

Міністерство освіти і науки України
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

СТАФІН Володимир Володимирович

**ПРОЕКТУВАННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ АБОНЕНТСЬКОЇ МЕРЕЖІ З
ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ADSL / DESIGN AND AUTOMATION
OF THE SUBSCRIBER NETWORK USING ADSL TECHNOLOGY**

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
магістерська програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Магістерська робота

Виконав студент групи АКІТм-21
В.В. Стафін

Науковий керівник:
д.т.н., доцент Н.Я. Возна

Магістерську роботу допущено до захисту:
"___" _____ 20__ р.

Завідувач кафедри
_____ А.І. Сегін

Тернопіль 2022

Факультет комп'ютерних інформаційних технологій

Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

Ступінь вищої освіти "магістр"

Спеціальність: 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СКС

А.І.Сегін

“ ” 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Стафін Володимир Володимирович

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема випускної кваліфікаційної роботи

Проектування та автоматизація та абонентської мережі з використанням технології ADSL / Automation and design of subscriber network using ADSL technology

керівник роботи д.т.н., доцент Н.Я.Возна

затверджені наказом по університету від "31" грудня 2021 р. №606

2. Строк подання студентом закінченої випускної кваліфікаційної роботи:

16 листопада 2022р.

3. Вихідні дані до випускної кваліфікаційної роботи:

1. Структура технології ADSL

2. Типова схема з'єднання ADSL

3. Алгоритми кодування в системах ADSL

4. Основні питання, які потрібно розробити:

1. Аналіз технології ADSL

2. Проектування абонентської мережі на основі технології ADSL

3. Проект автоматизації абонентської мережі на основі технології ADSL

5. Перелік графічного матеріалу у роботі:

6. Консультанти розділів випускної кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 26 жовтня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технології ADSL	11.2021р. – 12.2021р.	
2	Проектування абонентської мережі на основі технології ADSL	01.2022р. – 04.2022р.	
3	Проект автоматизації абонентської мережі на основі технології ADSL	04.2022р. – 10.2022р.	

Студент

_____ (підпис)

Стафін В.

Керівник роботи

_____ (підпис)

д.т.н., доц. Возна Н.Я.

РЕФЕРАТ

Робота виконана на 57 сторінках та містить 32 рисунки, 4 таблиці, 25 джерел за переліком посилань.

Мета роботи. Метою дослідження є проектування абонентської мережі з використанням технології ADSL на основі розрахунку основних технічних характеристик ADSL, вибору обладнання асиметричної цифрової абонентської лінії та розрахунку частотних та часових характеристик сигналу.

Результати роботи можуть використовуватися при організації абонентських мереж з використанням технології ADSL. Автоматизована абонентська мережа на основі використання технологій ADSL дає змогу перетворити абонентську кабельну мережу на частину мережі високошвидкісного передавання даних, яка не обмежується лише організацією багатоканального голосового зв'язку або високошвидкісним передаванням даних. Вона є базовою мережею для впровадження інших служб, що потребують для своєї роботи широкої смуги частот.

Рекомендації по використанню результатів роботи. Технології ADSL дозволяють розширити використання високошвидкісного доступу в мережу Інтернет. Перехід на новий рівень розвитку цифрових абонентських мереж приводить не лише до створення устаткування нового покоління, але і вимагає використання відповідного обладнання, навчання обслуговуючого персоналу новим методам роботи й абсолютно іншого підходу до питань управління мережею абонентських телефонних ліній.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЇ ADSL, МЕТОДИ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ, МОДУЛЯЦІЯ, ДЕМОДУЛЯЦІЯ, АБОНЕНТСЬКА МЕРЕЖА, МЕРЕЖА ДОСТУПУ, АВТОМАТИЗАЦІЯ.

ABSTRACT

Work is executed on 57 pages and including 32 illustrations, 4 tables, 25 sources after the list of references.

Purpose of work. The purpose of the study is to design a subscriber network using ADSL technology based on the calculation of the main technical characteristics of ADSL, the selection of equipment for an asymmetric digital subscriber line and the calculation of frequency and time characteristics of the signal.

Job performances. The results of the work can be used in the organization of subscriber networks using ADSL technology. Automated subscriber network based on the use of ADSL technologies makes it possible to transform a subscriber cable network into a part of a high-speed data transmission network, which is not limited to the organization of multi-channel voice communication or high-speed data transmission. It is the basic network for the implementation of other services that require a wide frequency band for their operation.

Recommendations after the use of job performances. ADSL technologies make it possible to expand the use of high-speed access to the Internet. The transition to a new level of development of digital subscriber networks leads not only to the creation of equipment of a new generation, but also requires the use of appropriate equipment, training of service personnel in new work methods and a completely different approach to issues of managing the network of subscriber telephone lines.

Keywords: ADSL TECHNOLOGIES, INFORMATION TRANSMISSION METHODS, MODULATION, DEMODULATION, SUBSCRIBER NETWORK, ACCESS NETWORK, AUTOMATION.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК АБРЕВІАТУР ТА УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП	9
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ADSL	12
1.1 Загальні характеристики технології ADSL	12
1.2 Аналіз абонентських ліній цифрового передавання даних.....	14
1.3 Характеристика роботи ADSL.....	15
1.4 Порівняння ADSL з кабельним, модемним і супутниковим зв'язком..	18
1.5 Аналіз функцій пристроїв у складі ADSL.....	19
1.6 Алгоритм кодування в системах ADSL.....	21
1.7 Технології ADSL2, ADSL2+, READSL2.....	22
1.7.1 Технологія ADSL2.....	22
1.7.2 Технологія ADSL2+, READSL2.....	29
2 ПРОЄКТУВАННЯ АБОНЕНТСЬКОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ADSL.....	31
2.1 Підбір обладнання асиметричної цифрової абонентської лінії.....	31
2.2 Опис функцій мультиплектора ASAM.....	35
2.3 Допоміжне обладнання.....	38
2.3.1 Модем Acorp Sprinter@ADSL W422G.....	38
2.3.2 Модем Callisto 821 +R3 (ADSL2+).....	38
2.3.3 Дводіапазонний модем ADSL2+ Annex A/B.....	39
2.4 Система послуг і швидкості передавання даних.....	39
2.5 Розробка схеми проєктованої мережі доступу.....	40
3 ПРОЄКТ АВТОМАТИЗАЦІЇ АБОНЕНТСЬКОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ADSL.....	44
3.1 Проєкт автоматизації мережі.....	44
3.2 Розрахунок системи автоматизації.....	50
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТОК А Технічні характеристики допоміжного обладнання.....	60
ДОДАТОК Б Копії публікацій.....	69

ПЕРЕЛІК АБРЕВІАТУР ТА УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- ADLT - ADSL Line Termination - лінійне закінчення;
- ADSL - асиметричний DSL;
- ANT - ADSL Network Termination;
- AWS - ADSL Work Station;
- BDSL - широкосмуговий DSL;
- BPA - Backpanel Printed board Assembly - друкована плата задньої панелі;
- BRAS - Broadband Remote Access Server - сервер віддаленого доступу;
- BS - алгоритм Bit Swapping1;
- DRR - Dynamic Rate Repartitioning - алгоритм об'єднання даних;
- DSL - Digital Subscriber Line - цифрова абонентська лінія;
- DSL Lite - споживацький DSL;
- DSLAM - мультиплексор доступу DSL;
- FDM - Frequency Division Multiplexing - технологія частотного ущільнення каналів;
- HDSL - високошвидкісний DSL;
- HDSL2 - високий бітрейт DSL 2;
- HTTP - протоколу верхнього рівня;
- ISP - сервер Інтернет-провайдера;
- NGN - Next Generation Network — мережа наступного покоління;
- NGN - Next Generation Network - мережа нового покоління;
- OAM - функції управління;
- POTS - Plain Old Telephone Service - послуги телефонії;
- QAM - Quadrature Amplitude Modulation - квадратурна амплітудна модуляція;
- RADSL - DSL з адаптивною швидкістю;
- SDSL - симетричний DSL;
- SM - Service Module - модуль кінцевого споживача;
- SNR - відношення сигнал/шум;
- SRA - Seamless Rate Adaptation - алгоритм адаптації швидкості передачі;
- TCP/IP - транспортні кадри;

UDSL - односпрямований високошвидкісний DSL;

VDSL - значна швидкість передавання сигналу DSL;

VODSL - Voice over DSL - голос по ADSL;

WAN - порт регіональної мережі;

ADSL - Asymmetric Digital Subscriber Line - асиметрична цифрова абонентська лінія;

ATM - Asynchronous Transfer Mode – режим асинхронного передавання;

АЧХ - амплітудно-частотна характеристика;

ВОЛЗ - волоконно-оптичні лінії зв'язку;

ШПД - швидкість передавання даних.

ВСТУП

Актуальність теми. Український ринок послуг передавання даних on-line постійно розвивається. Сучасні безпроводні технології для високошвидкісного передавання даних або доступу в Інтернет досить дороговартісні, причому не лише на початковому етапі впровадження, але і під час експлуатації. І хоча дротові технології ефективніші економічно, однак вони не забезпечували користувачам високої швидкості передавання даних. Частина користувачів все ще вимушена застосовувати для доступу до мережі Інтернет аналогові модеми, які використовуються на телефонних лініях [1-7].

Сьогодні користувачі високошвидкісного передавання даних використовують телефонні лінії, які удосконалені технологіями DSL (цифрова абонентська лінія) [4].

Мідна телефонна лінія була призначена для телефонного зв'язку. Однак на сьогодні вона набула статусу широкосмугової цифрової мережі, яка забезпечує передавання голосу, високошвидкісне передавання даних та інших служб комунікації. Підтримка функціонування такої мережі вимагає не лише наявності відповідного обладнання, але і абсолютно нового підходу до автоматизованого управління.

Для кінцевих користувачів технології ADSL (асиметрична цифрова абонентська лінія) забезпечують з'єднання між мережами або з мережею Інтернет, а компанії телефонії можуть виключити потоки інформації зі свого комутаційного устаткування. І тим самим залишити його лише для телефонії [8].

Крім передавання даних, технології ADSL здатні ефективно організувати багатоканальні служби телефонного зв'язку. За допомогою обладнання ADSL, використовуючи технології VODSL (голос по ADSL) можна об'єднати велику кількість каналів телефонного (голосового) зв'язку і передати однією абонентською лінією.

Для організації сучасних комунікаційних служб мережа телефонних ліній розвинулася від аналогової вузькосмугової мережі, що призначена для передавання голосу, до цифрової широкосмугової мережі, що призначена, крім передавання голосу, для передавання даних і відеосигналів.

Потреба у високошвидкісному передаванні даних визначила необхідність створення технологій і відповідного обладнання ADSL. Існує також потреба в

підготовці відповідних кадрів.

Не всі лінії підтримують технології ADSL. Технічні фахівці повинні уміти кваліфікувати лінії для визначення конкретної технології ADSL, яка може використовуватися на даній абонентській лінії [4-8].

Враховуючи зростання складності послуг і, відповідно, функцій мережі, системи управління змушені застосовувати нові підходи до питань автоматизованого управління мережею абонентських телефонних ліній [8].

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є проектування абонентської мережі з використанням технології ADSL на основі досліджень технологій високошвидкісного передавання даних DSL. Для досягнення мети в ході досліджень вирішувалися кілька завдань, основними з яких є:

- розрахунок основних технічних характеристик ADSL;
- вибір обладнання асиметричної цифрової абонентської лінії;
- розрахунок частотних та часових характеристик підсилення та затухання сигналу;
- моделювання проєкту автоматизації;
- автоматизація мережі з використанням технології ADSL.

Об'єктом дослідження: є математичний апарат для описання фізичних процесів в лінії передавання та реалізація моделі абонентської мережі з використанням технології ADSL.

Предмет дослідження: технології високошвидкісного передавання даних.

Методи дослідження. Методи передавання даних та технології організації високошвидкісного передавання даних. Технічні засоби проектування та автоматизації абонентської мережі на базі технології ADSL.

Наукова новизна одержаних результатів. Результатом виконання досліджень є проектування автоматизованої мережі на основі технології ADSL, яка надає можливість реалізувати крім функцій телефонії, функції широкосмугової цифрової мережі, що включає передавання голосу, високошвидкісне передавання даних, багатоканальний телефонний зв'язок, передавання відеосигналів

Практичне значення роботи полягає в проектуванні абонентської мережі з використанням технології ADSL, розрахунку її основних технічних характеристик, а також моделювання в програмному середовищі NetCracker Professional 4.0.

Апробація.

Стафін В. Обґрунтування доцільності проектування та автоматизації абонентської мережі з використанням технології ADSL / В.Стафін - Збірник матеріалів проблемно-наукової міжгалузевої конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (АКІТ - 2022), Тернопіль, 2022. – С.38-43.

Стафін В. Компоненти глобальної ADSL-архітектури / В.Стафін - Збірник матеріалів науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів «Кібербезпека та комп'ютерно-інтегровані технології» (КБКІТ - 2020), Тернопіль, 2022. – С.99-102 .

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ADSL

1.1 Загальні характеристики технології ADSL

На сьогоднішній день в питаннях передавання інформації ми часто стикаємось з нестачею пропускної здатності каналів передавання та доступу в комп'ютерних мережах. У великих корпоративних мережах цю проблему можливо вирішити за рахунок застосування високошвидкісних каналів передавання, але у локальних мережах ця проблема залишається актуальною [1-7].

Багато споживачів користуються технологією ADSL (асиметрична цифрова абонентська лінія). Така технологія забезпечує швидку передачу даних із високою смугою пропускання за наявними мідними телефонними лініями [8].

Технологія ADSL базується на ідеї використовувати існуючу телефонну лінію для забезпечення абонентів послугами широкопалосового доступу. При цьому в технологію було закладено деякі основні принципи:

- у технології передбачена організація асиметричного обміну даними;
- при впровадженні ADSL обсяг робіт має бути мінімальним, оскільки технологія ADSL спочатку орієнтована на масове використання;
- за будь-яких порушень в устаткуванні або мережі NGN (Next Generation Network) звичайний зв'язок (телефонний) повинен працювати;
- у технології використовуються існуючі абонентські лінії телефонної мережі, в будь-якому стані.

Ці підстави стали вирішальними для розвитку технології ADSL і відбувся процес міграції звичайної телефонної лінії в систему широкополосного доступу ADSL (рисунок 1.2).

На рисунку 1.1 показані етапи розвитку середовища передавання цифрових даних (від 10 біт/с до 51 Мбіт/с). Цифрові абонентські лінії почали свій розвиток в 70-х роках створенням пристроїв доступу Basic Rate ISDN (144 кбіт/с) і дозволяють досягти таких швидкостей передавання на мідному кабелі, які раніше були доступні лише на волоконно-оптичних лініях (ВОЛЗ) [2-5].

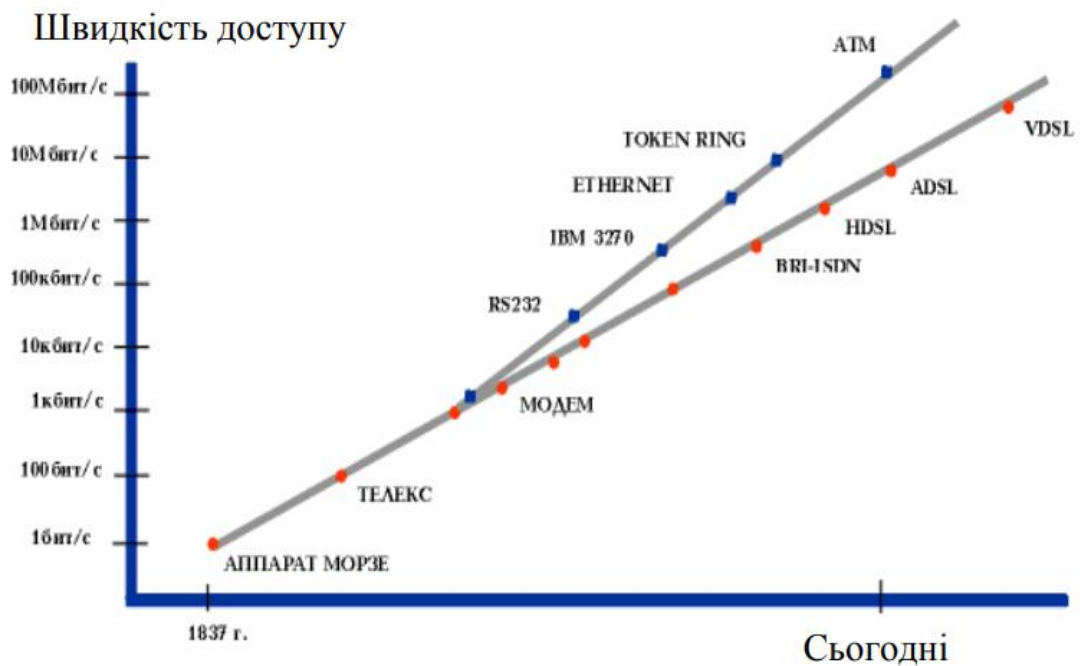


Рисунок 1.1 - Еволюція швидкості передавання цифрових даних по мідних лініях

Інтернет ADSL – це широкосмуговий доступ до Інтернету через традиційну телефонну мережу. За допомогою ADSL телефонна лінія, наявна у вашому домі, розділяється на дві смуги за допомогою розгалужувача: одна для дзвінків, друга для Інтернету та, можливо, телебачення.

