвійної несучої збільшує пропускну здатність до чотирьох сигналів STM 1 на радіочастотний канал.

Застосування

Радіорелейна система може застосовуватись в магістральних мережах, регіональних мережах або місцевих мережах змішаної конфігурації.

Можливі наступні конфігурації і режими роботи:

1. Розширена конфігурація з приймачем того, що просторового розноситься.
2. Режим роботи з тією, що однією несе і однією несучою або режим з двома що несуть і двома несучими каналами.
3. Канали використовуються в одній площині поляризації або поперемінно у вертикальній і горизонтальній площині поляризації.
4. Режим «co-channel», тобто коли РЧ-канали використовують обидві площини поляризації.
5. Конфігурація з додатковим устаткуванням синхронного переключення на резервний стовбур SPS 155 (N+1), (N+2) і функцією службового каналу.
6. Гарячий резерв (1+1), тільки версія В.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

7. Синхронізація всього устаткування, що працює в мережі, по центральному еталонному синхросигналу.

Як джерела таких сигналів підходять такі опорні сигнали: зовнішній тактовий сигнал, тактовий сигнал, що виводиться з вхідного сигналу, або тактовий сигнал від внутрішнього генератора (квазісинхронний режим роботи).

частотний план. Система синхронної радіопередачі SRT 1 схвалена для роботи в діапазоні частот від 3,4 Гц до 13,3 Гц.

Керівництво заводом.

Блок настройки SRT1 можна підключити до мікропроцесора та до контролера через двонаправлену послідовну шину сигналу (S-шина з інтерфейсом RS 485).

Шина S забезпечує зв'язок між контролером і радіомодулями, контролер (лідер) проходить через блоки (лідери) і керує їх роботою.

До інформації, що обробляється контролером даних, можна отримати доступ трьома різними способами:

1. Заземлюючий контакт для традиційної системи контролю (наприклад, DAS64).

2. F інтерфейс (RS 232), з підключенням до PC для конфігурації, спостереження і оцінки помилок (G.826).

3. Q інтерфейс до операційної системи управління устаткуванням (Em-os), завдяки цьому радіорелейна система може контролюватися як елемент мережі управління електров'язком (TMN).

Даний інтерфейс представлений платою MCF. Інформація може передаватися через DCC, інтегрований в цикл STM 1 (QECC) або через службовий канал 64 кбіт/с до системи управління елементами.

Узагальнена схема мультиплексування потоків SDH.

Стандартна схема інкапсуляції PDH трибів в контейнери і їх послідовного мультиплексування при формуванні модуля STM 1 представлена на рисунку 3.1

В даній схемі мультиплексування (рисунок 3.2) використовуються наступні скорочення:

C-n – контейнери рівня n (n= 1,2,3,4);

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

VC-n – віртуальні контейнери рівня n (n= 1,2,3,4);

TU-n – трибні блоки рівня n (n=1,2,3);

TUG-n – групові трибні блоки рівня n (n=2,3);

AU-n – адміністративні блоки рівня n (n=3,4);

AUG-n – групові адміністративні блоки,

STM-N – синхронний транспортний модуль.

Контейнери C-n призначені для інкапсуляції (розміщення з ціллю послідовного переносу) відповідних сигналів каналів доступу, або трибів, які живлять їхні входи.

