

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування місцевого навчального закладу)
Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(назва факультету)
Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр

(освітній ступінь)

на тему:

**Методи та засоби побудови мережевих комутаторів
з підтримкою технологій GPON та LTE**

Виконав: студент (ка) VI курсу, групи Сім-62
спеціальності Голуб Іван Іванович
123 Комп'ютерна інженерія

(номер і назва спеціальності)

Керівник

Нормоконтроль

Рецензент


(підпис)



(прізвище та ініціали)


(підпис)

Ясній О.П.
(прізвище та ініціали)


(підпис)

Шульц Т.В.
(прізвище та ініціали)


(підпис)

Урамар О.О.
(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вимоги державного замовлення)

Факультет Комп'ютерна інженерія та систем інтеграції

Кафедра Комп'ютерна інженерія та мережі

Освітній ступінь магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри В.С. Демківський

"30" 09 2019 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ім'я Тарас Іван Павлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

Методи на основі обробки шрифтів магістрів з використанням методів GERON на LTE

Керівник роботи

Ірина Олегівна Коваленко

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце роботи)

Затверджені наказом по університету від

"____"

201__ року

№ 4/2019

2. Термін подання студентом роботи

26.11.19

3. Вихідні дані до проєкту роботи

Методи на основі обробки шрифтів магістрів з використанням методів GERON на LTE

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

1. Аналіз лінійності шрифтів
2. Аналіз на зразок
3. Аналіз методів
4. Структурні частини шрифтів
5. Структурні частини
6. Інше

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

- Слайд 1. План роботи
- Слайд 2. Аналіз лінійності шрифтів
- Слайд 3. Аналіз на зразок
- Слайд 4. Структурні частини шрифтів
- Слайд 5. Структурні частини шрифтів
- Слайд 6. Аналіз лінійності шрифтів
- Слайд 7. Аналіз лінійності шрифтів
- Слайд 8. Аналіз лінійності шрифтів
- Слайд 9. Аналіз лінійності шрифтів
- Слайд 10. Аналіз лінійності шрифтів

АНОТАЦІЯ

Методи та засоби побудови мережевих комутаторів з підтримкою технологій GERON та LTE // Дипломна робота // Голуб Іван Іванович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, група Сім-62 // Тернопіль, 2019 // с. – 107, рис. – 35, табл. – 8, аркушів А1 – 10, додат. – 1, бібліогр. – 27.

Ключові слова: КОМУТАТОР, МАРШРУТИЗАТОР, ІНТЕРНЕТ, GERON, LTE, ETHERNET, МІКРОКОНТРОЛЕР, МОДЕМ, ПАКЕТИ, КАДРИ, ПРОПУСКНА ШВИДКІСТЬ.

Метою роботи є розробка мережевого комутатора з підтримкою технологій GERON та LTE.

У дипломній роботі магістра проаналізовано методи та засоби побудови мережевих комутаторів з підтримкою технології GERON та LTE, для забезпечення безперебійного зв'язку з інтернетом за допомогою резервування каналів зв'язку, а також балансуванню навантаження мережевих інтерфейсів, для зниження навантаження з перевантаженого інтерфейсу, або якщо спостерігається перебої з подачею інтернет-зв'язку на один чи декілька інтерфейсів.

В даній роботі розроблено методи та засоби взаємодії комутатора з мережевими технологіями передачі даних GERON, LTE та Ethernet, як на апаратному рівні так і на програмному рівні.

Створено та реалізовано мережевий комутатор з основним аплінком для мережі GERON та резервним аплінком для мережі LTE.

ANNOTATION

Methods and tools of network switches development based on GEPON and LTE technologies // Ivan Holub // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, group SIm-62 // Ternopil, 2019 // p. – 107, fig. – 35, tab. 8, sheets A1. – 10, addit. – 1, bibliography. – 27.

Keywords: SWITCH, ROUTER, INTERNET, GEPON, LTE, ETHRNET, MICROCONTROLLER, MODEM, PACKET, FARME, BANDWIDTH.

The purpose of the work is to develop a network switch with support for GEPON and LTE technologies.

Master's thesis deals with methods and tools for building network switches with GEPON and LTE technology support, to ensure uninterrupted communication with the Internet by redundant communication channels, as well as load balancing of network interfaces, to reduce the load from a congested interface, or if there are interruptions to the Internet connection to one or more interfaces.

In this paper, the methods and means of the switch's interaction with GEPON, LTE, and Ethernet network communications technologies, both at the hardware and software levels, are developed.

A network switch with a basic uplink for the GEPON network and a backup uplink for the LTE network was created and implemented.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	11
1.1. Функції та вимоги до комутатора.....	11
1.2. Технологія пасивних оптичних мереж GPON	18
1.3. Технологія мобільної передачі даних LTE	24
1.4. Локальна мережа Ethernet.....	30
1.5. Висновки	32
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ	28
2.1. Взаємодія з мережами GPON, LTE та Ethernet.....	33
2.2. Вибір основної платформи	34
2.3. Вибір допоміжної платформи	37
2.4. Вибір мережевих інтерфейсів	40
2.5. Вибір периферії	43
2.6. Вибір програмного забезпечення	45
2.6.1. Операційна система.....	45
2.6.2. Утиліти та програми	46
2.6.3. Скрипти	47
2.6.4. Прошивки.....	48
2.7. Висновки	50
РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОТОТИПУ	46
3.1. Підключення апаратних пристроїв.....	51
3.2. Встановлення та налаштування програмного забезпечення	53
3.2.1. Встановлення операційної системи.....	53
3.2.2. Налаштування LTE.....	53
3.2.3. Налаштування точки доступу Wi-Fi.....	54
3.2.4. Налаштування VPN.....	59
3.2.5. Налаштування перемикачів та балансного навантаження	62
3.3. Тестування	68
3.4. Висновки	72

РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	68
4.1. Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР	73
4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи	75
4.3. Розрахунок витрат на електроенергію	78
4.4. Розрахунок витрат на матеріали	79
4.5. Розрахунок суми амортизаційних відрахувань	80
4.6. Обчислення накладних витрат	81
4.7. Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР	81
4.8. Розрахунок ціни НДР	82
4.9. Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень	83
4.10. Висновки	84
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	80
5.1. Техніка безпеки	85
5.2. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	88
5.3. Висновки	90
РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЯ	86
6.1. Статистичне групування в екології	91
6.2. Основні джерела антропогенного забруднення навколишнього середовища	96
6.3. Висновки	98
ВИСНОВКИ	99
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРАЛ	100
Додаток А. Тези конференції	102

ВСТУП

Актуальність теми роботи. Оскільки GEPON або просто PON-мережі зараз набувають стрімкої популярності, провайдери для розширення зони покриття через дешевизну прокладають все частіше PON-мережі. Якщо у зоні покриття кінцевого користувача кабельним інтернетом не буде можливості прокласти кабель від іншого провайдера, або який не буде побудовано на технології PON, а для абонента буде потрібно резервувати інтернет-з'єднання, може виникнути необхідність в обладнанні для резервування мережі за різними мережевими технологіями.

Основним недоліком прокладених через електроопори комунікаційних мереж є загроза обриву: недбала робота працівників РЕМ-у, обвисання і внаслідок цього обрив лінії, сильний вітер та інші погодні умови. Якщо стається обрив десь на магістральній мережі, у всіх абонентів, яких підключено вище від обриву, пропаде зв'язок. А далі через це йдуть додаткові витрати на компенсацію коштів абонентам, через те, що не було інтернет-зв'язку і додаткові витрати на відновлення зв'язку.

Якщо несправності з інтернет-зв'язком абонента, якого підключено за технологією GEPON, ставатимуться часто, абонент буде змушений резервувати інтернет-мережу, або, у крайньому випадку, захоче перейти до іншого провайдера, якщо, звісно, існує така можливість. У випадку, коли нема можливості перейти до іншого провайдера, мережу можна резервувати через оператора стільникового зв'язку, який надає доступ до мережі інтернет за технологією LTE і, в найближчому майбутньому, 5G. Таким клієнтам можна запропонувати комутатори та маршрутизатори із двома аплінками: перший – GEPON, другий – через LTE-модем.

Ймовірність того, що на території, де буде кінцевий користувач, буде зона покриття оператора мобільного зв'язку, більша, аніж ймовірність наявності зони покриття оператора кабельного зв'язку. Станом на листопад 2019 року, зона покриття мобільного оператора Київстар мережа 4G оператора працює у 7885

населених пунктах, з яких 90% – у сільській місцевості. Це територія, де проживає понад 29,8 млн осіб, або 72% населення України.

Протокол мобільної передачі даних LTE може забезпечити максимальну швидкість завантаження з мережі до 299,6 Мбіт/с і максимальна швидкість завантаження у мережу від абонента до 75,4 Мбіт/с в залежності від категорії обладнання користувача. Станом на 2019 рік, LTE є найновішою технологією передачі даних в мобільних мережах на території України.

GPON є одним з різновидів технології пасивних оптичних мереж PON, що дозволяє передавати і приймати дані на швидкості (до 1,2 Гбіт/с), з максимальним коефіцієнтом ділення 1:64, але через це основним недоліком є загасання сигналу на кожному вузлі розгалуження і якщо буде несправність з одним ONU, можуть виникнути неполадки в усій гілці PON. Ця технологія є дешевою у масштабуванні мереж у порівнянні з FTTx. Зараз технологія GPON набуває популярності. Її основна родзинка полягає у деревовидній топології точка-багатоточок, коли для побудови мережі користуються тільки одним оптоволоконним каналом для десятків і сотень абонентів.

Мета і завдання дослідження: розробка методів та засобів побудови мережевого комутатора з підтримкою технології GPON та LTE для резервування каналу зв'язку та балансування навантаження у разі неполадок із основним каналом зв'язку.

Об'єкт дослідження: технологія передачі даних в пасивних оптичних мережах GPON та технологія передачі даних в бездротовому мобільному зв'язку LTE.

Предмет дослідження: методи взаємодії з технологія передачі даних GPON та LTE.

Методи дослідження. Для розробки комутатора з різними аплінками, необхідно один із аплінків переробити, а саме через розширювальну плату чи мікроконтролер. Така плата буде грати роль, як моста або адаптера для модему.

Комутатор з різними аплінками володіє наступними характеристиками:

– до першого порта, який є основним, має підключатися оптичний кабель

від мережі GEPON;

- вбудований LTE-модем;
- можливість перемикання між GEPON та LTE для резервування мережі;
- як мінімум 4 Ethernet-порти;
- фаєрвол для фільтрації трафіку.

Наукова новизна отриманих результатів:

– уперше запропоновано новий мережевий комутатор з основним апліком пасивної оптичної мережі GEPON та другим резервним аплінком для стільникового зв'язку LTE;

– набув подальшого розвитку метод резервування каналів зв'язку у різних технологіях передачі даних, та балансування навантаження для різних каналів інтернет-зв'язку.

Практичне значення отриманих результатів. Впровадження методів та засобів комутатора з підтримкою GEPON та LTE реалізовано та впроваджено у вигляді апаратно-програмного доповнення, що дозволяє декільком аплінкам взаємодіяти між різними технологіями передачі даних.

Публікації. Результати дослідження апробовано на VIII Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (27-28 листопада 2019 р.) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та на VII науково-технічна конференція «Інформаційні моделі, системи та технології» (1-12 грудня 2019 р.) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя у вигляді тез конференцій.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 6 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 96 арк. формату А4, графічна частина – 10 аркушів формату А1

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

Основним недоліком прокладених через електроопори комунікаційних мереж є загроза обриву: недбала робота працівників РЕМ-у, обвисання і внаслідок цього обрив лінії, сильний вітер та інші погодні умови. Якщо стається обрив десь на магістральній мережі, у всіх абонентів, яких підключено вище від обриву, пропаде зв'язок. А це спричиняє додаткові витрати на компенсацію коштів абонентам, через те, що не було інтернет-зв'язку, а також на відновлення зв'язку.

Якщо несправності з інтернет-зв'язком абонента, якого підключено за технологією GEPON, ставатимуться часто, абонент муситиме резервувати Інтернет-мережу, або, у крайньому випадку, захоче перейти до іншого провайдера, якщо, звісно, існує така можливість. У випадку, коли нема можливості перейти до іншого провайдера, мережу можна резервувати через оператора стільникового зв'язку, який надає доступ до мережі інтернет за технологією LTE і, у найближчому майбутньому, 5G. Таким клієнтам можна запропонувати комутатори та маршрутизатори із двома аплінками: перший – GEPON, другий – через LTE-модем.

1.1. Функції та вимоги до комутатора

Комутатор, тобто свіч, працює за наступним принципом – зберігає в асоціативній пам'яті таблицю комутації, в якій вказується відповідність між MAC-адресами вузла порту свіча [1]. При включенні свіча така таблиця порожня, і він починає працювати в режимі навчання. У цьому комутатор передає режимі дані, які надходять на якийсь порт, на всі інші його порти. При цьому свіч аналізує кадри (frame) і, визначивши MAC-адресу хоста-відправника, заносить його у таблицю. Потім, якщо на один з портів комутатора надійде фрейм, призначений для хоста, MAC-адреса якого вже є в таблиці, то цей фрейм буде

переданий тільки через порт, зазначений у таблиці. Якщо MAC-адреса гостя-одержувача не прив'язана до якогось порта комутатора, то фрейм відправлять на всі порти. Згодом комутатор формує повну таблицю для всіх своїх портів і, як наслідок, трафік локалізуватиметься. Варто зазначити малу латентність (затримку) і високу швидкість надсилання на кожному порті інтерфейсу.

Існує три способи комутації. Кожен з них –комбінація таких параметрів, як час очікування «прийняттям комутатором рішення» (латентність) і надійність передачі:

- з проміжним зберіганням (store and forward);
- «безперервний» (cut-through).
- «безфрагментний» (fragment-free) або гібридний.

Розглянемо спосіб з проміжним зберіганням (store and forward). Комутатор читає всю інформацію, що надійшла у фреймі, перевіряє його на відсутність помилок, вибирає порт комутації і відправляє у нього перевірений фрейм.

У випадку безперервного (cut-through) способу, комутатор зчитує у фрейм тільки адреси призначення, а потім комутує. Такий режим зменшує затримки при передачі, але у ньому відсутній метод виявлення помилок.

«Безфрагментний» (fragment-free) або гібридний способу–модифікація режиму «Безперервно». Комутатор передає фрейм після того, як відфільтруються фрагменти колізій (фрейми розміром 64 байта опрацьовують за технологією store-and-forward, інші – за технологією cut-through).

Затримка, пов'язана з «прийняттям комутатором рішення», додається до часу, який потрібен фрейму для входу на порт свіча і виходу з нього і, разом з ним, визначає загальну затримку свіча.

Основні характеристики свіча, котрі вимірюють його продуктивність:

- швидкість фільтрації (filtering);
- швидкість маршрутизації (forwarding);
- пропускна здатність (throughput);
- затримка передачі фрейму.

Крім того, існує декілька характеристик свіча, які найбільше впливають на зазначені характеристики продуктивності. До них відносять:

- розмір буфера (буферів) фреймів;
- продуктивність внутрішньої шини;
- продуктивність процесора або процесорів;
- розмір внутрішньої адресної таблиці.

Швидкість фільтрації і проходження фреймів – дві основні характеристики продуктивності свіча. Такі характеристики є інтегральними показниками, вони не можуть залежати від того, як саме технічно реалізовано комутатор.

Швидкість фільтрації визначає швидкість, з якою комутатор опрацьовує наступні етапи :

- прийом фрейму у свій буфер;
- перегляд адресної таблиці з метою знаходження порту для адреси призначення фрейму;
- знищення фрейму, коли його порт призначення збігається з портом-джерелом.

Швидкість проходження визначає швидкість, з якою свіч виконує наступні етапи обробки фреймів:

- приймання фрейму у свій буфер;
- перегляд адресної таблиці з метою знаходження порту для адреси призначення фрейму;
- передача фрейму у мережу через знайдений в адресній таблиці порт призначення.

Як швидкість фільтрації, так і швидкість проходження вимірюють у фреймах на секунду. Якщо в характеристиках свіча не зазначено, для якого протоколу, а також для якого розміру фрейму наведеної значення швидкостей фільтрації і проходження, то вважають, що такі показники наведено для протоколу Ethernet і фреймів довжиною 64 байта (без преамбули), з полем даних довжиною 46 байт. Якщо головним показником роботи коммутатора вибрати швидкість , то фрейми мінімальної довжини можна пояснити тим, що такі

фрейми завжди створюють для комутатора найважчий режим роботи порівняно із фреймами іншого формату за однакової пропускної здатності даних користувача. Тому тестуючи комутатор, режим передачі фреймів мінімальної довжини застосовують як найскладніший тест, який має перевірити здатність комутатора працювати при найгіршому поєднанні параметрів передачі даних. Крім того, для пакетів мінімальної довжини швидкість фільтрації і проходження найбільші, що важливо для реклами комутатора.

Пропускна здатність свіча вимірюють кількістю переданих призначених для користувача даних через його порти за одиницю часу. Оскільки комутатор працює на канальному рівні, то для нього даними є ті, котрі переносять у полі даних фреймів протоколів канального рівня – Ethernet, Token Ring, FDDI і т.д. Найбільшу пропускну здатність комутатора завжди досягають на фреймах максимальної довжини, оскільки тоді частка накладних витрат на службову інформацію фрейму набагато нижча, ніж для фреймів мінімальної довжини, і час виконання комутатором операцій з опрацювання фрейму, що припадає на один байт користувацької інформації, істотно менший.

Залежність пропускної здатності комутатора від розміру переданих фреймів добре ілюструє приклад протоколу Ethernet, для якого при передачі фреймів мінімальної довжини досягнуто швидкість передачі 14880 фреймів на секунду і пропускну здатність 5,48 Мб/с, а при передачі фреймів максимальної довжини – швидкість передачі у 812 фреймів на секунду і пропускну здатність 9,74 Мб/с. Пропускна здатність зменшується майже у два рази при переході на фрейми мінімальної довжини і це ще без урахування втрат часу на опрацювання фреймів комутатором.

Затримку передачі фрейму вимірюють як час, що минув з моменту отримання першого байта фрейму на вхідний порт комутатора до моменту появи такого байта на вихідному порті свіча. Затримка складається з часу на буферизацію байтів фрейму, а також час, на опрацювання фрейму комутатором – перегляд адресної таблиці, прийняття рішення про фільтрацію або надсилання і отримання доступу до середовища вихідного порта. Величина затримки

комутатора залежить від режиму його роботи. Якщо комутація здійснюється «на льоту», то затримки зазвичай невеликі і становлять від 10 мкс до 40 мкс, а при повній буферизації фреймів – від 50 мкс до 200 мкс (для фреймів мінімальної довжини).

Комутатора – багатопортовий пристрій, тому для нього справедливі всі наведені вище характеристики (крім затримки передачі фрейму) у двох варіантах:

- перший варіант – сумарна продуктивність комутатора за одночасної передачі трафіку через усі його порти.
- другий варіант – продуктивність, наведена у розрахунку на один порт.