ADSL означає асиметричну цифрову абонентську лінію. тобто швидкості вхідного і вихідного потоків даних різні; завантаження файлів через ADSL відбувається набагато швидше, ніж їх надсилання. Максимальна швидкість вхідного потоку для ADSL становить 50 Мб/с, максимальна швидкість вихідного потоку — 3 Мб/с [8-10].

Крім достатньо швидкого з'єднання, існує ряд інших переваг ADSL порівняно з іншими типами Інтернету [9-11], а саме:

- безлімітний інтернет за фіксовану суму на місяць;
- одночасні телефонні дзвінки та інтернет;
- без прослуховування телефону;
- доступ в інтернет на кількох комп'ютерах;
- мультимедіа, відео на замовлення, відеоконференції;
- постійний режим «онлайн».

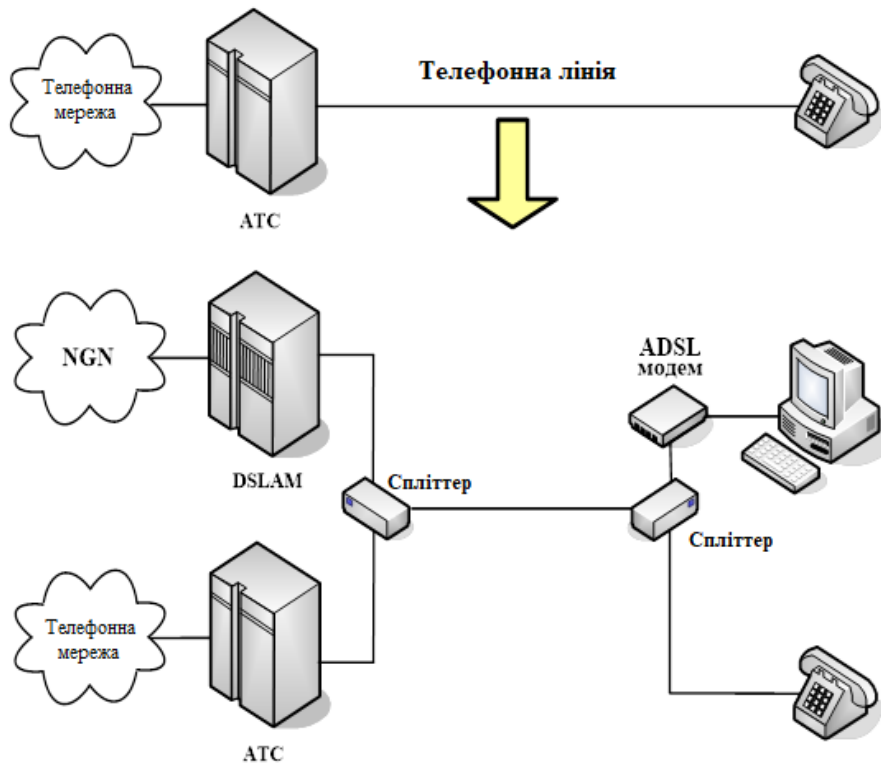


Рисунок 1.2 – Перетворення телефонії у зв'язок ADSL

ADSL був розроблений у Сполучених Штатах у 1980-х роках з метою передачі відео по звичайній аналоговій телефонній лінії. ADSL зробив відео на вимогу можливим і надсилати відеозображення через аналогову телефонну лінію стало можливим [8].

Через значне зростання використання Інтернету в 1990-х роках і людей, які шукали швидший спосіб доступу до Інтернету, розвиток нових технологій прискорився. Спочатку були розроблені кабельний Інтернет і супутникове підключення. Згодом подумали про технологію ADSL. Цю техніку було додатково вдосконалено, що зробило можливим підключення до Інтернету, яке у багато разів швидше, ніж підключення за допомогою аналогового модему.

1.2 Аналіз абонентських ліній цифрового передавання даних

ADSL є різновидом технології DSL. DSL - це аббревіатура Digital Subscriber Lines (Цифрові абонентські лінії). Існує багато інших форм DSL, вони поділяються на два типи: симетричну та асиметричну [9-11].

Типи симетричного DSL:

- Симетричний DSL (SDSL)
- Високошвидкісний DSL (HDSL)
- Високий бітрейт DSL 2 (HDSL2)
- Односпрямований високошвидкісний DSL (UDSL)

Асиметричні типи DSL:

- Асиметричний DSL (ADSL)
- DSL з адаптивною швидкістю (RADSL)
- DSL Lite/споживацький DSL
- Значна швидкість передавання сигналу DSL (VDSL)
- Широкопasmовий DSL (BDSL)

Велика різниця між двома типами DSL полягає у швидкості так званого висхідного та низхідного потоків. З симетричним DSL швидкості вхідного та низхідного потоків однакові. А з асиметричним DSL швидкість вихідного потоку завжди набагато нижча, ніж вхідного.

1.3 Характеристика роботи ADSL

Зовнішні характеристики ADSL показані на рисунку 1.3. ADSL працює на існуючих мідних телефонних лініях, використовуючи DSL-фільтр або розгалужувач, щоб ізолювати діапазони з вищими частотами, щоб можна було використовувати стаціонарну лінію та ADSL-модем одночасно [8].



Рисунок 1.3 - Зовнішні характеристики ADSL

У центральному офісі або телефонній станції лінія закінчується на мультиплексорі доступу DSL (DSLAM), де додатковий розгалужувач

відокремлює голосовий сигнал до телефонної мережі.

Спочатку люди думали, що через ту саму лінію неможливо встановити швидше з'єднання, ніж ISDN, тому ми почали шукати інший спосіб встановлення швидшого з'єднання. Тут з'явився кабельний і супутниковий Інтернет. Тим не менш, вдалося знайти спосіб встановити швидший зв'язок через існуючу телефонну лінію.

Для стандартного аналогового або ISDN-з'єднання використовуються частоти від 0 до 4 кГц. Для ADSL частоти використовуються лише від 30 кГц. Це гарантує, що ці дві форми зв'язку: дзвінки та Інтернет через ADSL не заважатимуть одна одній.

ADSL був розроблений для використання односторонньої природи більшості мультимедійних комунікацій, у яких великі обсяги інформації надходять до користувача та повертається лише невелика кількість інтерактивної керуючої інформації.

Це економічно ефективний спосіб доступу до Інтернету на вищій швидкості порівняно з традиційним комутованим з'єднанням [5, 6].

Максимальна швидкість, яку можливо отримати за допомогою вхідного потоку ADSL, становить 8 Мбіт/с. З вихідним потоком це лише 1 Мбіт/с. Вхідний потік підключення ADSL приблизно у 8 разів швидший за вихідний. Однак на практиці не можливо досягнути такої швидкості, оскільки є кілька факторів, які сповільнюють з'єднання, а саме відстань до найближчої АТС та товщина кабелю.

Одна частина дроту мідного використовується для звичайного телефонного трафіку, так званого POT (звичайний старий телефон) (рисунок 1.4). Ця частина кабелю цілком відділена від двох інших частин мідного дроту спеціальним фільтруючим розділювачем. Розгалужувач забезпечує безперебійну роботу телефонних розмов, якщо навіть ADSL перестав працювати або виникають будь-які перешкоди в його роботі.

Друга частина цього ж дроту призначена для передачі даних з боку користувачів у мережу. Третя частина призначена для передавання даних з боку мережі до користувача.

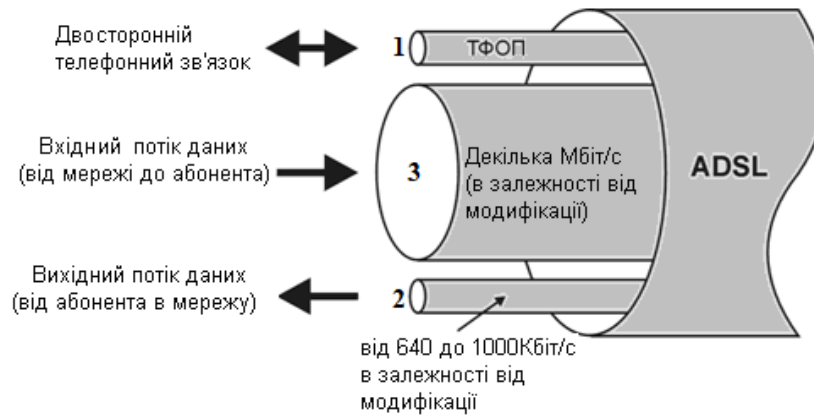


Рисунок 1.4 - Абонентська лінія ADSL

Таблиця 1.1 показує, як відстань до місцевої АТС і товщина кабелю впливають на швидкість з'єднання.

Таблиця 1.1 – Залежність швидкості передавання даних (ШПД) в ADSL від товщини кабелю та відстані від місцевої станції.

ШПД (Мбіт/с)	К-ть жил	Товщина кабелю (мм)	Відстань (км)
1.5-2.0	24	0.5	5.5.
1.5-2.0	26	0.4	4.6
6.1	24	0.5	3.7
6.1	26	0.4	2.7

Рисунок 1.5 демонструє яку пропускну здатність потребують відповідні служби.

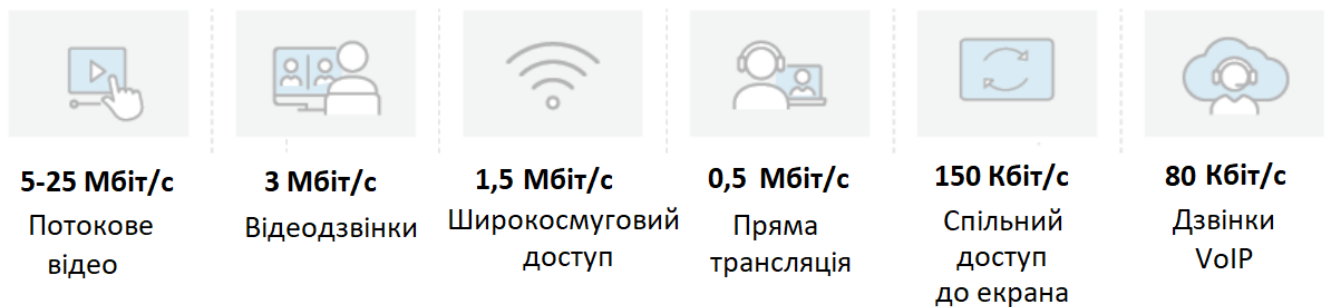


Рисунок 1.5 - Пропускна здатність відповідних служб (Мбіт/с)

Чим далі об'єкт знаходиться від найближчої місцевої станції, тим нижча ШПД може бути досягнута. Чим ближче ви до місцевої станції, тим швидше з'єднання. ADSL - з'єднання доступне не скрізь. Це також логічно, тому що максимальна відстань між місцевою АТС і будинком з підключенням ADSL

може бути лише 5,5 км. Інакше швидкість буде надто низькою, а створення нових локальних мереж - це невиправдані витрати.

ADSL як технологія потребує кількох модемів для встановлення швидкого доступу до широкосмугових мереж. Модеми встановлюються одночасно : один – в мультиплексорі, що об'єднаний з провайдером, інший – у абонента, що об'єднаний з модулем кінцевого споживача SM (Service Module) (рисунок 1.6) [4-6].

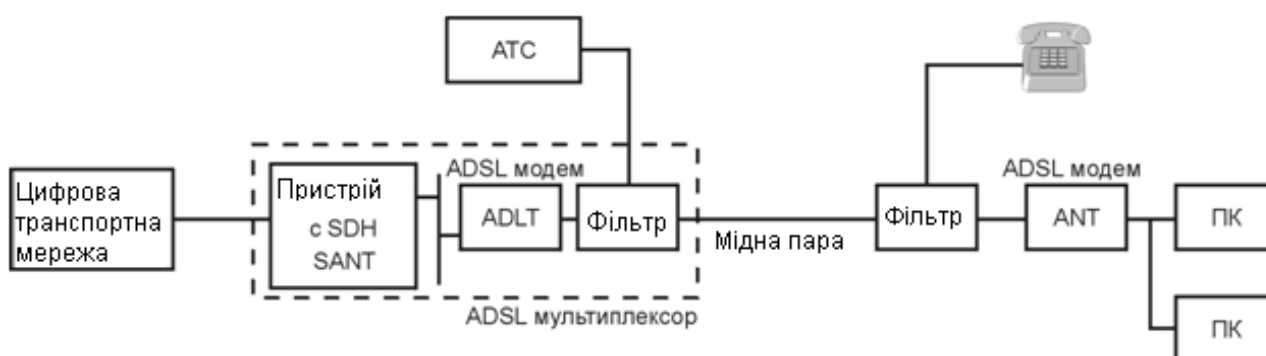


Рисунок 1.6 - Структура організації роботи ADSL

1.4 Порівняння ADSL з кабельним, модемним і супутниковим зв'язком

Існує багато різних способів доступу до Інтернету. Найвідомішими є підключення через телефонну лінію, ISDN, кабельний Інтернет, супутниковий Інтернет та Інтернет з підключенням ADSL.

Завдяки ADSL і супутниковому Інтернету ви маєте найкращу якість підключення. Супутниковий Інтернет, як правило, трохи швидший, ніж ADSL, але також набагато дорожчий. Це відбувається тому, що з найдешевшою формою супутникового Інтернету ви маєте лише вхідний доступ, а вихідний все ще йде через телефонну лінію. У дорожчому варіанті супутникового Інтернету вихідний канал також проходить через супутник. Але за цю форму супутникового Інтернету необхідно значно більше платити.

За допомогою ADSL ваша «звичайна» телефонна лінія оновлюється до дуже швидкого та постійного широкосмугового з'єднання. Це з'єднання, за допомогою якого ви можете постійно бути онлайн, оскільки ви все ще можете здійснювати та приймати дзвінки. І ви не платите за прослуховування.

Основний недолік підключення до Інтернету через кабель - чим більше людей у вашому регіоні користуються цією послугою, тим повільнішим ставатиме з'єднання, оскільки ви розділяєте швидкість з людьми в цьому районі. Особливо це проблема у великих містах. Перевага кабельної мережі - ви все ще можете здійснювати та приймати дзвінки під час використання Інтернету. І ви не платите за прослуховування.

Головною перевагою ADSL є те, що він проходить через існуючий мідний дріт. Це не стосується багатьох інших швидких форм Інтернету [5-9]. Наприклад, для кабельного Інтернету необхідно, щоб у вас спочатку був ще один кабель, який веде до вашого будинку. Це момент, де ADSL економить багато грошей і часу.

Хоча не потрібно прокладати нові кабелі через землю, щоб зробити ADSL доступним у певній місцевості, кожен користувач ADSL повинен мати ADSL-модем і спліттер, це величезна робота, яка також передбачає великі витрати.

Крім того, вам потрібні підсилювачі на більших відстанях, щоб забезпечити якомога менше ослаблення сигналу. Підсилювачі, які зараз використовує KPN, є підсилювачами, які підсилюють лише частоти нижче 4 кГц, тому їх усіх також потрібно замінити.

Зростання кількості користувачів Internet в Україні і у всьому світі, що спостерігається останнім часом, дає привід з оптимізмом поглянути на перспективи українського ринку ADSL. Можна стверджувати, що в Україні, як і у всьому світі, в області надання Internet-послуг відбуватиметься зрушення у бік широкосмугових систем.

Важливим фактором при проектуванні та автоматизації доступу в Internet (високошвидкісного) на основі технології ADSL (асиметричної цифрової абонентської лінії) є питання підбору обладнання, яке є досить суттєвим, особливо на етапі встановлення.

1.5 Аналіз функцій пристроїв у складі ADSL

Далі перейдемо до аналізу пристроїв у складі ADSL. Для цього

простежимо рух даних від ПК користувача до сервера Інтернет-провайдера (ISP). На рисунку 1.7 показано ланцюжок пристроїв, що задіяні у технології ADSL і узагальнена схема їх взаємодії.

Дані користувача передаються по HTTP - протоколу верхнього рівня. Для подальшого передавання кадри HTTP запаковуються в TCP/IP - транспортні кадри і передаються на ADSL модем. Для цього можуть використовуватися різні інтерфейси обміну, найчастіше Ethernet або USB.

Основна функція ADSL модему полягає у переформатуванні даних у стан, необхідний для передавання через ADSL. Перетворений модульований в модемі ADSL сигнал, поступає у телефонну мережу і передається на мультиплексор (**DSLAM**), який працює лишена рівні ADSL і ATM. На один мультиплексор може припадати багато підключень модемів.