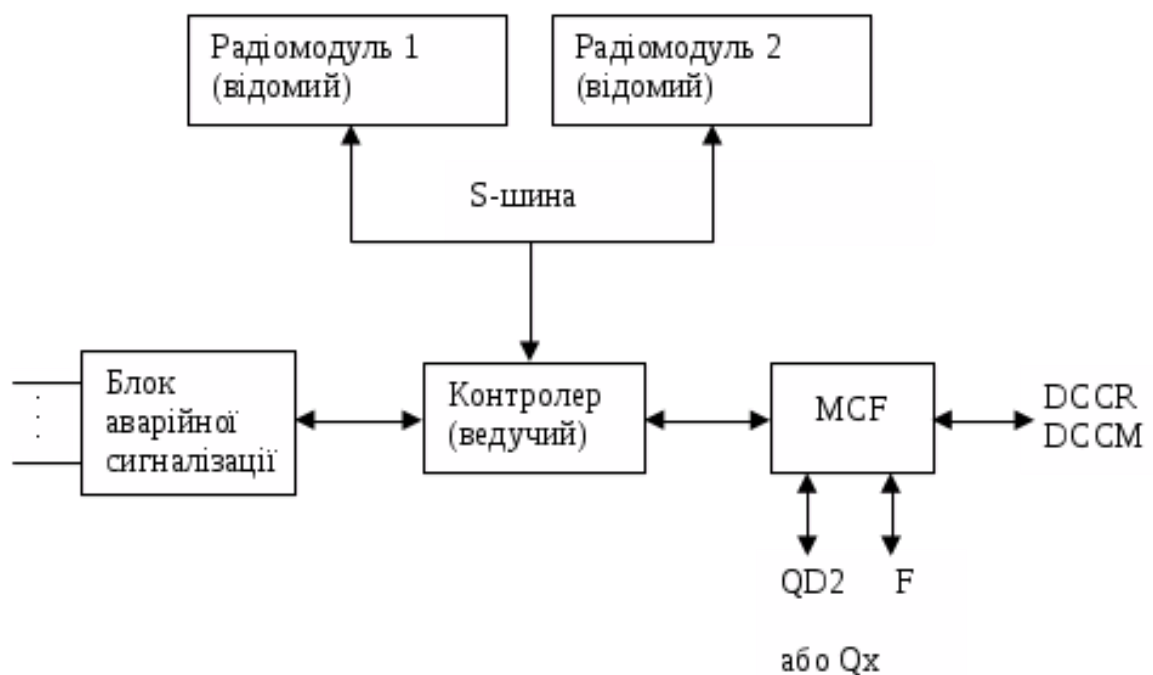


Рисунок 3.1 Діапазони частот, пропускні можливості і конфігурації обладнання

Слово «інкапсуляція» з більшим акцентом на фізичному значенні процесу, логічно відобразити структуру каркаса відповідного племені на структуру контейнера інкапсуляції. Рівень контейнера n відповідає рівню ієрархії PDH (n = 1, 2, 3, 4), а кількість стандартних розмірів контейнера N має дорівнювати кількості членів об'єднаної стандартної серії. Ці цифри збігаються, оскільки стандартний PDH четвертого рівня доступний лише в ієрархії ЄС. С 4 інкапсулює

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата |

Е4, а контейнери С-1, 2, 3 мають бути розділені на два підрівні, щоб інкапсулювати відповідні триби рівнів АС та ЕС.

А – SDH суміщення частот радіостволів, 28/30 МГц; **В** – SDH суміщення частот радіостволів, 40 МГц;

С – SDH чергування частот радіостволів, 28/30 МГц; **Д** – SDH чергування частот радіостволів, 40 МГц;

DCCM канал передачі даних для секції мультиплексування;

DCCR канал передачі даних для секції регенератора;

F інтерфейс до місцевого терміналу;

MCF функція передачі повідомлень;

QD2, Qx інтерфейси до мережі управління електров'язком (TMN).

