

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроніки,
загальної та прикладної фізики

Кваліфікаційна робота магістра

**ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ:
ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ**

Магістрант гр. ЕП.м-82

С. С. Дзюба

Науковий керівник

к.ф.-м.н., ст. викладач

В. В. Коваль

Завідувач кафедри ЕЗПФ

д-р фіз.-мат. наук, професор

І. Ю. Проценко

Суми – 2019

РЕФЕРАТ

Мета кваліфікаційної роботи магістра полягала у вивченні фізичних принципів функціонування інформаційно-телекомунікаційних систем різного типу.

У кваліфікаційній роботі розглянуті питання щодо вивченн фізичних принципів функціонування інформаційно-телекомунікаційних систем різного типу та провідних мереж; визначенні переваг і недоліків різних середовищ передачі інформації. Показано, що інформаційні системи як організаційно-технічні засоби забезпечують процеси: формування, поширення, використання, обробку, систематизацію, запис, збереження і видалення інформації.

До основних переваг оптоволоконних ліній зв'язку можна віднести такі: економія кольорових металів; широкосмугова можливість передачі великого потоку інформації; малі втрати і відповідно великі довжини ділянок трансляцій; малі габаритні розміри і маса; висока захищеність від впливу зовнішніх фізичних полів; надійна техніка безпеки.

Результати розрахунків вказують на те, що при зростанні пропускної здатності лінії від 56 кбит/с до 1 Мбит/с час передачі інформації зменшується від 2 хвилин 13 с до 7,8 с (для файлів 1МБайт); від 22 хвилин 22 с до 1 хвилини 22 с (для файлів 10 МБайт); від 3 годин 42 хвилин до 13 хвилин 39 с (для файлів 100 МБайт) та від 1 доби 14 годин до 2 годин 14 хвилин (для файлів 1 ГБайт).

Робота викладена на 39 сторінках, зокрема, містить 12 рисунків, 3 таблиці, список використаних джерел із 15 найменувань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ, ОПТОВОЛОКОННА ЛІНІЯ ЗВ'ЯЗКУ, ПРОВІДНИК ТИПУ «КРУЧЕНА ПАРА», ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ІНФОРМАЦІЙНО - ТЕЛЕКОМУКАЦІЙНІ СИСТЕМИ: ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ: ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ	6
1.1. Загальні поняття	6
1.2. Класифікація, характеристики інформаційно – телекомунікаційних систем.	6
1.3. Ресурси інформаційної мережі.....	8
РОЗДІЛ 2. РОЗВИТОК ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ, ПРИЗНАЧЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ	9
2.1. Розвиток інформаційно-телекомунікаційних систем	9
2.2. Призначення інформаційних систем.....	16
2.3. Класифікація інформаційних систем	16
РОЗДІЛ 3. ПРОВІДНІ МЕРЕЖІ: ПОРІВНЯННЯ ОПТОВОЛОКОННОГО І ПРОВІДНОГО ЗВ'ЯЗКУ	18
3.1. Види провідного зв'язку.....	18
3.2. Порівняння оптоволоконних і кабельних зв'язків	30
3.3. Розрахункова частина.....	34
ВИСНОВКИ	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	38

ВСТУП

Телекомунікаційні системи представляють собою комплекс програмного та апаратного забезпечення, який з'єднаний один із одним в один ланцюг, що здійснює передачу даних з однієї точки в іншу. Така передача даних можлива завдяки чіткій структуризації телекомунікаційної мережі. Голосова, графічна, текстова, аудіо, відео інформація. Це зовсім не весь перелік того що може телекомунікаційна система. Інформаційно-телекомунікаційна система — це сукупність телекомунікаційних та інформаційних систем, що у процесі обробки інформації працюють як єдине ціле.

Інформаційна система як сукупність організаційних і технічних засобів для зберігання й обробки інформації для забезпечення інформаційних потреб користувачів [1]. Інформаційна система - це комунікаційна система, яка забезпечує пошук, збирання, пересилання й оброблення інформації [2]. Телекомунікаційна мережа - це комплекс технічних засобів телекомунікацій та споруд, призначених для комутації, маршрутизації, передавання або приймання тексту, зображень, знаків, сигналів й повідомлень будь-якого роду по радіо, дротових, оптичних чи інших електромагнітних системах між кінцевим обладнанням [3]. Телекомунікаційні та інформаційні технології, дуже швидко розвиваються, випереджаючи одна одну й постійно змінюють ідеологію побудови мереж зв'язку, породжуючи все нові мережеві концепції. Недивлячись на їх різноманіття, дослідження та вивчення мереж, доцільно здійснювати в двох аспектах: телекомунікаційні мережі та інформаційні мережі.

Мета кваліфікаційної роботи полягала у вивченні фізичних принципів функціонування інформаційно-телекомунікаційних систем різного типу; визначенні переваг і недоліків різних середовищ передачі інформації; розрахунок параметрів систем для передачі інформації.

РОЗДІЛ 1.

ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУКАЦІЙНІ СИСТЕМИ: ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ, РЕНТАБЕЛЬНІСТЬ

1.1 Загальні поняття

Узагальнене поняття «телекомунікацій» ґрунтується на уявленні про засоби, що дають змогу організувати зв'яз між двома й більше віддалених пунктів. Телекомунікації - сукупність засобів, що забезпечують перенос інформацій, поданих в необхідній формі, на велику відстань за допомогою поширення сигналів у одному з середовищ або й сукупності середовищ. Телекомунікаційною мережею називають системоутворювач, сукупність засобів телекомунікацій, що надає об'єктам можливості інформаційної взаємодії завдяки обміну сигналами. Об'єктами при цьому можуть виступати як термінальні пристрої користувачів та кінцеві системи мережі, так і окремі мережі. Інформаційно-телекомунікаційна система - це сукупність інформаційних та телекомунікаційних систем, які у процесі обробки інформації діють як єдине ціле.

1.2. Класифікація і характеристики інформаційно – телекомунікаційних систем

На сьогоднішній день виділяють такі види інформаційно-телекомунікаційних мереж (ІТМ). Засоби асиметричного зв'язку - двох сторонній зв'язок, в якому обсяг трафіку відрізняється в залежності напрямку. Аналогова передача – передача сигналу, який такий як вихідний. Широкопasmовий - передача по мережі з широкою смугою пропускання. ТМ набуває рентабельності, якщо витрати на її організацій й забезпечення працездатності окупляться доходами від наданих послуг користувачу [4]. Основна економічна характеристика мережі - це зведені витрати, що визначають вартість з урахуванням керування і експлуатації.

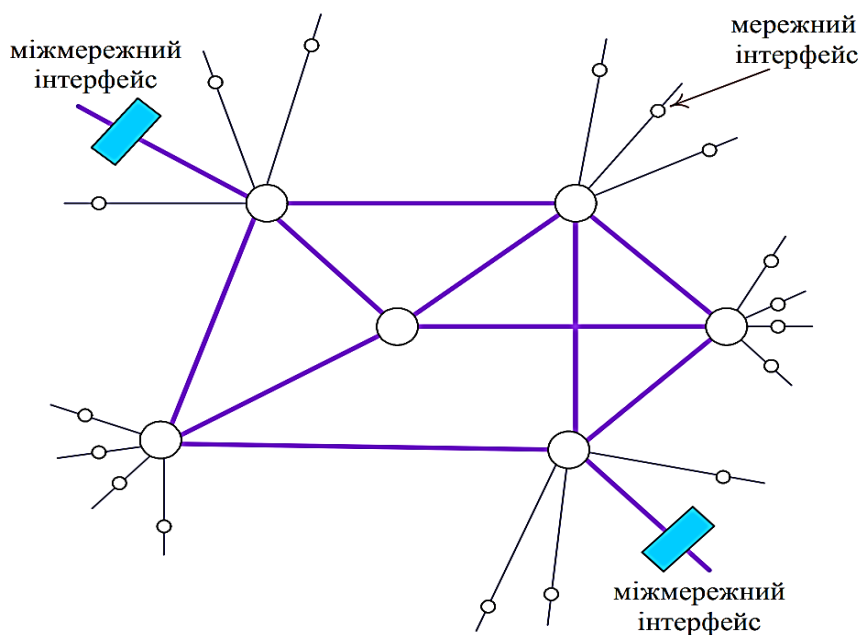


Рисунок 1.1 - Телекомунікаційна мережа. Із роботи [3]

ІТМ передбачає собою розгляд ТМ в сукупності з взаємодіючими за допомогою її об'єктами. ІМ - «навантажена» ТМ. Поняття «Інформаційна мережа», на відміну від «Телекомунікаційної мережі», є більше містким й узагальненим, й показує різноманіття інформаційних процесів, що виникають в мережі. Дані процеси виникли в результаті взаємодій кінцевих систем, приєднаних до ТМ. ІМ в можна розділити на 2 групи [5]: процеси взаємодій та прикладні процеси. Прикладні процеси ініціюються кінцевими системами під час включення програм користувача, що отримали назву застосуваннями. Процес взаємодії - це процеси в мережі, що призначені для обслуговування процесів. Наприклад, визначення формату подачі(передачі) інформацій для передач мережею, установлення режимів передачі даних.

Інформаційні мережі можуть бути класифіковані таким чином: *термінальні системи* - ПК користувачів мережі; *хостингові системи* - ПК, де розміщено програмні та інформаційні мережі; *комп'ютерні* - сервери, де інстальовано спеціальне програмне забезпечення, дає змогу надавати мережеві сервіси; *адміністративні системи*, які забезпечують роботу застосувань керування мережею й окремих частин [3-5].

1.3. Ресурси інформаційних мереж

Ресурси ІМ ділять на інформаційні ресурси та зберігання даних, програмні та комунікаційні.