Оскільки при одночасній передачі трафіку через декілька портів існує величезна кількість варіантів трафіку, що відрізняється розмірами фреймів у потоці, розподілом середньої інтенсивності потоків фреймів між портами призначення, коефіцієнтами варіації інтенсивності потоків фреймів і т.ін., то при порівнянні комутаторів за продуктивності необхідно враховувати, для якого варіанту трафіку публікуються отримані дані продуктивності. Деякі лабораторії, котрі постійно тестують комунікаційне обладнання, запропонували детальні описи умов тестування комутаторів і користуються ними у своїй практиці, однак стандартними такі тести поки не є. В ідеальному випадку комутатор, встановлений у мережі, передає фрейми між вузлами, підключеними до його портів, з тією швидкістю, з якою вузли генерують ці фрейми, не вносячи додаткових затримок і не втрачаючи жодного фрейму. На практиці комутатор завжди вносить деякі затримки при передачі фреймів, а також може втрачати деякі фрейми, тобто, не доставляти їх адресатам. Через відмінності у внутрішній організації різних моделей комутаторів важко передбачити, як певний комутатор передаватиме фрейми якогось конкретного корисного навантаження. Найліпшим критерієм Найліпше поставиться свіч у реальну мережу і виміряти внесені ним затримки і кількість втрачених фреймів. Загальна продуктивність комутатора забезпечується досить високою продуктивністю кожного його

окремого елемента – процесора порту, комутаційної матриці, загальної шини, що з'єднує модулі і т.ін.

Незалежно від внутрішньої організації комутатора і способів конвеєризації його операцій, можна визначити досить прості вимоги до продуктивності його елементів, які є необхідними для підтримки заданої матриці трафіку. Оскільки виробники комутаторів намагаються створити швидкодіючі пристрої, то загальна внутрішня продуктивність комутатора часто з деяким запасом перевищує середню інтенсивність будь-якого варіанту трафіку, який можна надіслати на порти комутатора відповідно до його протоколів. Такий тип комутаторів називають «неблокуючими», тобто будь-який варіант трафіку передається без зниження його інтенсивності. Крім пропускних здатностей окремих елементів комутатора, таких як процесори портів або загальна шина, на продуктивність свіча впливають такі його параметри, як розмір адресної таблиці, обсяг загального буфера або окремих буферів портів.

Розмір адресної таблиці впливає на максимальний розмір адресної таблиці і визначає максимальну кількість MAC-адрес, з якими може одночасно оперувати комутатор. Оскільки комутатори найчастіше виконують мережеві операції, кожен порт має окремий виділений процесорний блок зі своєю пам'яттю, який зберігає примірник адресної таблиці, то розмір адресної таблиці для комутаторів зазвичай наводять у розрахунку на один порт. Примірники адресної таблиці різних процесорних модулів не обов'язково містять одну і ту ж адресну інформацію – швидше за все повторюваних адрес, буде не так багато, якщо тільки розподіл трафіку кожного порту не повністю еквівалентний між іншими портами. Кожен порт зберігає тільки ті набори адрес, якими він користується нещодавно. Максимальна кількість MAC-адрес, яку може запам'ятати процесор порту, залежить від області застосування комутатора. Комутатори робочих груп зазвичай підтримують лише декілька адрес на порт, оскільки вони утворюють мікросегмент. Комутатори відділів повинні підтримувати декілька сотень адрес, а комутатори магістралей мереж – до декількох тисяч, зазвичай 4000–8000 адрес. Недостатній розмір адресної таблиці

може не уповільнювати роботу комутатора і засмічувати мережу надлишковим трафіком. Якщо адресна таблиця процесора порта повністю заповнена, а він зустрічає нову адресу джерела в отриманому пакеті, то він повинен витіснити з таблиці будь-яку стару адресу і помістити на його місце нову. Така операція вимагає частину часу процесора, однак головні втрати продуктивності спостерігають при надходженні фрейму з адреси призначення, яку довелося видалити з адресної таблиці. Оскільки адреса призначення фрейму невідома, то комутатор повинен передати цей фрейм на всі інші порти. Така операція додасть зайвої роботи для багатьох процесорів портів, крім того, копії цього фрейму потраплятимуть і на ті сегменти мережі, де вони зовсім необов'язкові. Деякі виробники комутаторів вирішують таку задачу змінюючи алгоритм обробки фреймів з невідомими адресами призначення. Один з портів комутатора конфігурують як магістральний порт, на який за замовчуванням передають усі фрейми з невідомими адресами.

Внутрішня буферна пам'ять свіча тимчасово зберігає фрейми даних у випадках, коли їх неможливо одразу передати на вихідний порт. Буфер згладжує короткочасні пульсації трафіку. Навіть якщо трафік добре збалансований і продуктивність процесорів портів, а також інших елементів комутатора достатня для передачі середніх значень трафіку, то це не гарантує, що їх продуктивності вистачить для дуже великих пікових навантажень. Наприклад, трафік може впродовж декількох десятків мілісекунд потрапляти одночасно на всі входи свіча, не даючи йому можливості передавати прийняті фрейми на вихідні порти. Для того, щоб запобігти втратам фреймів за короткочасного багаторазового перевищення середнього значення інтенсивності трафіку (а для локальних мереж коефіцієнта пульсації трафіку міститься у діапазоні 50:100) єдиним засобом служить буфер великого обсягу. Як і у випадку адресних таблиць, кожен процесорний модуль порту зазвичай має свою буферну пам'ять, де він зберігає фрейми. Чим більше обсяг цієї пам'яті, тим менш ймовірні втрати фреймів при перевантаженнях, хоча при незбалансованості середніх трафіку буфер все одно рано чи пізно переповниться.

Зазвичай комутатори, котрі працюють у відповідальних частинах мережі, мають буферну пам'ять в кілька десятків або сотень кілобайт на порт. Переважно таку буферну пам'ять можна перерозподіляти між декількома портами, оскільки одночасні перевантаження на декількох портах малоімовірні. Додатковим засобом безпеки служитиме загальний для всіх портів буфер у розподільній скриньці комутатора. Такий буфер звичайно має обсяг у декілька мегабайт.

1.2. Технологія пасивних оптичних мереж GEAPON

GEAPON (Gigabit Ethernet PON) – технологія передачі даних через оптоволоконну мережу. Її сенс – у деревовидної топології точка-багатоточка, коли для побудови мережі застосовують тільки один оптоволоконний канал для десятків і сотень абонентів [2]. Дерево мережі будують таким, що гілка для абонента відокремлюється від основної магістралі якомога ближче до його розташування. Поділ здійснюють пасивним розподільником – сплітером. Це принципово відрізняється від звичайної топології оптоволоконної мережі, яка переважно має архітектуру точка-точка і кожне розгалуження лінії вимагає установки активного мережного обладнання [3]. На рис.1.1. зображено поширені мережеві топології.

P2P

- Багато оптичних ліній
- $2N$ приймачів



FTTx

- Необхідне живлення
- $2N + 2$ приймачів



PON - розподілений світ

- $N + 1$ отримувачів
- Статистичне мультиплексування

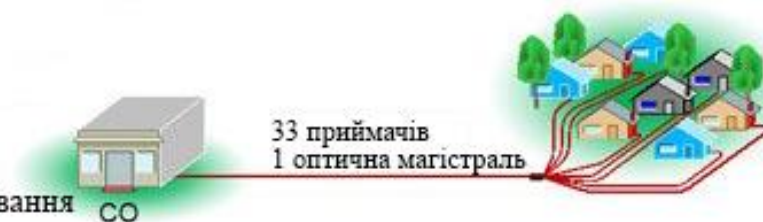


Рис.1.1. Мережеві топології

Оптичну пасивну мережу, окрім оптоволокна, будують наступними технологіями:

- OLT (Optical Line Terminal) – оптичні лінійні термінали, що забезпечують комунікацію мережі PON і зовнішніх мереж;
- модулі SFP OLT для підключення PON, зі збільшеною потужністю і кодуванням сигналу;
- ONU (Optical Network Unit) – кінцевий мережевий блок (модем) у абонента;
- Сплітери – пасивні розгалужувачі у вузлах мережі.

Деревоподібна структура GPON передбачає різні варіанти побудови, від найпростіших – 1 OLT, 1 модуль SFP OLT, 64 ONU і необхідну кількість сплітерів для розгалуження до «багатогілчастих», коли можна задіяти всі порти OLT-а, а також декілька OLT-ів, або ж багатопортові моделі. На рис.1.2 наведено схему структури архітектури мережі GPON.

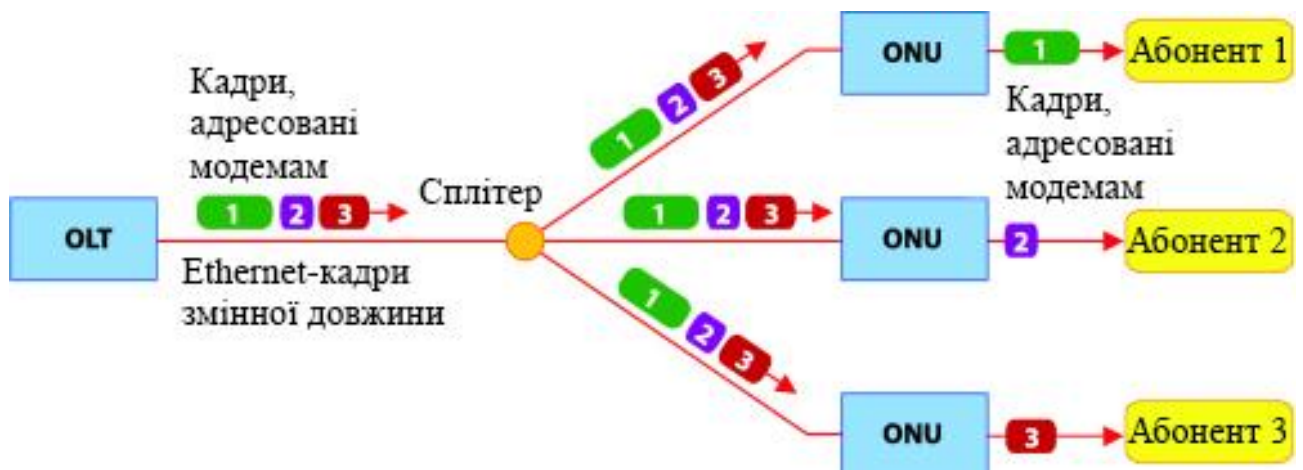


Рис.1.2. Схема архітектури мережі GPON

На рисунку також показано спосіб передачі даних. Від центрального вузла йдуть усі пакети, а у кінцевому пункті кожен ONU «забирає» тільки свій, позначений ідентифікатором.

На зворотному шляху пакети від абонентів збирають в один канал. У мережах PON застосовують протокол TDMA, коли пакети від різних точок передають у різні моменти часу. На рис.1.3 показано схему відправки кадрів у мережі GPON.

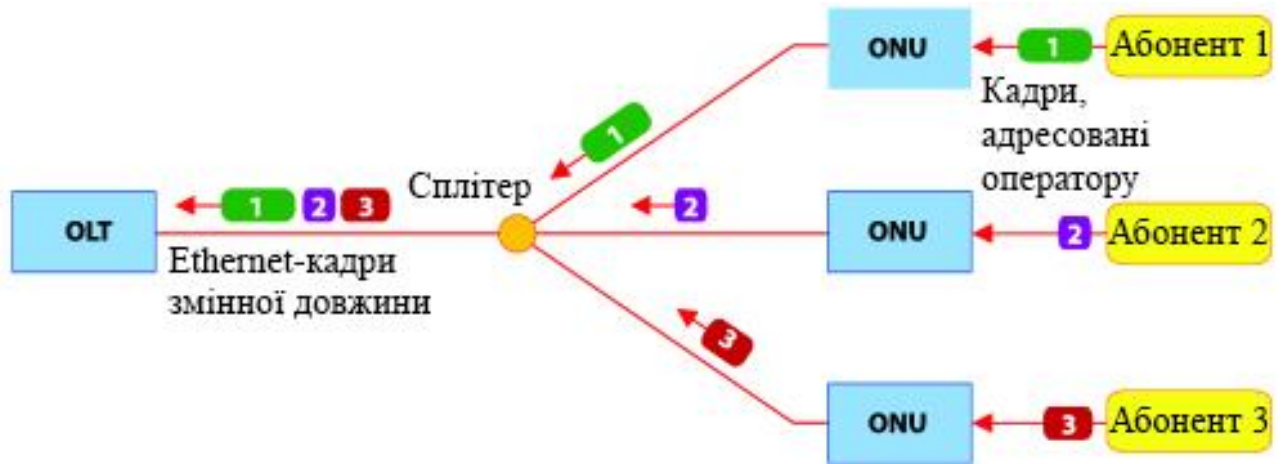


Рис.1.3. Схема архітектури мережі GPON відправки кадрів

На рис.1.4 зображено складну структуру GPON.

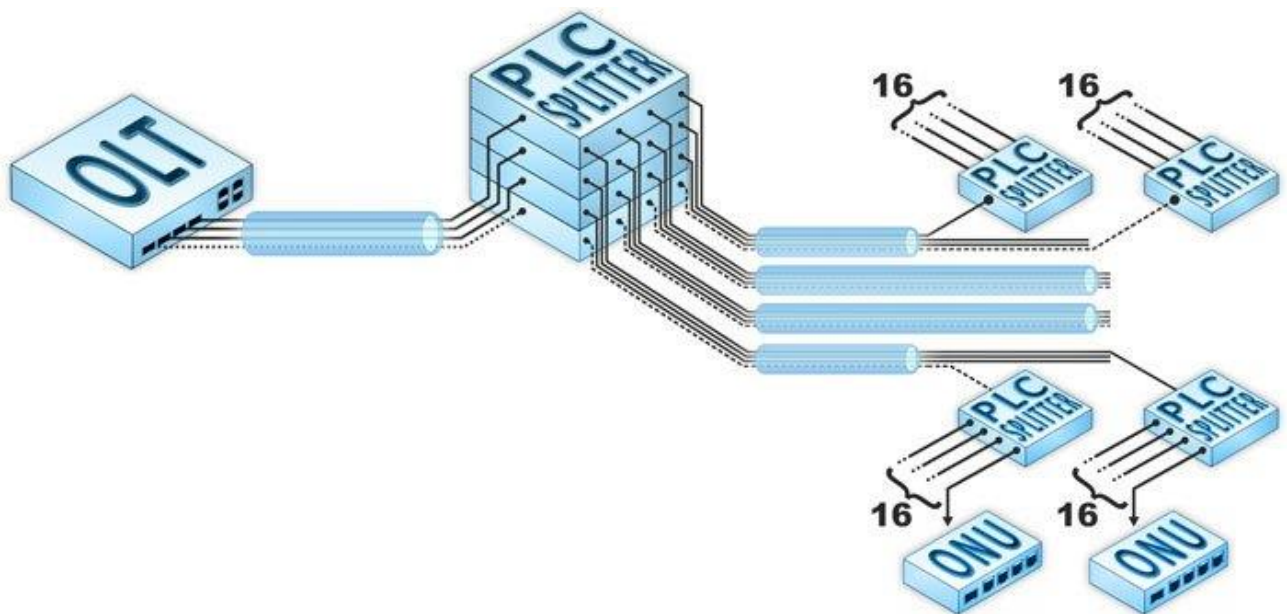


Рис.1.4. Схема складної структури мережі GPON

Проектуючи складні схеми пасивної оптоволоконної мережі, важливо пам'ятати, що один канал не можна ділити більш ніж на 64 абонентських пристрої, і слід враховувати оптичний бюджет системи.

- Оптичний бюджет системи – різниця між потужністю передачі OLT-а і чутливістю прийому ONU.
- Максимальна відстань, на яку можна протягнути пасивну оптичну мережу, з урахуванням втрат на каналі – 20 км.
- Максимальна кількість абонентських пристроїв, що підключаються до однієї «гілки» PON – 64. Однак кінцеве число абонентів може бути більше, якщо після ONU підключати комутатор. Тут обмеження зумовлено тільки таблицею і MAC-адрес OLT і ONU, і, природно, пропускнуою спроможністю каналу.
- Мінімальна швидкість на 1 абонента – 16 Мб / сек (1024 Мб / сек на 64 ONU).

Обладнання для мережі GEPON:

Оптичні лінійні термінали – OLT – ці пристрої є комутаторами другого рівня, котрі містять порти Uplink – для з'єднання з зовнішніми джерелами даних (інтернет, ТВ, телефонія) та Downlink – для мережі PON.

Прикладом такого обладнання – OLT BDCOM P3310-2AC. На рис.1.5 зображено зовнішній вигляд OLT-а BDCOM P3310-2AC.



Рис.1.5. OLT BDCOM P3310-2AC

OLT-термінали випускають з позначеннями:

- AC –комутатор живиться від стандартної електромережі на 220 В;

- DC – терміналу необхідне джерело постійного струму 36-72В;
- 2-АС 2-DC – наявність 2-х джерел живлення, основного і резервного живлення.

Абонентські термінали (модеми) – ONU – пристрої на стороні абонента, оптичні термінали, котрі містять один PON-порт і один або декілька, у залежності від моделі, порти для підключення клієнтського обладнання. Існують моделі з виходом кабельного ТБ.

Прикладом такого обладнання є Picotel PU-E710. На рис.1.6 зображено зовнішній вигляд ONU Picotel PU-E710.