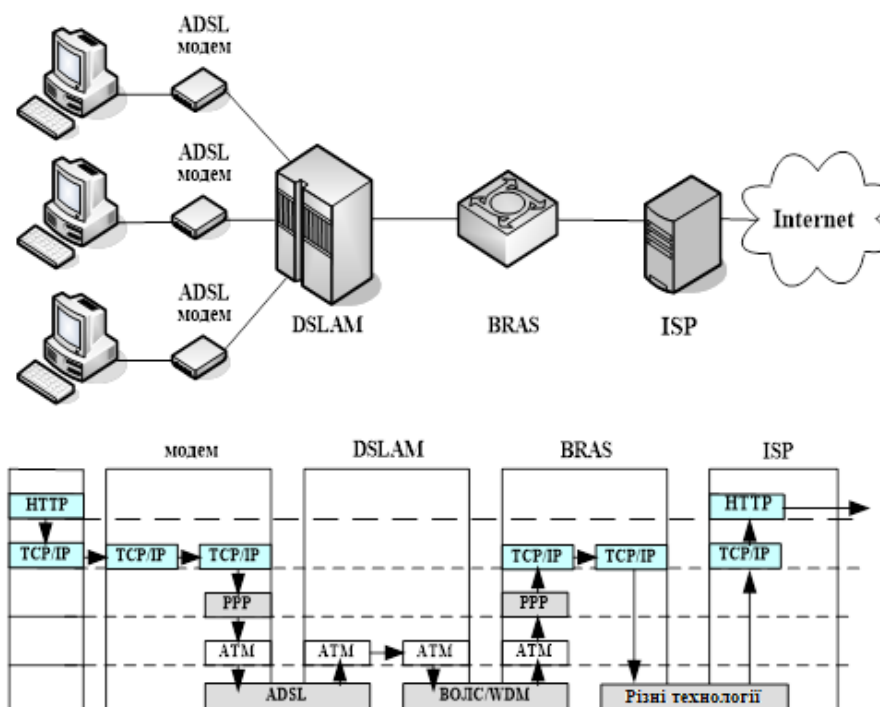


Рисунок 1.7 - Схема підключень ADSL

Головна функція DSLAM – зворотнє відновлення даних та формування потоку комірок ATM, який передаватиметься далі по мережі..

У структуру абонентського доступу увійшов ще один пристрій - широкопasmовий сервер віддаленого доступу (Broadband Remote Access Server, BRAS). Він є крайнім маршрутизатором IP для інтелектуального управління широкопasmовим доступом. **BRAS** дозволяє керувати параметрами трафіку

абонентів ADSL на рівні пакетного трафіку. Наприклад, саме BRAS регулює швидкість вихідного потоку. Крім функцій управління потоком BRAS перетворює формати даних. Тому цей компонент є достатньо важливим: далі дані передаються у мережу.

Підсумовуючи вищесказане, слід відзначити, що дійсно має значення у функціонуванні ADSL, це взаємозв'язок модему і DSLAM. Інші компоненти схеми (рисунок 1.6) відносяться до абонентських пристроїв NGN або складових частин транспортної мережі NGN.

1.6 Алгоритм кодування в системах ADSL

Специфікою ADSL є застосування 256DMT модуляції. Метод передачі, розроблений для ADSL, у тому, що з передачі сигналів використовуються 256 несучих частот. Значить, одночасно у каналі задіяні 256 модемів, кожен з яких передає дані на своїй частоті. Тому відбувається підвищення ефективності використання ресурсу через можливість компенсування шумових завад. Певним чином розподіляються частот для передачі даних вгору і вниз (рисунок 1.8) [8]. Передавання даних відбувається завдяки амплітудно-фазовій модуляції (QAM).

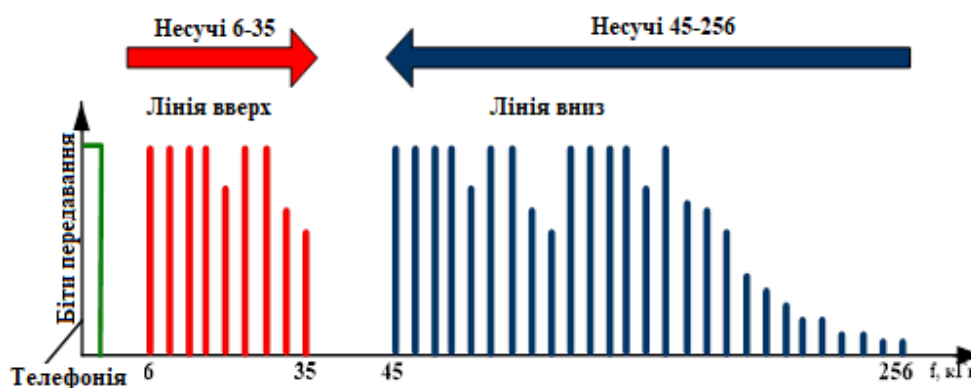


Рисунок 1.8 - Розподіл несучих частот в алгоритмі передавання 256 DMT

Об'єм інформації, що передається на окремій несучій залежить від співвідношення сигнал / шум на даній частоті. Якщо на несучій відношення сигнал / шум є незначним, то кількість на ній біт/с задається меншим. Як результат залежність відношення сигнал/шум від частоти є наслідком розподілу

швидкості передачі в абонентській мережі. Приклад функціонування алгоритму передавання 256DMT/QAM показаний на (рисунок 1.9).

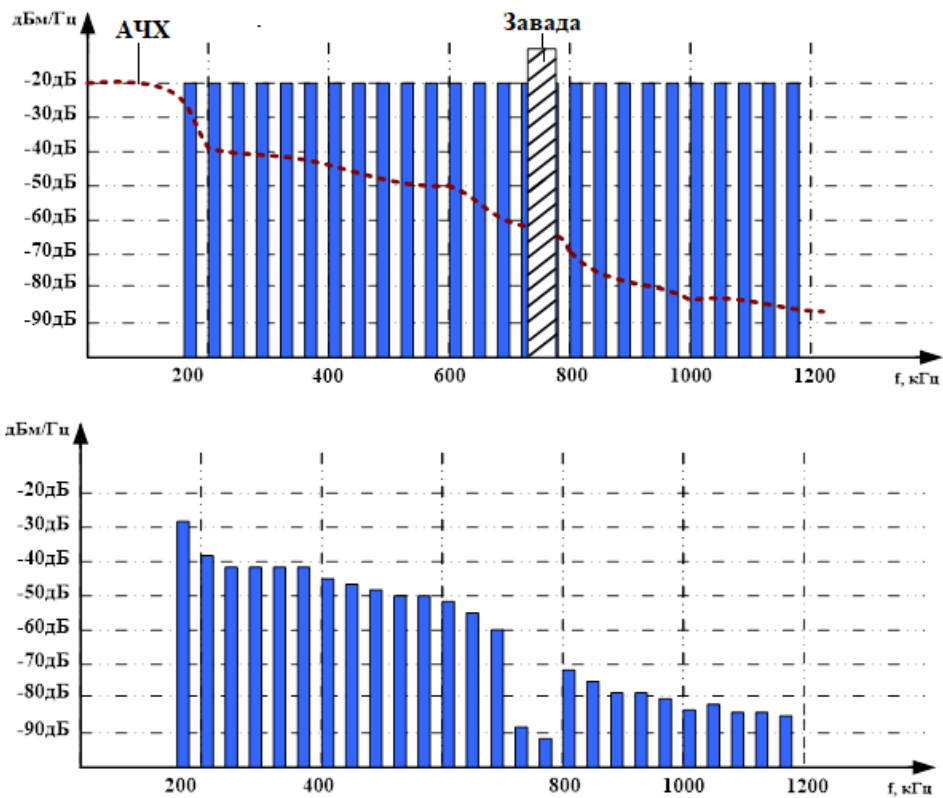


Рисунок 1.9 - Вплив шумів на розподіл рівнів передавання

Це варіант абонентської лінії, де присутня нерівномірність амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) і селективна завада. Дворівневий алгоритм передавання даних 256DMT/QAM має можливість адаптувати цифровий потік до будь-яких параметрів.

1.7 Технології ADSL2, ADSL2+, READSL2

1.7.1 Технологія ADSL2

Технологія ADSL2 сформувалася на базі технології ADSL, але з функціями підвищення ефективності [9-11].

ADSL2 характеризується відповідними доповненнями:

- модернізація алгоритму модуляції, схеми кодування та підвищення ефективності роботи фізичного рівня;
- оптимізація процедури ініціалізації модему;
- функції діагностики абонентського кабелю в процесі роботи «модем-DSLAM»;
- 3 нові механізми адаптації процесу передавання даних до порушень у параметрах абонентської лінії;
- розроблено схему роботи ADSL2 тільки в режимі цифрового передавання, без аналогового телефонного сигналу;
- скоротився час відновлення обміну даними ADSL2 завдяки режиму швидкого запуску модему.

Важливим для практики моментом технології ADSL2 є реалізація режиму управління потужністю передачі. Для ADSL не передбачався «сплячий» режим модему. Модем ADSL завжди активний, за рахунок чого збільшуються в цілому енергоспоживання на стороні користувача та рівень перехідних перешкод у кабелі. У технології ADSL2 були встановлені три режими роботи пристрою:

- L0 – режим максимальної потужності передачі (використовується у разі передачі високошвидкісного трафіку);
- L2 – режим низького енергоспоживання (відповідає передачі фонового трафіку);
- L3 – «сплячий режим» (включається, коли абонент не використовує ADSL).

У технології з'являється діагностика параметрів абонентської пари. Вимірюються найбільш критичні параметри пари: рівень шуму, рівень загасання сигналу, відносини сигнал / шум та ін. Відповідно до стандарту

вимірювання проводяться з двох сторін лінії, з боку модему і з боку DSLAM. Причому допускається ситуація, коли через погану якість лінії встановити по ній ADSL зв'язок не можливо, але можливо увімкнути один з трьох режимів діагностики:

- у процесі передачі;
- у процесі ініціації модему;
- у спеціальному режимі, що дозволяє виконати повний спектр вимірів.

Відповідно до стандарту ADSL2 у процесі роботи пари модем-DSLAM діагностуються наступні параметри абонентської пари:

- характеристика каналу на кожній несучій – еквівалент АЧХ;
- рівень шумів на кожній несучій;
- відношення сигнал/шум на кожній несучій;
- згасання у лінії;
- згасання сигналу;
- запас зі співвідношення сигнал / шум;
- максимальна швидкість передавання;
- рівень наведеної потужності на ближньому кінці;
- рівень наведеної потужності на дальньому кінці.

Ще одним важливим фактором розвитку технології ADSL2 стала поява трьох нових алгоритмів адаптації процесу передачі ADSL до умов передачі сигналів ADSL.

Алгоритми працюють за одним принципом, дозволяють без порушення зв'язку підлаштувати режим передавання пари модем-DSLAM так, щоб компенсувати вплив нової перешкоди. Саме цим дані алгоритми відрізняються від вже відомого нам 256DMT/QAM, що забезпечує підстроювання параметрів пари модем-DSLAM перед початком обміну. Таким чином, є можливість компенсувати нерегулярні перешкоди, пов'язані з перехідними перешкодами, явищами інтерференції, імпульсними шумами та ін. [9-11].

Загалом у технології ADSL було розроблено три алгоритми адаптації.

1. Алгоритм Bit Swapping1 (BS), заключається в тому, що при виникненні селективної перешкоди трансівери використовують резерв у каналі

передавання, «перетягуючи» дані з пошкоджених несучих.

2. Алгоритм об'єднання даних (Dynamic Rate Repartitioning, DRR), який дозволяє компенсувати різницю в затримках даних від різних каналів передавання за рахунок зміни параметрів налаштування мультиплексорів.

3. Алгоритм адаптації швидкості передачі (Seamless Rate Adaptation, SRA) дозволяє вирівняти швидкості різного трафіку за рахунок змін налаштувань керуючого мультиплексора.

Алгоритм BS притаманний технології ADSL2 і є обов'язковим для реалізації по всьому обладнанню ADSL2 [10]. Два інших алгоритми вважаються додатковими, оскільки пов'язані з керуючими командами від різних додатків.

Приклад роботи алгоритму BS представлений на рисунку 1.10, де показана ситуація виникнення перешкоди, що впливає на деякі несучі. Згідно з традиційним алгоритмом адаптації 256DMT/QAM для зменшення впливу даної перешкоди ми повинні зменшити рівень QAM на уражених несучих. Досвід показує, що відповідне зменшення швидкості передачі не завжди адекватно до рівня перешкоди. Це визначається тим, що QAM регулюється дуже дискретно.

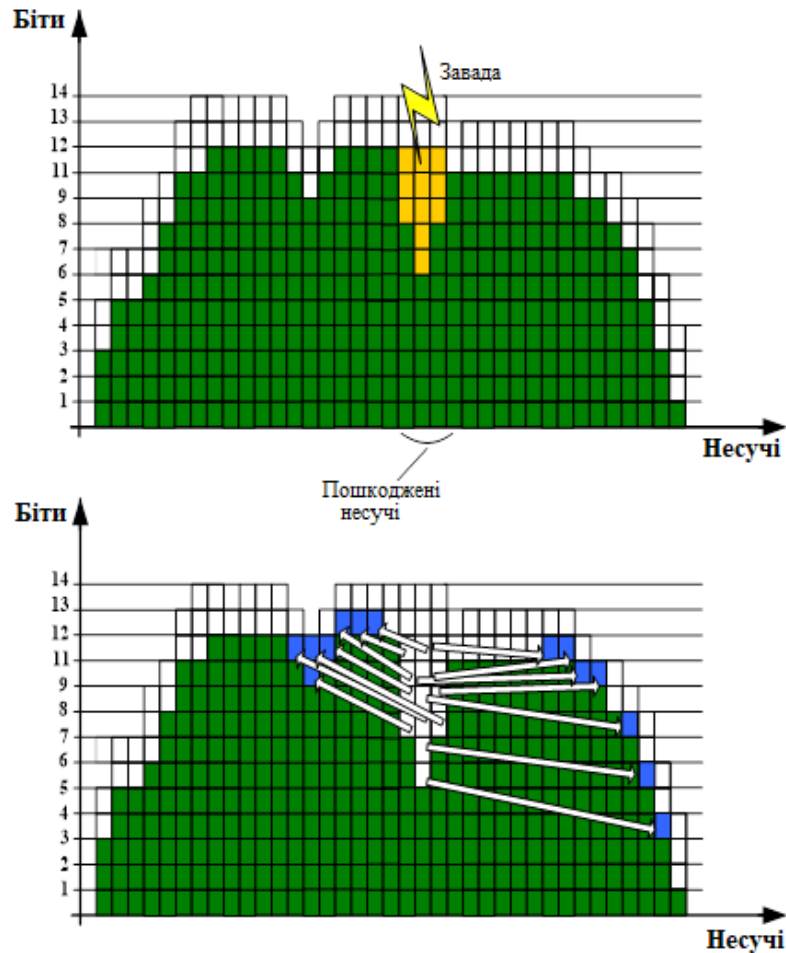


Рисунок 1.10 – Модель реалізації алгоритму BS

Наприклад, якщо на всіх несучих застосована модуляція QAM-4096, що відповідає 12 біт на один символ, що передається, то згідно 256DMT/QAM ми повинні перейти на рівень, наприклад, QAM-1024, для якого швидкість передачі буде вже 10 біт на символ. Це еквівалентно зменшенню **SNR** на даній несучій на 6 дБ. Але зменшення швидкості може відповідати реальному рівню SNR на уражених несучих. Алгоритм BS пропонує альтернативне вирішення проблеми, що розглядається. На всіх неуразених несучих існує певний резерв пропускної спроможності, пов'язаний з різницею між реальною швидкістю передачі даних на несучій і максимально допустимій. В алгоритмі BS передбачається «перемістити» уражені перешкодою символи на резервні місця у структурі сигналу (рисунок 1.10). Внаслідок такого «переміщення» швидкість обміну не зменшується, але адаптація до існуючої перешкоди виконується повною мірою.

Технологія ADSL2 покращила ситуацію з перехідними перешкодами за рахунок впровадження «сплячого» режиму в роботі модемів. Тим не менш,

фактор взаємного впливу пар один на одного є і залишається обмеженням на потенційну кількість абонентів.

Специфіка перехідної перешкоди заключається в тому, що у разі встановлення нестійкого зв'язку між парами, робота абонента ADSL в одній парі призводить до появи широкосмугового шумового фону в іншій парі, оскільки шум від перехідної перешкоди логічно проявляється у всьому робочому діапазоні частот ADSL. І чим більше зв'язків між парами, тим менше виявиться абонентів у пучку. Допомогти може алгоритм BS, наслідком якого є «перетікання» сигналів між пов'язаними парами в різні діапазони (рисунок 1.11)

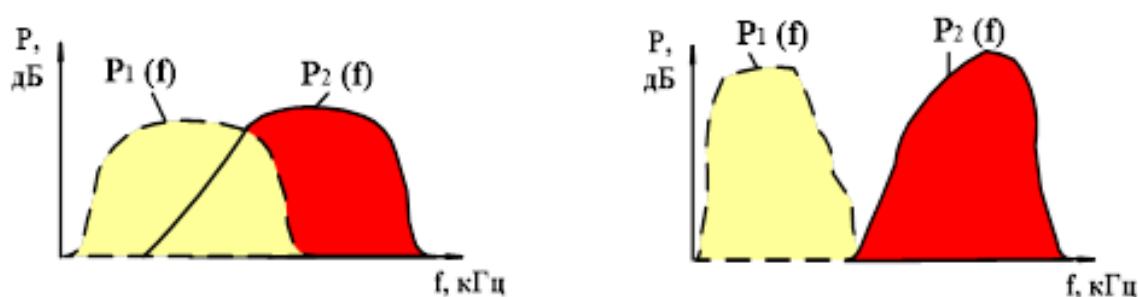


Рисунок 1.11 – «Перетікання» спектру сигналу при перешкоді у алгоритмі BS

Алгоритм DRR [10, 11] дозволяє компенсувати різницю в затримках даних від різних каналів передачі за рахунок зміни параметрів налаштування мультиплексорів. Сенс цього алгоритму: він дозволяє всередині одного потоку даних ADSL встановити кілька каналів передавання з метою регулювання затримки передачі для кожного каналу (рисунок 1.12). Це особливо затребуване у концепції Triple Play, де різні категорії трафіку мають різні вимоги до затримки у процесі передачі.