Інформаційна мережа - це фізичний об'єкт, сукупність територіально розрізнених кінцевих систем, об'єднаних телекомунікаційною мережею, за допомогою якої забезпечується взаємодія прикладних процесів, активізованих у кінцевих системах, та їх колективний доступ до ресурсів мережі [5].

Уся інтелектуальна робота в інформаційній мережі виконується на периферії, тобто в кінцевих системах, а телекомунікаційна мережа, хоча й займає центральне положення, є лише з'єднувальним компонентом (рис. 1.2). Телекомунікаційна мережа у складі інформаційної мережі виконує функції транспортувальної системи [6, 7]. Таким чином, поняття «інформаційна мережа» зосереджує увагу на інформаційних процесах, які виникають у мережі під час взаємодії кінцевих систем через телекомунікаційну мережу. Опис цієї взаємодії демонструє всю складність організації зв'язку як у режимі «запит-відповідь», так і в реальному масштабі часу. Основною вимогою, якій повинна відповідати інформаційна мережа, є забезпечення користувачів ефективним доступом до ресурсів, інші вимоги – пропускна здатність та надійність.

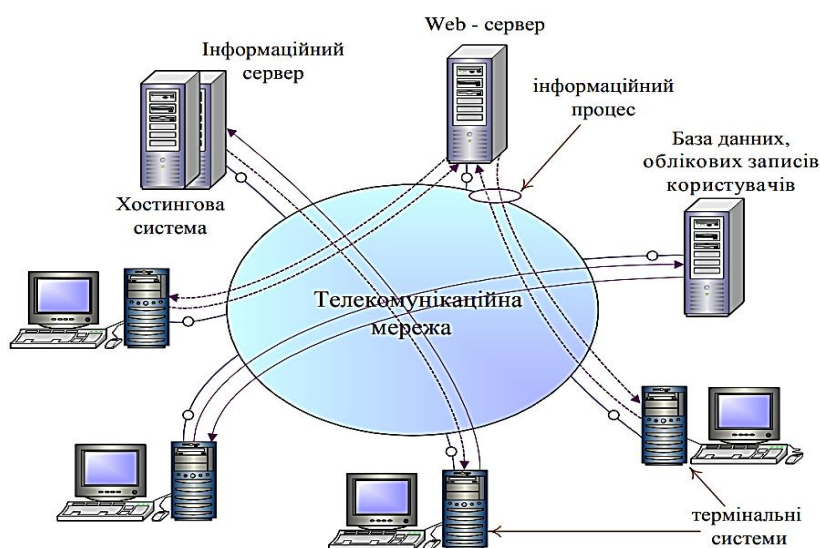


Рисунок 1.2 - Структура інформаційної мережі. Адаптовано із роботи [7]

РОЗДІЛ 2

РОЗВИТОК ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ, ПРИЗНАЧЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ

2.1 Розвиток інформаційно-телекомунікаційних систем

Прогрес у розвитку технічних засобів доставки інформації надала концепція Єдиної Автоматизованої Мережі Зв'язку (ЄАМЗ), основою ідеєю якої стало об'єднання у єдину мережу зв'язку мереж, структурно й функціонально відмінних і призначених для передавання різної інформації [8]. Перетворення різних видів інформації в електричні сигнали аналогової форми дало змогу в 1990-і роки лише уніфікувати в технічно допустимих межах сигнали, які передавались у однакових напрямках та об'єднати системи передавання одного напрямку систему з певною пропускнуою здатністю. Концепція ЄАМЗ ґрунтувалася на виокремленні сукупності мережевих вузлів, мережевих станцій та ліній передавання, які утворюють мережу типових каналів передавання та типових лінійних трактів - первинну мережу ЄАМЗ [5]. Ця мережа з відповідними пристроями керування й експлуатацією стала базисом загальної мережі, типові канали якої виділялися для створення різних, так званих, вторинних мереж. Будь-яка вторинна мережа визначалась сукупністю каналів, виокремлених із загальної первинної мережі для її організації і кінцевих пристроїв перетворювачів інформації певного виду в електричні сигнали [9].

Вторинні мережі розділялись за типом передаваної інформації [5]: телефонного зв'язку загального користування, яку одночасно можна використовувати для передавання даних, факсимільної передачі, «повільного» відеотелефона; телеграфного зв'язку загального користування між підприємствами; абонентського телеграфу між підприємствами та установами; загальнодержавної мережі передавання даних; передавання програм телемовлення; фототелеграфного передавання газет; факсимільного зв'язку; різних відомств.

На базі первинної мережі ЄАМЗ, заснованої на аналогових системах передавання з частотним розподілом каналів, можна було утворювати також широкосмугові канали для звукового мовлення та звукового супроводу програм телебачення та ін. Сьогодні розглядається концепція ЄАМЗ як «доцифрового» періоду еволюційного розвитку мереж зв'язку. Однак створення єдиної універсальної інтегрованої та уніфікованої мережі зв'язку, як і раніше, залишається одним з пріоритетних завдань, намагання вирішити яке стимулює науково-технічний прогрес у галузі зв'язку, і саме концепцію ЄАМЗ можна вважати першим кроком у цьому важливому напрямку.

Кінцевою метою розвитку телекомунікаційних та інформаційних мереж є глобальна інформаційна інфраструктура.



Рисунок 2.1 – Етапи еволюції телекомунікаційних мереж. Адаптовано із роботи [10]

Наступним етапом еволюції телекомунікаційної мережі (ТкМ) була розробка концепції цифрової мережі з інтегрованими службами (ISDN), що передбачала надання численних послуг на базі цифрових каналів з швидкостями від 64 до 2048 кбіт/с.

Подальше збільшення кількості послуг ТкМ виконувалося шляхом запровадження послуг інтелектуальної мережі (ІМ). Архітектура ІМ дозволяла розширити функціональність ТкМ шляхом її доповнення системою комутації послуг (SSP) та пунктів управління послугами (SCP). Загальним недоліком трьох вищенаведених етапів еволюції ТкМ була її побудова на базі аналогових та цифрових систем передавання з комутацією каналів. Їх загальним недоліком була невисока ефективність використання пропускну здатності систем передавання та відсутність достатньої гнучкості у виборі типів

цифрових каналів для надання послуг. Всі недоліки були враховані при розробці та впровадженні мультисервісних мереж, що базувалися на принципах комутації пакетів.

Мультисервісна мережа (МсМ) – це єдина пакетна мережа, яка здатна передавати голос, відеозображення та дані з використанням єдиної інфраструктури. Основним стимулом до появи та розвитку цих мереж була підтримка мультимедійних програм, зменшення вартості обладнання мережі та його обслуговування [5, 11]. Концепція МсМ включає в себе кілька наступних аспектів: конвергенція загрузки мережі, яка визначає передавання різнотипного трафіку за допомогою єдиного формату представлення даних, конвергенція протоколів, що передбачає перехід від великої кількості різнотипних протоколів до одного загального (наприклад, IP), фізична конвергенція, що передбачає використання єдиної мережної інфраструктури для передавання різних типів трафіку, конвергенція пристроїв, яка приводить до інтеграції в одному корпусі обладнання комутації (Ethernet та ATM) і маршрутизації IP. В додаток до цього, пристрої можуть виконувати функції по обробці даних та підтримувати пакетну телефонію.

Мережа наступних поколінь – це мережа з пакетною комутацією, придатна для надання послуг електрозв'язку і для використання декількох широкосмугових технологій транспортування із включеною функцією QoS, у якій пов'язані з обслуговуванням функції не залежать від застосованих технологій, що забезпечують транспортування. Забезпечує вільний доступ користувачів до мереж і конкуруючих постачальників послуг/або обраними ними послугам. Підтримує універсальну мобільність, яка забезпечує постійне і повсюдне надання послуг зв'язку.

Для задоволення вищезазначених вимог архітектура мережі NGN передбачає використання зв'язаних між собою кількох груп функцій, взаємодія між якими визначає функціональну архітектуру мережі. Вона включає наступні принципи [5, 12]:

1) підтримка численних технологій доступу з метою формування гнучкості на мережах доступу;

2) розподілене керування, необхідне для адаптації до розподіленої природи мереж з комутацією пакетів та підтримки прозорості розташування при розподілених обчисленнях;

3) відкрите керування, що вимагає відкритості обладнання контролю мережі з метою підтримки можливості створення послуг, відновлення та можливості підключення сервісних послуг третіми особами;

4) поліпшений захист і безпека як базовий принцип відкритої архітектури для захисту інфраструктури мережі шляхом використання відповідних механізмів. Однією з вимог NGN є зв'язність (connectivity, англ.) – прямо або за допомогою інших мереж.

Інтерфейс користувач – мережа (User – network interface, UNI) використовується для підімкнення до термінального обладнання, мереж користувачів або корпоративних мереж.

Інтерфейс мережа – мережа (Network – network interface, NNI) використовується для підімкнення NGN до інших мереж NGN (на рівні послуг або транспорту), існуючих мереж на базі IP протоколу або ТФМЗК/ISDN.

Інтерфейс додаток – мережа (ANI) служить для організації обміну між NGN додатками, що виконуються на обладнанні сторонніх провайдерів послуг.

Мережний інтерфейс спослуг (SNI) забезпечує канал взаємодії та обміну між NGN та іншими провайдерами послуг, наприклад провайдерами контенту. Функціональна архітектура мережі NGN показана на рис. 2.3. Вона підтримує описані раніше еталонні точки UNI, NNI, ANI and SNI. Функції NGN поділяються на функції рівня транспорту, рівня послуг та керування (рис. 2.4).