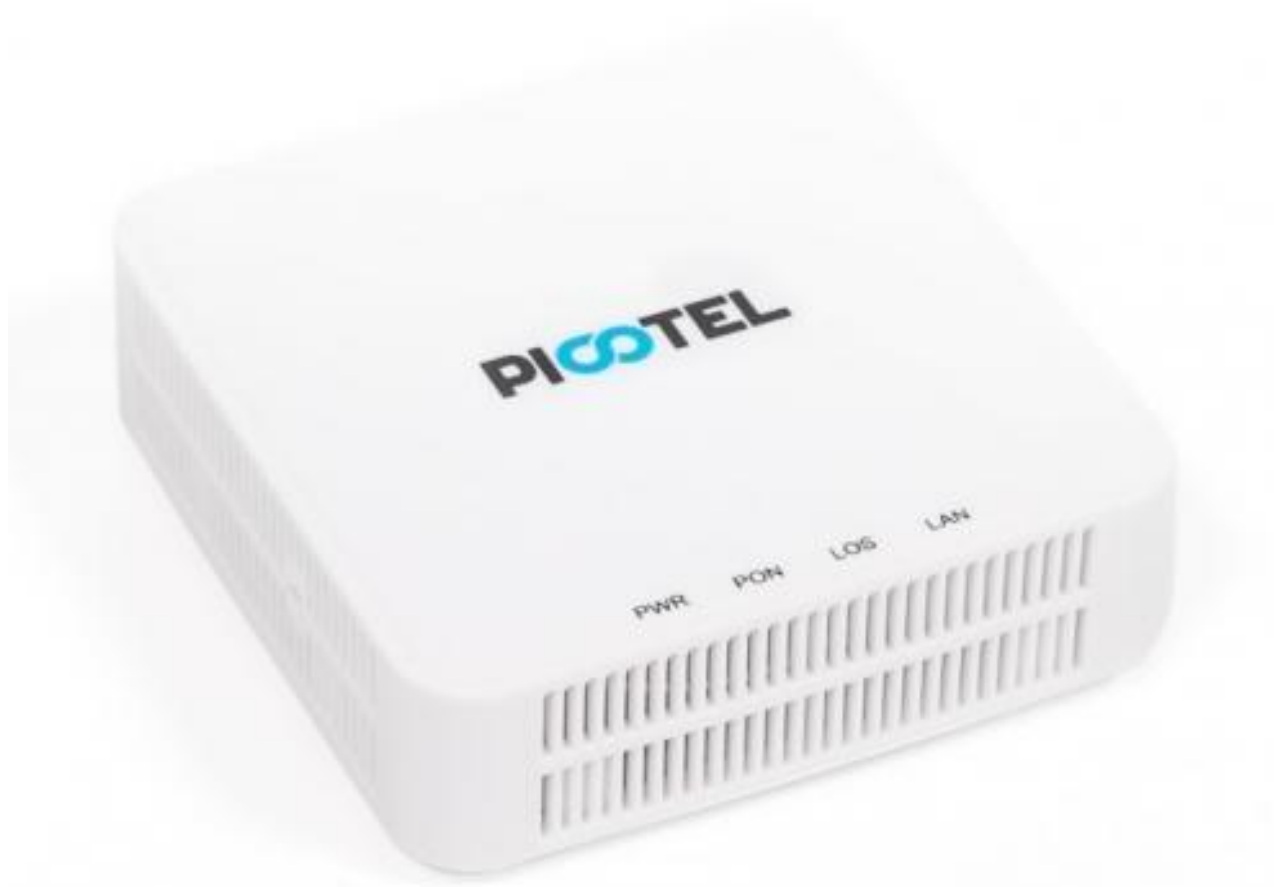


Рис.1.6. ONU Picotel PU-E710

Сплітер – недорогий компактний простий пристрій, який не потребує електроживлення, термошафи, управління і настройки. Його головне завдання – розділювати трафік на шляху від провайдера до абонента і змішувати трафік – на зворотному шляху. Сплітери поділяють на зварні (з можливістю нерівномірного розподілу трафіку) і планарні (рівноплечні). Розгалуження – від

1 * 2 до 1 * 128. На рис.1.7 зображено зовнішній вигляд простого сплітера для GPON мережі.

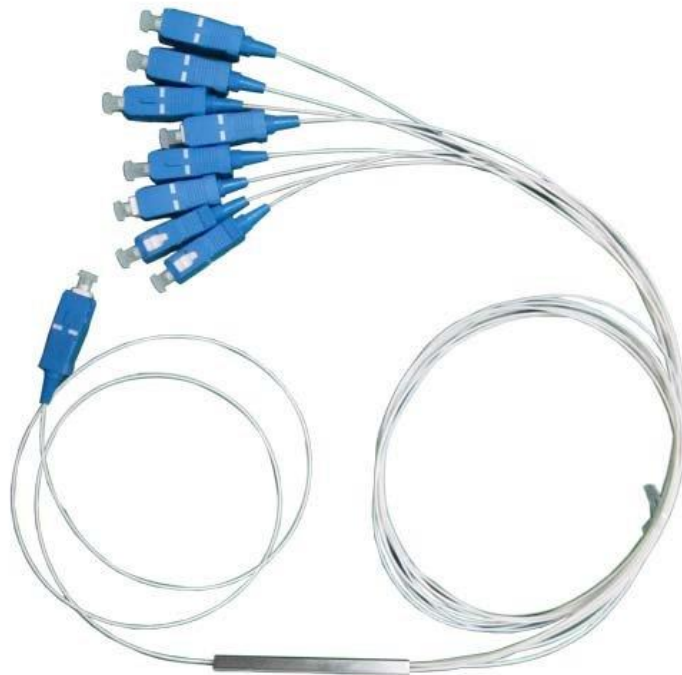


Рис.1.7. Сплітер

Недоліки мережі GPON:

- Сигналу загасає на кожному вузлі розгалуження. У підсумку в мережі на 64 ONU загальне затухання може перевищити 20 ДБ.
- Необхідність максимальної пропускної спроможності всіх пристроїв. Хоча кожен конкретний абонент отримує від 16 Мбіт/сек, кожна точка мережі (ONU) змушена підтримувати максимальну пропускну здатність GPON – 1 Гбіт / сек.
- Недостатньо високий рівень безпеки даних. Технологія однозначно не підійде для фінансових і подібних організацій.
- Складність модернізації. Для того, щоб збільшити пропускну здатність мережі, може знадобитися замінити весь кабель на магістралі.
- Перешкоди в роботі всієї PON при одному несправному пристрої ONU, котрий передає безперервний світловий сигнал у зворотну сторону. Можна скористатися WathDog для контролю випадкових поломок, але набагато складніше запобігти діям зловмисників.

- Складно виявити несправності. Сплітери, зважаючи на їх надзвичайну простоту, не здатні визначити проблемну ділянку мережі.

Переваги GPON:

Економна витрата оптичного кабелю. Технологія GPON дозволяє скоротити протяжність кабельної інфраструктури майже втричі.

Відсутність активного обладнання на вузлах мережі істотно знижує витрати на її проведення і обслуговування.

Висока швидкість передачі – до 1 Гбіт / сек.

Ефективний розподіл навантаження в каналі. Теоретично швидкість для кожного абонента становитиме пропускну здатність каналу, поділену на кількість абонентів. Якщо ж якісь абоненти у даний момент користуються не всією смугою трафіку або не підключені зовсім, то швидкість в інших збільшується.

1.3. Технологія мобільної передачі даних LTE

Стандарти 3G підтримують швидкості до 14 Мбіт/сек, що є недостатнім тепер. Однак, щоб задовольнити потреби користувачів стосовно швидкості передачі даних і набору послуг хоча б на 20 років вперед, необхідно запровадити новий стандарт уже четвертого покоління.

Робота над стандартом LTE (Long Term Evolution) (англ., Довгострокова еволюція) розпочала у 2004 році організація 3GPP.

Головними вимогами до стандарту були:

- швидкість передачі даних вище 100 Мбіт / сек;
- високий рівень безпеки системи;
- висока енергоефективність;
- низькі затримки у роботі системи;
- сумісність зі стандартами другого і третього поколінь.

У кінці 2009 року у Швеції а введено у комерційну експлуатацію першу мережу LTE.

Теоретично швидкість прийому даних повинна досягати 326 Мбіт/с, а швидкість передачі – 173 Мбіт/с. Але практично перші запуски технології у США показали, що максимальна швидкість у прямому каналі досягає 40–50 Мбіт/с, і 20–25 у зворотному [4].

Радіус покриття базової станції LTE знаходиться в діапазоні від 5 до 30 км, а при достатньому піднятті антени може досягти навіть 100 км.

Системи зв'язку 4G засновано на пакетних протоколах передачі даних. Дані надсилають через протокол IPv4, а також, у майбутньому планують підтримку IPv6.

Високих швидкостей передачі даних LTE досягають завдяки двом ключовим технологіям:

- OFDMA – технологія ортогонального мультиплексування поєднання багатьох потоків в один простір;
- MIMO – декілька антен забезпечують передачу та прийом.

В OFDM робочу смуга частот розбивають на окремі піднесні і базова станція може вибрати для кожного з'єднання або абонента набір піднесних, якість радіоканалу для яких достатня для того, щоб надати послугу на потрібній швидкості. Це забезпечує ефективніше користування спектром, ніж, наприклад, у 3G, де всі абоненти працюють в одному широкому каналі (5 МГц) і, таким чином, перешкоджають один одному.

MIMO – декілька антен забезпечують передачу і прийом. Замість одного радіолінка на з'єднання отримуємо декілька відносно незалежних. Завдяки цьому або підвищуємо перешкодозахищеність з'єднання (якщо передаємо через різні антени одну і ту ж інформацію), або швидкість з'єднання (якщо передаємо різні частини інформаційного потоку).

Порівняння смуги пропускання частот у різних стандартах:

- 2G канал займає 200 кГц;
- 3G – до 5 МГц;
- LTE – до 20 МГц.

Чим ширша смуга пропускання, тим більшої швидкості можна досягти. Зв'язок між смугою пропускання лінії і її пропускнуою спроможністю встановив Клод Шеннон:

$$C = F \log_2(1 + P_c/P_w), \quad (1,1)$$

де C – пропускна здатність лінії у бітах за секунду;

F – ширина смуги пропускання лінії в герцах;

P_c – потужність сигналу;

P_w – потужність шуму.

Структура мережі LTE значно відрізняється від мереж стандартів 2G і 3G (див.рис.1.8). Істотних змін зазнали і підсистема базових станцій та підсистема комутації (змінені технології передачі даних між обладнанням користувача та базової станції, змінилися протоколи передачі даних між мережевими елементами).

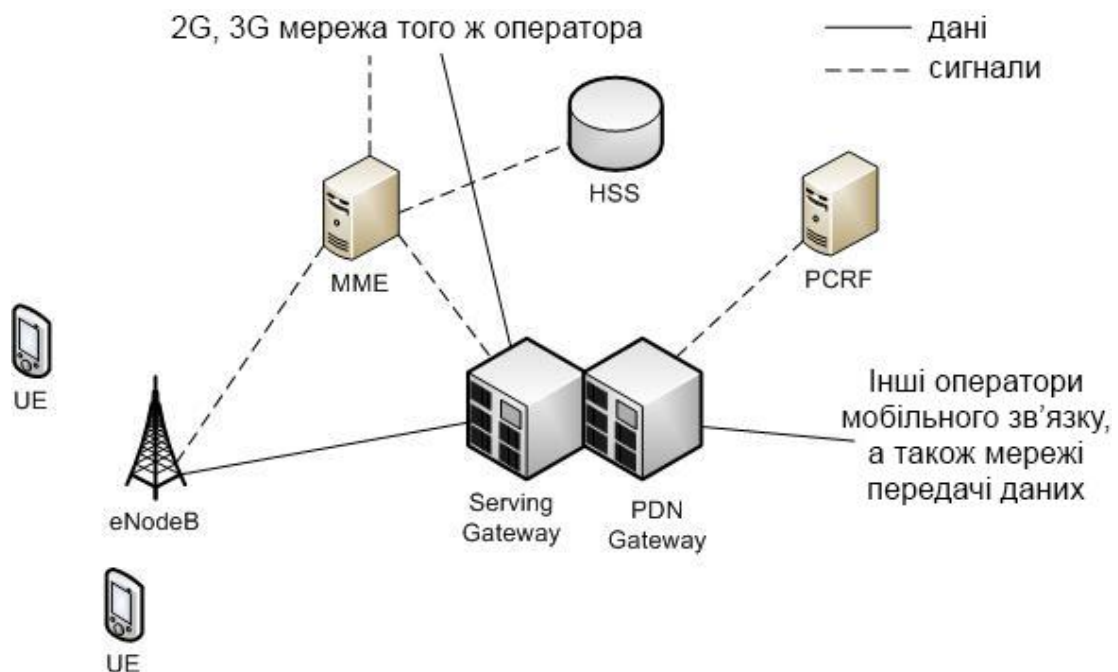


Рис.1.8. Структура LTE

Всю інформація як голос, так і дані передають у вигляді пакетів. Тож за такої структурою та організації вже нема поділу на голосову інформацію, та пакетні дані.

Підсистема комутації:

1) Serving SAE Gateway або просто Serving Gateway (SGW) – обслуговуючий шлюз мережі LTE. Його функція для обробки і маршрутизації пакетних даних, що надходять з або в підсистему базових станцій (замінює MSC, MGW і SGSN в мережі UMTS). SGW має пряме сполучення з мережами 2G і 3G того ж оператора, який спрощує передачу з'єднання в або з них у разі недостатньої зони покриття і перевантажень.

2) Public Data Network (PDN) SAE Gateway або просто PDN Gateway (PGW) – шлюз до або від мереж інших операторів. При передачі голосу і даних з або в мережі інших операторів вони маршрутизуються саме через PGW.

3) Mobility Management Entity (MME) – вузол управління мобільністю. Керує мобільністю абонентів мережі LTE.

4) Home Subscriber Server (HSS) – сервер абонентських даних (є об'єднанням VLR, HLR, AUC в одному пристрої).

5) Policy and Charging Rules Function (PCRF) – вузол, який виставляє рахунки абонентам за надані послуги зв'язку.

Базова станція отримала назву eNodeB. Вона виконує функції як базової станції, так і контролера базових станцій мережі LTE, тому мережу простіше розширювати. Для цього не потрібно збільшувати розмір контролерів або додавати нові.

Базова станція eNodeB (evolved NodeB) (продукт еволюції «вузла Б», тобто власне базова станція 3G) містить:

- радіомодулі (вони ж приймачі, TRXbi);
- блок цифрової обробки сигналу (BBU);
- інтерфейсні плати (FE / GE порти, електричні, оптичні).

Виносні радіомодулі називають RRU. Їх монтують поблизу антени (для зменшення втрат у високочастотному сигналі), до BBU підключаються через оптику (стандарт CPRI).

Оскільки базові станції різних стандартів більше схожі, аніж різні, виробники зараз все випускають «в одному флаконі». Рішення називають SingleRAN. Воно має одну базову станцію на 3 стандарти: GSM, 3G і LTE.

Для LTE не потрібно особливих антени. Цілком підходять звичайні панельні антени з крос-поляризацією, якими користуються у мережах GSM і в 3G.

Якщо у GSM і 3G дві поляризації зазвичай застосовують на прийом, а на передачу тільки одну (схема 2Rx/1Tx), то в LTE обидві поляризації задіяно повністю, і на прийом, і на передачу (схема 2Rx/2Tx). Це необхідно для реалізації технології MIMO 2×2).

На першому етапі впровадження LTE цього достатньо. Далі пропускну здатність сектора можна буде збільшити, додавши ще по одній антені. Вийде схема 4Rx/4Tx і MIMO 4×4 . Головне розмістити антени у просторі достатньо віддалено (близько 10 довгих хвиль).

Контролера мережі доступу (як BSC в GSM, або RNC в 3G), як окремого фізичного і логічного вузла у мережі LTE нема, базові станції підключають безпосередньо до вузлів Core, причому виключно через IP протокол.

Перевага LTE над іншими стандартами полягає в тому, що технологія не прив'язана до якогось конкретного діапазону частот. Розробники (3GPP) визначили понад 30 діапазонів для роботи радіообладнання LTE. Сюди потрапили частоти, котрими користуються зараз для інших стандартів, таких як: 900, 1800 (GSM), 2100 (UMTS), 2500 (WiMAX), а також «нові», приміром, 700–800 МГц (так званий «цифровий дивіденд»). Незалежно від діапазону для роботи LTE, ширина частотного каналу повинна становити 20 МГц для завантаження і 20 МГц для відвантаження.

Найбільш прийнятними є такі діапазони:

- 800 МГц (3GPP band 20) – вигідний з точки зору витрат на забезпечення суцільного покриття;
- 2,5 ГГц (3GPP band 7) – вигідний для забезпеченні хот-спот;
- 1800 МГц (3GPP band 3) – корисний з точки зору забезпечення у мережі балансу між ємністю і покриттям; звільнитиметься зі зменшенням кількості тільки GSM телефонів і розширенням покриття 3G (щоб було куди

переводити голос); GSM-операторам дасть можливість заощадити внаслідок перевикористання інфраструктури мережі доступу (приймачі, антени).

Вибір правильного діапазону для розвитку LTE не є легким завданням. У нижніх діапазонах, де все відмінно з покриттям, проблема знайти смугу, достатню для повноцінної ширини LTE. У верхніх зазвичай добре з частотним ресурсом, але базові станції потрібно ставити через кожні 400–500 метрів, через що можна збанкрутувати на суцільному покритті.

Якщо порівняти крайні варіанти, то площа покриття однієї eNodeB, що працює у найнижчому LTE-діапазоні (700 МГц) за однакових інших умов виявляється у 5–6 разів більшою, ніж для бази, яка працює в 2,5 ГГц. Ймовірно, більшість мереж LTE, аналогічно GSM, будуть дводіпазонними.

Технологія LTE має низку етапів розвитку. Початковий стандарт назвали 3GPP Реліз 8. Для того, щоб удосконалити експлуатаційні характеристики і збільшити можливості технології у квітні 2008 року консорціум 3GPP розпочав роботу над 10-им релізом LTE-Advanced для вдосконаленої технології LTE.

LTE-Advanced – не нова технологія, а всього лише назва, котру присвоєно стандарту LTE, починаючи з Релізу 10.

Для того, щоб досягнути вищих швидкостей, у Реліз 10 внесено наступні зміни:

1) Реалізовано агрегацію несучих частот і агрегацію смуг з різних діапазонів частот, що дозволяє паралельно передавати дані на декількох несучих частотах. Підтримується агрегація до п'яти несучих смуг, по 20 МГц кожна, що дозволяє отримати загальну ширину смуги до 100 МГц як для спадного, так і для висхідного каналів.

2) Розширено можливості багатоантенної передачі: в низхідному каналі може бути до восьми передавальних антен (відповідно, до восьми передавальних трактів), а у висхідному каналі до чотирьох передавальних антен. Це, разом із розширенням смуги частот до 100 МГц внаслідок агрегації частот дозволяє досягти пікових швидкостей передачі даних близько 3 Гбіт/с на завантаження і близько 1,5 Гбіт/с на відвантаження.

В релізі 10 підтримується функція ретрансляції, що дозволяє мобільним терміналам обмінюватися даними з мережею через вузол ретрансляції, з'єднаний по бездротовому зв'язку з донорним вузлом eNodeB, з використанням технології радіодоступу LTE.

Це дозволяє як розширити зону обслуговування, так і збільшити швидкість передачі даних.

Незважаючи на розмови про LTE, потенціал UMTS ще не до кінця вичерпано. Наприклад, у стандарті HSPA+ пікова швидкість може досягати 42 Мб/с (download) і 23 Мб/с (upload), що цілком можна порівняти з можливостями LTE за поточних обмежень.

При цьому UMTS має важливу перевагу у вигляді великої кількості доступних на ринку телефонів, котрі підтримують цей стандарт.

Таким чином, зараз існує дві технології радіодоступу для широкопasmового мобільного зв'язку: модернізована 3G на основі HSPA і 4G (LTE).

Так само, як технологія GSM і її продовження співіснують із системами 3G, модернізована 3G на основі HSPA ще довго існуватиме паралельно з LTE.

1.4. Локальна мережа Ethernet

Ethernet – найпоширеніший сьогодні стандарт локальних мереж. Загальну кількість мереж, що працюють через протокол Ethernet зараз оцінюють у декілька мільйонів [5].

Коли кажуть Ethernet, то під цим словом звичайно розуміють будь-який з варіантів такої технології, в яку входять сьогодні також FastEthernet, GigabitEthernet і 10GEthernet.