Передавання даних загалом не критично до затримки, тоді як передача мовної інформації дуже критична цьому параметру. Алгоритм DRR передбачає на початку роботи ADSL надання всієї смуги передачі потоку LP1, оскільки спочатку немає необхідності передачі голосової інформації. Але з появою першого виклику CVoDSL (передача голосу в системі DSL по виділеному каналу) частина смуги передавання з високим пріоритетом відводиться для передавання голосу, а смуга передачі, що відводиться даними, зменшується.

Поява другого виклику ще більше зменшує смугу передачі даних, оскільки передача голосу в алгоритмі DRR є більш пріоритетною. Як тільки виклики CVoDSL закінчуються, вся смуга знову відводиться передачі даних.

Таким чином, у технології ADSL2 був реалізований механізм розподілу ресурсів каналу передавання ADSL між різними категоріями трафіку, що саме по собі робить серйозний крок уперед шляхом адаптації ADSL до концепції Triple Play.

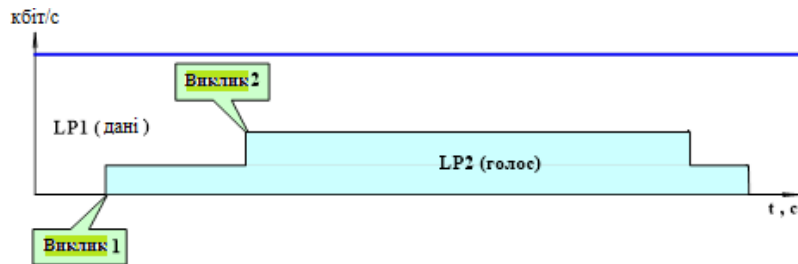


Рисунок 1.12 – Алгоритм об'єднання даних

Ще одним додатковим адаптивним алгоритмом, реалізованим у технології ADSL2, є алгоритм адаптації швидкості (Seamless Rate Adaptation, SRA).

Наприклад, на канал передавання впливає нерегулярна перешкода (рисунок 1.13). Ця перешкода діє лише обмежений час. У традиційній технології ADSL реакція у системі доступу буде наступною: радіоперешкода викликає підвищення рівня шумів у всьому діапазоні або в його частині. Як наслідок, з існуючими параметрами налаштування передати інформацію виявляється неможливим. Модем починає перезавантаження та повторну ініціалізацію. Ініціалізація займає у середньому 10 с., коли модем-DSLAM встановлює нові параметри обміну і нову сукупну швидкість передавання в каналі. Навіть якщо радіоперешкода зникне, швидкість обміну залишиться меншою за початкову.

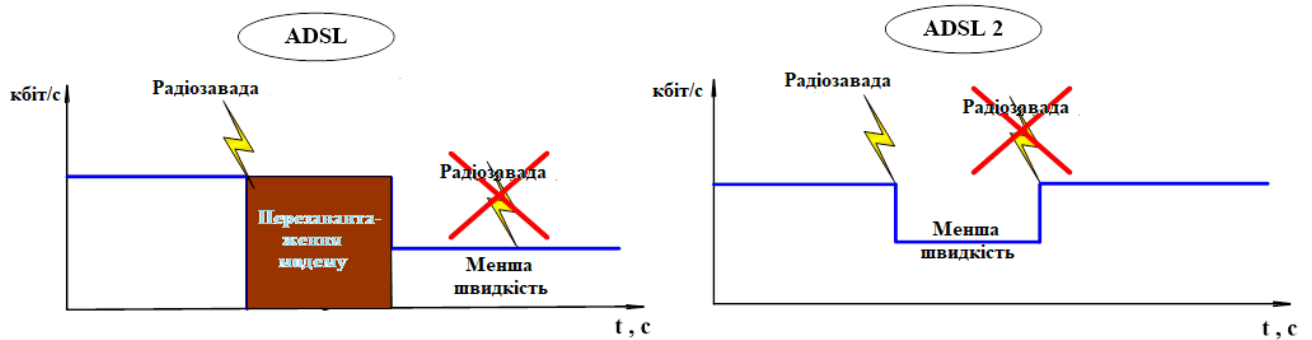


Рисунок 1.13 – Модель алгоритму адаптації швидкості

Алгоритм SRA (рисунок 1.13) [10] виконує підстроювання швидкості в режимі реального часу без необхідності перезавантаження модему. Для цього встановлюється режим зміни схеми модуляції без впливу на параметри циклового синхронізму, що в традиційній технології ADSL не передбачалося. У результаті застосування алгоритму SRA при появі радіоперешкоди швидкість обміну даними зменшується, але як тільки перешкода усувається, швидкість приймає початкове значення.

Широка популярність технології VoDSL призвела до необхідності передбачати варіанти використання ADSL лише у «цифровому режимі», без виділення ресурсу для звичайного телефонного зв'язку (рисунок 1.14). Основною перевагою при перекладі ADSL в цифровий режим роботи є підвищення швидкодії передавання даних по лінії вгору, що виявляється вкрай затребуваним для будь-яких додатків VoDSL.

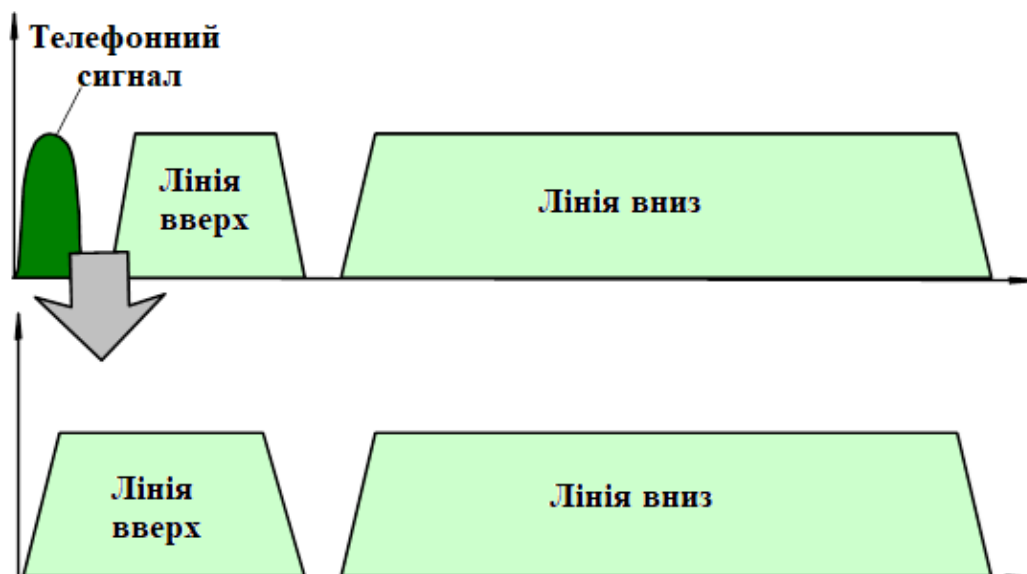


Рисунок 1.14 – «Цифровий» режим ADSL

1.7.2 Технологія ADSL2+, READSL2

Технологія ADSL2 означала реформування традиційної технології ADSL. Її наступники - ADSL2+ і READSL2 - виконують більш прикладні функції: розширення смуги передачі та зони покриття послугами.

Різниця між технологіями ADSL2+ від ADSL2 – це діапазон роботи. ADSL і ADSL2 функціонували в діапазоні до 1,1 МГц. А у технології ADSL2+ збільшено діапазон роботи до 2,2 МГц для розширення смуги передавання. У результаті підвищилася швидкість передавання за рахунок збільшення кількості несучих DMT.

Як зазначалося раніше, для традиційної технології ADSL обов'язковою швидкістю по лінії вниз була швидкість 6,144 Мбіт/с при максимально допустимій - 8 Мбіт/с. Для ADSL2 відповідні параметри становили 8 та 15 Мбіт/с. Для ADSL2+ параметри збільшилися відповідно до 16 та 24,5 Мбіт/с.

Слід зазначити, що всі переваги ADSL2+ щодо вищої швидкості обміну, актуальні тільки для користувачів, розташованих поблизу вузла зв'язку. При видаленні абонента на 2,5 км різниці між технологіями ADSL2 і ADSL2+ не існує.

Технологія READSL2 ставила за мету забезпечити велику зону покриття послугами ADSL користувачів, віддалених від вузла зв'язку [9]. За рахунок чого досягається дальність технології READSL2. Принцип досить простий: використовувати ту саму потужність, що має ADSL, але у меншому діапазоні. За рахунок цього технологія READSL2 здатна покривати великі відстані. Існує залежність швидкості передавання (рисунок 1.15) для абонентів ADSL та READSL2 від довжини лінії. Видно, що «боротьба» йде за абонентів, віддалених від вузла зв'язку понад 5 км. На такій відстані швидкість ADSL стрімко падає, а READSL2 продовжує працювати, в чому є її головна перевага.

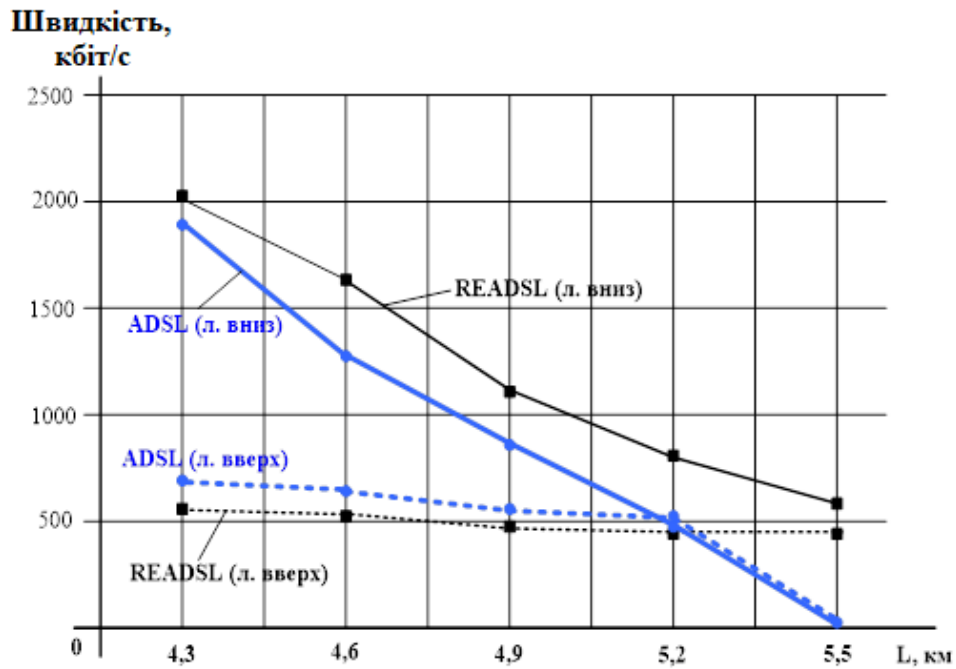


Рисунок 1.15 – Залежність швидкості передавання від довжини абонентської лінії

Серед розглянутих технологій сімейства ADSL слід вибрати обладнання, що підтримує ADSL2 +. Ця технологія найбільш ефективно використовує існуючу абонентську пару в кабелі. READSL2 забезпечує максимальну дальність передавання даних.

2 ПРОЄКТУВАННЯ АБОНЕНТСЬКОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ADSL

2.1 Підбір обладнання асиметричної цифрової абонентської лінії

Технологія ADSL, архітектура якої показана на рисунку 2.1, призначена для передавання даних на високих швидкостях абонентам, що знаходяться на незначній відстані від АТС. Дана технологія використовує існуючі мідні кабелі вита пара (по одній на кожного користувача). Технологія частотного ущільнення каналів FDM (**Frequency Division Multiplexing**) надає можливість одночасно тими ж кабелями надавати послуги телефонії POTS (**Plain Old Telephone Service**).

Тому слід визнати наступні переваги:

- використовується існуюча кабельна мережа;
- у абонента зберігаються всі телефонні послуги і апаратура.

Система ADSL, базується на технології ATM (Asynchronous Transfer Mode – режим асинхронного передавання), передбачає асиметричні швидкості передачі біт: висока швидкість в прямому каналі (до 8 Мбіт/с) і низька швидкість в зворотному каналі (до 1 Мбіт/с). Ця властивість асиметрії вимагає широкого діапазону частот і з'єднання Ethernet. [8-10].

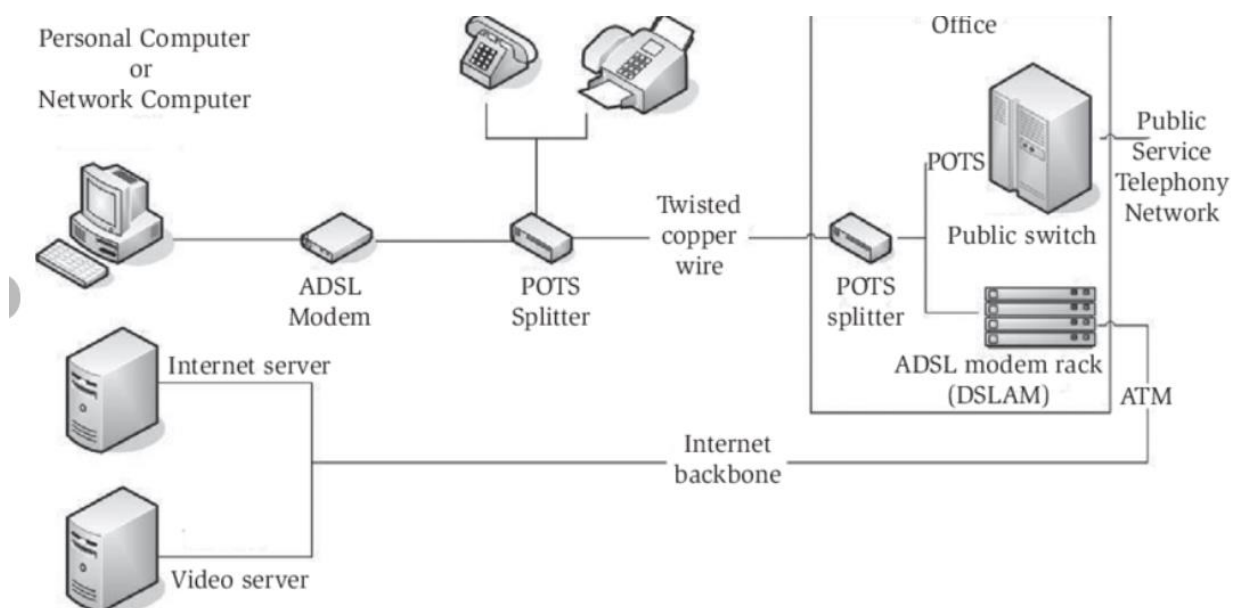


Рисунок 2.1 – Архітектура ADSL

Дані користувача (з'єднання по Ethernet, управління) і дані системи ОАМ (експлуатація, адміністрування і обслуговування) передаються із застосуванням АТМ - комірок. Використання АТМ надає можливості удосконалювати послуги без зміни мережевого обладнання.

Фізично АСАМ мультиплексор з'єднаний з АТМ комутатором. Механізмом передавання служить або синхронна цифрова ієрархія SDH або плезіохронна цифрова ієрархія PDH. АНТ блок підключається до термінального обладнання ТЕ (Terminal Equipment) і до LAN мережі по протоколу Ethernet.

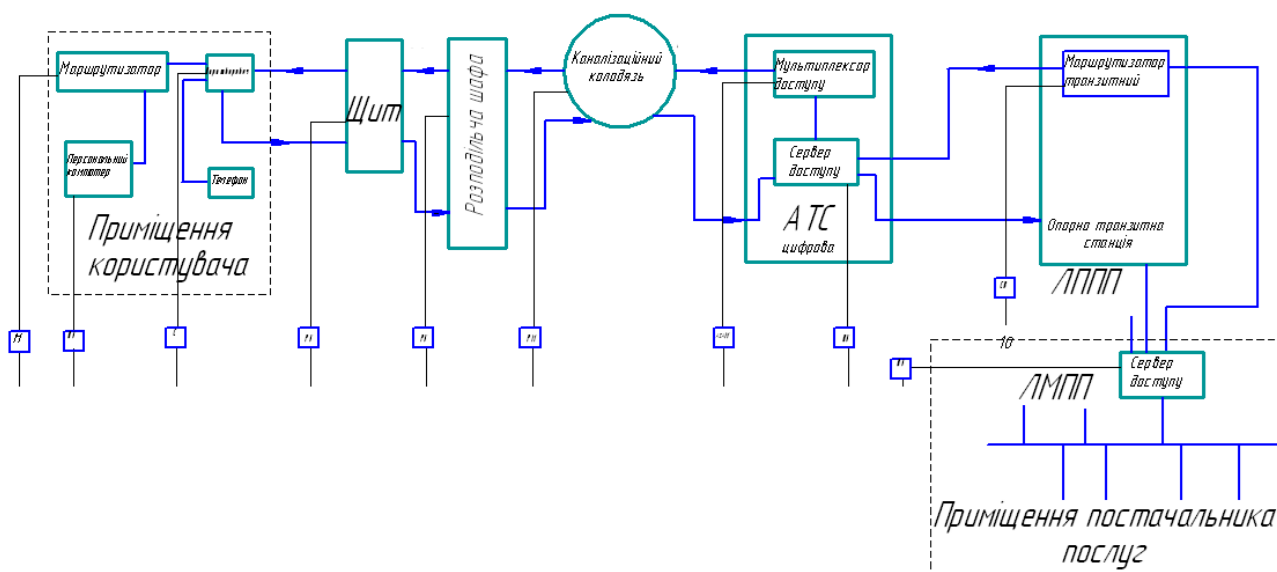


Рисунок 2.2 - Схема автоматизації мережі з використанням технології ADSL

Мережева архітектура показана на рисунку 2.3.