У загальному випадку, на рівні транспорту можуть бути використані типи технологій передачі згідно з рекомендаціями ITU G.805 і G.809: встановленням з'єднання та комутацією каналів (connection-oriented circuit-switched, CO-CS); з встановленням з'єднання та комутацією пакетів (connection-oriented

packet-switched, CO-PS); без встановлення з'єднання та комутацією пакетів (connectionless packet-switched, CLPS). Обмін даними, керування і сигналізація здійснюється за допомогою протоколу IP.

Крім відповідних функцій, обидва ці рівні включають функції керування і контролю. Тому в літературі з NGN часто описується трирівнева модель мережі. Слід враховувати, що функції рівня транспорту реалізуються обладнанням транспортної мережі (транспортного ядра NGN) і мереж доступу. Тому рівень транспорту розділяється на два підрівні: транспортного ядра і доступу. У випадку виділення цих підрівнів у якості окремих рівнів, отримуємо чотирирівневу архітектуру мережі NGN: рівень транспорту, доступу, надання послуг і керування [11, 12].

2.2 Призначення ІС

Призначення ІС – забезпечення інформаційних процесів: поширення, створення, переглядів, використання, збереження, знищення інформації. Даний підхід визначення функціонального призначення інформаційних-телекомунікаційних систем, дає інваріантність як до видів інформації та інформаційних ресурсів, так і до типів й видів інформаційних технологій, які використовуються для реалізації інформаційних процесів. Тобто до інформаційних систем можна зарахувати: видавництва, бібліотеки, архіви, засоби масової інформації, телекомунікації, інтернет тощо [12].

Інформаційна система – організований комплекс організаційно-технічних заходів, також інформаційних ресурсів й інформаційних технологій, призначених роботи інформаційних процесів: створення, використання, збереження, вивчення, систематизацій, знищення. По суті інформаційна система буде цілісною системою. Вона включає всі властивості системи такого роду: залежно від типу й конкретного призначення ІС мають якості, які не можуть бути зведені до властивості елемента, що їх утворюють; якісні характеристики конкретної ІС залежать від якісних характеристик її елементів.

Інформаційна система не існує ізольовано, ця властивість проявляється в взаємозв'язку системи з іншими систем.

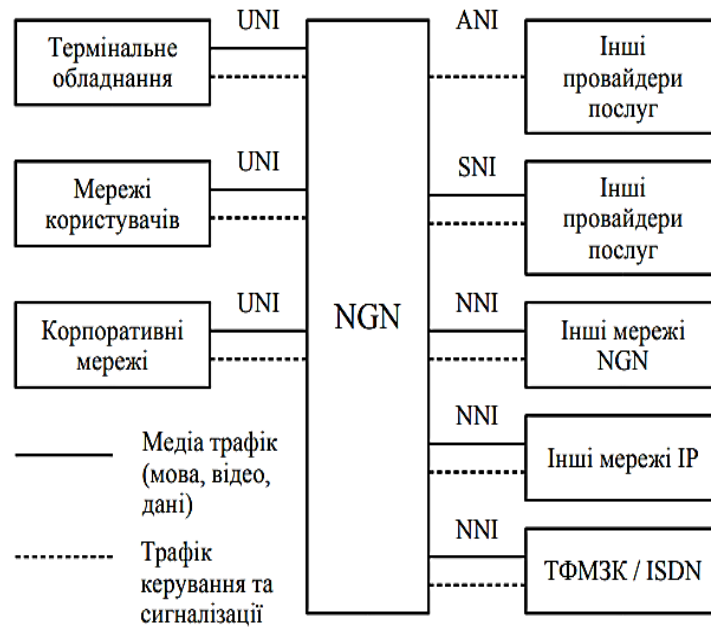


Рисунок 2.2 – Зв'язність мережі NGN. Адаптовано із роботи [13]

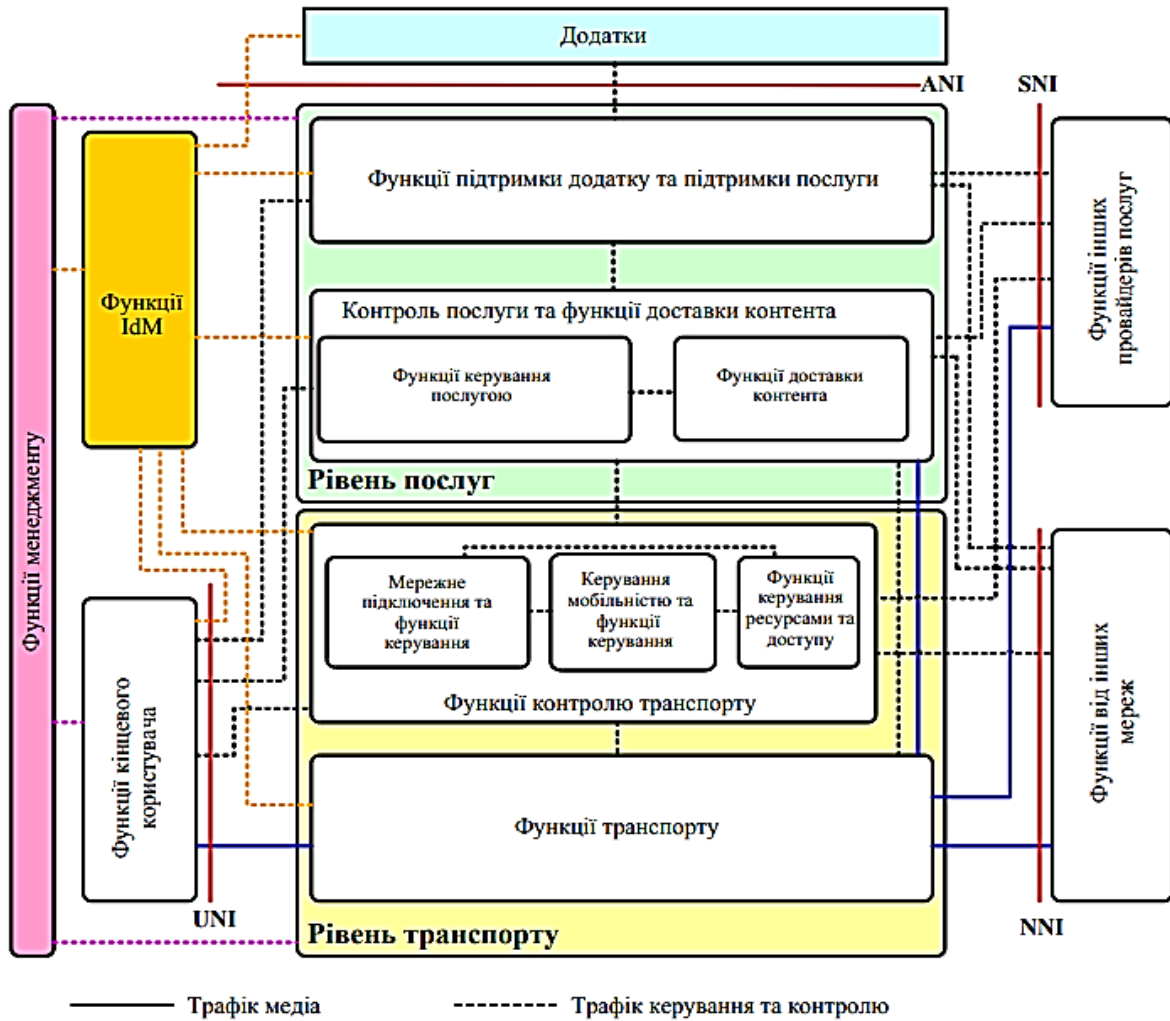


Рисунок 2.3 – Функціональна архітектура мережі NGN. Адаптовано із [14]

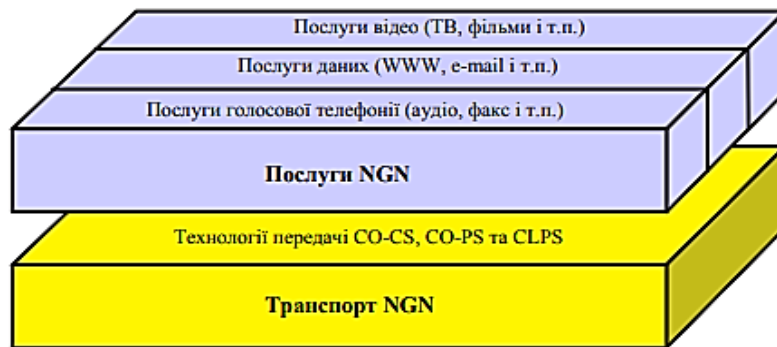


Рисунок 2.4 – Розподіл функцій надання послуг і транспорту в NGN. Адаптовано із роботи [15]

2.3 Класифікація інформаційних систем

Інформаційні системи класифікують за різними критеріями:

- за характером організації пошуку системи: інформаційно-пошукові; інформаційно-управлінські та інформаційно-довідкові;
- за реалізацією режиму поширення та пошуку інформації розрізняють: системи з режимом вибіркового поширення та пошуку інформації; системи з ретроспективним режимом поширення і пошуку; інтегральні системи;
- за характером функціональності інформаційні системи поділяють на: монофункціональні та багатофункціональні;
- за масштабістю реалізації: глобальні; регіональні та локальні;
- за рівнем безпеки: інформаційні системи з найвищим рівнем безпеки; з високим рівнем безпеки та з низьким рівнем безпеки;
- за особливістю архітектури: настільні (локальні) інформаційні системи, в яких усі компоненти знаходяться на одному комп'ютері; розподілені інформаційні системи, в яких компоненти розгалужені на декілька комп'ютерів;
- за ступенем автоматизації: автоматизовані, в яких автоматизація може бути не повною, оскільки потрібне постійне втручання персоналу); автоматичні інформаційні системи, в яких автоматизація є повною, тобто не потрібно втручання персоналу або потрібно тільки епізодично;
- за характером обробки інформаційно-довідкові або інформаційно-пошукові ІС, в яких немає складних алгоритмів обробки даних, а метою системи є пошук і видача інформації в зручному вигляді; інформаційні системи обробки даних, або вирішальні інформаційні системи, в яких дані піддаються обробці за складними алгоритмами (автоматизовані системи управління; системи прийняття рішень).