У вузькому сенсі Ethernet – мережевий стандарт передачі даних зі швидкістю 10 Мбіт/с, який з'явився у кінці 70-х років, як стандарт трьох компаній – Digital, Intel і Xerox. На початку 80-х Ethernet стандартизовано робочою групою IEEE802.3 і з того часу він став міжнародним стандартом. Технологія Ethernet –

перша технологія, у якій запропоновано користуватися спільним середовищем для доступу до мережі.

Локальних мережі побудовано за принципом тимчасового мультиплексування, тобто у них середовище поділено у часі. Алгоритм управління доступом до середовища є однією з найважливіших характеристик будь-якої технології LAN, що значно більше визначає її вигляд, ніж метод кодування сигналів або формат кадру. У технології Ethernet, як алгоритм поділу середовища застосовано метод випадкового доступу. І хоча його важко назвати досконалим – при зростанні навантаження корисна пропускна здатність мережі стрімко зменшується – завдяки своїй простоті такий метод послужив основною причиною успіху технології Ethernet.

Продуктивність мережі залежить від швидкості передачі кадрів через лінії зв'язку і швидкості обробки таких кадрів комунікаційними пристроями, які передають кадри між своїми портами, до яких ці лінії зв'язку підключено. Швидкість передачі кадрів через лініях зв'язку залежить від реалізованих протоколів фізичного і канального рівнів, наприклад, Ethernet10 Мбіт/с, Ethernet100 Мбіт/с, Token Ring або FDDI.

Швидкість, з якою протокол передає біти через лінії зв'язку, називають номінальною швидкістю протоколу.

Швидкість обробки кадрів комунікаційним пристроєм залежить від продуктивності його процесорів, внутрішньої архітектури та інших параметрів.

Для оцінки необхідної продуктивності комунікаційних пристроїв, що мають порти Ethernet, необхідно оцінити продуктивність сегмента Ethernet, але не в бітах за секунду, а у кадрах за секунду, так як саме цей показник допомагає оцінити вимоги до продуктивності комунікаційних пристроїв. Це пояснюється тим, що на обробку кожного кадру, незалежно від його довжини, міст, комутатор або маршрутизатор витрачає приблизно однаковий час, який йде на перегляд таблиці проходження пакета, формування нового кадру (для маршрутизатора) і т. ін.

За постійної бітової швидкості кількість кадрів, що надходять на комунікаційний пристрій за одиницю часу, є природно, максимальною за їх мінімальної довжини. Тому для комунікаційного устаткування найважчим режимом є обробка потоку кадрів мінімальної довжини.

Основні переваги технології Ethernet:

1) Головною перевагою мереж Ethernet, завдяки якому вони стали такими популярними, є їх економічність. Для побудови мережі досить мати по одному мережевому адаптеру для кожного комп'ютера плюс один фізичний сегмент коаксіального кабелю потрібної довжини.

2) Крім того, у мережах Ethernet реалізовано досить прості алгоритми доступу до середовища, адресації і передачі даних. Простота логіки роботи мережі спрощує і відповідно, знижує вартість мережевих адаптерів і їх драйверів. З тієї ж причини адаптери мережі Ethernet мають високу надійність.

3) І нарешті, ще однією важливою властивістю мереж Ethernet є їх хороша розширюваність, тобто можливість підключати нові вузли.

Інші базові мережеві технології, такі як TokenRing і FDDI, хоча і мають індивідуальні риси, у той же час мають багато спільного з Ethernet. У першу чергу, це з регулярні фіксовані топології («ієрархічна зірка» і «кільце»), а також середовище передачі даних. Істотні відмінності однієї технології від іншої пов'язані з особливостями методу доступу до середовища. Так, відмінності технології Ethernet від технології TokenRing багато в чому пояснюються специфікою закладених в них методів розділення середовища – випадкового алгоритму доступу в Ethernet і методу доступу шляхом передачі маркера в TokenRing.

1.5. Висновки

У даному розділі було проаналізовано основні технології передачі даних для комутатора з резервуванням мережі. Також було проаналізовано плюси та мінуси кожних топологій.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ

2.1. Взаємодія з мережами GPON, LTE та Ethernet

Для взаємодії між цими різними типами мережних технологій, для передачі даних та резервування каналу зв'язку, розглянемо варіант розробки прототипу мережевого обладнання для кінцевого користувача.

Зараз PON-мережі стрімко набувають популярності [6]. Провайдери розширюють зони покриття своїх кабельних мереж все частіше користуються технологією пасивних оптичних мереж PON, вони дешевші за активні оптичні мережі.

Якщо кінцевий користувач перебуватиме у зоні покриття провайдера, який у даній місцевості прокладає тільки мережі у технологіях PON, і нема можливості прокласти кабель від іншого провайдера для резервування каналу зв'язку, можна організувати резервування каналу через оператора мобільного зв'язку за технологією LTE. Станом на листопад 2019 року, зона покриття мобільного оператора Київстар мережі 4G LTE працює у 7885 населених пунктах, з яких 90% – у сільській місцевості. Це територія, де проживає понад 29,8 млн осіб, або 72% населення України.

Комутатор для мереж GPON та LTE має володіти наступними властивостями:

- до першого порта, який має бути основним, підключатимуть оптичний кабель для мереж GPON;
- наявність вбудованого LTE-модему;
- можливість перемикатися між GPON та LTE для резервування мережі;
- фаєрвол для фільтрації трафіку;
- як мінімум 4-8 LAN Ethernet-порти.

2.2. Вибір основної платформи

Основним базовим пристроєм для побудови комутатора для резервування мережі GEPON та LTE обрано TP-Link TL-R480T+ (див.рис.2.1).



Рис.2.1. Зовнішній вигляд TP-Link TL-R480T+

Його основні характеристики:

- до чотирьох WAN-портів із розширеною функцією балансування навантаження будуть гарантувати пропускну здатність 100/1000 мбіт/с і раціональне використання резервів;
- розподіл ресурсів мережі для користувачів відповідно до їх потреб;
- малі розміри дозволяють користуватися таким пристроєм у невеликих офісах, житлових будинках та інтернет-кафе, тому що такий маршрутизатор для звичайного клієнта є економічно вигідним.

Широкопasmовий роутер з можливістю балансування навантаження TL-R480T+ є найліпшим рішенням для малого бізнесу. Цей продуктивний і надійний мережевий пристрій максимально окупить грошові вкладення покупця. Роутер оснащено 3-ма портами WAN/LAN і може підтримувати до 4-х WAN-портів, що дозволяє користуватися різними Інтернет-підключеннями від різних провайдерів за допомогою одного мережевого пристрою. TL-R480T+ користується різними алгоритмами балансування навантаження, розширеною функцією контролю якості мережевого трафіку QoS і надійним брандмауером, який має забезпечити тривалу та стабільну роботу комп'ютерної мережі. Також, TL-R480T+ дуже простий – за допомогою зручного веб-інтерфейсу можна легко налаштувати комп'ютерну мережу та керувати нею.

Для захисту мережі від зовнішніх мережевих загроз роутер TL-R480T+ автоматично виявляє і блокує DoS-атаки, такі як Ping of Death, ICMP/TCP/UDP Flooding та інші. Такий роутер підтримує функції фільтрації WEB/IP/MAC/URL, які забезпечуватимуть захист від зовнішніх мережевих атак та вірусів. Роутер TL-R480T+ дозволяє адміністраторам встановити та налаштувати правила блокування для певних веб-сайтів і додатків P2P/IM одним натисканням клавіші, а також заборонити персоналу користуватися такими протоколами та сервісами, як SMTP, FTP та HTTP.

Для призначення приватних облікових записів під час налаштування PPPoE сервера, роутер надаватиме доступ в інтернет тільки авторизованим користувачам, які пройшли процес аутентифікації. На базі IP-адреси у поєднанні із керуванням пропускнуою здатністю можна налаштувати керування пропускнуою здатністю для кожного облікового запису PPPoE. Також функція E-Bulletin дозволяє відправляти попередження всім обліковим записам PPPoE у вигляді веб-сторінки про завершення терміну дію облікового запису. Завдяки згаданим функціям роутер дозволяє встановити пріоритетність користувачів для ефективнішого керування.

Захист від блискавок має вберегти пристрій від різких перепадів напруги і забезпечує розрядку через заземлення. Такий маршрутизатор має захист від грози до 4кВ за умови якісного заземлення. Така особливість цього мережевого пристрою дозволяє захистити від впливу суворих погодних умов.

Вказаний маршрутизатор має наступні характеристики та особливості:

- підтримка наступних стандартів та протоколів: IEEE 802.3, 802.3x, 802.3u, DHCP, TCP/IP, NAT, ICMP, SNTP, PPPoE, DDNS, HTTP.
- має наступні інтерфейси: 1 фіксований Ethernet WAN-порт, 1 фіксований Ethernet LAN-порт, 3 змінні Ethernet WAN/LAN-порти.
- Мережеві адаптери: 10BASE-T: UTP кабель категорії CAT 3, 4, 5 (максимальна довжина кабелю 100 м); EIA / TIA-568 з опором 100Ω STP (максимальна довжина кабелю 100 м).

- На передній частині корпусу розміщено єдина кнопка Reset для скидання до заводських налаштувань.
- У маршрутизатор вбудовано блок живлення для вхідної змінної напруги 100-240 В з частотою 50/60 Гц.
- Має флеш пам'ять 4 МБ, оперативну пам'ять 64 МБ.
- На корпусі присутні світлодіоди: PWR для індикації живлення, SYS для індикації роботи маршрутизатора, WAN для індикації роботи порта глобальної мережі, LAN для індикації роботи порта локальної мережі, WAN/LAN для індикації роботи змінних портів.
- Розміри: ширина 294 мм, довжина 180 мм, висота 44 мм.
- Кількість одночасних сесії до 30000.
- Типи WAN з'єднань: статичний або динамічний IP, PPTP, PPPoE, L2TP, Bigpond Cable, Dual Access.
- Підтримка DHCP-клієнта та DHCP-сервера.
- Клонування та заміна MAC-адрес.
- Налаштування портів для балансування навантаження та визначення підключення.
- Налаштування IP/MAC/WEB /URL фільтрів.
- Протоколи керування групами: IGMP Snooping та IGMP Proxy.
- Для перенаправлення підтримує DMZ, віртуальний сервер, запуск портів.
- Для балансного навантаження є відновлення з'єднання та політика маршрутизації.
- Підтримка Multi-Nets NAT та One-to-One NAT.
- Статична маршрутизація.
- Для захисту присутні алгоритми IPsec/SIP/FTP/PPTP/H.323, захист від Ping of Death, DoS, IP/MAC прив'язка.
- Контроль трафіку, ліміт сесій, контроль пропускнуої здатності.
- Підтримка сервісів E-Bulletin, Dynamic DNS, PPPoE сервер, UPnP, контроль додатків.

- Підтримує оновлення вбудованого програмного забезпечення, системний журнал, статистику, налаштування часу, діагностику, відновлення налаштувань до заводських, перезавантаження, віддалене керування резервування та відновлення налаштувань.

- Системні вимоги: UNIX або Linux, MAC OS, NetWare Microsoft Windows 98SE, NT, 2000, XP, Vista, 7, 8, 8.1, 10.

- Робоча температура: від 0°C до 40°C [8].

2.3. Вибір допоміжної платформи

Оскільки у TP-Link TL-R480T+ нема вбудованого абонентського терміналу для пасивних оптичних мереж PON, а також нема модема для мобільної мережі LTE, розширювати функціональність та апаратні засоби будемо через мікроконтролер Raspberry Pi 4 Model B (див.рис.2.2).

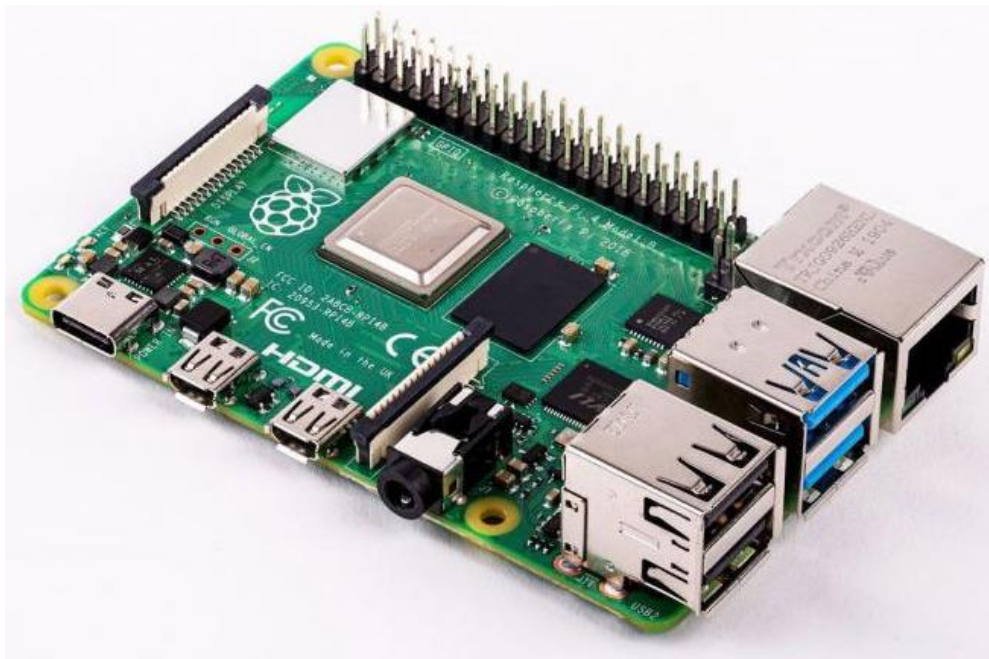


Рис.2.2. Зовнішній вигляд Raspberry Pi 4 Model B

Нещодавно офіційно представлено наступну версія Raspberry Pi 4 Model B, яку доповнила лінійка Raspberry Pi від Raspberry Pi Foundation. Нова плата стала помітно потужною, отримала потужний 4х-ядерний 64-бітний SoC Broadcom BCM2711B0 на архітектурі ARM Cortex-A72 процесор, виконаний за 28 нм

технологічним процесом, котрий працює на частоті 1,5 ГГц. Також компанія оновила безпроводні мережеві адаптери: Wi-Fi має двоканальний діапазон IEEE 802.11ac, а Bluetooth – 5.0 BLE. Мережевий контролер Ethernet підтримує основний SoC, який підключається до зовнішнього фізичного пристрою Broadcom через виділений канал RGMII, котрий має забезпечувати повну пропускну здатність інтерфейсу. Оперативна пам'ять має три варіанти: 1 Гб, 2 Гб і 4 Гб [9].

Більший об'єм оперативної пам'яті, а також швидший центральний процесор виводять нову плату у фаворити всієї лінійки міні-комп'ютерів. Найбільш повно розкриватимуться всі можливості нового процесора і периферії з оновленою версією операційної системи.

Для живлення Raspberry Pi 4 обов'язково потрібно застосовувати тільки якісний блок живлення на 5В 3А. Неякісні китайські блоки живлення або мобільні зарядні пристрої можуть призвести до виходу з ладу внутрішнього джерела живлення і не є гарантійним випадком. Максимально допустима вхідна напруга живлення – 5,5 В. При вхідній напрузі у 6 В (навіть імпульсній) мікросхема перетворювача напруги точно вийде з ладу.

Основні конструктивні відмінності від попередніх моделей:

- об'єм оперативної пам'яті від 1 до 4 Гбайт;
- роз'єм живлення USB-C.
- металева кришка, яка закриває Wi-Fi модуль;
- 4-піновий роз'єм для підключення додаткового PoE модуля;
- металевий радіатор на центральному процесорі для поліпшеної тепловіддачі;
- два micro-HDMI роз'єму відеовиходу;
- два USB 3.0 роз'єми;

Основні характеристики:

- об'єм оперативної пам'яті 1, 2, 3, 4 ГБ LPDDR4 SDRAM;
- 1,5 ГГц 64-бітний чотириядерний процесор ARM Cortex-A72;
- гігабітний Ethernet-порт;

- Bluetooth 5.0;
- дводіапазонний бездротовий мережевий адаптер 802.11ac;
- два порти USB 2.0;
- два порти USB 3.0;
- апаратне декодування 4Kp60 відео HEVC;
- два мікро-HDMI з підтримкою двох моніторів з роздільною здатністю до 4K;
- VideoCore VI, який підтримує OpenGL ES 3.x;
- живлення через USB-C напругою в 5В 3А;
- додаткове живлення через Ethernet PoE Hat;
- повна сумісність з більш ранніми продуктами Raspberry Pi.

Основні відмінності від попередньої моделі:

- збільшено обсяг оперативної пам'яті до 4 Гб;
- поліпшене пасивне охолодження процесора;
- збільшена тактова частота процесора (до 1,5 ГГц);
- бездротовий модуль, виконаний відповідно до стандарту FCC і закритий металевою кришкою.
- підтримка PoE через окремий роз'єм;
- гігабітний Ethernet, що працює на повній швидкості інтерфейсу;
- підтримка PXE (Preboot eXecution Environment) - завантаження ОС через мережевий інтерфейс та використання локальних носіїв даних;
- два роз'єми для підключення моніторів;
- поліпшений дводіапазонний WiFi модуль;
- роз'єм живлення USB-C;
- поліпшене керування температурою і живлення процесора (на базі MaxLinear MxL7704-P4);

Розпіновка GPIO (див.рис.2.3) у порівняння із попередніми версії Raspberry Pi залишилася незмінною.



Рис.2.3. Розпіновка GPIO інтерфейсів

2.4. Вибір мережевих інтерфейсів

Для 1000 мегабітного інтерфейсу для пасивних оптичних мереж, можна обрати ONU PICOTEL PU-E410 (див.рис.2.4).



Рис.2.4. Зовнішній вигляд ONU PICOTEL PU-E410

Модель PU-E510 може працювати у GPON-мережах. Вона підтримує стандарт EPON 802.3ah і повністю сумісна з OLT-ами BDCOM. Для підключення обладнання абонента користуються одним гігабітним Ethernet портом (10/100/1000 Mbps base-T) і одним портом для оптики SC/PC.

Основні характеристики абонентського терміналу ONU PU-E510:

- виробник чіпсета Realtek.
- не впливає на роботу вже існуючої PON мережі, легко інтегрується у наявну пасивну мережу;
- підтримка VLAN;

- DBA механізм такий самий, яким користуються в обладнанні BDCom;
- виявлення ширококомовних штормів лупбеків (loopback-detection) ;
- підтримка мультикаст;
- споживана потужність PU-E510 - 3Вт;
- підтримка стандарту cтс 2.0;
- підтримка різних способів аутентифікації ONU;
- підтримка storm-control;
- наявність Web інтерфейсу;
- робочий діапазон блоку живлення - 110-240В;

Для зв'язку з мобільною мережею LTE обрано USB LTE-модем Huawei E3372 (див.рис.2.5).



Рис.2.5. Зовнішній вигляд Huawei E3372

Huawei E3372 є розблокованим 3G/4G модемом з двома роз'ємами під зовнішню антену. Працює у 2G, 3G і 4G (LTE) мережами мобільних операторів 3Mob, Київстар, Vodafone, Lifecell.

Максимальна пропускна швидкість LTE на завантаження становить 150 Мбіт/с і на віддачу – 50 Мбіт/с.