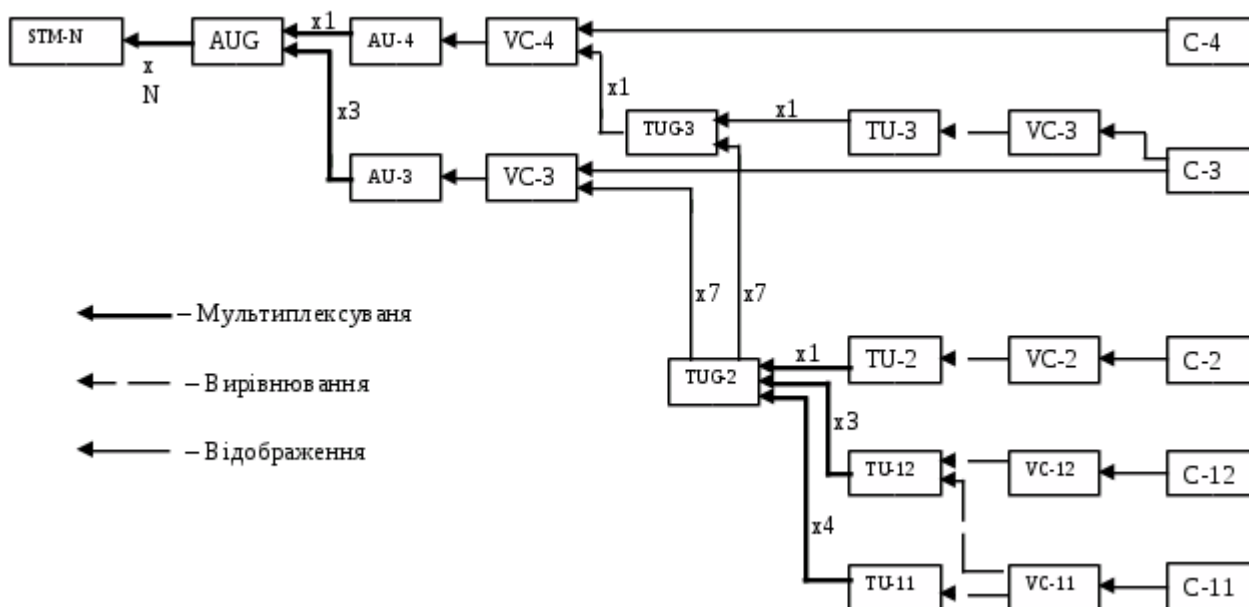


Рисунок 3.2 - Схема мультиплексування PDH трибів в технології SONET SDH

T-n, E-n - стандартний канал доступу, або триба рівня n (за термінологією комунікатора - "компонентний сигнал") - вихідний потік (або вхідний) мультиплексор SDH, відповідний комбінації АС і ЕС ієрархії SDH Standard series.

У ранньому стандарті G.708 контейнери С-n розпізнавались як для інкапсулюючих триб PDH, але й інших широкодіапазонних (також неконтейнерних) сигналів.

Контейнери можна розглядати як перші елементи специфікації елементів в ієрархії SDH. Заголовок маршрутизації додається в контейнер (і у будь-який пакет, що йде за заданим маршрутом) разом із заголовком маршрутизації. В результаті вино трансформується у віртуальний контейнер ВК, що дорівнює n . У специфікації елемента SDH ієрархія використовує такі віртуальні контейнери:

VC-1, VC 2 – віртуальні контейнери та нижні ряди;

VC 3, VC 4 – віртуальні контейнери та верхні ряди.

Структура контейнера досить проста і залежить від формули:

$RON + PL$, від RON – заголовок маршрутизації (у термінології викликів – заголовок шляху), PL – повідомлення вартості.

Поля PL та RON у форматі віртуального контейнера як логічний елемент можуть виглядати так:

1. PL – поле різної розмірності (у віртуальному контейнері парового типу), форматом якого може бути двовимірна структура типу фрейму виду $9 \times m$ (9 рядків і m стовпців). Це поле формується з контейнерів одного рівня (наприклад, для віртуальних контейнерів VC-1.2 воно формується з контейнерів C-1.2 одного рівня), або з інших елементів структури мультиплексування SDH.

2. RON – поле розміром не більше 9 байт, формат якого може бути двовимірною структурою виду $1 \times n$ (наприклад, формат 1×9 для VC-4 або VC-32 та формат 1×6 байт для VC-31). Це поле підсумовується з різних байтів.