РОЗДІЛ 3

ПРОВІДНІ МЕРЕЖІ: ПОРІВНЯННЯ ОПТОВОЛОКОННОГО І ПРОВІДНОГО ЗВ'ЯЗКУ

3.1. Види провідного зв'язку

Розвиток інформаційних, та телекомунікаційних технологій ставлять задачу перед наукою, та виробництвом з отримання ліній зв'язку. Що дозволяє максимально використовувати можливості передових технологій. Ї надати запас по параметрам для майбутнього підвищення продуктивності системи.

Локальна мережа – це програмні та апаратні комплексні засоби, що створені виконувати функцію по створенню інформаційного простору для передачі даних, а також здійснення контролю та розмежування доступу до мережевих пристроїв. Сьогодні з розвитком технологій можна організувати локальну мережу будь-якої потужності [5, 9]. Доступними активне й пасивне мережеве обладнання, яке дозволило вирішити будь-яку технічну задачу. Оперативно та ефективно, що дуже важливо в умовах виробничого підприємства. На сьогодні відомі 3 види каналів провідного зв'язку, що можуть бути використані для цілей передачі інформацій: провідний зв'язок, оптоволоконний зв'язок, радіо зв'язок.

У кваліфікаційній роботі буде здійснено порівняльний аналіз двох видів з перерахованих каналів зв'язку: провідного та оптоволоконного. Для початку ознайомимося з особливостями з них кожного окремо.

Основою оптоволоконного кабелю становить оптично прозора нитка. Матеріал для такого волокна являється пластик або скло. Світло по ньому поширюється завдяки повному відображенню від стінок світловода. Серцевина кабелю має більш високий коефіцієнт переломлення ніж оболонка. Це умова відбиття світла від стін сердечника. На рис.3.1 показано будову зображено оптоволоконний кабель.

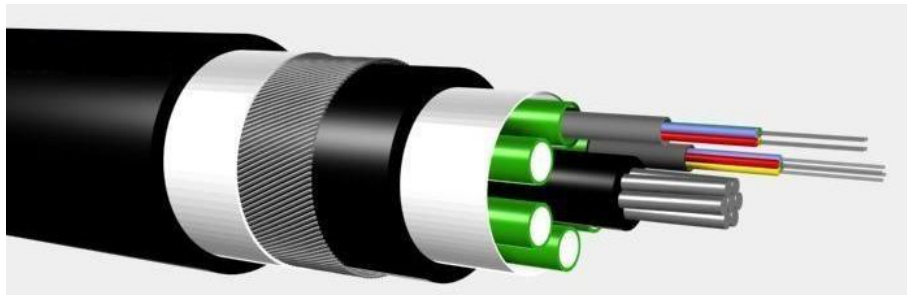


Рисунок 3.1 - Оптиволоконний кабель [11]

Внутрішня частина світловода називається серцевиною, яка представляє собою нитку зі скла або пластику, зовнішня - оптичної оболонкою волокна, або просто оболонкою є спеціальним покриттям серцевини, що відображає світло від її країв до центру. Серцевина служить для передачі електромагнітної енергії. Серцевина і оболонка виготовляються з кварцового скла, покриття - з епоксіакрілата, фторопласту, нейлону, лаку та інших полімерів. Відомо, що в різних середовищах промінь світла поширюється з різною швидкістю: в склі - швидко, в повітрі - швидше, в вакуумі - швидше за все. Потрапляючи на кордон двох прозорих середовищ, промінь світла частково відбивається, частково заломлюється [11]. Кут відбитого променя дорівнює куту падає, а кут переломленого променя залежить від співвідношення показників заломлення середовищ. Відповідно до закону заломлення, синуса кута падаючого і зламаною променя на відповідні показники заломлення середовищ рівні. Ефект полягає в тому, що промінь, що потрапив на кордон двох середовищ під кутом, великим граничного, повністю відбивається. Для забезпечення повного внутрішнього відображення показник заломлення серцевини трохи вище показника заломлення оболонки.

Група факторів погіршують пропускання світла в оптичній системі зв'язку. Згасання: оскільки світловий сигнал переміщається через волокно, він втрачає потужність через поглинання, розсіювання, і інших втрат. Загасання (втрати) оптичного сигналу - це параметр, який показує наскільки зменшився рівень сигналу на виході оптичної лінії в порівнянні з рівнем на її вході. Вимірюється загасання в деци Белл (дБ). Залежно від того, в яких одиницях виміру виражені

вхідний і вихідний рівень сигналу, для обчислення загасання використовуються різні формули.

Промені видимій області спектра входить в оптоволокно під різними кутами і йдуть різними шляхами. Луч, який увійшов в центр серцевини під малим кутом піде прямо і по центру волокна. Луч увійшов під великим кутом або біля краю сердечника піде по ламаній і буде проходити по оптоволокну більш повільно. Кожен шлях, прямуючи з даного кута і точки дає початок моди. Оскільки моди переміщуються уздовж волокна, кожна з них певною мірою послаблюється. Швидкість з якою світло переміщається через середу передачі визначається показником заломлення цього середовища. Показник заломлення середовища (n) є коефіцієнтом відносини швидкості світла у вакуумі до швидкості світла в цьому середовищі.

$$n = c/v \quad (3.1)$$

де n є показником заломлення середовища передачі, c швидкість світла у вакуумі ($3 \cdot 10^8$ м/с), v - швидкість світла в середовищі передачі. Типові значення n для скла використовується як оптоволокна лежить між 1,45 і 1,55. Як правило, чим вище показник заломлення, тим менше швидкість в середовищі передачі. Пропускна здатність залежить від ширини частотного діапазону, на якому здатне працювати оптичне волокно. Пропускна здатність волокна визначає максимальна інформаційна ємність каналу, який може бути переданий уздовж волокна з даного відстані. На відміну від мідного дроту переносником сигналу в оптичному волокні є не електричний струм, а світловий промінь, поширення якого в прозорому середовищі (оптоволокну) як променя (або хвилі) мав би підпорядковуватися законам оптики. Закони оптики різні в залежності від того, в яких рамках справедливості: лінійної або нелінійної оптики - вони розглядаються. Світло, відповідно до корпускулярно-хвильовим дуалізмом, може розглядатися як хвиля або як потік частинок - фотонів. Фотон має квантову природу: може народжуватися, поглинатися,

перетворюватися в інші частинки, підкоряючись законам квантової оптики. Для розуміння особливостей поширення світла в рамках лінійної хвильової оптики досить згадати: закон прямолінійного поширення світла; закон незалежності світлових пучків; закони заломлення і відбиття світла на межі поділу середовищ, закони поглинання. Для прозорого середовища процес поширення світла невіддільний від процесу взаємодії променя із середовищем, якщо врахувати, що світ не просто промінь, а електромагнітне випромінювання певної довжини хвилі, що взаємодіє із середовищем в процесі поширення. Його поведінка підпорядковується законам електромагнітної взаємодії і описується хвильовими функціями. Досить згадати такі поняття, як поляризація, мода коливань, подвійне променезаломлення, загасання, викликане розсіюванням і поглинанням, дисперсія та ін., які можуть бути розглянуті як в рамках лінійної, так і нелінійної хвильової оптики. Нарешті, світло - це потік фотонів, взаємодія яких із середовищем поширення підкоряється законам квантової оптики. Досить згадати: нелінійне переломлення, фазову саомодуляцію, фазову крос-модуляцію, вимушене непружне розсіювання і деякі інші нелінійні квантові ефекти. Інтенсивність загасання у волокні залежить не тільки від чистоти матеріалу і якості виготовлення хвилеводу, а й від довжини хвилі світла.

3.2 Фізичні принципи розповсюдження світла по оптичним волокнам

Оптоволокно або оптичне волокно - це скляна або пластикова нитка, яка використовується для перенесення світла завдяки повному внутрішньому віддзеркаленню. Джгут, сплетений із тисяч оптичних волокон називається світловодом. Його діаметр складає до декількох десятків міліметрів.

Конструктивно ОВ складається з трьох частин [11]: центральної частини - серцевини з показником заломлення n_1 ; оболонки з показником заломлення n_2 ($n_2 < n_1$); захисного покриття (шар полімеру - акрилат).

З метою запобігання впливу зовнішніх факторів на оптичні властивості оптоволокна (волога, подряпини, мікротріщини), навколо оптичної оболонки

наносяться шари полімеру (акрилат). У реальних ОВ $n_1 \sim 1,48$, а $n_2 \sim 1,46$. Різні сорти скла 1,6 – 2,04, кварц 1,54. Якщо ядро та оптична оболонка виготовлені з одного матеріалу (наприклад, чисте кварцеве скло), зміна показника заломлення досягається підбором спеціальних домішок, які вводяться у чистий розплав кварцу (рис.3.2). Другий варіант - ядро оптоволока також може виготовлятися із скла, а оптична оболонка - з пластику (PCS-оптоволокну).

Показник заломлення сердцевини може бути постійним або змінюватися.