Для забезпечення наскрізних з'єднань у мережевій архітектурі, показаної на рисунку 2.3, використовують технології:

- стандартна LAN технологія між ПК і АНТ;
- АТМ і ADSL технології між АНТ або платою мережевого інтерфейсу і ADSL – обладнанням на стороні АТС;
- передавальне обладнання між АСАМ і територіальною мережею WAN;
- комутатори в ядрі мережі WAN.

Мережа в абонентських приміщеннях.

Мережа в приміщеннях абонентів представляється або окремим ПК, або невеликою LAN. Об'єднання АНТ з крайніми системами здійснюються LAN-обладнанням, яке повинно відповідати вимогам інтерфейсу.

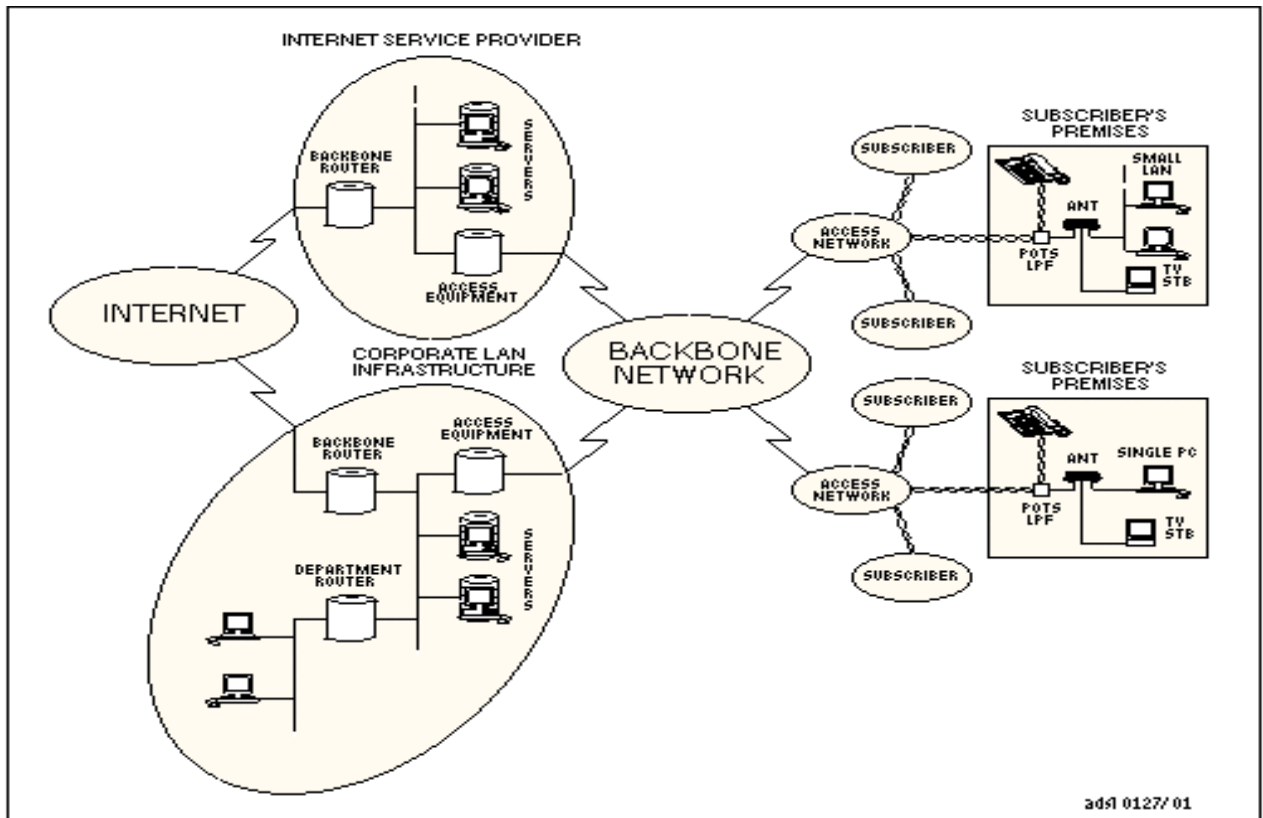


Рисунок 2.3 - Мережева архітектура

ADSL- доступ реалізує спосіб сигнального опрацювання або модуляції, необхідної для реалізації з'єднання по абонентській витій парі з застосуванням передавальної технології (ADSL- модемів). Дискретна багатотонава DMT-модуляція (Discrete Multi-Tone) покладена в основу цієї технології. DMT-модуляція інтегрована в ASAM на боці CO і в ANT на боці абонентів.

Системна архітектура.

Основні компоненти глобальної архітектури ADSL (рисунок 2.4):

- мультиплексор для ADSL на стороні CO;
- блок реєстрації аварій;
- послідовний ADSL- розширювач;
- мережеве ADSL – закінчення ANT на боці абонента;
- переносний мультиплексор R-ASAM;
- адміністратор елементів мережі.

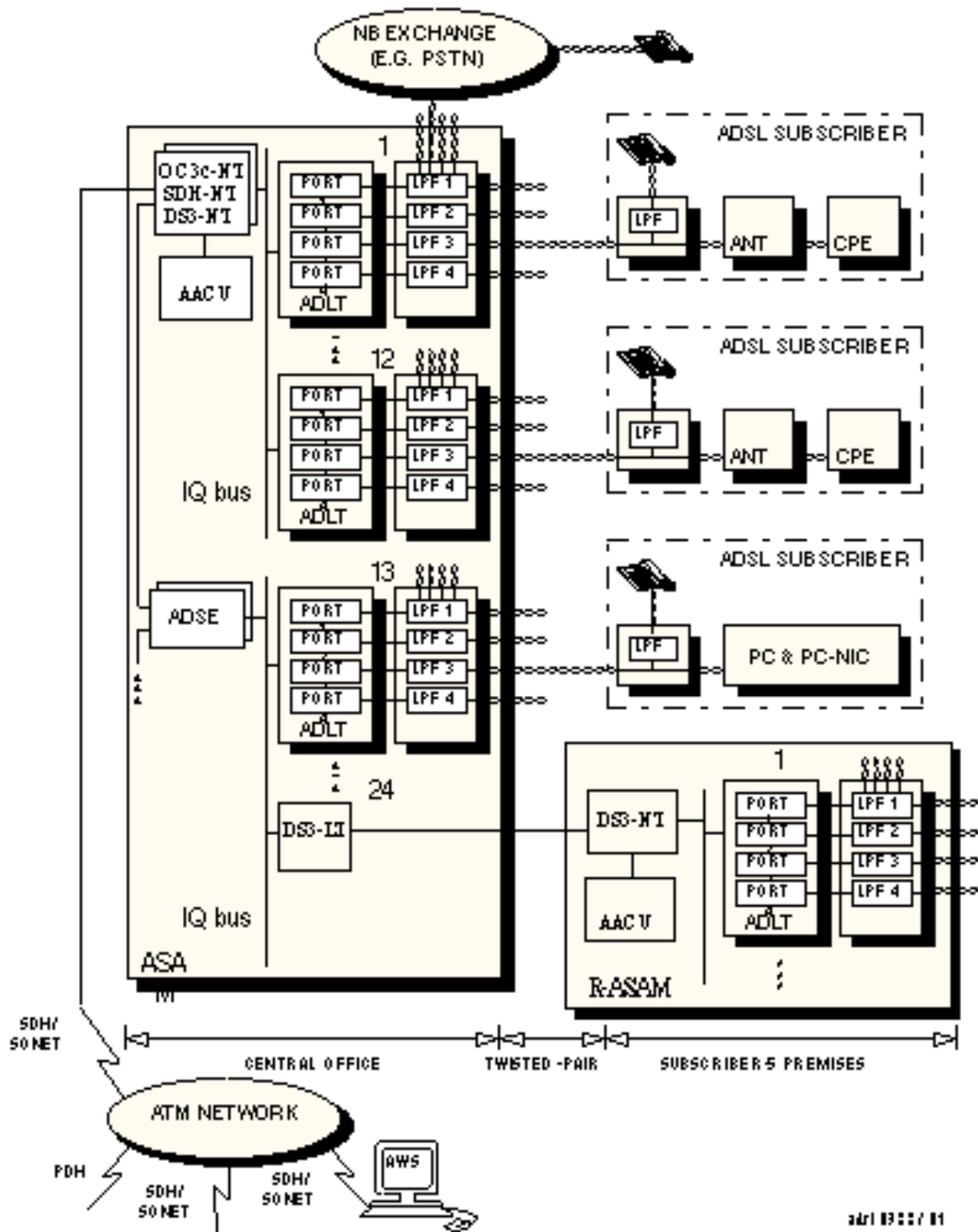


Рисунок 2.4 - Глобальна архітектура ADSL.

ASAM.

Через інтерфейси SDH STM1 або SONET OC3c мультиплексор ASAM з'єднаний зі станцією, де реалізується технологія BB-ISDN ATM [10].

Модемні інтерфейси мультиплексора ASAM також забезпечені розгалужувачами PS, які ущільнюють частотні домени для сигналів ADSL і POTS. Блок ACU відповідає за відображення аварійних ситуацій і стиковку з відповідною системою, що знаходиться в будівлі АТС.

На кожен штатив приходиться один блок АСУ (4 блоки АСУ в мультиплексорі АСАМ).

2.2 Опис функцій мультиплексора АСАМ

Архітектура АСАМ.

З точки зору доступу ADSL мультиплексор АСАМ знаходиться на боці АТС. Абоненти підключаються з допомогою обладнання АСАМ по мережевому кабелю вита пара до широкосмугової мережі (ВВ) і вузькосмугової телефонної станції (NB Narrow Band).

Мультиплексор АСАМ перетворить дані, що поступають від різних абонентів, у формат АТМ. АСАМ також здійснює модуляцію QAM, що дає йому можливість працювати у правильному режимі.

Основні функції мультиплексора АСАМ:

- стиснення;
- керування (OAM);
- термінальна адаптація;
- розгалуження (PS);
- електроживлення.

Синхронна термінація мережі АТМ SАNT (Synchronous АТМ Network Termination) версії D (SANT-D) підключає систему передавання даних мережі до А1000 ADSL системи і виконує функції на фізичному і АТМ рівнях.

Система передавання даних мережі працює зі швидкістю 155,52 Мбіт/с.

SDH/SONET є мережевим закінченням для потоку даних у мультиплексорі АСАМ SАNT-D. SDH/SONET здійснює адаптацію АТМ-комірок, які переносяться до шини IQ і в зворотньому напрямі. Наприклад, для керування 12 субштативами необхідна 1 одиниця SАNT-D і 11 розширювачів ADSE (12 субштативів * 12 LT * 4 канали = 576 каналів).

Предметно мережеве закінчення SАNT-D знаходиться на з'ємній платі, яка уставляється в штатив мультиплексора АСАМ біля шини IQ.

IQ шина

Шина IQ здійснює керування та рух даних між NT і лінійними інтерфейсами. Тобто стискає бітові потоки. Фізично - це шина між SANTI-D/ADSE-A і лінійним закінченням ADLT(**ADSL Line Termination**) Предметно IQ у вигляді шини знаходиться друкованої платі задньої панелі ВРА (**Backpanel Printed board Assembly**), закріплена у вигляді системної плати в ADSL-штативах. По шині IQ відбувається взаємодія між платами SANTI-D/ADSE-A, ADLT і AACU.

Шина IQ розділяє шляхи (по 8 біт) для прямого і зворотнього руху даних, містить синхронізатор і управляючі сигнали. Швидкість передавання інтерфейсу складає 155 Мбіт/с. Переміщення в обох напрямках відбувається АТМ-комірками, фреймами по 54 байти.

Функціональний опис АНТ.

Мережеве закінчення АНТ встановлюється у приміщеннях абонентів і виконує функції з'єднання абонентського ТЕ з вхідною абонентською лінією.

Для прямого потоку блок АНТ є закінченням для DMT-модульованого сигналу, який надійшов з СО. Він демодулює сигнал і перетворює ті АТМ-комірки, в потік цифрових бітів, які можуть перенаправлятися на обладнання абонента ТЕ.

Для зворотнього потоку блок АНТ виконує зворотні дії.

Термінальна адаптація.

ADLT перетворює, отримані від SANTI-D і призначені для абонента АТМ-комірки, в DMT- модульовані сигнали і навпаки, тобто працює на фізичному і АТМ- рівнях.

Предметно функція ADLT розміщується на одній друкованій платі з 4 портами ADLT (4 з'єднання), де також реалізуються функції управління (OAM).

Розгалужувач PS.

На лінії абонента частото мультимплексовані аналогові та ADSL- сигнали накладаються.

При русі у зворотному напрямі ADSL- і POTS-сигнали розділяються і при русі у прямому - об'єднуються у ASAM за допомогою спеціальних фільтрів:

- ФНЧ, послабляє ADSL- сигнали;
- ФВЧ, запобігає всім збуренням.

Фільтри можуть бути реалізовані як на пасивних, так і на активних фільтрувальних елементах.

Зовнішні інтерфейси.

Фізично у самому мультиплексорі ASAM здійснюється однотипне передавання даних: плата SANT-D передає імпульси на головний і зовнішні субштативи по оптичному волокну. Тоді, коли виникає потреба у підвищенні деяких функцій, вхідне волокно і плата SANT-D накладаються. У загальному випадку активна лише SANT-D.

Отже, плата SANT-D контролює кілька ASAM-шин:

- IQ;
- спецлінії;
- ACU;
- у головному і розширювальних субштативах;

За кожною системною платою ВРА і кожним її вузлом закріплений унікальний номер. Це 32-бітний номер (ID0...ID31), означає фізичне місце розташування. Кожен біт має своє функціональне призначення.

Джерелом живлення для мультиплексора ASAM є джерело на 48 або 60 В.

У ADLT-платі, яка є вставним блоком для системи A1000 AD, міститься 4 незалежних лінійних ADSL-закінчення LT або порту. Всі порти здійснюють двосторонній доступ до ANT по кабелю, який вже прокладений для аналогової телефонії.

ADLT-плата витягує з потоку або вставляє ATM- комірку для кожного порту, беручи значення VPI/VCI для кожної комірки. Крім цього ADLT- плата також виконує і лінійне закінчення, і власні функції контролю.

2.3 Допоміжне обладнання

2.3.1 Модем Acorp Sprinter@ADSL W422G

ADSL модем Acorp Sprinter@ADSL W422G (рисунок 2.5) [13] з функціями маршрутизатора, комутатора (4 порти 10/100 Мбіт/с Fast Ethernet Auto MDI/ MDIX) і точки доступу (802.11b/g, 54Мб/с) безпроводної мережі, забезпечує можливість розділення доступу в Інтернет для декількох ПК в офісі або удома.



Рисунок 2.5 - Модем Acorp Sprinter@ADSL W422G

Технічні характеристики даного ADSL модему описані в додатку 1.

2.3.2 Модем Callisto 821 +R3 (ADSL2+)

CALLISTO 821+ (рисунок 2.6) - це модем ADSL/ADSL2 [14], який використовується, перш за все, для забезпечення широкосмугового доступу абонентів або груп користувачів ЛОМ, які використовують для доступу в Інтернет спільне з'єднання по ADSL/ADSL2/ADSL2+. Цей модем забезпечує порт регіональної мережі (WAN) за допомогою передачі трафіку АТМ понад ADSL/ADSL2/ADSL2+ та з'єднання з локальною мережею за допомогою одного порту 10/100BaseT Ethernet.



Рисунок 2.6 - Модем Callisto 821 +R3 (ADSL2+)

Модем забезпечує високошвидкісну асиметричну передачу даних та

забезпечує декілька одночасних відеосеансів, які вимагають великої смуги пропускання. Для забезпечення якості обслуговування в напрямку від абонента модем підтримує розподіл та передачу пакетів за пріоритетом згідно 802.1р.

Технічні характеристики даного ADSL модему описані в додатку 1.

2.3.3 Дводіапазонний модем ADSL2+ Annex A/B з портами USB і Ethernet

Модем P660RU2 (рисунок 2.7) – це універсальне і надійне підключення абонента до Інтернету по швидкісному каналу ADSL [15]. До порту USB можна підключити будь-який ПК, а до порту Ethernet – інший комп'ютер, приставку для цифрового телебачення або цілу мережу через комутатор.



Рисунок 2.7 - Дводіапазонний модем ADSL2+ Annex A/B

Для налаштування підключення до Інтернету і цифрового телебачення достатньо вибрати провайдера і тариф, а все інше зробить інтелектуальна технологія ZYXEL NetFriend.

Технічні характеристики даного ADSL модему описані в додатку 1.

2.4 Система послуг і швидкості передавання даних

Система передавання даних ADSL забезпечує прямий і зворотній зв'язок по одинарному кабелю без повторювачів.