На бічній стороні корпусу розташовано 2 роз'єми для підключення зовнішньої антени, які працюють в MIMO режимі. Така антена має 2 роз'єми для горизонтальної та вертикальної поляризації. Зовнішньою антеною можна

користуватися, якщо дуже слабкий прийом сигналу і його необхідно суттєво посилити.

Huawei E3372 може інколи поставлятися з декількома різними типами прошивок: HILINK та STICK. Тому на персональних комп'ютерах та у маршрутизаторах MikroTik вони визначаються по-різному.

З прошивкою STICK персональний комп'ютер може визначити модем як CD-привід і пропонує встановити драйвера та інше програмне забезпечення. Маршрутизатор MikroTik визначає модем як інтерфейс ppp-out1 в меню PPP.

З прошивкою HILINK персональний комп'ютер може визначити модем як мережевий адаптер, який налаштовують через Web-браузер за адресою <http://192.168.8.1>. Маршрутизатор MikroTik може визначити модем як інтерфейс lte1 у меню Interfaces.

Основні характеристики:

- наявність 1 роз'єму USB 2.0, 1 слот під SIM-карту, 1 слот microSD під флеш-пам'ять до 32 ГБ, 2 CRC9 слот для зовнішніх антен в режимі MIMO.
- Робочі частоти в 2G EDGE/GPRS/GSM 850/900/1800/1900 MHz, 3G DC-HSPA+/HSPA+/HSPA/UMTS 900/2100 MHz, 4G LTE 800/900/1800/2100/2600 MHz.
- Пропускна здатність 2G (вхід./вихід.): 0,237/0,237 Мбіт/с, 3G HSPA (вхід./вихід.): 14,4/5,76 Мбіт/с, 7,2/5,76 Мбіт/с, 3,5G HSPA+ (вхід./вихід.): 43,2/5,76 Мбіт/с, 21,6/5,76 Мбіт/с, 4G LTE (вхід./вихід.): 150/50 Мбіт/с.
- Розміри: довжина 88 мм, ширина 28 мм, висота 11.5 мм.
- Вага 35 грам.
- Робочі температури від -10°C до +40°C.
- Антени вбудовані та зовнішні.
- Сумісність з операційними системами Windows XP SP3, Vista SP1, SP2, 7, 8, 8.1 (відсутня підтримка для Windows RT), 10, Linux дистрибутивами, Mac OS X 10.7, 10.8 і 10.9 з останніми оновленнями.

Для цього проекту обрано Wi-Fi-модем від компанії TP-Link модель TL-WN821N (див.рис.2.6). Більшість користувачів інтернету включно з бізнес

клієнтами, для доступу до інтернету часто користуються бездротовими мережами Wi-Fi. Тому, щоб не навантажувати вбудований Wi-Fi адаптер в мікроконтролері Raspberry Pi до зовнішнього USB-інтерфейсу буде підключатися цей Wi-Fi-модем. За попередніми тестами перевірено, що нагрівання SoC не таке інтенсивне із вимкненим вбудованим Wi-Fi адаптером.

Цей Wi-Fi донгл безпосередньо визначається портом WLAN wlan0.

Основні характеристики:

- Тип інтерфейсу підключення USB 2.0.
- Швидкість передавання даних 802.11n - 300 Мбіт/сек Мбіт/с, 802.11g - 54 Мбіт/сек, 802.11b - 11 Мбіт/сек.
- Функція безпеки QSS, WPA-PSK/WPA2-PSK шифрування, 64/128/152-бітне WEP-шифрування, WPA/WPA2.
- Антена внутрішня всюди направлена.
- Бездротові стандарти IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n.



Рис.2.6. Зовнішній вигляд TL-WN821N

2.5. Вибір периферії

Окрім індикації портів та кнопок живлення та скидання до заводських налаштувань, щоб не підключатися до комутатора по SSH чи Telnet, за наявності мікроконтролера можна підключити малий дисплей для швидкої діагностики стану роботи комутатора. Для цього підходить I2C OLED дисплей.

Екран відображає інформацію про стан маршрутизатора, наприклад:

- IP адресу;
- стан мережі;
- стан VPN;
- стан трафіку;
- пінг.

Цей дисплей користується протоколами зв'язку I2C, бібліотекі. Adafruit, написаною на Python, котра призначена для управління екраном SSD1306, який потрібен драйверу.

I2C OLED екран (див.рис.2.7) економічний, яскравий, та дуже контрастний OLED дисплей. Контрастність дисплею дозволить впевнено зчитувати з нього інформацію навіть при дуже яскравому світлі. У табл.2.1 подано основні характеристики I2C OLED дисплею.

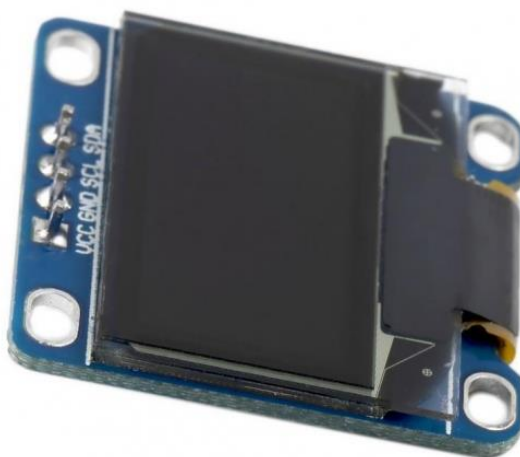


Рис.2.7. Зовнішній вигляд I2C OLED дисплею

Таблиця 2.1

Характеристики I2C OLED дисплею

Розмір екрану	0.96 "
Тип екрану	OLED
Роз'єм	4-pin

Продовж. табл. 2.1

Піни	VCC: Напруга живлення SCL: Шина тактування даних SDA: Шина даних GND: Загальний
Напруга живлення	3.3-6 В
Рівні вхідних сигналів	3,3В/5В
Роздільна здатність дисплею	128 x 64
Товщина	11 мм
Ширина	27 мм
Висота	27 мм
Вага	4.0 грам
Драйвер OLED модуля	SSD1306
Кут огляду	> 160 градусів

2.6. Вибір програмного забезпечення

Усе програмне забезпечення, яке обрано для розробки даного пристрою, доступне із вільною ліцензією, також це стосується репозиторіїв скриптів.

2.6.1. Операційна система

Raspbian – комп'ютерна операційна система з відкритим вихідним кодом на базі ядра Linux, яке розроблено на основі дистрибутиву Debian для Raspberry Pi [10]. Загалом є декілька версій Raspbian, включно з Raspbian Buster та Raspbian Stretch (див.рис 2.8). У 2015 року цю операційну систему офіційно представлено Фондом Raspberry Pi, як основну операційну системою для сімейства одноплатних міні-комп'ютерів Raspberry Pi.

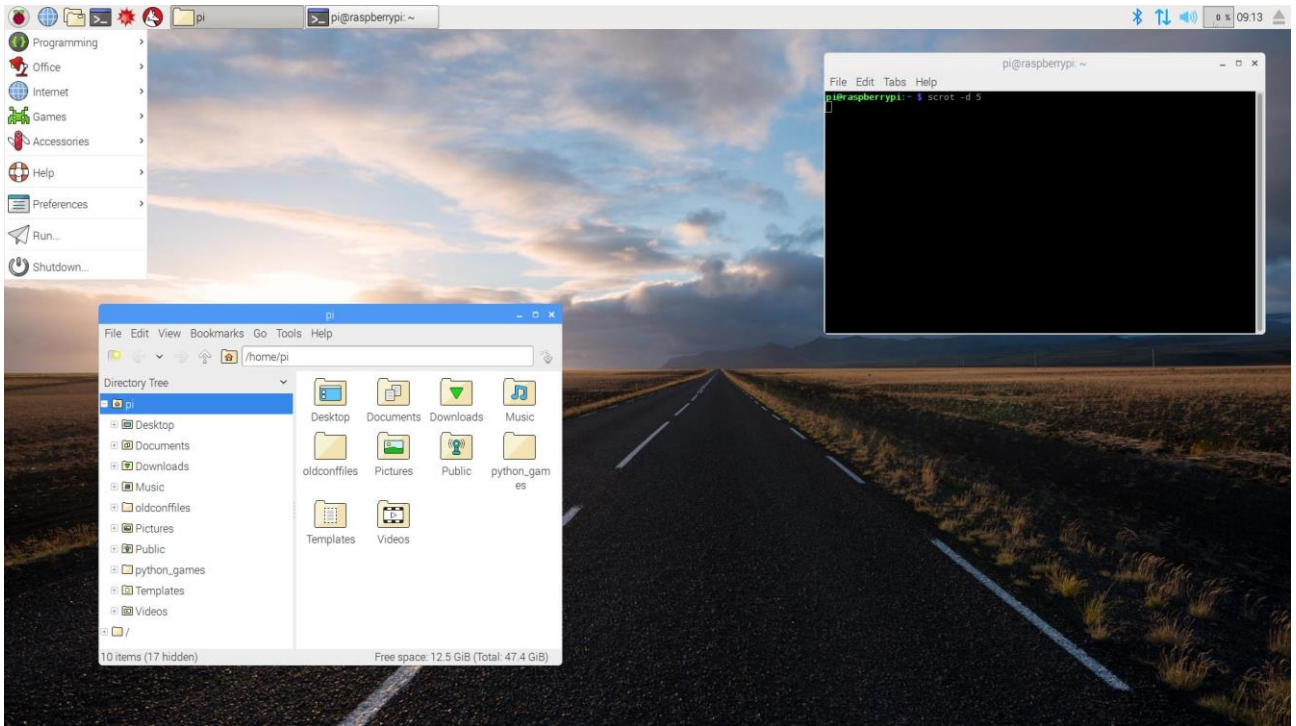


Рис.2.8. Графічна оболонка ОС Raspbian

2.6.2. Утиліти та програми

Щоб перетворити Raspberry Pi в точку доступу Wi-Fi, потрібно наступні програмні засоби:

- 1) `openssl` – утиліта дозволить генерувати паролі та нею можна скористатися у наступних кроках для безпеки вашого з'єднання за допомогою криптування;
- 2) `hostapd` – утиліта дозволить перетворити Wi-Fi донгл у точку доступу;
- 3) `udhcpd` – утиліта дозволить надати IP-адреси, встановивши DHCP-сервер;
- 4) `iptables-persistent` – утиліта дозволить зберегти та відновити конфігурацію брандмауера.

Для віддаленого доступу до мікроконтролера необхідно мати утиліту для віддаленого керування. Можна скористатися SSH клієнтом PuTTY або MobaXterm (див.рис.2.9). Основною відмінністю SSH клієнта MobaXterm є можливість відобразити графічний інтерфейсу через Xserver.

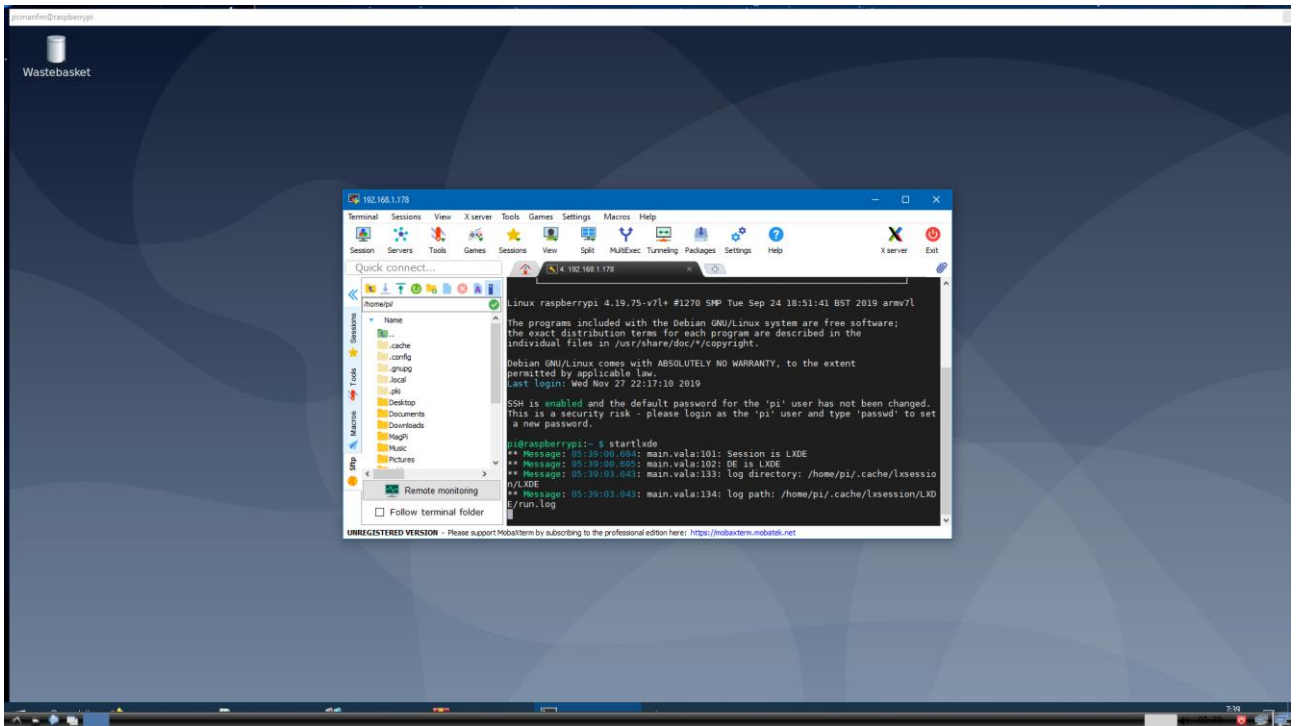


Рис.2.9. Керування мікроконтролером через MobaXterm

Також для цього проекту знадобиться OpenVPN. OpenVPN є вільною реалізацією з відкритим вихідним кодом технології віртуальної приватної комп'ютерної мережі (VPN) для створення зашифрованих каналних з'єднань між двома клієнтськими машинами як у локальній, так і у глобальній мережі, також призначена для забезпечення та реалізації роботи централізованого VPN-сервера для роботи одночасно з декількома та більше клієнтів. OpenVPN забезпечує встановлення з'єднання між мережевими пристроями, що перебувають за NAT-екраном, без їхньої необхідності у зміни налаштувань. Дану технологію розроблено Джеймсом Йонаном. Вона розповсюджується під вільною ліцензією GNU GPL. Також OpenVPN можна користуватися у таких операційних системах як Linux, Windows, Mac OS, FreeBSD.

2.6.3. Скрипти

Для роботи із дисплеєм необхідно мати наступні скрипти:

- 1) бібліотека Adafruit SSD1306 для відображення символів на дисплеї, яку можна дістати з цього репозиторію github.com/adafruit/Adafruit_Python_SSD1306;

- 2) шрифт `Minecraftia.ttf` для виведення на дисплей символів із цим читабельним шрифтом;
- 3) скрипт `screen.py`, який відображатиме стан маршрутизатора, знаходиться в цьому репозиторії git.0x39b.fr/lambda/pi-router-oled/blob/master/screen.py;
- 4) скрипт `boot.py`, який відображатиме повідомлення про завантаження, знаходиться у цьому репозиторії git.0x39b.fr/lambda/pi-router-oled/blob/master/boot.py;
- 5) скрипт `display_details.service`, який відображатиме системні сервіси, знаходиться у цьому репозиторії git.0x39b.fr/lambda/pi-router-oled/blob/master/display_details.service.

2.6.4. Прошивки

Прошивка – набір мікропрограм, який знаходиться в незалежній постійній пам'яті, для керування пристроєм та взаємодії користувача з обладнанням. Іншими словами, прошивка – операційна система, яка складається з безлічі великої кількості маленьких програм та підпрограм. Для некерованого мережевого обладнання типу Plug-and-Play такі прошивки взагалі не мають інтерфейсу для взаємодії користувача з обладнанням. Для керованого мережевого обладнання є велика кількість різних способів взаємодії користувача з мережевим обладнанням, найпоширенішими з яких є консольний інтерфейс для віддаленого керування через протоколи SSH та Telnet і внутрішнього керування. Також найпоширенішим способом взаємодії є веб-інтерфейс: тобто відображення інтерфейсу через веб-браузер.

Перед використанням будь-якого мережевого обладнання в офісах обов'язково необхідно перевірити, яку версію прошивки встановлено та перевірити на наявність нових версій. Може бути таке, що у старій прошивці є якась критична вразливість, яка може зашкодити безпеці комп'ютерній системі.

Для маршрутизатора TP-Link TL-R480T+ дев'ятої ревізії (остання ревізія станом на 2019 рік) перший прошивку випустили 17 травня 2017 року. Наступна версія прошивки вийшла 25 січня 2018 року і мала наступні основні зміни:

- покращення стабільності роботи балансного навантаження для декількох інтерфейсів WAN;
- покращена робота контролю пропускної здатності;
- додано опції імпорту при ARP сканування;
- виправлено вразливість безпеки таку, як вразливість «нульового дня» та dnsmasq;
- виправлено віртуальний сервер, який не міг відкрити однакові порти для декількох WAN;
- виправлено проблему зупинку передачі даних з LAN-порта до WAN-порта після зміни локального IP та перезапуску;
- виправлено проблему з DDNS
- виправлено проблему із статичною маршрутизацією через LAN-порти;
- покращено продуктивність використання CPU.

У останній офіційній версії прошивки, яка є актуальною і донині, оновлення якої відбулося 19 жовтня 2018 року, основні зміни є наступними:

- додано підтримку DNS проксі, котрі базуються на TCP;
- додано мульти-WAN вибірку для NAT, політики маршрутизації, основний WAN резервування каналу;
- додано встановлення пріоритету декількох режимів для політики маршрутизації;
- додано 2 режими для «Failover» режиму резервування лінка;
- покращено вміст модуля системного журналу;
- покращено стабільність роботи маршрутизатора;
- прив'язка IP/MAC більше не діє, коли захист від ARP-спуфінгу вимкнено;
- веб-фільтрація змінюється без врахування регістру;
- можна додати запис DDNS для різних домених імен з однаковим акаунтом;

- виправлено неполадку, коли DHCP сервер буде зависати при його зміні після призначення IP-адреси клієнтам з таким же ім'ям;
- виправлено неполадку, WAN відкрито для декількох портів за замовчуванням.

У останній прошивці порівняно з першою наявно багато критичних виправлень, тому маршрутизатор перед використанням необхідно перевірити та оновити прошивку.

Офіційні прошивки мережевих пристроїв TP-Link можна замінити на сторонні, наприклад, на OpenWrt чи DD-WRT, але у такому випадку гарантія на обладнання не поширюється [11].

Усі офіційні прошивки також мають відкритий вихідний код під ліцензією GNU/GPL V3. Вихідний код прошивок TP-Link можна завантажити з сайту компанії і у разі чого можна буде щось доповнити у прошивку, або виправити.

2.7. Висновки

В цьому розділі проаналізовано, як має працювати комутатор з різними типами мереж, обрано основну платформу, допоміжну платформу для розширення апаратних можливостей, модеми для радіоінтерфейсів LTE та Wi-Fi, а також програмне забезпечення.

РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОТОТИПУ

3.1. Підключення апаратних пристроїв

Схема підключень дуже проста (див.рис.3.1): Wi-Fi модем, LTE модем підключаються USB портами до мікроконтролера Raspberry Pi. OLED дисплей підключається до GPIO пінів мікроконтролера, нижче розглянуто схему підключення дисплею до мікроконтролера. Абонентський термінал для мережі GERON ONU PICOTEL PU-E410 підключається Ethernet портом до порта на WAN1 на TP-Link. Мікроконтролер Raspberry Pi підключається Ethernet портом до порта на WAN2 на TP-Link.

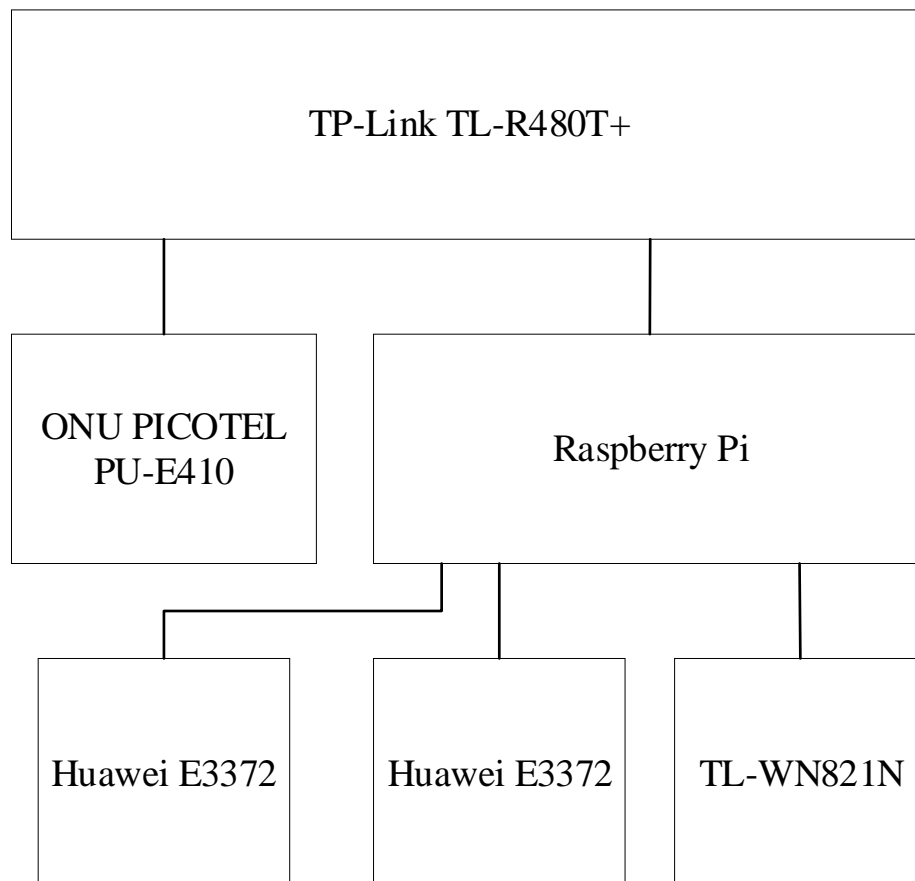


Рис.3.1. Схема підключень

Для підключення дисплею необхідно підключити 4 дроти:

- VCC – 3,3В живлення (червоний);

- GND – земля (чорний);
- SCL – I2C тактовий сигнал (синій);
- SDA – I2C сигнал даних (зелений).

Схема підключень до Raspberry Pi наступна:

- VCC – дисплею підключити до 3,3V пін 1 на Raspberry Pi;
- GND – дисплею підключити до GND пін 6 на Raspberry Pi;
- SCL – дисплею підключити до SCL пін 4 на Raspberry Pi;
- SDA – дисплею підключити до SDA пін 5 на Raspberry Pi;

Схема підключення має вийти як на рис.3.2.

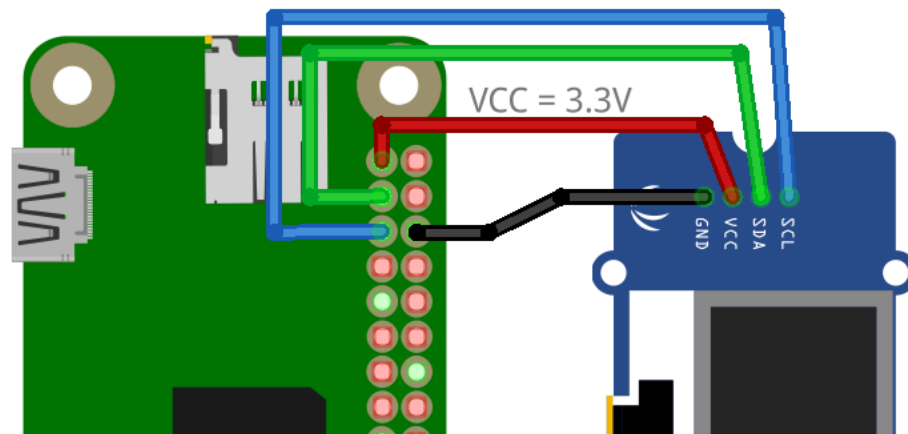


Рис.3.2. Схема підключення дисплею до мікроконтролера

Кінцевий результат підключення має виглядати, як на рис.3.3.



Рис.3.3. Підключення пристроїв

3.2. Встановлення та налаштування програмного забезпечення

Після того, як все підключено, спочатку треба встановити операційну систему на мікроконтролер. Перш за все треба завантажити свіжу версію ОС Raspbian Buster Lite з сайту Raspberry Pi [13].

3.2.1. Встановлення операційної системи

Для дистрибутиву на базі Debian можна застосувати наступну команду:

```
cd /tmp
```

```
wget https://downloads.raspberrypi.org/raspbian\_lite\_latest
```

Перевірка, чи архів такий, як той, що завантажився з сайту Raspberry Pi. Перевірку чек-сум SHA-1 виконують командою:

```
sha1sum raspbian_lite_latest
```

Також треба перевірити, чи чек-сума, обчислена комп'ютером, така сама, як та, яка вказана на сторінці завантаження Raspberry Pi. Якщо суми різні, архів був пошкоджений або модифікований. Якщо суми однакові, можна розпаковувати виконанням наступної команди:

```
unzip raspbian_lite_latest
```

Далі треба записати Raspbian на SD картку. Підключити карту microSD до комп'ютера, щоб скопіювати дистрибутив Raspbian. Визначити шлях до SD-картки з допомогою fdisk командою:

```
sudo fdisk -l
```

Далі необхідно виявити картку пам'яті. У цьому випадку це /dev/sdb. І в кінці треба скопіювати образ на картку, командою dd:

```
sudo dd if=/tmp/2019-04-10-raspbian-jessie-lite.img of=/dev/sdb bs=4M
```

і зачекати, поки процес копіювання не завершиться.

3.2.2. Налаштування LTE

Під час першого завантаження система змінить розмір файлової системи, а потім перезавантажиться. Після завантаження можна входити у систему. За замовчуванням ім'я користувача є «pi» з паролем «raspberrypi» [14].

Тепер можна перевірити, чи розпізнається донгл LTE, виконавши команду ifconfig, якщо донгл розпізнається, він визначитися як usb0.

Далі потрібно увійти до PIN, щоб розблокувати SIM-карту. Класичним способом входу є <http://192.168.0.1> у веб-браузері та заповнення форми. У цьому випадку неможливо переглядати цю сторінку, оскільки веб-браузер недоступний у системі. Щоб увійти до PIN-коду, просто треба виконати таку команду на Pi:

```
wget -S --post-data \  
  "isTest=false&goformId=ENTER_PIN&PinNumber=XXXX" \  
  http://192.168.0.1/goform/goform_set_cmd_process \  
  -O /tmp/response
```

Далі перевіряємо реакцію донгла командою: `cat/tmp/response`

Щоб перевірити, чи працює інтернет-зв'язок, треба просто виконати команду: `ping 1.1.1.1`.

3.2.3. Налаштування точки доступу Wi-Fi

Щоб розблокувати SIM-карту під час завантаження системи, треба створити системну службу `enter_pin`:

```
wget -S --post-data \  
  "isTest=false&goformId=ENTER_PIN&PinNumber=XXXX" \  
  http://192.168.0.1/goform/goform_set_cmd_process \  
  -O /tmp/response
```

Також, треба створити сценарій, який буде виконуватися під час завантаження. Цей скрипт міститиметься у файлі `/home/pi/enter_pin.sh`. Створити цей файл треба за допомогою команди:

```
nano/home/pi/enter_pin.sh
```

і вставити цей скрипт:

```
#!/bin/sh  
  
sleep 4  
  
wget -S --post-data  
"isTest=false&goformId=ENTER_PIN&PinNumber=XXXX"  
http://192.168.0.1/goform/goform_set_cmd_process -O /tmp/response  
return 0
```

Цей скрипт очікуватиме 4 секунди та відправить запит на PIN-код.

Тепер треба цьому скрипту потрібно надати права доступу на виконання наступною командою:

```
chmod+x/home/pi/enter_pin.sh
```

Далі необхідно створити системну службу `enter_pi.service` у файлі `/etc/systemd/system/enter_pi.service`. Створити цей файл можна за допомогою цієї команди:

```
sudo nano/etc/systemd/system/enter_pi.service
```

Далі необхідно прописати цей скрипт у файлі `enter_pi`:

```
[Unit]
```

```
Description=Enter PIN code
```

```
After=network-online.target
```

```
[Service]
```

```
Type=oneshot
```

```
ExecStart=/home/pi/enter_pi.sh
```

```
[Install]
```

```
WantedBy=default.target
```

Потім увімкнути цю службу:

```
sudo systemctl enable enter_pi.service
```

І в кінці запустити його:

```
sudo systemctl start enter_pi
```

LTE-донгл повинен блимати зеленим або синім кольором. Тепер інтернет-з'єднання має з'явитися.

Далі потрібно встановити наступні утиліти: `iptables-persistent`, `hostapd`, `udhcpd`, `openssl`.

```
sudo apt-get install -y udhcpd hostapd openssl iptables-persistent
```

Оскільки конфігурація не готова, треба зупинити ці 2 сервіси:

```
sudo systemctl stop udhcpd
```

```
sudo systemctl stop hostapd
```

Щоб налаштувати DHCP-сервер, потрібно відредагувати файл `/etc/udhcpd.conf`. Щоб відредагувати файл, треба виконати наступну команду:

```
sudo nano /etc/udhcpd.conf
```

Треба видалити весь наявний зміст файлу та вставити наступне:

```
start      192.168.3.20
end        192.168.3.254
interface  wlan0
remaining  yes
# Sets the DNS to use, here it points to the FDN resolvers
opt  dns  80.67.169.12 80.67.169.40
option subnet 255.255.255.0
opt  router 192.168.3.1
opt  lease 864000      # 10 days of seconds
```

Тепер треба увімкнути сервер DHCP, відредагувавши файл `/etc/default/udhcpd` командою:

```
sudo nano /etc/default/udhcpd
```

Далі закоментуємо рядок: `DHCPD_ENABLED="no"` , вставивши на початку рядку `#`.

Тепер можна переходити до налаштування точки доступу Wi-Fi. Спочатку, треба перевірити, чи правильно розпізнається системою Wi-Fi. Для цього треба переглянути усі мережеві інтерфейси: `ifconfig`. Мережевий інтерфейс має бути `wlan0`. Потім треба налаштувати `hostapd`. Його конфігурація знаходиться у файлі `/etc/hostapd/hostapd.conf`.

```
sudo nano /etc/hostapd/hostapd.conf
```

Треба вставити наступні рядки:

```
interface=wlan0
country_code=<put your country code here>
driver=nl80211
ssid=<put your desired Wifi network name (SSID) here>
hw_mode=g
channel=6
macaddr_acl=0
auth_algs=1
ignore_broadcast_ssid=0
```



```
wpa=2
wpa_passphrase=<put your Wifi passphrase here>
wpa_key_mgmt=WPA-PSK
rsn_pairwise=CCMP
ieee80211n=1      # 802.11n support
wmm_enabled=1    # QoS support
ht_capab=[HT40][SHORT-GI-20][DSSS_CCK-40]
```

Обов'язково треба змінити:

- <put your desired Wifi network name (SSID) here> це назва точки доступу до Wi-Fi;
- <put your Wifi passphrase here> це пароль точки доступу до Wi-Fi мережі.
- <put your country code here> тут треба вставити код країни, hostapd користується стандартом ISO 3166-1;

Тепер потрібно перейти до файлу конфігурації hostapd в /etc/default/hostapd, відредагувавши його командою: `sudo nano/etc/default/hostapd` і вставити наступний рядок у нижню частину файлу: `DAEMON_CONF="/etc/hostapd/hostapd.conf"`.

Тепер можна переходити до налаштування Wi-Fi інтерфейсу. Оскільки DHCP сервер налаштовано у мережі 192.168.1.0/24 з 192.168.1.1 як шлюз за замовчуванням для інтерфейсу wlan0, слід призначити статичну IP-адресу для Wi-Fi-інтерфейсу wlan0. Щоб призначити статичну IP-адресу wlan0, треба відредагувати файл /etc/network/interfaces наступною командою: `sudo nano/etc/network/interfaces` і змінити розділ wlan0 цим:

```
auto wlan0
allow-hotplug wlan0
iface wlan0 inet static
    address 192.168.3.1
    netmask 255.255.255.0
```

Щоб застосувати конфігурацію, потрібно перезапустити мережевий адаптер за допомогою такої команди:

```
sudo/etc/init.d/networking restart.
```

Щоб здійснити з'єднання між 4G LTE з Wi-Fi, треба перенаправити трафік між wlan0 та usb0. Скористаємося iptables брандмауера Linux. Брандмауеру переадресовуватимемо увесь трафік від Wi-Fi до 4G LTE і навпаки.

Перш за все, потрібно включити NAT, який є технікою, яка дозволяє декільком пристроям користуватися одним підключенням до Інтернету. Переадресація IP в ядрі виконується за допомогою такої команди:

```
sudo sh -c "echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward"
```

Щоб зберегти цю конфігурацію після перезавантаження, треба відредагувати файл /etc/sysctl.conf такою командою:

```
sudo nano /etc/sysctl.conf
```

Далі треба додати цей рядок внизу файлу:

```
net.ipv4.ip_forward=1
```

А щоб увімкнути NAT, треба виконати такі команди:

```
sudo iptables \
```

```
-t nat -A POSTROUTING -o usb0 -j MASQUERADE
```

```
sudo iptables \
```

```
-A FORWARD -i usb0 -o wlan0 -m state --state RELATED,ESTABLISHED  
-j ACCEPT
```

```
sudo iptables \
```

```
-A FORWARD -i wlan0 -o usb0 -j ACCEPT
```

Тепер потрібно зберегти правила брандмауера за допомогою такої команди:

```
sudo sh -c "iptables-save > /etc/iptables.ipv4.nat"
```

Оскільки iptables забуває свої правила при відключенні системи, доведеться перезавантажувати ці правила під час завантаження. Для цього треба відредагувати файл file/etc/network/ за допомогою команди:

```
sudo nano/etc/network/interfaces
```

Далі треба додати наступний рядок у нижній частині файлу:

```
up iptables-restore < /etc/iptables.ipv4.nat.
```

Конфігурацію точки доступу завершено, далі треба ввімкнути та запустити відповідні служби:

```
sudo update-rc.d hostapd enable
sudo update-rc.d udhcpd enable
sudo service hostapd start
sudo service udhcpd start
```

Після цього вже можна підключатися до інтернету через Wi-Fi.

3.2.4. Налаштування VPN

На цьому кроці маршрутизуватиметься весь трафік маршрутизатора через VPN. Мета – тримати трафік далеко від очей провайдера.

Далі встановити OpenVPN такою команди:

```
sudo apt-get install -y openvpn
```

Після того, скопіювати конфігураційні та ключові файли у каталог OpenVPN (/etc/openvpn /). Обов'язково треба адаптувати наступні команди:

```
sudo mkdir /media/usb-drive/
sudo mount /dev/<your USB key partition> /media/usb-drive
sudo cp -r /media/usb-drive/<openvpn file directory>/* /etc/openvpn/
sudo umount /media/usb-drive/
```

Тепер потрібно включити OpenVPN:

```
sudo systemctl enable openvpn@client
```

У @client посилається на ім'я конфігураційного файлу без його розширення – це client.conf. Його запуск командою:

```
sudo systemctl start openvpn@client
```

Через кілька секунд підключиться до VPN.

Можна перевірити, чи VPN-клієнт справний, перевіривши його стан командою:

```
sudo systemctl status openvpn@client
```

І далі переглядати його записи в системному журналі:

```
sudo journalctl -xe | grep ovpn.
```

Тепер необхідно заблокувати весь трафік за замовчуванням і прийняти лише відповідний. Перш за все, треба видалити усі існуючі правила:

```
sudo iptables -F
```

```
sudo iptables -X
```

```
sudo iptables -t nat -F
```

```
sudo iptables -t nat -X
```

```
sudo iptables -t mangle -F
```

```
sudo iptables -t mangle -X
```

Скинути весь трафік, виконавши наступні команди:

```
sudo iptables -P INPUT DROP
```

```
sudo iptables -P FORWARD DROP
```

```
sudo iptables -P OUTPUT DROP
```

Потім треба дозволити весь зворотний трафік інтерфейсу lo:

```
sudo iptables -A INPUT -i lo -j ACCEPT
```

```
sudo iptables -A OUTPUT -o lo -j ACCEPT
```

Дозволити весь зворотний трафік до інтерфейсу usb0:

```
sudo iptables -A OUTPUT -o usb0 -j ACCEPT
```

```
sudo iptables -A INPUT -i usb0 -m state --state ESTABLISHED,RELATED -j
```

ACCEPT

Дозволити весь трафік зворотного зв'язку до інтерфейсу tun0:

```
sudo iptables -A INPUT -i tun0 -j ACCEPT
```

```
sudo iptables -A OUTPUT -o tun0 -j ACCEPT
```

Тут необхідно заборонити доступ до dongle-сервера:

```
sudo iptables -A FORWARD -i wlan0 -d 192.168.0.1 -j DROP
```

Далі треба встановити дозволи для DHCP:

```
sudo iptables -I INPUT -i wlan0 -p udp --dport 67:68 --sport 67:68 -j ACCEPT
```

І тепер необхідно встановити переадресацію усього трафік до VPN:

```
sudo iptables -t nat -A POSTROUTING -o tun0 -j MASQUERADE
```

```
sudo iptables -A FORWARD -i tun0 -o wlan0 -m state --state
```

RELATED,ESTABLISHED -j ACCEPT

```
sudo iptables -A FORWARD -i wlan0 -o tun0 -j ACCEPT
```

І нарешті зберегти результати:

```
sudo sh -c "iptables-save > /etc/iptables.ipv4.nat"
```

2.2.5 Налаштування OLED дисплею

Бібліотеки Adafruit SSD1306 встановимо наступними командами:

```
sudo apt-get install -y git build-essential python-dev python-pip python-imaging
python-smbus
```

```
sudo pip install RPi.GPIO
```

```
git clone https://github.com/adafruit/Adafruit_Python_SSD1306.git
```

```
cd Adafruit_Python_SSD1306
```

```
sudo python setup.py install
```

Щоб користуватися OLED-екран, необхідно увімкнути інтерфейс I2C. Для цього треба скористаємося інструментом raspi-config:

```
sudo raspi-config
```

- перейти до Interfacing Options і натиснути Enter;
- перейти до P5 I2C і натиснути Enter;
- обрати Yes і натиснути Enter.