TU- n – трибні блоки рівня n ($n=1,2,3$) (в термінології зв'язківців субблоки) – елементи структури мультиплексування SDH, формат яких простий і визначається формулою: $PTR + VC$, де PTR – показник трибного блока (TU- n PTR), який відноситься до відповідного віртуального контейнера, наприклад, $TU 1 = (TU 1 PTR) + VC 1$. Трибні блоки рівня n , як віртуальні контейнери діляться на трибні блоки підрівнів nm , тобто TU – nm , а саме:

1) TU 1 розбивається на TU 11 TU 12;

2) TU 2 розбивається на TU 21 TU 22;

3) TU 3 розбивається на TU 31 TU 32.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

TUG-n – група трибних блоків рівня n (початково використовувався тільки рівень 2, а потім використовується рівень 3), яка формується в результаті мультиплексування декількох трибних блоків.

– TUG 2 – група трибних блоків рівня 2 – елемент структури мультиплексування SDH, який формується шляхом мультиплексування трибних блоків TU – 1,2 з своїми коефіцієнтами мультиплексування; TUG 2 також, як і TU – 1,2 розбивається на два підрівні – TUG 21 і TUG 22.

У результаті підбору всіх можливих варіантів, що означають видимість накопичувача, загальна схема складається в детальну схему симетричного контейнера мультиплексування 4, запропоновану в першій версії стандарту G.709. Тут xN вказує коефіцієнт мультиплексування.

Мультиплексування STM 1 STM-N може включатися каскадно: $4 \times 1 \rightarrow 4$, $4 \times 4 \rightarrow 16$, $4 \times 16 \rightarrow 64$, $4 \times 64 \rightarrow 256$ і без центру за схемою $N: 1 \rightarrow N$, де $N = 4, 16, 64, 256$. При цьому для непроміжної схеми мультиплексування малюється кількість байтів.

3.2 Алгоритм дій

На основі вже готового виробу гнучкого мультиплексора організуємо систему програмного управління, яка б, в залежності від типу навантаження в якійсь групі користувачів, автоматично підлаштовуватиме конфігурацію гнучкого мультиплексора. Ця система має складатися з двох основних модулів – модуль стеження та модуль регулювання. Модуль стеження контролюватиме трафік в групі споживачів (співвідношення телефонного та комп'ютерного). У випадку збільшення одного з них, надходитиме сигнал в модуль регулювання, який в свою чергу буде підлаштовувати гнучкий мультиплексор розширюючи смугу наприклад пакетної передачі, зменшуючи при цьому кількість розмовних телефонних каналів. Це дасть змогу ефективніше використовувати телекомунікаційний канал та уникнути простоювання без навантаження телефонних каналів. В якості модуля стеження можна використати сервер, на якому вже відомими засобами можна проконтролювати комп'ютерний та

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

телефонний трафік. В якості ж модуля регулювання можна використати звичайний мікроконтролер та модуль узгодження, який би адаптував сигнали управління мікроконтролера з схемотехнікою гнучкого мультиплексора. Зв'язок між модулями можна здійснювати по окремому канал (або провідному, якщо є можливість, якщо ж такої можливості немає, то через GSM-радіоканал.

3.3 Висновок.

У 3 розділі було ознайомлення з програмним управлінням гнучкої мультиплексації. Відомо яким чином здійснюється мультиплексація, узагальнену схему мультиплексування потоків SDH. Виконано алгоритм дії щодо програмного управління гнучкою мультиплексацією в телекомунікаційних системах.