Внаслідок об'єднання у ADSL-системі DMT-технології і АТМ- режиму передавання виникають наступні можливості:

- ефективне поєднання послуг з різними пропусковими смугами і

різними характеристиками трафіку, а також отримання максимальної швидкості від DMT-модему;

- визначення в автоматичному режимі максимальної швидкості ініціалізації модему. Тут система задає швидкість, оптимізуючи тим самим рівень шумів і знижуючи до мінімуму потужність передавання. Це дає змогу регулювати якість обслуговування. Швидкість передавання можна доводити до максимальних показників, а також регулювати їх для окремого абонента;

- поєднання технологій DMT і ATM дає змогу системі працювати на низьких швидкостях тоді при нестабільній роботі ліній. Система вмикається навіть у несприятливих умовах, інформуючи про це систему управління;

- перерозподіл швидкостей ATM- комірок (вставляння або видалення пустих комірок) дозволяє передавати дані на будь-якій швидкості (аж до максимальної, яка можлива на ADSL- з'єднанні);

Як зазначалося раніше, передавальна здатність цифрових даних у ADSL- системі асиметрична, оскільки швидкості різні у прямому і зворотньому напрямках:

- у прямому напрямку швидкість - від 0,25 до 8,0 Мбіт/с, параметр ступінчастості - 32 Кбіт/с;

- у зворотньому напрямку швидкість - від 35 Кбіт/с до 1 Мбіт/с. Але тут вона залежить від характеристик шлейфу і підтримуваних двосторонніх послуг.

2.5 Розробка схеми проекрованої мережі доступу

У даній роботі на базі обладнання ADSL виконаємо проектування та автоматизацію абонентської мережі доступу в Інтернет для 164 абонентів.

Для реалізації даного завдання використаємо апаратні і програмні засоби пристроїв ADSL, виготовлені компанією Alcatel.

Важливе значення при побудові ADSL-мережі має правильне поєднання апаратних і програмних засобів [16-21]. Детальний склад системи ADSL описаний у розділі 2.1

У ролі ключового обладнання оператора у проектованій мережі

використаємо 6 ADSL мультиплексорів A7300 ASAM, що розміщені в кросах АТС (3).

Склад мультиплексорів ASAM приведено нижче.

1 і 3 мультиплексори:

- стійка ETSI UT-9 - корпус;
- плата SANT-D забезпечує доступ до цифрової SDH- системи передавання зі швидкістю 155,52 Мбіт/с і адаптує до цієї системи АТМ, які переносяться по шині IQ в обох напрямках. Додатково тут передбачені функції експлуатації і технічного обслуговування;

- плата AACU відображає аварійні ситуації і стиковку з відповідною системою, що знаходиться в СО;

- плати Adlt (7 шт.), До кожної плати під'єднується по 4 ADSL модеми (всього 28 шт.). 14 з них – модеми Callisto 821 +R3 (ADSL2+); 13 – модеми ADSL2+ Annex A/B з портами USB і Ethernet; 1 – модем Acorp Sprinter@ADSL W422G;

- Спліттери по 7 шт, де здійснюється розділення ADSL і POTS сигналів;
- Спліттери зовнішні, знаходяться в абонентському приміщенні і сполучені з витою парою (у зворотному напрямі).

2, 4, 5 мультиплексори за комплектацією апаратної частини ідентичні першому і третьому мультиплексорам.

Шостий мультиплексор містить 6 плат ADLT і 6 плат спліттерів. До нього також підключаються по 12 ADSL модемів Callisto 821 +R3 (ADSL2+) і ADSL2+ Annex A/B з портами USB і Ethernet.

До 2-го і 4-го мультиплексора ASAM під'єднуються 13 модемів Callisto 821 +R3 (ADSL2+); 14 –дводіапазонних модемів ADSL2+ Annex A/B з портами USB і Ethernet; 1 – модем Acorp Sprinter@ADSL W422G.

До 5-го мультиплексора під'єднуються по 14 ADSL модемів Callisto 821 +R3 (ADSL2+) і ADSL2+ Annex A/B з портами USB і Ethernet.

Компанія “Alcatel” запропонувала замовникові використовувати як клієнтське устаткування ADSL модеми трьох видів, призначених для підключення індивідуальних користувачів, локальних мереж та абонентів

SOHO (Small Office / Home Office).

Індивідуальні користувачі використовують внутрішні модеми Callisto 821 +R3 (ADSL2+).

Абонентам SOHO доступ в Інтернет реалізується через дводіапазонні модеми ADSL2+ Annex A/B з портами USB і Ethernet.

Локальні мережі під'єднуються через модеми Acorp Sprinter@ADSL W422G.

Управління компонентами мережі здійснюється через робочу станцію AWS (**ADSL Work Station**), де застосований протокол SNMP.

ASAM устаткування підключається до існуючої системи передавання SDH через АТМ–комутатор абонента по каналах STM-1. Мультиплексор доступу приймає потоки комірок від окремих абонентів і мультиплексує їх для подальшого транспортування у "вхідному" напрямі. Після того АТМ-комутатори переправляють потоки до місць призначення. Відновлення пакетів здійснюється магістральним маршрутизатором або сервером виділеного доступу (RAS). Вказані пристрої термінують той рівень інкапсуляції у використовуваному стеку протоколів, який призначений для користувача, а відновлені пакети направляє адресатам [11].

Вихід в мережу Інтернет забезпечується через сервер X.1000 (A7410), який під'єднаний до АТМ – комутатора потоком STM-1.

Також для реалізації проекту необхідно використати 6 ASAM мультиплексорів, до яких підключаються 164 модеми:

- 80 модемів Callisto 821 +R3 (ADSL2+);
- 80 модемів дводіапазонних модемів ADSL2+ Annex A/B з портами USB і Ethernet;
- 4 модеми Acorp Sprinter@ADSL W422G;
- 160 спліттерів (спліттери при підключенні локальних мереж не використовуються).

Таким чином, загальний перелік необхідного обладнання для мережі доступу, представлено в таблицях 2.1 – 2.3.

Таблиця 2.1 – Обладнання для апаратної частини мережі

<i>Опис</i>		<i>Кіл-сть</i>
Апаратна частина		
<i>ADSL базова конфігурація – обладнання оператора</i>		
1	Стійка ETSI UT-9 2200mm 48VDC	6
<i>Плати</i>		
2	SANT-D, STM-1	6
3	Alarm Control Unit (AACU)	6
4	ADLT	41
5	Passive POTS splitter 600 ohm	41
<i>ADSL базова конфігурація – обладнання клієнта</i>		
6	Модем Callisto 821 +R3 (ADSL2+)	80
7	Двodiaпазонний модем ADSL2+ Annex A/B з портами USB та Ethernet	80
8	Модем Acorp Sprinter@ADSL W422G	4
9	Спліттери (з боку абонента)	
10	Passive POTS splitter 600 ohm	160
<i>ADSL базова конфігурація – обладнання – кабелі</i>		
11	Кабель MDF-ASAM 24 pair 25 meter	6
12	Оптичний кабель	6

Таблиця 2.2 – Обладнання для системи управління мережею

<i>Опис</i>		<i>Кіл-сть</i>
Система управління мережею ADSL (AWS)		
1	Сервер Oracle V7.3.2.2.0 RTU (8 conc. users)	1
2	ПО NM Expert 1390 Management SW (inclusive Dataview graphical interface)	1
3	Ліцензія AWS License fee per user (including MIB fee)	164

Таблиця 2.3 – Обладнання доступу в мережу Internet

<i>Опис</i>		<i>Кіл-сть</i>
Обладнання доступу в мережу Internet		
Системні блоки і плати		
1	X1000 shelf (includes fan, clock and alarm modules).	1
2	Power Supply 500 Watts DC.	2
3	System Control Module, Model 120.	1
4	3 WAN + 1 Ethernet	2
5	ATM Line Interface with single OC-3 Single mode IH port.	1
6	DC Fuse Panel (Hendry).	1
7	Switch Software, Release 2.2.	3

3 ПРОЄКТ АВТОМАТИЗАЦІЇ АБОНЕНТСЬКОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ADSL

3.1 Проєкт автоматизації мережі

Для розробки проєкту автоматизації мережі я використовую програму NetCracker Professional 4.0. Вона дає змогу спроектувати систему автоматизації мережі на базі технологій ADSL. Крім того, можна проаналізувати ступінь завантаженості, швидкість та обмін пакетами мережі.

Спроекуємо мережу користувачів, яка включає в себе близько 20 багатоповерхових будинків. Сервер доступу АТМ здійснює з'єднання проєктованої мережі з мережею Інтернет. У якості магістралі використаємо кільце ADSL, яке об'єднує 300 робочих груп і 5000 ПК. Для автоматизації мережі нормою вважається завантаження робочих груп на 30%. Найбільш завантаженою є мережа під час передачі файлів та використання додатків реального часу, що передбачають передачу голосу й відео.

Особливістю цієї мережі на основі високошвидкісних технологій є кабельна система. Основна її частина усередині будинків виконана витою парою категорії 5 і модемі ADSL. Мережа, реалізована за технологією відкритого доступу, була малопродуктивною, і майже завжди була перевантажена. Основна особливість запропонованого проєкту – вибір тих частин мережі, які передбачається зберегти на початкових етапах модернізації мережі, і перехід на АТМ. Для створення магістралі будинку використовуємо комутатори, які пропонує постачальник Switch Software, Release 2.2.

Система ADSL поділяється на дві частини, перша - на стороні постачальника послуги (ASAM) (рисунок 3.1). Вона включає АТМ-мультиплексор. Друга - на боці користувача (рисунок 3.2), яка включає розгалужувач PS (POTS Splitter) і мережеве закінчення ANT (**ADSL Network Termination**).

Інфраструктура, за допомогою якої здійснюється автоматизація ADSL-мережі, повинна складатися хоча б з чотирьох функціональних груп:

- LAN користувача;
- підмережа оператора (мережа доступу, мультиплексори, широкосмуговий комутатор ВВ, швидкісна опорна мережа);
- LAN провайдера послуг Інтернет (у випадку, коли доступ до Інтернет здійснюється через провайдера);
- LAN підприємства (у випадку, коли здійснюється доступ до корпоративної мережі).

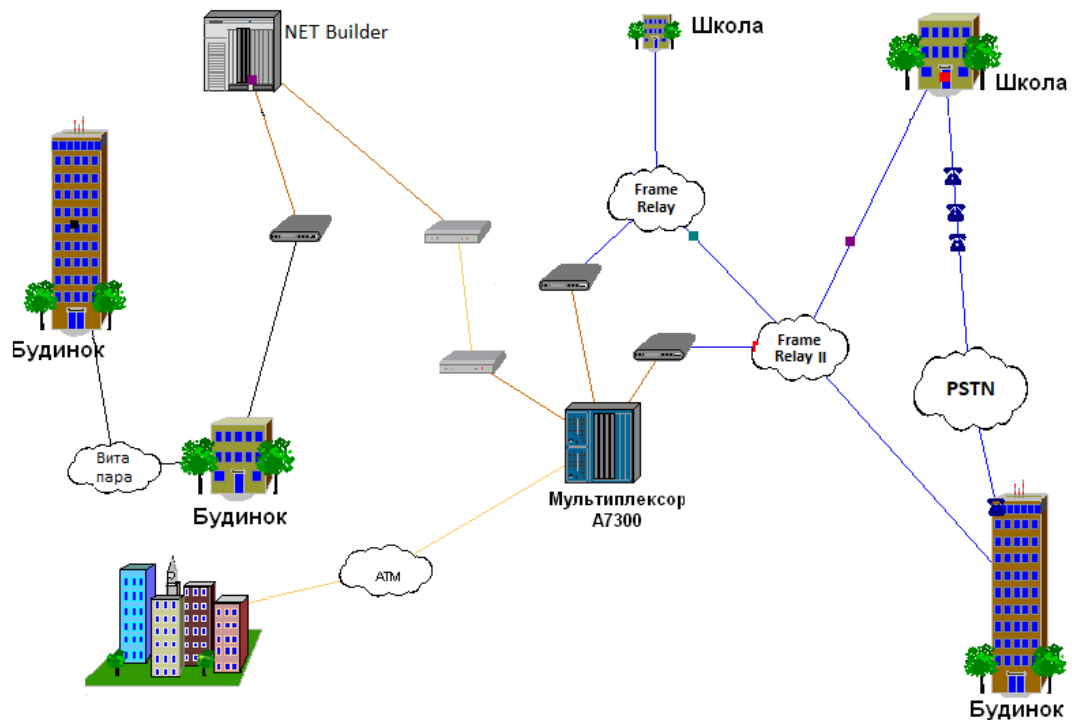


Рисунок 3.1 - Узагальнена схема мережі ADSL з боку постачальника

Для вирішення поставленої задачі використаємо наступні типи спецмодемів ADSL: Callisto 821 +R3 (ADSL2+), ADSL2+ Annex A/B та Acorp Sprinter@ADSL W422G. Ці компоненти дають змогу користуватись Інтернетом одночасно з телефонним зв'язком.

Вбудований модем Callisto 821 +R3 (ADSL2+) застосовується в основному для дрібних приватних користувачів. Застосоване з'єднання Point to Point (PPP).

Зовнішній модем дводіапазонний ADSL2+ Annex A/B та Acorp Sprinter@ADSL W422G застосовується як для дрібних користувачів, так і для малоємних LAN. До його складу входить вбудований порт Ethernet.

Зовнішній модем Acorp Sprinter@ADSL W422G застосовується для користувачів великих LAN. Також він виконує функції маршрутизатора (router).

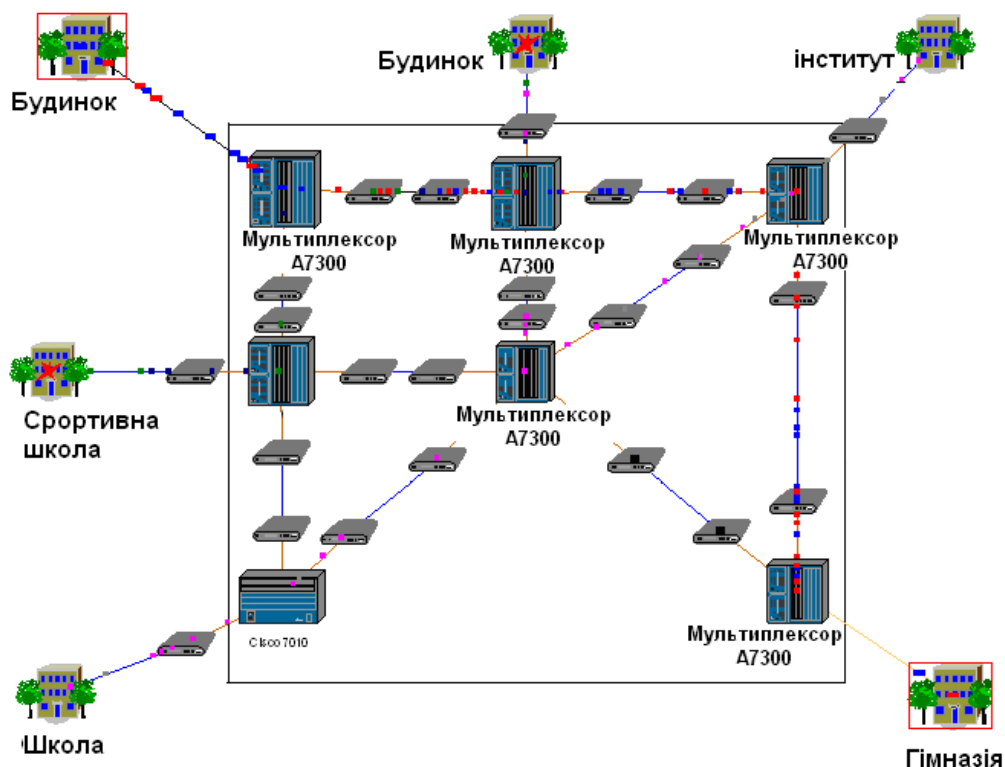


Рисунок 3.2 - Схема мережі ADSL з боку користувача

Відповідність стандарту ADSL для модему Модем Callisto 821 +R3 (ADSL2+):

- підтримка стандарту ANSI T1.413, версія 2;
- підтримка стандарту ITU G.992.1 ANNEX A (G.dmt);
- підтримка стандарту ITU G.992.2 ANNEX A (G.lite);
- максимальна швидкість приймання даних 1,5 Мбіт/с та 512 Кбіт/с для передачі даних.

Відповідність стандарту ADSL для дводіапазонного модему ADSL2+ Annex A/B: ADSL ITU 992.1-5 (ADSL, ADSL2, ADSL2+), IEEE 802.11b, IEEE 802.11g.

Високошвидкісний адаптивний модем:

- швидкість вхідного потоку до 24 Мбіт/с(ADSL2+);
- швидкість вихідного потоку 1 Мбіт/с.

Підтримка режиму глобальної мережі:

- PPP через ATM (RFC 2364);
- PPP через Ethernet (RFC 2516).

Підтримка режиму локальної мережі

- Мостовий Ethernet з маршрутизатором через ATM (RFC 2684/1483);
- Класичний IP через ATM (RFC 1577) і PPP через Ethernet (RFC 2516).