Далі скрипти boot.py, screen.py, display_details.service та шрифт Minecraftia.ttf перенести до домашнього каталогу pi.

Для відображення екрану завантаження необхідно додати запис crontab, щоб виконати сценарій boot.py під час процесу завантаження, запуск команди sudo crontab-e, далі треба додати наступний рядок у кінець файлу:

```
@reboot /usr/bin/python /home/pi/pi-router-oled/boot.py
```

Перед виходом з редактора необхідно зберегти результати. Тепер після запуску маршрутизатора, на екрані відобразатиметься повідомлення про завантаження.

Для автоматичного запуску відображення інформації потрібно створити нову системну службу display_details.service. Треба скопіювати даний скрипт до цього каталогу /etc/systemd/system/:

```
sudo cp display_details.service /etc/systemd/system/
```

Далі треба активувати та запустити даний сервіс:

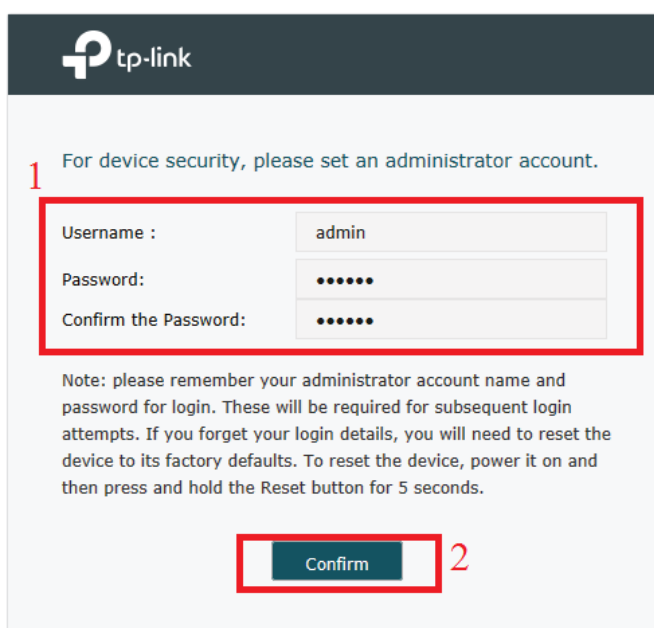
```
sudo systemctl enable display_details.service
```

```
sudo systemctl start display_details.service
```

3.2.5. Налаштування перемикачів та балансного навантаження

Щоб увійти до маршрутизатора TP-Link, необхідно підключити LAN-порт до RJ45-порта персонального комп'ютера і у браузері ввести статичну IP-адресу 192.168.0.1 яка є адресою за замовчуванням для всіх мережевих пристроїв компанії TP-Link [15].

Логін та пароль при першому запуску не встановлено. При першому запуску та налаштуванні (див.рис.3.4), необхідно ввести бажані логін та пароль для входу до налаштувань маршрутизатора.



tp-link

1 For device security, please set an administrator account.

Username : admin

Password: *****

Confirm the Password: *****

Note: please remember your administrator account name and password for login. These will be required for subsequent login attempts. If you forget your login details, you will need to reset the device to its factory defaults. To reset the device, power it on and then press and hold the Reset button for 5 seconds.

Confirm 2

Рис.3.4. Встановлення логіна та паролю

Після першого введення логіну та паролю вже можна авторизуватися (див.рис.3.5), ввівши ті дані, що й при реєстрації.



tp-link

Username admin

Password *****

Log In Clear

Рис.3.5. Вікно авторизації

У маршрутизаторі TL-R480T+ можна налаштувати декілька конфігурацій для WAN-портів, необхідних для резервування чи балансного навантаження при неполадках з інтернет постачанням одного з провайдерів. Для балансного навантаження необхідно налаштувати щонайменше 2 порти WAN, для перемикання маршрутизації у випадку неполадки мережі. Можна налаштувати IP-адреси як статичні так і динамічні, а також PPPoE з використанням ім'ям користувача та коду доступу.

Для початку налаштування необхідно перейти в WAN Mode. Вибираємо необхідну кількість WAN-портів (див.рис.3.5). Після вибору відкриються налаштування для кожного з цих портів.

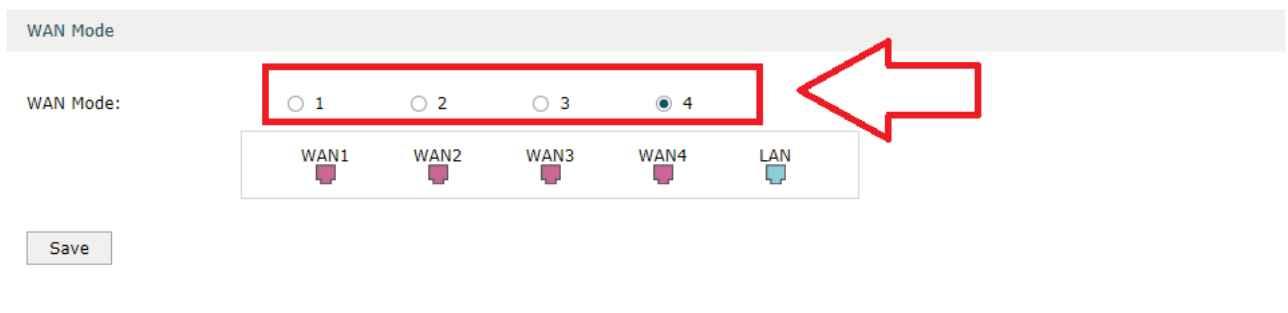


Рис.3.5. Вибір кількості WAN-портів

Далі можна обирати потрібний WAN-порт для налаштування інтернет-з'єднання. Тип підключення можна обрати динамічний, статичний, PPPoE, L2P.

Обидва WAN-порта налаштуватимемо через динамічне підключення. До першого порта абонентський термінал ONU для GPON мережі, інтернет провайдер «Біттернет», до другого порта підключається мікроконтролер з LTE модемом, оператор мобільного зв'язку «Київстар». Обидва постачальники інтернету надають автоматичну IP-конфігурацію. Якщо все ж таки треба налаштувати, то у наступних полях вводять такі дані (див.рис.3.6):

- IP Address – IP адреса, яку надає провайдер;
- Subnet Mask – маска, яку надає провайдер;
- Default gateway – адреса шлюзу, яку надає провайдер;
- Upstream Bandwidth – встановлення пропускнуї здатності на відвантаження;

- Downstream Bandwidth – встановлення пропускної здатності на завантаження;
- Primary DNS – адреса основного DNS-сервера;
- Secondary DNS – адреса вторинного DNS-сервера;
- VLAN – якщо потрібно налаштувати VLAN.

The screenshot displays the WAN configuration interface. At the top, there are tabs for 'WAN Mode', 'WAN1', and 'WAN2'. Below this, the interface is divided into two main sections: 'Connection Configuration' and 'Connection Status'.

Connection Configuration:

- Connection Type: Dynamic IP (dropdown menu)
- Host Name: (text input field) (Optional)
- Upstream Bandwidth: 100000 Kbps (100-100000)
- Downstream Bandwidth: 100000 Kbps (100-100000)
- MTU: 1500 (576-1500)
- Primary DNS: (text input field) (Optional)
- Secondary DNS: (text input field) (Optional)
- Vlan: 10 (dropdown menu)

Below the configuration fields, there is a checkbox labeled 'Get IP using Unicast DHCP' which is currently unchecked. At the bottom of the configuration section, there are three buttons: 'Save', 'Connect', and 'Disconnect'.

Connection Status:

Connection Status	Connected
IP Address	5.58.4.21
Subnet Mask	255.255.224.0
Default Gateway	5.58.0.1
Primary DNS	185.53.79.2
Secondary DNS	185.53.79.3

Рис.3.6. Налаштування WAN-портів

Після налаштування WAN-портів, необхідно налаштувати DHCP-сервер для локальних IP-адрес. Оскільки IP-адреси за замовчуванням, якими користуються в одній комп'ютерній мережі, можуть конфліктуватися з іншими IP-адресами, рекомендують завжди змінювати IP-адреси і встановлювати статичні.

Для цього необхідно перейти до вкладки Network потім LAN (див.рис.3.7). Там можна переглянути інформацію про IP-адресу та змінити її.

У цій вкладці є наступні рядки:

- IP Address – локальна IP адреса;
- Subnet Mask – маска для відповідного діапазону IP-адрес;
- Management VLAN – якщо використовується VLAN у комп'ютерній мережі, можна призначити певній IP-адресі конкретний VLAN.

LAN	
IP Address:	192.168.0.61
Subnet Mask:	255.255.255.0
Management Vlan:	---
Save	




Рис.3.7. Налаштування локальної адреси

Для великої комп'ютерної мережі DHCP-сервер повинен бути налаштований для автоматичної роздачі конфігурації IP-адрес на персональних комп'ютерах користувачів та мобільних пристроїв.

Для увімкнення DHCP-сервера необхідно перейти до вкладок Network, LAN, DHCP Server (див.рис 3.8).

Основними полями є:

- Starting IP Address – перша IP-адреса у діапазоні;
- Ending IP Address – остання IP-адреса у діапазоні;
- Lease time – термін дії IP-адреси;
- Status – потрібно переконатися, що цей чекбокс є активним.

DHCP Settings	
Starting IP Address:	192.168.0.100
Ending IP Address:	192.168.0.199
Lease Time:	120 minutes. (1-2880. The default value is 120)
Default Gateway:	(Optional)
Default Domain:	(Optional)
Primary DNS:	(Optional)
Secondary DNS:	(Optional)
Option60:	(Optional)
Option138:	(Optional)
Status:	<input checked="" type="checkbox"/> Enable
Save	




Рис.3.8. Налаштування DHCP-сервера

Після налаштувань WAN та LAN можна переходити до налаштувань балансного навантаження. Балансне навантаження має наступні складові:

- налаштування балансного навантаження;
- налаштування резервування з'єднання;
- налаштування виявлення активного інтернет-з'єднання.

Для налаштування балансного навантаження необхідно перейти у вкладку Transmission, Load Balancing, Basic Settings. І ставимо галочку біля чекбокса Enable Load Balancing (див.рис.3.9).

The image shows a screenshot of a router's web interface. The 'General' tab is active, and the 'Enable Load Balancing' checkbox is checked. A red rectangular box highlights this checkbox and the 'Save' button directly below it. Below the 'General' tab, the 'Basic Settings' tab is visible, showing 'Enable Application Optimized Routing' checked and 'Enable Bandwidth Based Balance Routing on port(s):' set to '---'. Another 'Save' button is located at the bottom of the Basic Settings section.

Рис.3.9. Активація балансного навантаження

Тепер налаштуємо резервування з'єднання, якщо зв'язок з основним каналом зв'язку втратиться.

Потрібно налаштувати наступне (див.рис. 3.10):

- Primary WAN – вибір основного WAN-порта для інтернет з'єднання;
- Backup WAN – вибір резервного WAN-порта, якщо інтернет з'єднання на основному порті буде втрачено;
- Mode – Timing – це означає, що можна вибрати будь-який час, коли потрібно користуватися резервним з'єднанням;
- Mode – Failover – це означає, що потрібно скористатися резервною лінією, тоді, коли інтернет з'єднання на основному порті втратиться;
- Status – необхідно переконатися, що даний чекбокс активовано.

<input type="checkbox"/>	ID	Primary WAN	Backup WAN	Mode	Effective Time	Status	Operation
--	--	--	--	--	--	--	--

Primary WAN: --- ▾

← 1

Backup WAN: --- ▾

← 2
Mode: Timing Failover
Effective Time: Any ▾
Status: Enable

Рис.3.10. Налаштування резервування

Для маршрутизатора можна налаштувати функцію виявлення інтернет-з'єднання для моніторингу порту на онлайн чи офлайн стан.

Для того, щоб це налаштувати, необхідно перейти у вкладку Transmission, Load Balancing, Online Detection (див.рис.3.11).

У рядку Port вказують порт, який потрібно активувати на виявлення онлайн.

Mode – Auto – автоматичне виявлення; Manual – ручне виявлення; Always Online – якщо потрібно завжди підтримувати порт в онлайн режимі.

ID	Port	Port Status	Operation
1	WAN1	Offline	---

Port: WAN1

←
Mode: Auto Manual Always Online
Ping: 0.0.0.0
DNS Lookup: 0.0.0.0

2	WAN2	Offline	
---	------	---------	--

Рис.3.11. Налаштування виявлення онлайн

Також можна встановити виявлення онлайн через пінг на певну IP-адресу, або на певний DNS-сервер, наприклад від Google – IP-адреса 8.8.8.8; для Cloudflare – IP-адрес 1.1.1.1.

Після усіх цих налаштування маршрутизатор повністю готовий до роботи і може виконувати призначені функції. Як видно з рис.3.12, лінк на обох портах присутній та надано IP-адреси.

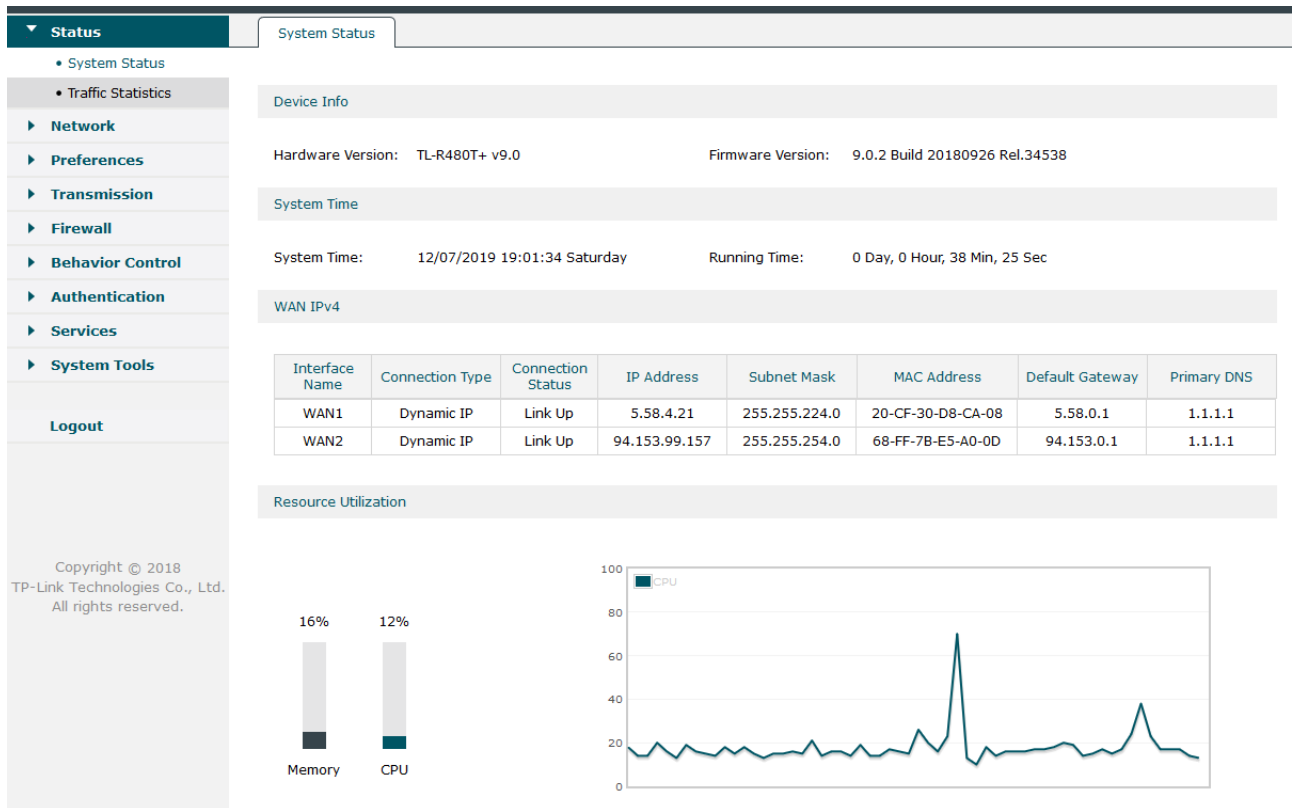


Рис.3.12. Стан маршрутизатора

3.3. Тестування

Для початку треба перевірити роботу дисплею. Дисплей має працювати в двох режимах:

- 1) показувати екран завантаження системи;
- 2) показувати стан маршрутизатора (див.рис.3.13).

Коли система запускається, на дисплей виводиться екран завантаження, де відображено стан завантаження системи. Після того, як система завантажилася, а це до 10 секунд, на дисплей виводиться інформація про IP адресу, стан підключення до VPN, поточний стан швидкості обміну пакетами, та пінг.

За результатами перевірки, після увімкнення системи, на дисплеї спочатку відображувався процес завантаження системи, після завершення цього процесу, на дисплеї вивелася вся необхідна інформація про стан системи. Результат відповідає очікуваному.



Рис.3.13. Виведення на екран стан системи

Після перевірки роботи дисплею, перевіримо швидкість Інтернет з'єднання. Спочатку перевіримо швидкість інтернету для GEPON (див.рис.3.14), як напряму без додаткових вузлів, так і підключений до маршрутизатора.

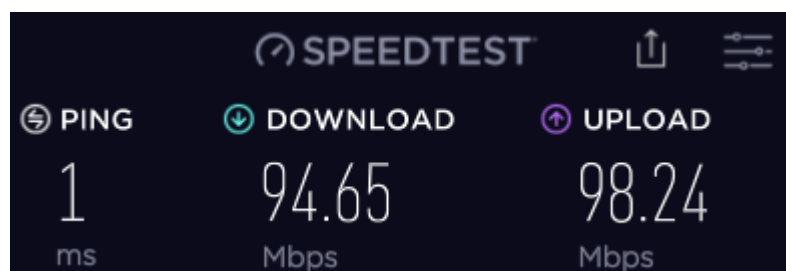


Рис.3.14. Тест швидкості через GEPON

Оскільки порт 100 мегабітний, а максимальна швидкість як підключеного напряму, так і підключеного до маршрутизатора, на віддачу фіксувалася 99 мегабіт за секунду результати є цілком задовільними. У всіх тестах результати відрізнялися на 1-2 Мбіт/с.