Залежно від закону, за яким змінюється показник заломлення сердцевини n_1 , ОВ класифікують: *ОВ із ступінчастими профілями* показників заломлення: постійним показником заломлення в сердцевині $n_1 = \text{const}$ та різким зменшенням показника заломлення на межі сердцевини і оболонки ($n_2 \ll n_1$); *ОВ із градієнтними профілями показників заломлення*: ОВ, в якому профіль показника заломлення постійно змінюється в сердцевині (як функція відстані від осі) $n_1 = f(d)$. Кутова апертура 3,370. Параметри оптичних волокон: загасання (втрати на поглинання і розсіювання) та дисперсія. Рівень втрат енергії в оптоволокну визначається коефіцієнт загасання [11, 14]:

$$\alpha = \frac{A}{L}$$

A – загальні втрати енергії в ОВ, дБ; L – довжина ОВ, км.

Загасання обумовлене: наявністю у склі домішок іонів Ме перехідної групи: Fe^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{3+} , іонів гідроксильної групи ОН-; флуктуаціями показника заломлення; розсіюванням на неоднорідностях, розміри яких спів мірні з довжиною хвилі; розсіюванням через різноманітні порушення геометрії ОВ в процесі виробництва: мікрОВигини при нанесенні захисного покриття; втрати на з'єднання (стикові втрати); некруглість оболонки, неконцентричність оболонки і сердцевини; механічна втома; утворення мікротріщин внаслідок впливу вологи.

Дисперсія визначається основними факторами [13]:

- різницею швидкостей розповсюдження світлових потоків;
- властивостями матеріалу ОВ.

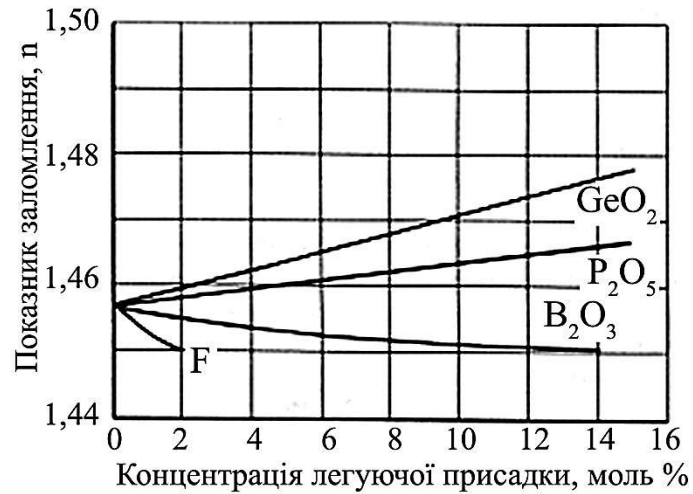


Рисунок 3.2 - Показники заломлення кварцового скла з різними легуючими присадками

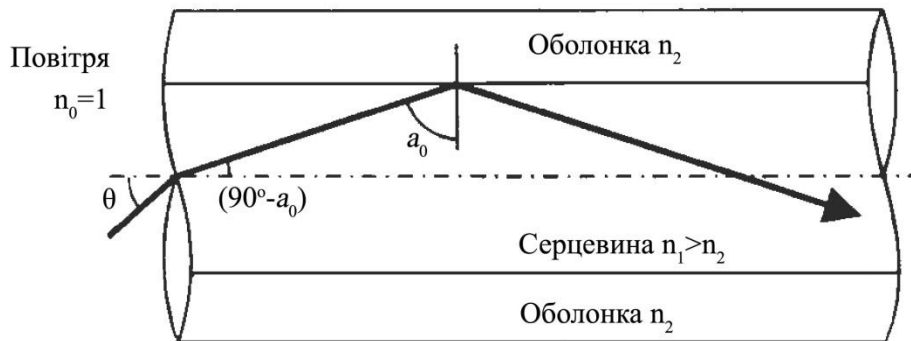


Рисунок 3.3 - Хід світових променів в оптоволокну

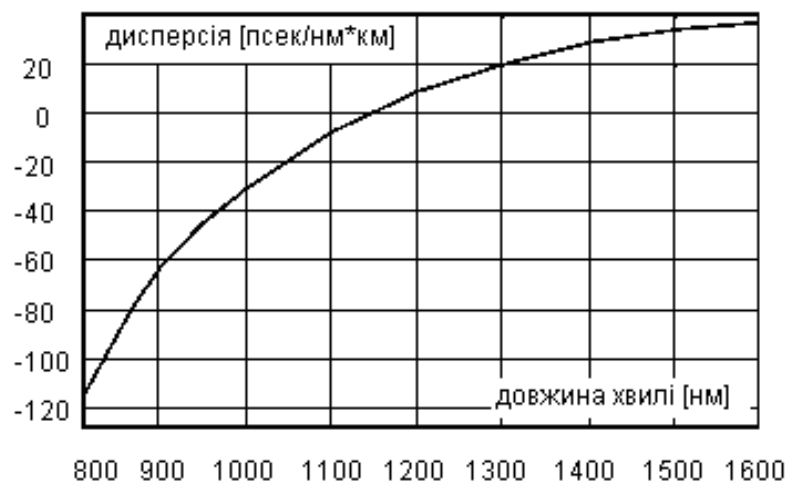


Рисунок 3.4 - Залежність дисперсії від довжини хвилі. Адаптовано із [2]

Мода – це одна з можливих траєкторій, по якій може розповсюджуватися світло у волокні. Чим більше мод, тим більше дисперсійне спотворення форми сигналу. Якщо розглянути одномодове волокно, то в ньому смуга пропускання знаходиться в діапазоні 50-100 ГГц·км. Діаметр центральної частини одномодового волокна складає 3-10 мкм. Саме число мод, які допускаються волокном, визначає його інформаційну ємність [4, 5, 15].

До розпливання імпульсів і їх наїзду один на одного призводить модова дисперсія. Дисперсія залежить від довжини хвилі світла і від діаметру центральної частини волокна. Для мультимодового волокна число мод N [11, 12]:

$$N = \frac{2\pi^2 d^2 A^2}{\lambda^2},$$

де d – діаметр центральної частини (ядра);

A – чисельна апертура волокна;

λ – довжина хвилі.

Волокно з діаметром центральної частини волокна 50 мкм підтримує 1000 мод. Чим більша довжина хвилі, тим менше число мод і менше спотворення сигналу. Це є причиною роботи в довгохвильовому інфрачервоному діапазоні. Різні довжини хвиль розповсюджуються по волокну з різною швидкістю навіть для однієї і тієї ж моди.

Одномодове волокно зазвичай має серцевину діаметром близько 9 мікрон, менші дисперсійні спотворення, ніж мультимодових і може передавати дані на відстань 80-100 кілометрів або більше, в залежності від швидкості передачі, трансиверів і розмірів буферів комутаторів. Мультимодових волокно має серцевину діаметром 50 або 62.5 мікрон і підтримує дистанції до 600 метрів. Дистанція також залежить від швидкості передачі і використовуваних трансиверів. Однак, деякі інші компоненти, необхідні для передачі по одномодовим кабелям коштують дорожче, ніж їх мультимодових аналоги. Ресурс роботи оптичних кабелів складає 15-20 років.

Таблиця 1.1 – Багатомодові та одномодові оптоволоконна. Із роботи [14]

Кабель	Мультиодовість	Діаметр серцевини	Довжина хвилі	Коефіцієнт широкополосності	Колір
OM1	багатомодовий	62.5 мікрон	850 нм, 1300 нм	200 MHz	помаранчевий
OM2	багатомодовий	50 мікрон	850 нм, 1300 нм	500 MHz	помаранчевий
OM3	багатомодовий	50 мікрон	850 нм, 1300 нм	2000 MHz	колір морської хвилі
OM4	багатомодовий	50 мікрон	850 нм, 1300 нм	4700 MHz	колір морської хвилі
OS1	одномодовий	9 мікрон	1310 нм, 1550 нм	немає	жовтий

Іноді використовується більше складніші конструкції волокон для того, щоб забезпечити параметри за такими показниками: збереження сталості світловій поляризації, допустимі перешкоди, дисперсійні зміни. Найчастіше діаметр серцевинного волокна 125 мікрон. За швидкісними показниками передачі даних оптичне волокно залишило позаду всі відомі різновиди провідних каналів зв'язи. Швидкість модуляції вже досягла 111 ГГц. Стандартною швидкістю для передачі даних по оптичних лініях від 10-40 Гбіт/с. При цьому сигнал можна передавати на великі відстані й абсолютно не боятися перешкод. Використовуючи ущільнення спектру, можлива передача за допомогою одного світловода так й до пари сотень різних каналів одночасно. Тепер мова піде про такий різновид кабельної продукції, як кручена пара. Даний вид провідного кабелю, за параметрами в найбільшій мірі відповідає всім вимогам передачі даних цифрового формату. Він може складатися з 1 або декількох спарених дротів, скручених попарно. Попарне скручення дає змогу істотно зменшити вплив зовнішніх перешкод, зменшує взаємний вплив при роботі кабелю в режимі відправки диференційного сигналу. На рис. 3.5 зображено кручену пару.

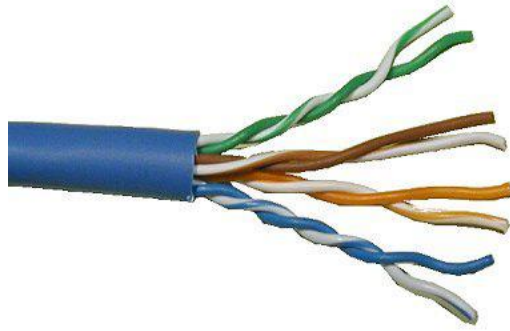


Рисунок 3.5 - Кручена пара. Із роботи [13]

За параметром захисту поділяють на такі види: кручена пара без захисного екрану (UTP) – захисний екран немає; кручена пара фольгована (F / UTP) – є загальний для всіх пар фольгований екран; кручена пара екранована (STP) - наявність оплетки, як кабелю в загальному, так і окремої пари; кручена пара фольгована екранована (S / FTP) – фольгований екран є в кожній парі, і весь провід захищений оплеткою; кручена пара екранована незахищена (U / STP) - все пари фольгований, але немає зовнішнього загального екрану; кручена пара екранована захищена (SF / UTP) – зовнішня складна захист містить як фольгу, так і оплетку.