Відповідність стандарту ADSL для модему Acorp Sprinter@ADSL W422G:

- автоматичний вибір модуляції;
- автоматичний вибір швидкості G.hs (G.994.1);
- RADSL (ANSI T1.413 Результат 2);
- G.dmt над RSTU (ITU G.992.1);
- G.dmt над ISDN (ITU G.992.1 B);
- G.lite (G.992.2);
- ADSL2 G.dmt.bis (G.992.3), ADSL2 G.lite.bis (G.992.4);
- ADSL2+ (G.992.5);
- специфікації УНІВЕР 3.1 /4.0 ATM- форуму;
- до 8 віртуальних каналів;
- RFC 1483/2684 (велика кількість протоколів AAL5);
- RFC 2364 (PPPoA);
- RFC 2516 (PPPoE);
- мультиплексування LLC/SNAP та VC;
- якість обслуговування (CBR, UBR, VBR);
- діагностика ITU-T I.610 OAM F4/F5 Loop-back.

На проєктованій мережі доступу використаємо 6 мультиплексорів A7300 ASAM у ролі основного обладнання оператора.

Для передавання даних мультиплексор ASAM з'єднаний з ATM сервером. Передавальним механізмом є - синхронна (SDH) або плезіохронна (PDH) цифрова ієрархія. Блок ANT може з'єднувати з термінальне обладнання, телеприставку чи інший мультимедійний термінал з локальною мережею (LAN), яка працює по протоколу Ethernet.

Система ADSL автоматизована може працювати і з постійним, і з виносним частинами. Виносні частини ASAM можуть підключатися безпосередньо до опорної АТМ-мережі чи каскадуватися від постійного по інтерфейсу Е1. В загальному випадку мультиплексор ASAM перетворить дані, що поступають від різних абонентів, у необхідний формат АТМ. Створені при відповідній адаптації АТМ- комірки стискаються в єдиний інформаційний потік і прямують в систему передавання даних мережі ВВ-АТМ. АТМ- комірки, що поступили з мережі ВВ-АТМ, ущільнюються відповідно до ідентифікаторів: віртуальних шляхів/віртуальних каналів VPI/VCI (Virtual Path Identifier/Virtual Channel Identifier) і далі транслюються у свій початковий формат на зовнішньому службовому інтерфейсі.

ASAM також відповідає за функції QAM, що забезпечує його правильне функціонування.

До основних функцій ASAM відносяться:

- стиснення;
- управління (QAM);
- NT- функції;
- термінальної адаптації (ТА);
- розгалуження (PS);
- електроживлення.

Мережа у приміщеннях користувачів може бути або окремим персональним комп'ютером (рисунок 3.3, 3.4) або невеликою LAN, що містить до 16 підсистем. Взаємоз'єднання між АНТ і крайовими системами здійснюються при допомозі обладнання LAN, яке задовольняє вимоги інтерфейсів Ethernet II або IEEE 802.3.

Для автоматизації використовуємо комутатор Switch Software, Release 2.2. Постачальник пропонує використовувати для підключення до магістралі ADSL мікрорайону маршрутизатори NETBuilder (рисунок 3.2) з інтерфейсами ADSL Ethernet. Маршрутизатор здійснює перехід з ADSL Ethernet на FDDI, а також ізолює мережу будинку від проблем мереж інших будинків типу широкомовного шторму.

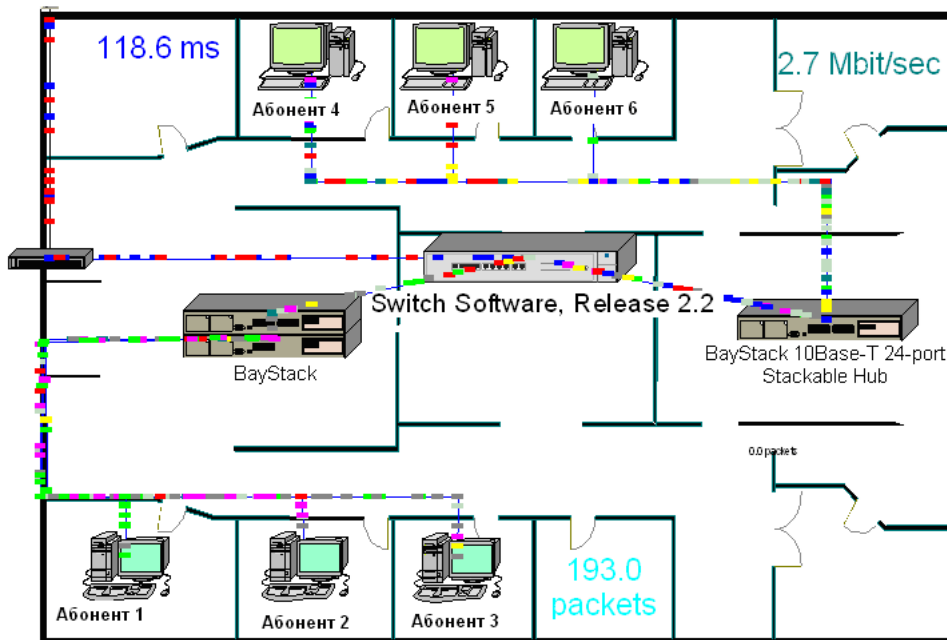


Рисунок 3.3 - Схема мережі у приміщеннях одного з будинків

Для покращення автоматизації ADSL мережі об'єднані DMT-технологією і ATM- режимом передачі.

Внаслідок такого об'єднання ми отримаємо наступні позитивні результати.

1. Не зважаючи на різні смуги пропускання трафіку та різні його характеристики, отримаємо можливість ефективно поєднувати різні послуги. Крім того є можливість довести швидкість передавання до максимальної для DMT-модему швидкості.

2. Враховуючи граничний рівень шумів, можна автоматично визначити максимальну швидкість при ініціалізації модему. В такому разі автоматизована система сама задає правильну величину швидкості, що оптимізує рівень шумів і мінімізує потужність передачі. Швидкість передавання даних можна задавати окремого для кожного користувача.

3. У тих випадках, коли лінії працюють нестабільно чи коли виникає багато помилок, система має можливість працювати у низькошвидкісному режимі завдяки паралельному використанню технологій DMT і ATM.

4. Автоматизована система може здійснювати передавання даних на будь-яких швидкостях (включаючи максимально допустиму на ADSL- з'єднанні) завдяки можливості розв'язки швидкостей ATM- комірок (шляхом вставляння

або витягування незаповнених або невизначених комірок).

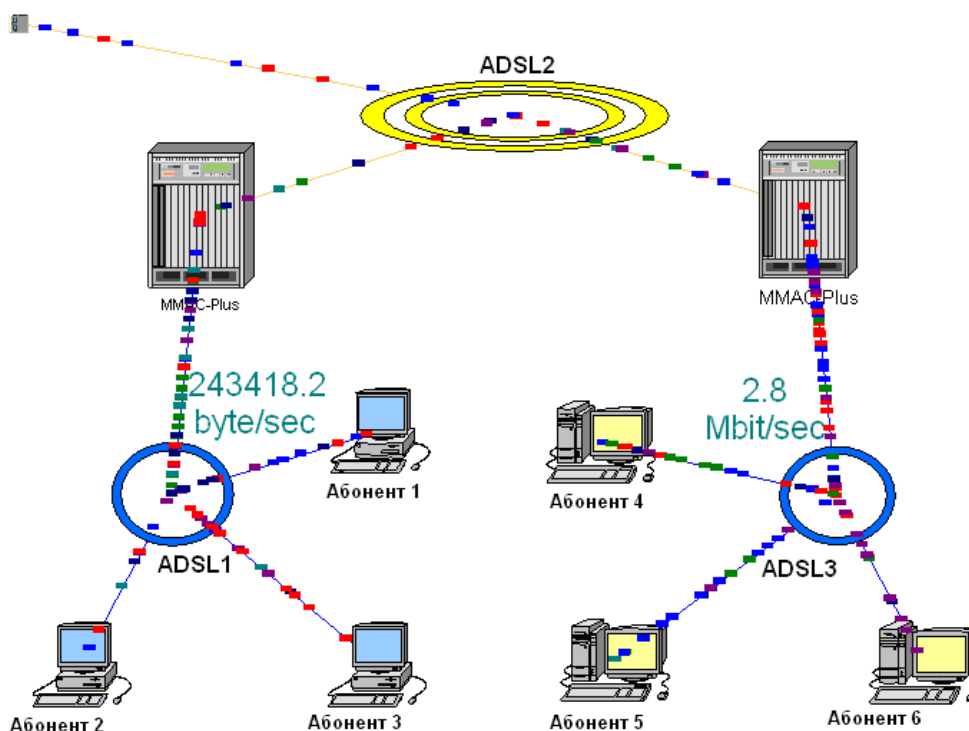


Рисунок 3.4 - Схема мережі в абонентських приміщеннях в Гімназії

Цифрова передавальна характеристика ADSL-системи є асиметричною тому, що швидкості обох напрямів відрізняються:

- швидкість в прямому напрямі - від 0,25 до 8,0 Мбіт/с;
- швидкість у зворотному напрямі - від 35 Кбіт/с до 1 Мбіт/с.

3.2 Розрахунок системи автоматизації

Для проектування та побудови якісних систем передавання даних важливо володіти інформацією про характеристики каналу передавання. У нашій системі каналом є симетричний кабель ГПП довжиною 5 км і діаметром 0.4 мм. Звичайно можна було б виміряти параметри вже існуючої лінії, але це невиправдана задача. Тому ми проведимо дослідження на імітаційній моделі. Можливо обрати безперервну модель, тобто аналітичні вирази характеристик лінії або дискретну модель - цифровий еквівалент безперервної моделі.

Передавальна функція (ПД) цифрової лінії, представлена у вигляді

коливальної ланки [22-24]:

$$W(S) = \frac{1}{T_1^2 S^2 + 2T_1 \xi \cdot S + 1},$$

де $T_1 = \sqrt{LC}$ - стала часу лінії, $\xi = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$ - коефіцієнт затування лінії.

$$T_1 = \sqrt{0.6 * 10^{-3} * 45 * 10^{-9}} = 0,00000447 \text{ (с/км)},$$

$$\xi = \frac{280}{2} \sqrt{\frac{45 * 10^{-9}}{0.6 * 10^{-3}}} = 1,212435.$$

В теорії цифрової фільтрації основною є проблема близькості властивостей частотних характеристик цифрових фільтрів і аналогових фільтрів-прототипів, хоча й існують завдання створення цифрових фільтрів, що не мають прямих аналогів [22-24].

В основі синтезу цифрових структур лежить імпульсна характеристика аналогового прототипу. При цьому реалізується наступна процедура переходу до цифрового фільтру: топологія аналогового кола – його передавальна функція – імпульсний відгук – цифрове коло.

Розглянемо можливість виключення проміжних перетворень і розробки алгоритмів прямого переходу від топології аналогового фільтра до структури цифрового кола. Для простих кіл такий перехід неважко встановити. Так, для кола першого порядку (ФНЧ) з передавальною функцією $W(p) = \frac{1}{p + \alpha}$ та імпульсною характеристикою $h(t) = e^{-\alpha t}$ на підставі вибірок $h_k = e^{-k\alpha T}$, де α – коефіцієнт затування кола, а T – інтервал (період) дискретизації, стандартне z - перетворення передавальної функції має вигляд $W(z) = \frac{1}{1 - bz^{-1}}$, де $b = e^{-\alpha T}$, p – змінна в операторній площині (оператор перетворення Лапласа). Таким чином, існує перехід, де $p_1 = -\alpha$ - полюс передавальної функції $W(p)$.

$$\frac{1}{p + \alpha} \longrightarrow \frac{1}{1 - e^{p_1 T} z^{-1}}.$$

При переході до z -площини використовуємо загальний вигляд передавальної функції рекурсивних фільтрів:

$$W(z) = \frac{\sum_{n=0}^N a_n z^{-n}}{1 - \sum_{n=1}^M b_n z^{-n}}. \quad (3.1)$$

Коефіцієнти a_n і b_n необхідно виразити через корені p_i . Згідно виразу (3.1) синтезується цифровий фільтр.

Елементарні дроби відображують прості кола першого і другого порядків.

Вважаючи $z = e^{pT}$, можна перейти безпосередньо до вибірок передавальної функції цифрового кола, не використовуючи імпульсну характеристику.

Так, для кола першого порядку (ФНЧ):

$$W(jn) = \frac{1}{1 - be^{-jn\Omega T}} = \frac{1}{1 - be^{j\frac{2\pi}{N}n}}.$$

В разі двох простих коренів p_1 і p_2

$$W(p) = \frac{c_0 p + c_1}{p^2 + d_1 p + d_2} = \frac{c_0 p + c_1}{(p - p_1)(p - p_2)}.$$

Для ФНЧ маємо

$$W(p) = W_0 \left(\frac{1}{p - p_1} - \frac{1}{p - p_2} \right),$$

$$\text{де } p_1 = -a_1; p_2 = -a_2; W(0) = \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\alpha_1 - \alpha_2}.$$

Тоді

$$W(z) = W_0 \left(\frac{1}{1 - z^{-1} e^{-\alpha_1 T}} - \frac{1}{1 - z^{-1} e^{-\alpha_2 T}} \right). \quad (3.2)$$

Після перетворень співвідношення (3.2) отримаємо:

$$W_H(z) = \frac{W(z)}{W_0} = \frac{a_1 z^{-1}}{1 - (b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2})},$$

$$\text{де } a_1 = e^{-a_1 T} - e^{-a_2 T}; b_1 = e^{-a_1 T} + e^{-a_2 T}; b_2 = -e^{-(a_1 + a_2)T}.$$

Якщо представити цифрову лінію у вигляді аналогового фільтра, то її можна записати (використавши Z-перетворення) [9]:

$$W(Z) = \frac{Y(Z)}{X(Z)} = \frac{T^2 Z^2 + 2T^2 Z + T^2}{(4T_1^2 + 4 \cdot \xi \cdot T_1 T + T^2) Z^2 + (2T^2 - 8T_1^2) Z + 4T_1^2 - 4 \cdot \xi \cdot T_1 T + T^2},$$

звідки вирази для вихідних сигналів:

$$y_n = a_0 x_n + a_1 x_{n-1} + a_2 x_{n-2} + b_1 y_{n-1} + b_2 y_{n-2},$$

де x_n , y_n – сигнали відповідно на вході/виході, a_i , b_i – параметри, що описують цифрову модель лінії (рисунок 3.5, 3.6) [22-24].

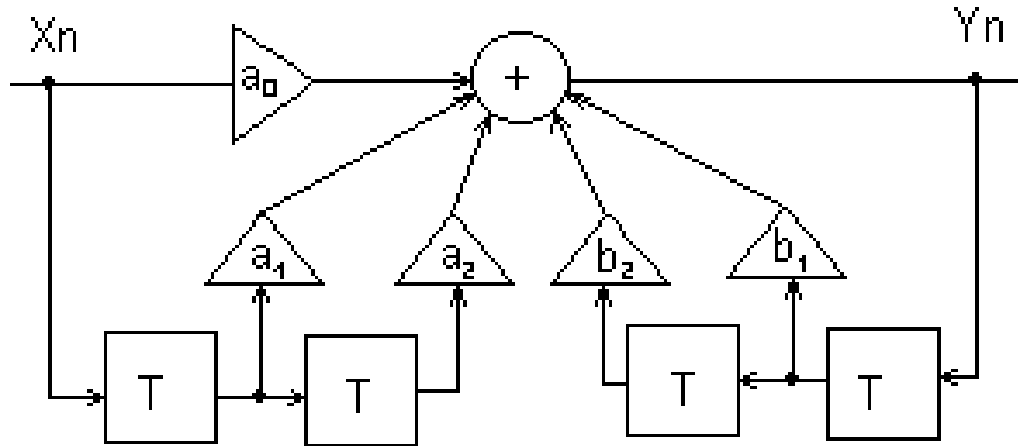


Рисунок 3.5 - Структурна схема цифрового фільтра

Змінюючи входні сигнали, можна дослідити характеристики системи. Наприклад, подавши на вхід одиничний стрибок напруги, отримаємо на виході сигнал, який відповідає перехідній характеристиці лінії.

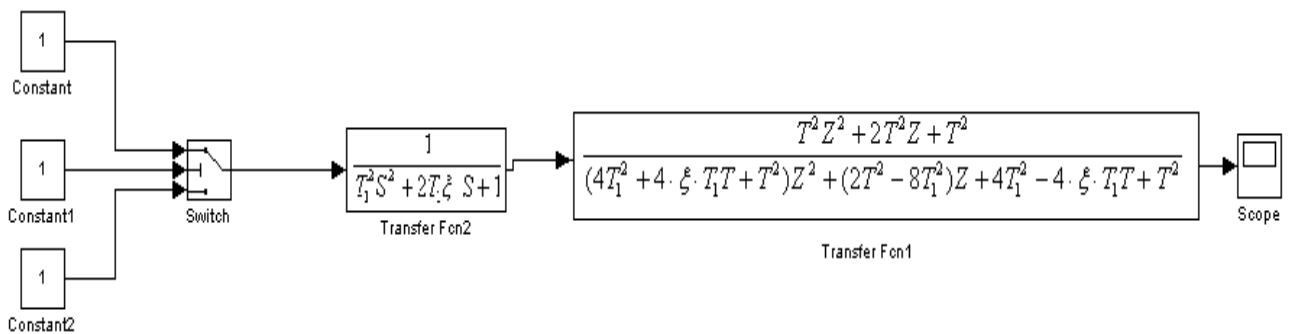


Рисунок 3.6 - Модель, спроектована в програмному пакеті MatLab

За допомогою програми MatLab досліджуємо характеристики лінії: перехідну і імпульсну, амплітудно-частотну $A(\omega)$ і частотну характеристику затухання $a(\omega)$. Задаємо значення $L=0.58$ мГн/км, $C=44$ нФ/км, $R_{л} = 280$ Ом/км (для кабелю заданого типу), опір навантаження 600 Ом, довжина лінії 5 км. На основі заданих значень будуємо графіки перехідної (рисунок 3.7) та імпульсної (рисунок 3.8) характеристик, АЧХ (рисунок 3.9) і ЧХ (рисунок 3.10).