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КвРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ

В результаті у першому розділі кваліфікаційної роботи проведено дослідження предметної області (проаналізовано теорію основних понять та виконано постановку задачі дослідження. В другому розділі кваліфікаційної роботи проведено ознайомлення з основними характеристиками SDH, а також технологіями. Виконано інформування про гнучкі мультиплексори. Розібрано детальніше історію побудови та відмінності плезіохронної та синхронної цифрових ієрархій. В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано моделювання програмного управління гнучкою мультиплексацією в телекомунікаційних системах, розібрано структуру тракту передачі на базі SDH обладнання SL16. У 3 розділі було ознайомлення з програмним управлінням гнучкої мультиплексації. Відомо яким чином здійснюється мультиплексація, узагальнену схему мультиплексування потоків SDH. Виконано алгоритм дії щодо програмного управління гнучкою мультиплексацією в телекомунікаційних системах.

| | | | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Інформаційні телекомунікаційні системи URL: <https://klaster.ua/ua/stati-i-obzory/informacionno-telekommunikacionnaja-sistema/2> (дата звернення: 05.05.2022).
2. Телекомунікаційні та інформаційні мережі URL: <https://ktru.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/02/Vorobiyenko-P.P.Telekomunikatsijni-ta-informatsijni-merezhi.pdf> (дата звернення 16.05.2022)
3. Гнучкий мультиплексор ГМ-2 URL: <https://emag.ua/zelax/gm2.htm> (дата звернення 11.05.2022)
4. Гнучкий мультиплексор ГМ-2-SP URL: <https://www.zelax.ua/products/multiplexers/flexible-subprimary-multiplexer-gm-2-sp/> (дата звернення 11.05.2022)
5. Кузенний В.А. Волоконно-оптичні системи передачі закордонних фірм: Навчальний посібник 2012 р. 140 с.
6. Могилевич, Д. І. Розробка структури телефонної мережі. навчальний посібник для студентів спеціальності 172 2013 р. 74 с.
7. Климаш М.М., Лаврів О.А., Бак Р.І. Оптичні та радіоканали телекомунікацій. Навчальний посібник. Освіта України, 2010 р. 288с.
8. Телекомунікаційні інформаційні мережі URL: https://dut.edu.ua/uploads/1_927_34791388.pdf (дата звернення 22.05.2022)
9. Сліпов Н.Н. Синхронні цифрові мережі SDH – 4-те видан. –2011 р. 167с.
10. Технічні науки URL: <https://ukrreferat.com/chapters/tehnichni-nauki/pobudova-transportnoi-merezhi-na-osnovi-tsifrovogo-obladnannya-sl-16.html> (дата звернення 27.05.2022)
11. Обмеження технологій PDH URL: http://ni.biz.ua/9/9_8/9_89687_ogranicheniya-tehnologii-PDH.html (дата звернення 27.05.2022)

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

12. Плезіохронна цифрова ієрархія URL:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Плезіохронна_цифрова_ієрархія (дата звернення 29.05.2022)

13. Синхронна цифрова ієрархія URL:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Синхронна_цифрова_ієрархія (дата звернення 29.05.2022)

14. Мультиплексування URL :
<https://uk.wikipedia.org/wiki/Мультиплексування> (дата звернення 28.05.2022)

15. Комутатор URL : https://uk.wikipedia.org/wiki/Мережевий_комутатор
(дата звернення 28.05.2022)