Маємо 7 категорій цього кабелю (CAT1 – CAT7). Чим вище номер, тим вищий діапазон робочих частот, підтримуваний проводом. Не вдаючись в конкретні параметри цих категорій. То робоча смуга частот для кручених пар коливається в межах 0.1 – 1200 МГц. При цьому дані передаються зі швидкістю від 4Мбіт/с до 10Гбіт/с. Варто врахувати що максимальна відстань для швидкості 10 Гбіт/с може становити до 100м. При частотній смузі до 600 МГц й до 15 метрів при частотній смузі до 1200МГц.

Кручена пара - дроти з міді або на основі міді, покриті ізолюючим шаром з інших матеріалів. Вони обидва можуть використовуватися в телебаченні і телефонії, для передачі даних у вигляді електричних сигналів. У той час, як оптоволоконний кабель може передавати ті ж типи даних з більш широкою пропускнуною спроможністю, великою швидкістю і високою частотою. Він зроблений з дуже тонкої і гнучкої скляній або пластикової трубки.

Принцип передачі сигналу по кабелю типу кручена пара полягає в перетворенні несиметричного сигналу в симетричний і передачі по кабелю

двополярного сигналу. Симетричний спосіб передачі сигналу полягає в установці обладнання для корекції амплітудно-частотної характеристики лінії зв'язку на приймальній стороні. Цей приймач перетворює несиметричний сигнал в симетричний, що дозволяє підвищити рівень захисту від перешкод при передачі декількох сигналів різного типу по одному багатопарному кабелю. Наприклад, при трансляції звукових сигналів, відеосигналів, телефонії і т.д. У кручений парі, на противагу коаксіальному кабелю, зовнішні електромагнітні перешкоди впливають одночасно на обидва провідника. Сигнал, що приймається, як відомо, протифазний, а перешкода синфазна, тому при передачі сигналу на підсилувач, обладнаний диференціальним входом, перешкода автоматично пригнічується. Варто відзначити, що монтаж і обслуговування систем з використанням багатопарних кабелів обходиться набагато дешевше, ніж аналогічні проекти, реалізовані на коаксіальних кабелях. До того ж трудомісткість в даному випадку набагато нижче. Плюс до цього система з кабелів типу вита пара не така громіздка, закладні пристрої меншого перетину, потрібна менша кількість кабель-каналів. Можна закласти проект з запасом продуктивності, залишивши незадіяні жили в "многопарніке", які потім використовувати в міру необхідності. Існує велика кількість пристроїв передачі ТБ-сигналу по кручений парі на фіксовані довжини кабелів, а також універсальні комплекти, здатні підлаштовуватися під будь-які довжину і тип лінії зв'язку. Слід пам'ятати, що найбільш ефективна при експлуатації неекранована кручена пара, так як екранований кабель схильний до впливу паразитної ємності екрану, що практично вдвічі знижує граничну дальність передачі ТБ-сигналу. Найбільш важливим моментом при передачі ТБ-сигналу по крученим парам є точна настройка приймально-передає обладнання, від якої залежить якість одержуваного сигналу. Як правило, для настройки використовуються спеціальні тест-генератори телевізійного сигналу, що формують випробувальні телевізійні таблиці, за допомогою яких можна точно скорегувати амплітудно-частотну характеристику кручений пари і усунути частотні спотворення. При виборі обладнання для прийому-передачі ТБ-

сигналу по кручений парі з усього різноманіття моделей, представлених на ринку, не варто забувати про наявність вбудованого пристрою грозозахисту. Вихідні каскади передавачів і вхідні каскади приймачів можуть вийти з ладу під впливом грозових імпульсних наводок. Тому грозозахист є обов'язковим фактором, щоб уникнути постійного ремонту згорілого обладнання. При монтажі систем грозозахисту приймальне і передавальний пристрій слід підключати до заземлюючих елементів з метою відведення виникають на кабелях статичного розряду.

Основними електричними характеристиками кручений пари є хвильовий опір, загасання на 1 м довжини і швидкість поширення сигналу. Розглянемо їх докладніше.

Згасання (attenuation) – це величина, що характеризує втрату потужності сигналу при передачі. Коефіцієнт загасання обчислюється як відношення потужності отриманого на кінці лінії сигналу до потужності сигналу, поданого в лінію, і вимірюється в децибелах на одиницю довжини. Загасання обумовлені втратами в діелектрику і скін-ефектом. У порівнянні з іншими типами кабелів кручена пара має найбільшу коефіцієнтом загасання на цій частоті. Саме загасання сигналу обмежує довжину кабелю. Для збільшення довжини каналу зв'язку слід використовувати більш якісні кабелі із захистом від перешкод і наведень. Для зменшення коефіцієнта загасання застосовуються спеціальні коректори або сигнальні буфери з вбудованою корекцією предискаженій. Нелінійні спотворення сигналу зменшуються. У підсилювальний тракт передавача включається коректор - нелінійне пристрій, передавальні характеристики якого підбираються так, щоб амплітудна характеристика об'єднаного пристрою коректор-підсилювач стала лінійної, а амплітудно-фазова характеристика – рівномірною. У лініях передачі з рівною АЧХ відсутня міжсимвольні інтерференція, що підвищує якість передачі. Чим вище підйом АЧХ, тим більші загасання компенсуються і більше максимальна довжина лінії. Існують коректори трьох типів. АЧХ постійного амплітудного коректора не змінюється. Такі коректори використовуються в мережах з фіксованою

довжиною середовища передачі. Змінний амплітудний коректор, навпаки, має кілька попередньо встановлених налаштувань, які можна змінювати відповідно до довжини каналу зв'язку. Найбільш зручні у використанні - адаптивні коректори, які автоматично визначають рівень втрат в середовищі передачі і підбирають оптимальні параметри коригувальних імпульсів. Адаптивні коректори зазвичай розробляються під конкретні середовища передачі, тому при виборі пристрою необхідно упевнитися, що воно розраховане саме на той тип лінії передачі і ті параметри, які використовуються в мережі. При корекції сильних затуханий не можна забувати про системний шумі. Справа в тому, що сигнали з компенсацією втрат 40 дБ стають дуже чутливими до шуму. Дійсно, якщо відношення сигнал / шум підтримується на рівні 10-15 дБ, то шуми в лінії передачі не повинні перевищувати 50-55 дБ, інакше сигнал загубиться. NVP - швидкість поширення сигналу в лінії, яка виражається як відношення швидкості поширення сигналу до швидкості світла. NEXT - перехідне загасання, або перехресні наведення на ближньому кінці. Воно характеризує вплив сусідніх кручених пар один на одного і розглядається тільки при двосторонньої передачі інформації. Даний ефект проілюстрований на рис. 1. Сигнал, який передається по верхній крученій парі, наводить перешкоду на нижню. При односторонньому обміні в розрахунок приймається параметр FEXT (Far End CrossTalk), що характеризує взаємодію пар на дальньому кінці. Для ослаблення наведень застосовується фольгування. Тимчасова затримка поширення сигналу між двома парами в кабелі (Pair-to-Pair Skew). Вона з'являється через те, що пари не ідеально однакові, одна з них обов'язково довша за іншу, тому сигнал проходить по ній більший шлях. Типове значення затримки становить близько 25 нс / 100 м, але може доходити і до 45 нс / 100 м. Цей параметр враховується при швидкостях передачі 100 Мбіт / с і вище. Тимчасова затримка поширення сигналу всередині однієї пари. Вона виникає в разі, якщо довжини провідників в парі не збігаються. Нехай сигнал передавача є парафазним. Видно, що через різної довжини проводів на виході з'являється синфазна складова, при цьому амплітуда корисного диференціального сигналу

зменшується. Проблема ускладнюється тим, що для кручених пари затримка поширення сигналу залежить від частоти, тобто при передачі несинусоїдального сигналу всі компоненти затримуються на різний час. Характеристики кабелю кручених пари безпосередньо залежать від структури кабелю і застосовуваних у ньому матеріалів (рис.3.6), які і визначають фізичні процеси, що проходять в кабелі при передачі сигналу.