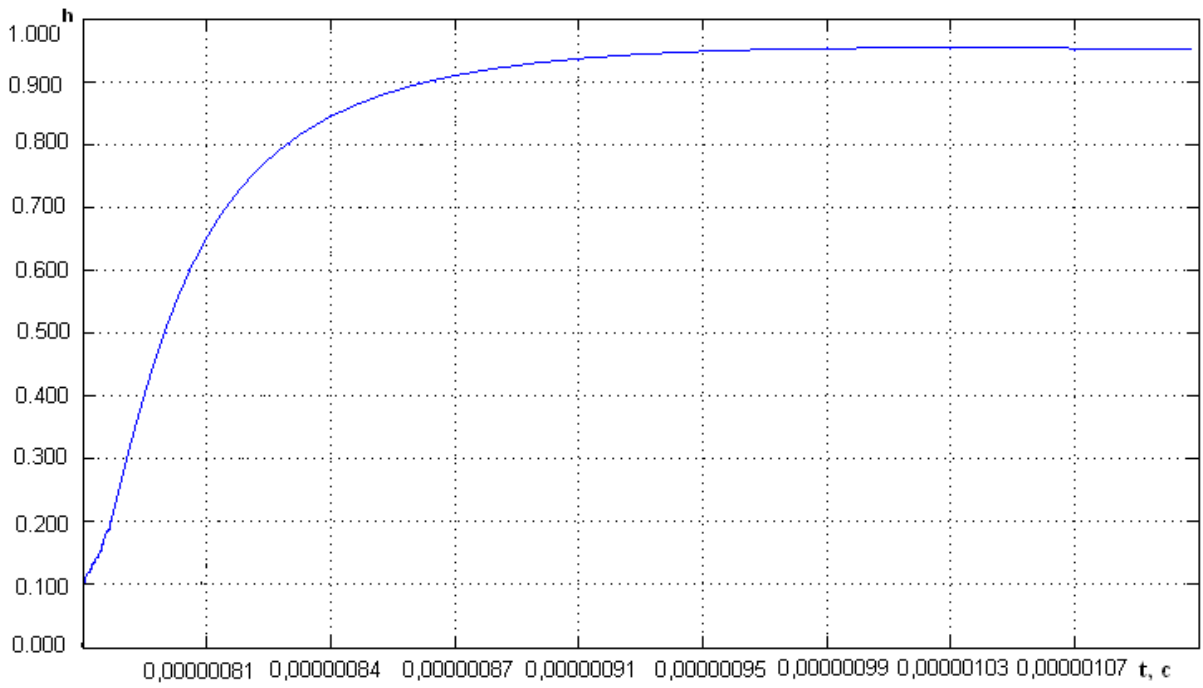


Рисунок 3.7 - Графік перехідної характеристики

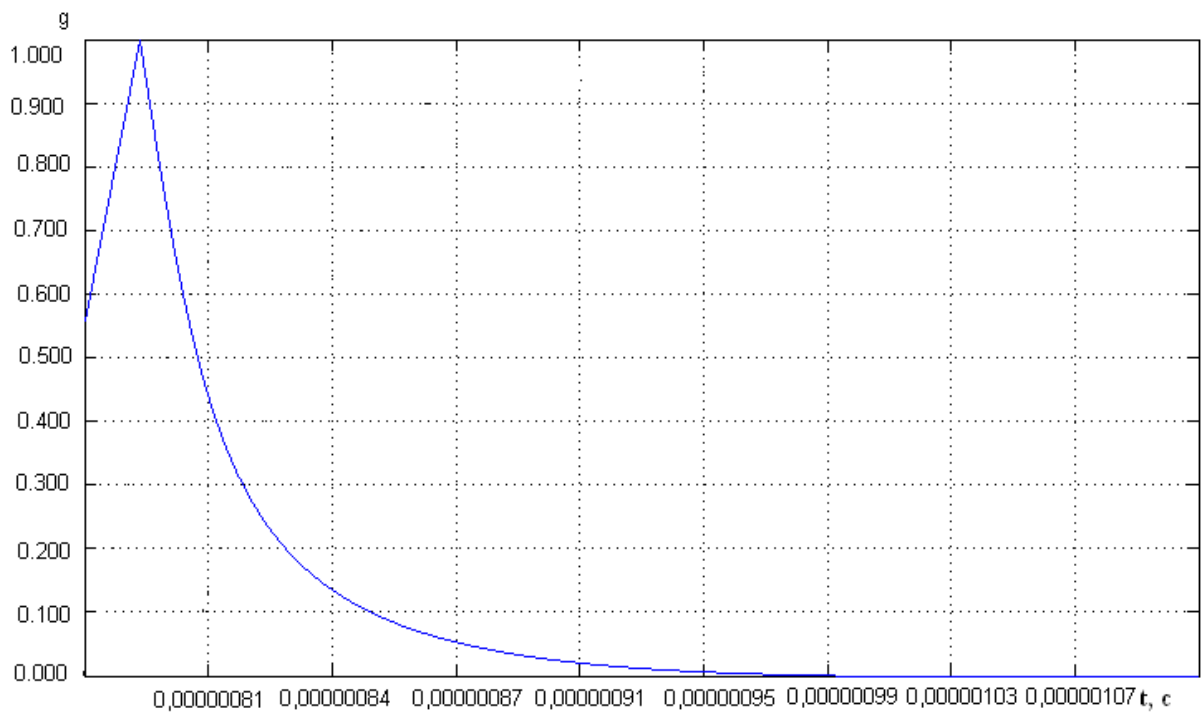


Рисунок 3.8 - Графік імпульсної характеристики

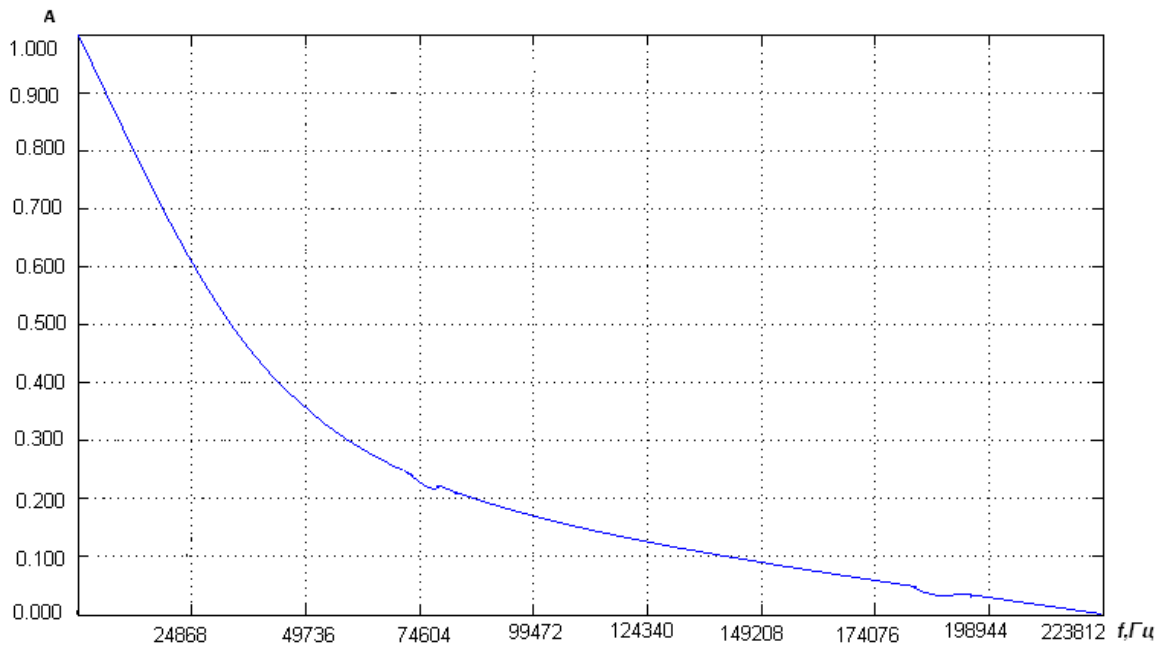


Рисунок 3.9 - Графік амплітудно-частотної характеристики

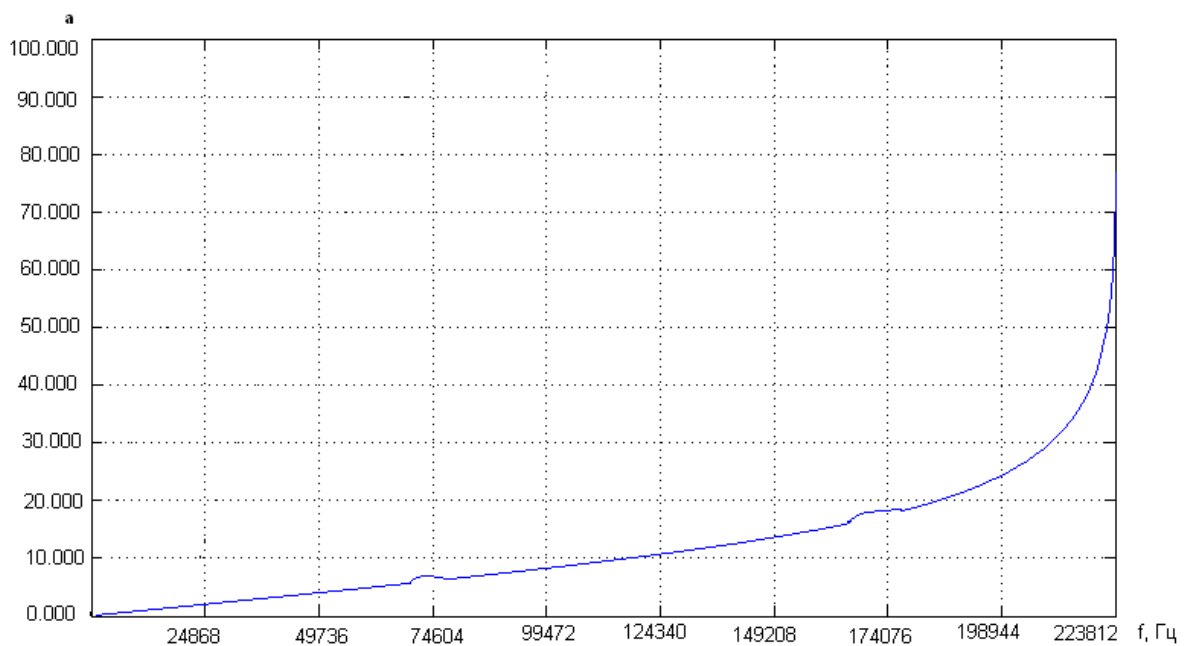


Рисунок 3.10 - Графік частотної характеристики згасання лінії

З графіка перехідного процесу в лінії визначається час перехідного процесу $t_{\text{п}} = 0,00000099$ сек. (з допуском 5%). Тривалість перехідного процесу в лінії визначає номінальну швидкість передавання інформації по даному каналу:

$$B = 1/t_{\text{п}} = 1/0,00000099 = 1010101,10 \text{ бод.}$$

Отже, під час виконання даної кваліфікаційної роботи спроектовано та

змодельовано мережу на основі технології ADSL. Проаналізувавши роботу спроектованої мережі на основі технології ADSL ми бачимо, що завантаження мережі не перевищує 30%. Це вказує на те, що мережа працює без збоїв. Найбільш завантаженою ланкою є підмережа з великою кількістю вузлів. Отже, нові технології ADSL набагато продуктивніші і працюють без перевантажень.

ВИСНОВОК

В ході виконання випускної кваліфікаційної роботи спроектовано автоматизовану абонентську мережу на основі використання технології асиметричної цифрової абонентської лінії. В результаті використання технології ADSL абоненти отримують високошвидкісне і надійне з'єднання між мережами або з мережею Інтернет, а телефонні компанії дістають можливість виключити потоки даних зі свого комутаційного устаткування, залишаючи його виключно для традиційного телефонного зв'язку.

Під час роботи над даною роботою проведено обґрунтування необхідності використання цифрових абонентських мереж та їх автоматизації.

У другому розділі описана структурна схема DMT приймача. Враховуючи це були визначені основні параметри, які мають вирішальну роль при управлінні процесом телекомунікаційного доступу. Проаналізовані технічні характеристики і алгоритми роботи модемів ADSL. Розглянуті характеристики технічних засобів автоматизації, які використовуються в проєкті.

У третьому розділі: описана функціональна схема автоматизації абонентської мережі; досліджено динамічні характеристики об'єкту автоматизованого доступу до мережі; описано математичну модель ADSL технологій; спроектовано абонентську мережу; - наведено математичний опис абонентської мережі та проведено її моделювання.

Мережі, які спочатку призначалися лише для телефонного зв'язку перетворилися на мережі ширококутних каналів, які підтримують високошвидкісне передавання даних й інші ширококутні телекомунікаційні служби. Завдяки використанню на абонентській кабельній мережі сучасних технологій, ті ж самі лінії можуть підтримувати ефективно високошвидкісне передавання даних, при цьому зберігаючи можливості одночасного використання абонентських ліній і для традиційного телефонного зв'язку. Такого рівня розвитку вдалося досягти завдяки використанню технологій ADSL.

Розвиток асиметричних цифрових технологій вимагає не лише створення нового обладнання, але і використання існуючих приладів при проектуванні абонентських мереж, навчання обслуговуючого персоналу новим методам роботи при управлінні мережею абонентських телефонних ліній.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технології останньої милі: Текст лекцій з дисципліни «Комп'ютерні мережі та засоби телекомунікацій» / П. В. Кучернюк. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 124 с.
2. Кучернюк П. В. Текст лекцій з дисципліни «Комп'ютерні мережі та засоби телекомунікацій» / П. В. Кучернюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 127 с.
3. Сайко В.Г. Мережі бездротового широкопasmового доступу / В.Г.Сайко, В.Я.Казіміренко, Ю.М.Літвінов – К.: ДУТ, 2015 - 196 с.
4. Harry G. Perros. Connection-Oriented Networks: SONET/SDH, ATM, MPLS and Optical Networks. - John Wiley & Sons, 2005. – 356 p.
5. Mehmet Toy. Cable Networks, Services, and Management. - John Wiley & Sons, 2015. – 376 p.
6. Specifications Library [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.cablelabs.com/specs>
7. Overview of 10Gb/s EPON Status, Requirements and Applications [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ethernetalliance.org/library/whitepapers/page/4/>
8. Технологія ADSL [Електронний ресурс] - Режим доступу <https://ntools.com.ua/uk/information/faq/tehnologija-adsl>
9. Серих С.О. Напрямки вдосконалення абонентських ліній телекомунікаційних мереж з використанням технології XDSL / С.О.Серих, Г.І.Гайдур, О.О Ільїн. // Навчальний посібник. – Київ, 2013. - 40 с.
10. Мережі та обладнання широкопasmового доступу за технологіями xDSL: Навч. посібник / В.О. Балашов, П.П. Воробієнко, А.Г. Лашко, Л.М. Ляховецький. – Одеса: Вид. центр ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2010. – 208 с.
11. В.П. Самойлик Сучасні технології абонентського доступу до глобальної мережі Інтернет / В.П. Самойлик // Збірник наукових праць УкрДАЗТ, вип.135, 2013 - с. 203-210.
12. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації / В.Г.Трегуб - Ліра-К,

2019. – 344с.

13. Модем Acorp Sprinter@ADSL W422G [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://adsl.zyxmon.org/acorp.php>

14. Модем Callisto 821 +R3 (ADSL2+) [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://shop.koba.ua/product/callisto_821_r3_c_821_r3/

15. Дводіапазонний модем ADSL2+ Annex A/B з портами USB і Ethernet [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.ixbt.com/comm/zyxel-p660rt2.shtml>

16. Пістун Є. П. Основи автоматики та автоматизації: навчальний посібник / Є.П.Пістун, І.Д.Стасюк - Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2014. – 336 с.

17. В. Савицький Технічні засоби автоматизації: навчальний посібник / В. Савицький, Р. Федоришин – Львів: В-во Львівської політехніки, 2018. – 292 с.

18. Пушкар М.С. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / М.С. Пушкар, С.М. Проценко – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.

19. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.

20. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: Навч. Посібник / В.Г.Трегуб – К.: Видавництво Ліра-К, 2017. – 344 с.

21. Грень Я. В. Програмування систем реального часу: навч. посібник / Я.В. Грень – Львів: в-во Львівської політехніки, 2011. – 324 с.

22. Гоголюк П.Ф. Теорія автоматичного управління / П.Ф.Гоголюк, Т.М.Гречин // Навчальний посібник. – Львів: вид-во НУ "Львівська політехніка", 2009. – 280 с.

23. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування. / М.Г. Попович, О.В. Ковальчук - К.: Либідь, 2007. - 656 с.

24. Клепач М.І. Теорія автоматичного керування. Навчальний посібник. / М.І. Клепач. - Рівне: НУВГП, 2007. – 206 с.

25. Адаменко В. О. Автоматизація оброблення технічної інформації:

конспект лекцій / В.О. Адаменко. – Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 44 с.