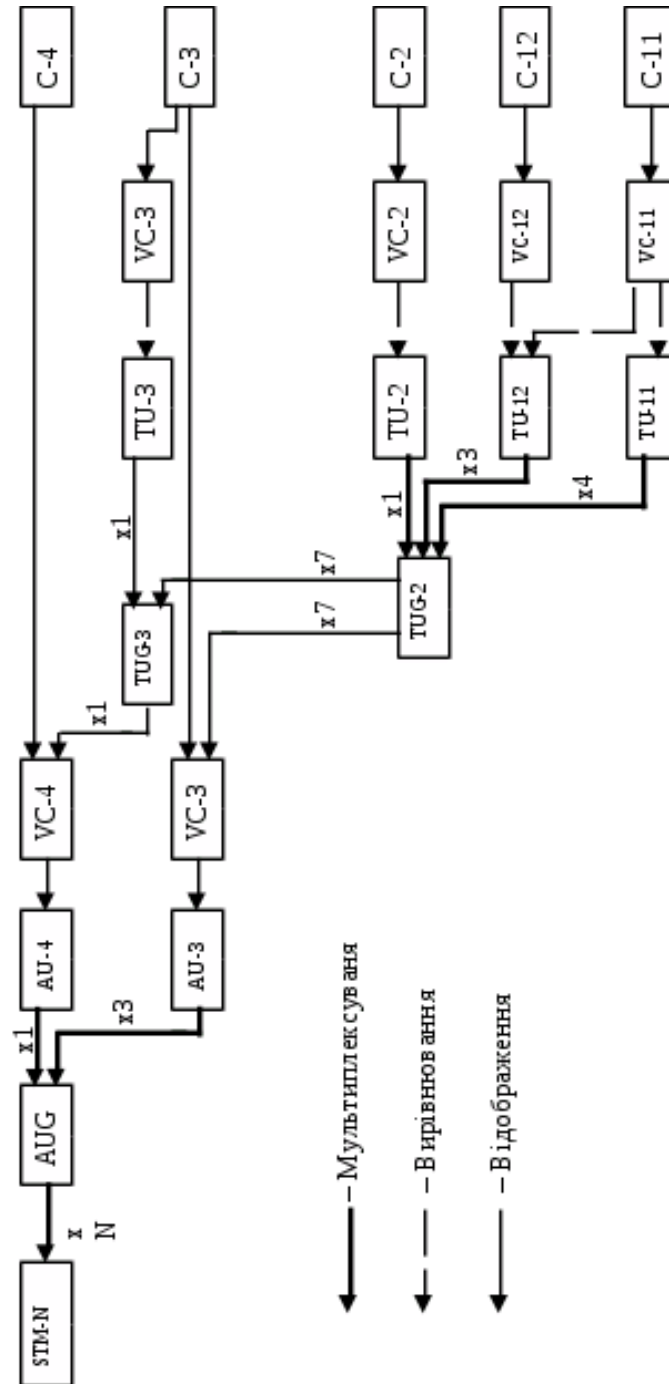
16. Види мультиплексорів SDH. Технологія SDH. Синхронна цифрова ієрархія. Основні характеристики SDH URL: <https://crabo.ua/computer-literacy/vidy-multipleksorov-sdh-tehnologiya-sdh-sinhronnaya-cifrovaya.html> (дата звернення 29.05.2022)

17. Системи передачі плезіохронної цифрової ієрархії (PDH). Особливості, основні характеристики. URL :
http://ni.biz.ua/17/17_4/17_40348_sistemi-peredachi-snhronnoy-tsifrovoy-ierarhii-SDH-osobennosti-osnovnie-harakteristiki-osnovnie-moduli.html (дата звернення 29.05.2022)

| | | | | | | |
|------|------|---------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | КВРКІ. 180106.18.01.06 ПЗ | Арк. |
| Зм.. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата | | |

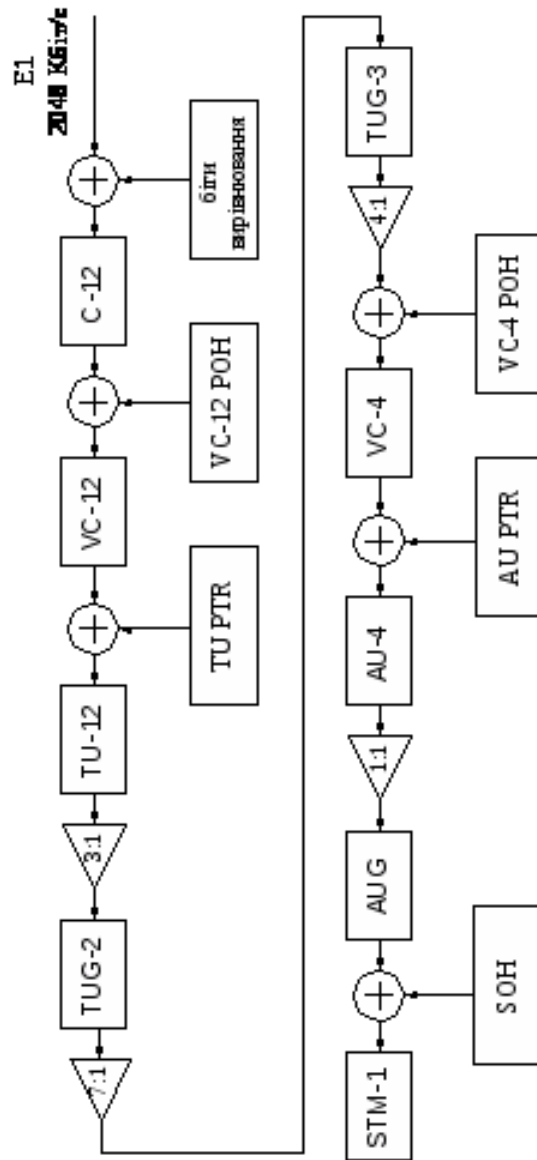
Додаток 1.

Схема мультиплексування PDH трибів в технології SONET SDH



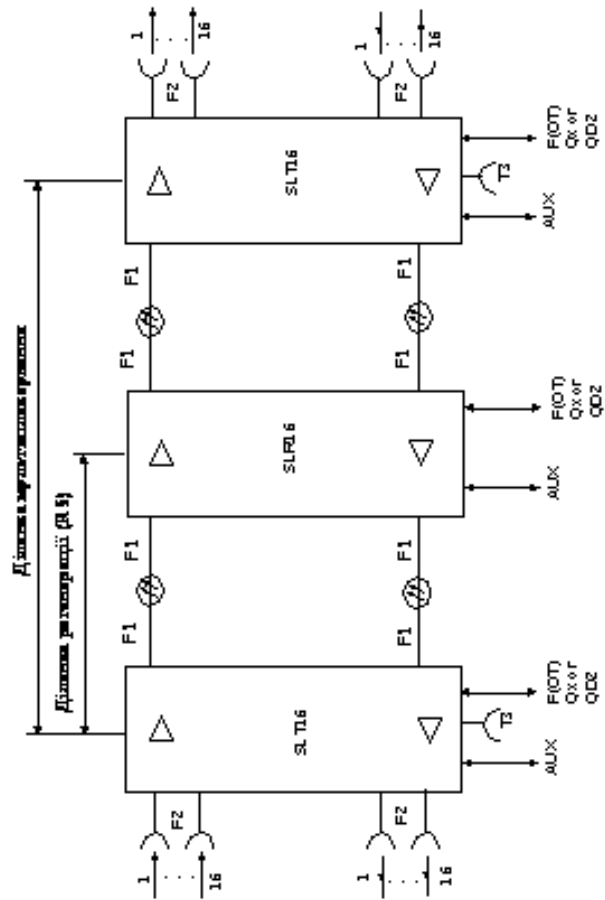
Додаток 2

Формування синхронного транспортного модуля STM 1 з навантаження потоку E1.



Додаток 3

Структура тракту передачі на базі SDH обладнання SL16



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Гандзій Дарина Володимиріна

Тема: Програмне управління гнучкою мультиплексацією в телекомунікаційних системах

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 61

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є програмне управління гнучкою мультиплексацією в телекомунікаційних системах
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота відповідає поставленому завданню.
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено дослідження предметної області (проаналізовано теорію основних понять та виконано постановку задачі дослідження. В другому розділі кваліфікаційної роботи проведено ознайомлення з основними характеристиками SDH, а також технологіями. Виконано інформування про гнучкі мультиплексори. Розібрано детальніше історію побудови та відмінності плезіохронної та синхронної цифрових ієрархій. В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано моделювання програмного управління гнучкою мультиплексацією в телекомунікаційних системах, розібрано структуру тракту передачі на базі SDH обладнання SL16. Створено алгоритм програмного управління гнучкою мультиплексацією в телекомунікаційних системах.
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.
5. Негативні сторони роботи: недостатня увага програмному моделюванню .