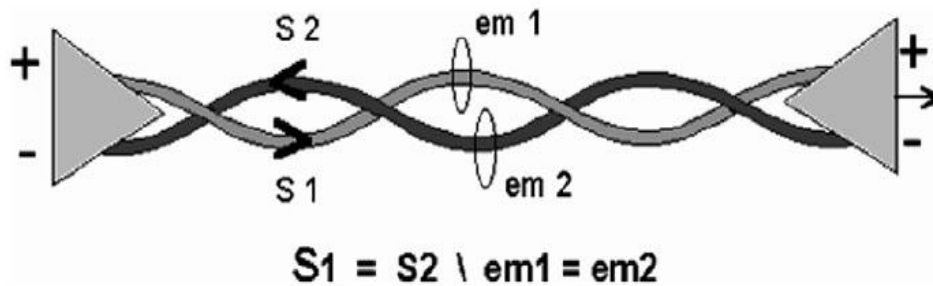


Рисунок 3.6 - Пояснення збалансованості кручених пари. Із роботи [15]

Збалансованість пари є фактично визначальною характеристикою якості кабелю, оскільки впливає на більшість інших його властивостей. Справа в тому, що електромагнітне (Electro Magnetic - EM) поле наводить електричний струм в провідниках і утворюється навколо провідника при протіканні по ньому електричного струму [6]. Взаємодія між EM-полями і токонесущей провідниками може чинити негативний вплив на якість передачі сигналу. В обох ж провідниках збалансованої пари електромагнітні перешкоди (em1 і em2) наводять однакові по амплітуді сигнали, (S1 і S2) знаходяться в протифазі. За рахунок цього сумарне випромінювання «ідеальної пари» прагне до нуля. Якщо в кабелі присутні більше однієї пари, то для виключення взаємних наведень пар, які могли б порушити електромагнітний баланс, пари скручують з різним кроком. Як всякий провідник, кручена пара має опір змінному електричному струму (характеристичний імпеданс). Для різних частот це опір може бути різним. Витя пара має імпеданс зазвичай 100 або 120 Ом. Зокрема для кабелю Cat. 5 в діапазоні частот до 100 МГц імпеданс повинен становити 100 Ом + 15%. Для ідеальної пари імпеданс повинен бути однаковим по всій довжині

кабелю, оскільки в місцях неоднорідності виникає ефект відображення сигналу, що в свою чергу може погіршити якість передачі інформації. Найчастіше однорідність імпедансу порушується при зміні в рамках однієї пари відстань скручування, перегину кабелю при прокладці чи іншого механічного дефекту. Швидкість / затримка поширення сигналу NVP - швидкість поширення сигналу. Часто застосовується похідна від NVP і довжини кабелю характеристика «delay» (затримка), що виражається в наносекундах на 100 метрів пари. Якщо в кабелі присутні більше однієї пари, то вводять поняття «delay skew» або різниця затримки. Причина її виникнення полягає в тому, що пари не можуть бути ідеально однакові, що і породжує різні затримки поширення сигналу в різних парах. Важливою характеристикою кручений пари є погонне загасання (Attenuation), що характеризує величину втрати потужності сигналу при передачі. Обчислюється як відношення потужності отриманого на кінці лінії сигналу до потужності сигналу, поданого в лінію. Оскільки величина загасання змінюється з ростом частоти, вона повинна вимірюватися для всього діапазону використовуваних частот [9]. Сама величина виражається в децибелах на одиницю довжини. Іншим важливим параметром є NEXT, або перехідне загасання між парами в багатопарному кабелі, вимірний на ближньому кінці - тобто з боку передавача сигналу, яке характеризує перехресні наведення між парами.

Однією з найважливіших характеристик, що відображають якість кабелю, є різниця між погонним і перехідним загасання, що виражається в децибелах. Чим менше погонне загасання, тим більшу амплітуду має корисний сигнал на кінці лінії. З іншого боку, чим більше перехідне загасання, тим менше взаємні наведення пар. Таким чином, різниця цих двох величин відображає реальну можливість виділення корисного сигналу пристроєм одержувача на тлі перешкод. Для впевненого прийому сигналу необхідно щоб Attenuation Crosstalk Ratio був не менший заданого значення, що визначається стандартами для відповідної категорії кабелю. У разі рівного розподілу погонного і перехідного загасання виділити корисний сигнал стає теоретично неможливо.

При передачі сигналу, виникає так званий ефект відображення сигналу в зворотному напрямку. Величина відображення сигналу або «зворотне загасання» пропорційна загасання відбитого сигналу. Характеристика особливо важлива при побудові ліній зв'язку, що використовують передачу сигналів по кручений парі в обидві сторони (полнодуплексная передача). Досить великий за амплітудою відбитий сигнал може спотворювати передачу інформації в зворотному напрямку. Return Loss виражається у вигляді відношення потужності прямого сигналу до потужності відбитого.

3.2. Порівняння оптоволоконних і кабельних зв'язків

У оптоволоконних кабелів велика смуга пропускання зі швидкостями передачі до 40 Гбіт/с, й понад 100 Гбіт/с в найближчому майбутньому. Факторами, що обмежують зростання швидкостей передачі, в даний час є: по-перше, велике в порівнянні з періодами імпульсів час відповіді джерел і детекторів для високих швидкостей передачі даних; по-друге, близькість довжини хвилі світла до періоду імпульсу, що викликає проблеми диференціювання в детекторах. Методи мультиплексування декількох довжин хвиль в одному волокні (звані спектральним ущільненням збільшують загальну швидкість передачі по одному волокну до декількох Тбит / с.

Смуга пропускання у кабелі. Коаксіальні кабелі діаметром до 8 см можуть забезпечити швидкості передачі до 1 Гбіт/с на відстанях до 10 км. Обмежуючим фактором є дуже висока вартість міді. В даний час триває важливе дослідження зі збільшення швидкості передачі через кабелі з крученими парами. Сьогодні в багатьох локальних мережах швидкості 100 Мбіт/с є цілком звичайними. Доступні також комерційні системи, що діють на швидкостях до 1 Гбіт/с. Після успішних лабораторних випробувань на швидкостях 10 Гбіт/с відповідна продукція готується до комерційного випуску. Причина такої активної діяльності в цій області криється в надлишку інфраструктури з уже, встановленими кабелями з кручений парою, що дозволяє значно заощадити на

риття траншей, прокладання каналів і укладанні нових оптоволоконних кабелів. З цієї причини технологія кабелів з кручений парою в даний час успішно конкурує з оптоволоконної технологією, оскільки обидві вони мають безліч загальних додатків. В таблиці 3.2 наведені параметри різниці між оптоволоконним кабелем та крученою парою.

Таблиця 3.2 - Різниця між оптоволоконним кабелем та крученою парою

Вид кабелю	Швидкість	Пропускна здатність	Відстань
Оптоволоконний кабель	10/40/100/200Gbps	До 4700 МГц	80 км
Кручена пара	До 10 Gbps	До 4700 МГц	100 м

На оптоволоконні кабелі абсолютно не впливають електромагнітні перешкоди, радіочастоти, блискавки й скачки високої напруги. На додаток оптоволоконні кабелі не створюють електромагнітних або радіочастотних перешкод. На них не повинні впливати електромагнітні імпульси. На звичайні кабелі впливають зовнішні перешкоди. Залежно від типу вони в різній мірі схильні до електромагнітних перешкод через індуктивність, ємність й резистивність зв'язку. Виходять з ладу під дією електромагнітних імпульсів. Випромінюють електромагнітні хвилі, що можуть призвести до перешкод в інших кабельних системах.

Оптоволоконні лінії забезпечують повну гальванічну розв'язку між обома кінцями кабелю. Це усуває електромагнітні та ефірні перешкоди, що могли бути викликані контурами заземлення [10, 15]. Оскільки оптичні волокна не випромінюють хвилі й не схильні до перешкод, ще однією перевагою є відсутність взаємного впливу кабелів. Традиційні кабелі, просто працюючи за своєю призначеністю, надають електричне з'єднання між своїми кінцями. Отже, вони сприятливі до електромагнітним й радіоперешкодам. Також схильні до проблем взаємного впливу.

Для простих дешевих оптоволоконних систем можливі відстані між повторювачами до 5 км. Для високоякісних систем до 300 км. У лабораторних умовах досягнуто відстань близько 1000 км. На ринку кабелів з крученою парою швидкості передачі 4 Мбіт/с доступні відстані між повторювачем 2.4 км. У разі коаксіальних кабелів на швидкостях менше 1 Мбіт/с відстань між повторювачами до 25 км.

У порівнянні з усіма кабелями передачі даних, оптоволоконні кабелі малі в діаметрі й надзвичайно легкі. Чотирьохжильний оптоволоконний кабель важить 240 кг/км, а 36-основний оптоволоконний кабель ажить на 3 кг більше. Через свою невелику порівняно з традиційними кабелями з такою ж пропускною здатністю їх звичайно простіше встановити в існуючих умовах, а час установки й вартість в загальному нижче, оскільки вони легкі й з ними простіше працювати. Хоча оптоволоконні кабелі мають великі переваги з точки зору гнучкості смуги пропускання і надійності, вони не так широко поширені, як коаксіальні кабелі або кабелі кручена пара. У порівнянні з кабелем кручена пара, коаксіальний кабель може передавати дані на більш далекі відстані. Але через діелектричного ізолятора, навколишнього мідну серцевину, коаксіальний кабель складніший в установці і технічному обслуговуванні. Традиційний кабель може важити від 800 кг/км для кабелю з 36 крученими парами до 5 т/км для високоякісного коаксіального кабелю великого діаметру.

Таким чином, за параметрами швидкості передачі даних, перешкодозахищеності, дальності передачі оптичне волокно перевершує виту пару в багато разів. Єдиний параметр, за яким цей продукт поступається - вартість. Прогрес у розвитку технологій призведе до здешевлення волоконних кабелів і зробить їх доступними для впровадження в усі сфери техніки. І, тим не менше, навіть сьогодні виправдане використання оптоволоконної лінії зв'язку в високотехнологічних галузях. Оптоволоконна технологія стане в майбутньому головним засобом передачі інформації. На основі цієї технології Інтернет зміг стати тим неоціненним інформаційним засобом, яким він сьогодні є.

3.3 Розрахункова частина

Проведемо розрахунок швидкості передачі даних.

Вихідні дані розмірів файлів (S): 1 Мбайт, 10 Мбайт, 100 Мбайт, 1Гбайт.

Та швидкості (V) 56 кбит/с, 128 кбит/с, 256 кбит/с, 512 кбит/с, 1 Мбит/с.

Знаходимо швидкість за формулою $T=S/V$, де T – час за який, певний об'єм інформації S, що передається за певної швидкості передачі даних V.

Для файла 1 Мбайт при швидкості 56 кбит/с час передачі інформації дорівнює: $T = \frac{8192}{3660} = 2,23$ хв або 2 хв 13 с.