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи:
Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

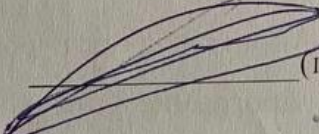
8. Інші зауваження: _____

9. Оцінка дипломної роботи: добре

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Сімолюк Володим Сергійович директор ТОВ "ІТТ"

"16" 06 2021 р.

 (підпис)

Ім'я користувача:
Кафедра кібербезпеки

ID перевірки:
1011626243

Дата перевірки:
21.06.2022 11:07:44 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
21.06.2022 11:26:50 EEST

ID користувача:
100008300

Назва документа: Диплом Гандзій

Кількість сторінок: 63 Кількість слів: 11936 Кількість символів: 85830 Розмір файлу: 588.13 KB ID файлу: 1011493891

18.2%

Схожість

Найбільша схожість: 12.5% з Інтернет-джерелом (<http://www.litsoch.ru/referats/read/163846>)

17.6% Джерела з Інтернету

247

Сторінка 65

0.7% Джерела з Бібліотеки

104

Сторінка 67

0%

Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

78.3%

Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

Немає вилучених Інтернет-джерел

78.3% Вилученого тексту з Бібліотеки

3

Сторінка 67

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

24

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 14.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 16%

| | | | | |
|--|----------|---------|-------------------------------------|-----------|
| ID: 105120 Название: Програмне управління гнучкою мультиплексацією в телекомунікаційних системах Добавлено в БД: 2022-06-13 Автори: Іванова Д.В. Руководители: О.В. Іванов Консультанти: Опоненти: | Документ | | Суммарное совпадение по Базе Данных | |
| | Символы | Лексемы | Символы | Лексемы |
| | 91829 | 687 | 19948 (22%) | 139 (20%) |

Источник плагиата

| ID | Описание | Наличие плагиата в документе | |
|------|---|------------------------------|------------|
| | | Символы | Лексемы |
| 5136 | Название: Модернізація існуючих схем зв'язку на ділянці первинної мережі Кароївоград-Дніпропетровськ шляхом впровадження сучасних телекомунікаційних технологій Добавлено в БД: 2012-05-15 Автори: Кадинський С.С. Руководители: Лужанський В.І. Консультанти: Опоненти: | 12714 (14.0%) | 88 (13.0%) |

Завідувачу кафедри КІСП
д-ру техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Гандзій Д.В.

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ-18-1

ЗАЯВА

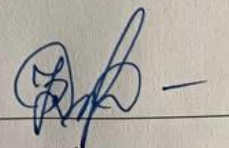
З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

20.06.2022

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА СИСТЕМНОГО ПРОГРАМУВАННЯ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:
 Назва: Програмне управління гнучкою мультиплексацією в телекомунікаційних системах

Автор: Гандзій Дарина Володимирівна
 Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія
 Освітня програма: освітньо-професійна
 Науковий керівник: Іванов Олексій Валентинович, д.т.н, професор
 Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

| № | Висновок | Позначка про відповідність |
|---|---|----------------------------|
| 1 | Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту. | відповідає |
| 2 | Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи | |
| 3 | Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат. | |
| 4 | Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укривтя запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту. | |

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 10-40 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) в якості запозичень в окремих місцях системою зафіксовано послідовності алгоритмів, що повторюються, які є вхідними даними до великої кількості задач і не можуть розглядатися як об'єкт авторських прав і, відповідно, їх порушення;
- 5) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі українськими скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 18,2% і адресується до 247 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІСП

О.В. Іванов

С. М. Лисенко

Т. О. Говорущенко