Для файла 10 Мбайт при швидкості 56 кбит/с.

$$T = \frac{81920}{3660} = 22,38 \text{ хв або } 22 \text{ хв } 22 \text{ с.}$$

Для файла 100 Мбайт при швидкості 56 кбит/с.

$$T = \frac{819200}{3660} = 223.82 \text{ хв або } 3 \text{ години } 42 \text{ хв}$$

При розмірі файла 1 Гбайт та швидкості 56 кбит/с.

$$T = \frac{8388608}{3660} = 1 \text{ день } 14.16 \text{ годин}$$

При розмірі файла 1 Мбайт та швидкості 128 кбит/с.

$$T = \frac{8192}{7680} = 1.06 \text{ хв або } 1 \text{ хв } 3.6 \text{ с}$$

При розмірі файла 10 Мбайт та швидкості 128 кбит/с.

$$T = \frac{81920}{7680} = 10.66 \text{ хв або } 10 \text{ хв } 39.6 \text{ с}$$

При розмірі файла 100 Мбайт та швидкості 128 кбит/с.

$$T = \frac{819200}{7680} = 107 \text{ хв або } 1 \text{ година } 47 \text{ хв}$$

При розміру файла 1 Гбайт та швидкості 128 кбит/с.

$$T = \frac{8388608}{7680} = 18.20 \text{ годин або } 18 \text{ год } 12 \text{ хв}$$

При розмірі файла 1 Мбайт та швидкості 256 кбит/с.

$$T = \frac{8192}{15360} = 0.53 \text{ хв або } 31.8 \text{ с}$$

Для файла 10 Мбайт при швидкості 256 кбит/с.

$$T = \frac{81920}{15360} = 5.33 \text{ хв або } 5 \text{ хв } 19.8 \text{ с}$$

Для файла 100 Мбайт при швидкості 256 кбит/с.

$$T = \frac{819200}{15360} = 53.33 \text{ хв або } 53 \text{ хв } 19.8 \text{ с}$$

Для файла 1 Гбайт при швидкості 256 кбит/с.

$$T = \frac{8388608}{15360} = 546.13 \text{ хв або } 9 \text{ годин } 6 \text{ хв}$$

Для файла 1 Мбайт при швидкості 512 кбит/с.

$$T = \frac{8192}{30720} = 0.26 \text{ хв або } 15.6 \text{ с}$$

Для файла 10 Мбайт при швидкості 512 кбит/с.

$$T = \frac{81920}{30720} = 2.66 \text{ хв або } 2 \text{ хв } 39.6 \text{ с}$$

Для файла 100 Мбайт при швидкості 512 кбит/с.

$$T = \frac{819200}{30720} = 26.66 \text{ хв або } 26 \text{ хв } 39.6 \text{ с}$$

Для файла 1 Гбайт при швидкості 512 кбит/с.

$$T = \frac{8388608}{30720} = 4.55 \text{ години або } 4 \text{ години } 33 \text{ хв}$$

Для файла 1 Мбайт при швидкості 1 Мбит/с.

$$T = \frac{8192}{62440} = 0.13 \text{ хв або } 7.8 \text{ с}$$

Для файла 10 Мбайт при швидкості 1 Мбит/с.

$$T = \frac{81920}{62440} = 1.31 \text{ хв або } 1 \text{ хв } 18.6 \text{ с}$$

Для файла 100 Мбайт при швидкості 1 Мбит/с.

$$T = \frac{819200}{62440} = 13.11 \text{ хв або } 13 \text{ хв } 6,6 \text{ с}$$

Для файла 1 Гбайт при швидкості 1 Мбит/с.

$$T = \frac{8388608}{62440} = 134.34 \text{ хв або } 2 \text{ год } 14.34 \text{ хв}$$

Таблиця 3.3 – Результати вимірювань

Пропускна здатність	56 кбит/с	128 кбит/с	256 кбит/с	512 кбит/с	1 Мбит/с
Розмір файлу					
1 Мбайт	2 хв. 13 с	1 хв. 3 с	31.8 с	15.6 с	7.8 с
10Мбайт	22 хв. 22 с	10 хв. 40 с	5 хв. 19 с	2 хв.39 с	1 хв. 22 с
100Мбайт	3 год. 42 хв.	1 год. 47 хв.	53 хв. 19 с	26 хв. 39 с	13 хв. 39с
1Гбайт	1день 14 год.	18 год. 12 хв.	9 год. 6 хв.	4 год. 33 хв	2 год. 14 хв.

Із результатів розрахунків слідує, що при збільшенні швидкості передачі даних: 56 кбит/с, 128 кбит/с, 256 кбит/с, 512 кбит/с, 1 Мбит/с, зменшується час передачі даних, таких розмірів файлів: 1 Мбайт, 10 Мбайт, 100 Мбайт, 1Гбайт. Із розрахункових даних слідує, що при швидкості 56 кбит/с при розміру файла 1 Мбайт дорівнює 2 хв. 13.8 с а при розміру файла 1Гбайт 1 день 14.16 г. Це дуже великий час, тому для такого випадку потрібно збільшувати пропускну здатність, величина якої повинна задовольняти вимогам споживачів. Пропускна здатність кабелю дає змогу вирішити, який тип кабелю потрібен для використання. При зростанні об'єма даних збільшується швидкість передачі інформації. Низька швидкість передачі інформації на підприємствах недопустима, тому слід підбирати кабель з ефективними параметрами і високою пропускну здатністю.

ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі розглянуті питання щодо у вивченні фізичних принципів функціонування інформаційно-телекомунікаційних систем різного типу та провідних мереж; визначенні переваг і недоліків різних середовищ передачі інформації.

2. Показано, що інформаційні системи як організаційно-технічні засоби забезпечують процеси: формування, поширення, використання, обробку, систематизацію, запис, збереження і видалення інформації.

3. До основних переваг оптоволоконних ліній зв'язку можна віднести такі: економія кольорових металів; широкосмугова можливість передачі великого потоку інформації (декілька тисяч каналів); малі втрати і відповідно великі довжини ділянок трансляцій (30-100 км.); малі габаритні розміри і маса (у 10 разів менше, ніж у електричних кабелів); висока захищеність від впливу зовнішніх фізичних полів; надійна техніка безпеки (відсутність іскріння і короткого замикання).

4. Показано, що принцип передачі сигналу по кабелю типу «кручена пара» полягає в перетворенні несиметричного сигналу в симетричний і передачі по кабелю двополярного сигналу. Симетричний спосіб передачі сигналу полягає в установці обладнання для корекції амплітудно-частотної характеристики лінії зв'язку.

5. Результати розрахунків вказують на те, що при зростанні пропускної здатності лінії від 56 кбит/с до 1 Мбит/с час передачі інформації зменшується від 2 хвилин 13 с до 7,8 с (для файлів 1МБайт); від 22 хвилин 22 с до 1 хвилини 22 с (для файлів 10 МБайт); від 3 годин 42 хвилин до 13 хвилин 39 с (для файлів 100 МБайт) та від 1 доби 14 годин до 2 годин 14 хвилин (для файлів 1 ГБайт).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Грицунов О.В. Інформаційні системи та технології. Навчальний посібник.— Харків: ХНАМГ, 2010. - 222 с. (дата звернення : 18.11.2019).
2. Білинський Й. Й., Огородник К. В., Юкиш М. Й. Електронні системи: навчальний посібник. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 208 с. (дата звертання: 12.11.2019).
3. Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации / Бакланов И.Г.; под ред. Ю.Н. Чернишова. – Москва: Еко-Трендз, 2008. – 400 с.
4. Довгий С.О., Савченко О.Я., Воробієнко П.П. Сучасні телекомунікації: мережі, технології, економіка, управління, регулювання / за ред. С.О. Довгого. – Київ: Український Видавничий Центр, 2002. – 520 с.
5. Росляков А.В., Ваняшин С.В., Самсонов М.Ю. Связь следующего поколения NGN / под ред. А.В. Рослякова. – Москва: Еко-Тренд, 2008. – 424 с.
6. Величко В.В., Субботин Е.А., Шувалов В.П., Ярославцев А.Ф. Телекоммуникационные линии и системы. Навчальний посібник. Т.3. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2005. – 592 с.
7. Засоби відображення інформації. Електронні дисплеї: навчальний посібник / З. Ю. Готра, В. П. Кожем'яко, З. М. Микитюк. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 162 с.
8. Кожем'яко В. П. Сучасні методи та засоби відображення інформації. Частина I. Дискретні системи відображення інформації / Кожем'яко В. П, Васюра А. С, Дорощенко Г. Д. – Вінниця : ВДТУ, 2015. – 106 с.
9. Kathleen M. Vaeth. OLED-Display Technology // Information Display, № 6. – 2003, P. 12 – 17.
10. Khan M., Shah S. Data and information visualization methods and interactive mechanisms: a survey // Inter. J. Comp. Appl. – V.34(1). – 2011. – P. 1–14.
11. Проценко І. Ю. Технологія одержання та фізичні властивості плівкових матеріалів та основи мікроелектроніки (практикуми) / І. Ю. Проценко, Л.В.Однодворець. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 231с.

12. D.C.Smith, Global Information infrastructure principles and framework architecture. Sept. 17, 2010. (дата звернення :23.11.2019).
13. Pritchard R.C., Smith D.C. A comparison of the Susceptibility Performance of Shielded and Unshielded Twisted Pair Cable for Data Transmission / IEEE International EMC Symposium Record, Aug. 17-21, 2002, Anaheim, California. (дата звернення :24.11.2019).
14. Pritchard R.C., AT&T Technical Memorandum «Understanding the Successful EMC Performance of Twisted Pair Cables» Sept. 17, 2015.
15. Рідкокристалічна електроніка: монографія / за ред. проф. З. Готри. – Львів: Априорі, 2010. – 532 с.