Тепер переходимо до перевірки швидкості радіомодуля LTE, як підключеного напряму без додаткових вузлів (див.рис.3.15), так і підключеного до маршрутизатора. Перевірка швидкості LTE проводилася не за ідеальних лабораторних умов, а за реальних умов, теоретично так, як би це було для кінцевого користувача, тобто: відстань до базової станції не ближче, ніж 500 метрів. Заявлена максимальна пропускна швидкість LTE-модему завантаження

150 Мбіт/с і на віддачу 50 Мбіт/с. І враховуючи те, що модем без зовнішніх МІМО-антен, на високі швидкості можна не очікувати.

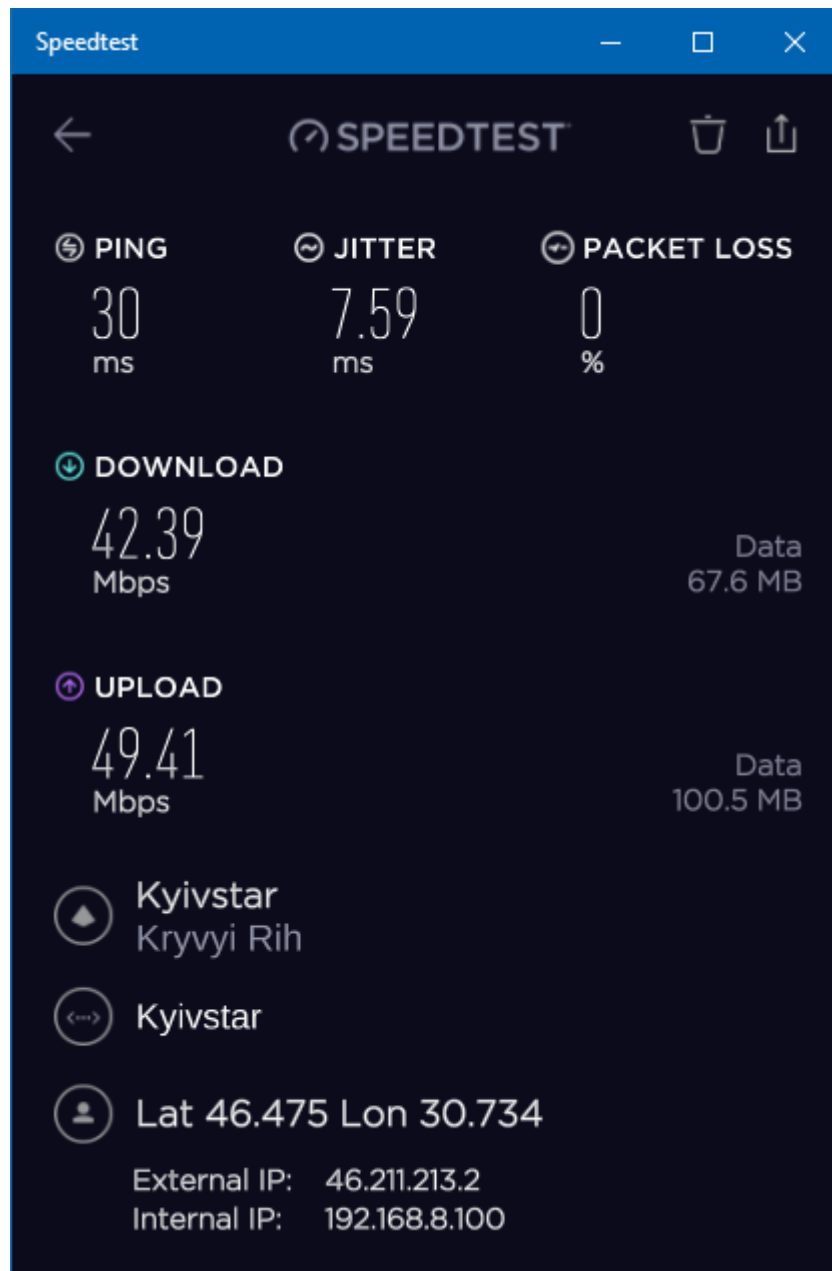


Рис.3.15. Тест швидкості через LTE

Результати перевірки швидкостей LTE-модему напряму та через маршрутизатор в реальних умовах є цілком задовільними навіть без зовнішніх антен. Через маршрутизатор результати приблизно такі, як і напряму, це пов'язано з похибкою, як при перевірці GEPON. Різниця усіх тестувань швидкості через пінг становила приблизно 5мс, різниця на завантаження – 10 мбіт/с і на відвантаження – 10-15 мбіт/с.

Оскільки до маршрутизатора підключено Wi-Fi-модем, можна ще перевірити швидкість через Wi-Fi (див.рис.3.16). Швидкість перевірять через Speedtest, як на смартфонах так і на ноутбуках.

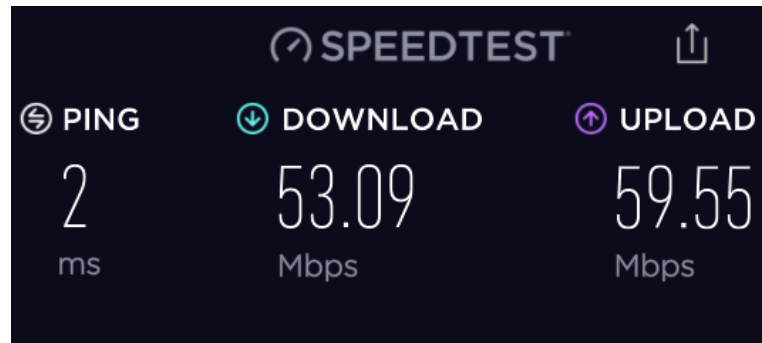


Рис.3.16. Тест швидкості Wi-Fi

Швидкість Wi-Fi модуля для одного користувача є цілком придатною для перегляду відео у хорошій якості. Різниця усіх перевірок швидкості була приблизно 2-3 мбіти/с.

І остання важлива перевірка на резервування каналу при втраті основного каналу зв'язку. Основним каналом зв'язку було встановлено GEPON, резервним – LTE. В цьому тесті буде вимкнено ONU від мережі і за очікуваним результатом, інтернет-з'єднання повинно переключитися на LTE. Перевірку виконували пінгом (див.рис3.17), і через інтерфейс маршрутизатора.

```
ivan@Crystal: ~
Файл  Зміни  Перегляд  Пошук  Термінал  Довідка
ivan@Crystal:~$ ping 1.1.1.1
PING 1.1.1.1 (1.1.1.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=1 ttl=61 time=8.03 ms
64 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=2 ttl=61 time=7.98 ms
64 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=3 ttl=61 time=8.22 ms
64 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=4 ttl=61 time=8.06 ms
64 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=8 ttl=61 time=8.05 ms
64 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=9 ttl=61 time=7.98 ms
64 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=10 ttl=61 time=8.03 ms
64 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=11 ttl=61 time=7.93 ms
^C
--- 1.1.1.1 ping statistics ---
11 packets transmitted, 8 received, 27% packet loss, time 10081ms
rtt min/avg/max/mdev = 7.933/8.039/8.228/0.121 ms
ivan@Crystal:~$
```

Рис.5.17. Перевірка інтернет з'єднання пінгом

Коли лінк з ONU втрачено, на момент пінгування фіксувалися втрати на декілька секунд. При перевірці лінка, перемикання портів інколи було менше 1 секунди. Тому, якщо буде втрачено лінк з основним каналом, при перемиканні на резерв, звичайний користувач навіть не помітить.

3.4. Висновки

В цьому розділі зібрано та налаштовано для роботи комутатор, який забезпечує якісне інтернет-з'єднання, як у GPON, так і в LTE мережі. Визначено, що швидкості досить високі, як в GPON, так і в LTE мережі. При втраті основного лінка, швидко вмикається резерв, тому в роботі Інтернету незручностей не повинно бути.

РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1. Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР

Економічне обґрунтування дипломної роботи магістра є суттю даного розділу, оскільки, дозволяє встановити доцільність проведення науководослідних робіт і економічно обґрунтувати доцільність застосування тих чи інших засобів.

Метою дипломної роботи магістра є дослідження методів та засобів розробки мережевих комутаторів з підтримкою технології GPON та LTE.

Як відомо, розробка надійного і ефективного мережевого обладнання вимагає значних затрат часу. Слід зауважити, що затрати часу залежать від кваліфікації розробника і його можливостей. Розробник повинен у достатній мірі володіти навиками програмування, вміти адекватно застосовувати математичний апарат, знати схемотехніку, бути добре обізнаним з об'єктом дослідження.

Розробку даного мережевого обладнання можна поділити на такі етапи:

- 1) постановка задачі;
- 2) збір потрібної інформації і наступне її опрацювання;
- 3) прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі;
- 4) аналіз схемотехнічних елементів;
- 5) збір мікросхем;
- 6) написання прошивки;
- 7) відлагодження системи;
- 8) написання і оформлення документації (електронної і паперової).

Для оцінки тривалості виконання окремих робіт використовують нормативи часу або попередній досвід. До таких нормативів відносять

тривалість написання операцій (команд), які в деяких підприємствах становлять: для одної операції - 0,5-1,6 год та 8 годин для п'яти операцій (тривалість зміни).

У разі їх відсутності звертаються до експертних оцінок по встановленню тривалості кожного етапу (стадії):

при трьох оцінках:

$$T_{ec} = (t_{min} + 4t_{н.й} + t_{max}) / 6, \quad (4,1)$$

при двох оцінках:

$$T_{ec} = (3t_{min} + 2t_{max}) / 5, \quad (4,2)$$

де T_{ec} - очікуване (середнє) значення тривалості виконання етапу (стадії); t_{min} , $t_{н.й}$, t_{max} - відповідно мінімальна, найбільш імовірна і максимальна оцінки тривалості виконання етапу (стадії).

Для визначення загальної тривалості проведення НДР (розробки апаратно-програмного продукту) доцільно дані витрат часу на виконання окремих стадій (етапів) звести у табл.4.1.

Витрати часу наукового керівника на виконання окремих стадій (етапів) при недостатній кількості інформації доцільно приймати в межах 5% сумарних витрат часу інженерів на виконання цих стадій (етапів).

Таблиця 4.1

Основні етапи і час їх виконання у НДР

№ з/п	Етап	Середній час виконання етапу, год	
		інженер	керівник
1	постановка задачі	3	10
2	збір потрібної інформації і наступне її опрацювання	10	5

Продовж. табл. 4.1

№ з/п	Етап	Середній час виконання етапу, год	
		інженер	керівник
3	прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі	5	4
4	аналіз схемотехнічних елементів	15	10
5	збір мікросхем	15	5
6	написання прошивки	2	1
7	відлагодження системи	80	5
8	написання і оформлення документації (електронної і паперової)	20	10
разом		150	50

4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Відповідно до Закону України “Про оплату праці” заробітна плата – це “винагорода, обчислена, як правило, у грошовому виразі, яку власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу”.

Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства. Заробітна плата складається з основної та додаткової оплати праці.

Основна заробітна плата нараховується на виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами і не залежить від результатів господарської діяльності підприємства.

Додаткова заробітна плата – це складова заробітної плати працівників, до якої включають витрати на оплату праці, не пов’язані з виплатами за фактично відпрацьований час. Нараховують додаткову заробітну плату залежно від досягнутих і запланованих показників, умов виробництва, кваліфікації виконавців. Джерелом додаткової оплати праці є фонд матеріального стимулювання, який створюється за рахунок прибутку.

Основна з/п складається із прямої з/п і доплати, яка при укрупнених розрахунках становить 25% - 35% від прямої з/п. При розрахунку з/п кількість робочих днів в місяці слід приймати – 25,4 дні/міс., що відповідає 203,2 год./міс. Розмір місячних окладів керівника та інженерів слід приймати згідно існуючих на даний час норм. Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z_{осн} = T_c \times K_z, \quad (4.3)$$

де T_c – тарифна ставка, грн.;

K_z - кількість відпрацьованих годин.

Посадові оклади (тарифні ставки) за розрядами Єдиної тарифної сітки визначаються шляхом множення окладу (ставки) працівника 1 тарифного розряду на відповідний тарифний коефіцієнт. У разі коли посадовий оклад (тарифна ставка) визначені у гривнях з копійками, цифри до 0,5 відкидаються, від 0,5 і вище - заокруглюються до однієї гривні. У 2019 році посадові оклади (тарифні ставки) розраховуються згідно з Законом України "Про Державний бюджет України на 2019 рік".

Мінімальна зарплата в 2019 р. прирівняна до прожиткового мінімуму для працездатних осіб (тобто з січня по грудень - 4173), в погодинному розмірі з 1 січня — 11,57 гривень, прийmemo 40 грн. для інженера, для керівника — 60 грн.

Тарифні ставки: керівник проекту – 80 грн./год., інженер – 60,0 грн./год.

Основна заробітна плата становитиме:

$$Z_{осн} = T_{осн} \times K_{ГОД} \quad (4.4)$$

Керівник проекту:

$$Z_{осн}=80 \times 50 = 4000 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$Z_{осн}=60 \times 150 = 9000 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становить 10–15 % від суми основної заробітної плати:

$$Z_{дод} = Z_{осн} \times K_{дод}, \quad (4.5)$$

Керівник проекту:

$$Z_{дод} = 4000 \times 0.1 = 400 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$Z_{дод} = 9000 \times 0.1 = 900 \text{ грн. ,}$$

де $K_{дод.}$ – коефіцієнт додаткових виплат працівникам 0,1.

Звідси загальні витрати на оплату праці ($V_{оп.}$) визначаються за формулою, і становлять:

$$V_{оп} = Z_{осн} + Z_{дод}, \quad (4.6)$$

Керівник проекту:

$$V_{оп} = 3000 + 300 = 4400 \text{ грн.}$$

Інженер:

$$V_{оп} = 6000 + 600 = 9900 \text{ грн. .}$$

Таким чином загальна сума становить 14300 грн. Крім того, слід визначити відрахування на соціальні заходи:

- фонд страхування від безробіття – 2,1%;

- пенсійний фонд – 32%;
- фонд соціального страхування – 2,9%;
- фонд соціального страхування від нещасних випадків і професійних захворювань — 1%.

У сумі зазначені відрахування становлять 38%. Отже, сума відрахувань на соціальні заходи буде становити:

$$B_{c.z.} = \Phi O П \times 0,38, \quad (4,7)$$

$$B_{c.z.} = 14300 \times 0,38 = 5434 \text{ грн.},$$

де $\Phi O П$ – фонд оплати праці, грн.

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у наступну табл.4.2.

Таблиця 4.2

Зведені розрахунки витрат на оплату праці

п/п	Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн.			Додаткова заробітна плата, грн.	Нарах. на ФОП, грн.	Всього витрати на оплату праці, грн. 6=3+4+5
		Тариф на ставка, грн.	К-сть відпрацьов. год.	Фактично нарах. з/пл., грн.			
	2	3	4	5	6	7	8
	Б	1	2	3	4	5	6
.	Керівник проекту	80	50	4000	400	1672	6072
.	Інженер	60	150	9000	900	3762	9108
Разом				13000	1300	5434	13662

4.3. Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію 1-ці обладнання визначаються за формулою:

$$Z_e = W \times T \times S, \quad (4.8)$$

де W – необхідна потужність, кВт;

T – кількість годин роботи обладнання;

S – вартість кіловат-години електроенергії.

Згідно з НКРЕ України від 11.01.2019 р. вартість електроенергії становить 142,50 грн. за кВт*год.

Потужність комп'ютера – 300 Вт з підключеним маршрутизатором, кількість годин роботи обладнання згідно таблиці 4.1 – 200 годин.

$$Z_e = 0,3 \times 200 \times 142,50 = 8550 \text{ грн.}$$

4.4. Розрахунок витрат на матеріали

Результати розрахунку затрат на матеріали зводяться в табл.4.3.

Таблиця 4.3

Визначення величини затрат на матеріали

Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна за одиницю грн	Затрати матеріалів грн	Транспортнозаготівельні витрати, грн	Загальна сума витрат на матеріали, грн
Маршрутизатор TP-LINK TL-R480T+	Штук	1	1420	1420	-	1420
Одноплатний мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4 Model B	Штук	1	1560	1560	-	1560
Модем USB Huawei E3372h-153	Штук	1	999	999	-	999
Абонентський пристрій EPON ONU PICOTEL PU-E410	Штук	1	550	550	-	550

Продовж. табл. 4.3

Wi-Fi модем TP-LINK TL-WN821N	Штук	1	349	349	-	349
OLED дисплей I2C	Штук	1	97	97	-	97
Разом						4975

4.5. Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Характерною особливістю застосування основних фондів у процесі виробництва є їх відновлення. Для відновлення засобів праці у натуральному виразі необхідне їх відшкодування у вартісній формі, яке здійснюється шляхом амортизації.

Амортизація – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення.

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Для цієї групи річна норма амортизації дорівнює 60 % (квартальна – 15 %).

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу:

$$A = \frac{B_0 \cdot H_A}{100}, \quad (4.9)$$

де A – амортизаційні відрахування за звітний період, грн..

B_0 – балансова вартість комп'ютера, на початок звітного періоду, грн..

H_A – норма амортизації, %.

$$A = \frac{20000 \cdot 15\%}{100\%} = 3000$$

4.6. Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління підприємства (фірми) та створення необхідних умов праці.

Накладні витрати можуть становити 20% від суми основної та додаткової заробітної плати працівників:

$$H_v = V_o.Пх. 0.2 , \quad (4.10)$$

$$H_v = 14300 \times 0,2 = 2860 \text{ грн.}$$

4.7. Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Результати проведених вище розрахунків зведемо у табл.4.3. Собівартість (СВ) НДР розрахуємо за формулою:

$$C_v = V_o.n. + V_c.z. + Z_m.v. + Z_e + T_v + A + H_v , \quad (4.11)$$

$$C_v = 14300 + 5434 + 8550 + 4975 + 4400 + 2860 = 40519 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.4

Кошторис витрат на НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	В % до загальної суми
1	2	3
Витрати на оплату праці (основну і додаткову заробітну плату)	14300	35,29
Відрахування на соціальні заходи	5434	13,41
Матеріальні витрати	8550	21,10
Витрати на електроенергію	4975	12,28
Амортизаційні відрахування	4400	10,86
Накладні витрати	2860	7,06
Собівартість	40519	100

4.8. Розрахунок ціни НДР

Ціну НДР можна визначити за формулою:

$$Ц = \frac{C_B \cdot (1 + P_{рен}) + K \cdot B_{н.і.}}{K} \cdot (1 + ПДВ), \quad (4.12)$$

де $P_{рен}$ – рівень рентабельності, 30 %;

K – кількість замовлень, од. (встановлюється лише при розробці програмного продукту та мікропроцесорних систем);

$B_{н.і.}$ – вартість носія інформації, грн. (встановлюється лише при розробці програмного продукту);

$ПДВ$ – ставка податку на додану вартість, (20 %).

Оскільки розробка є прикладною, і використовуватиметься тільки для одного підприємства, то для розрахунку ціни не потрібно вказувати коефіцієнти K та $B_{н.і.}$, оскільки їх в даному випадку не потрібно.

Тоді, формула для обчислення ціни розробки буде мати вигляд:

$$Ц = C_B \cdot (1 + P_{рен}) \cdot (1 + ПДВ). \quad (4.13)$$

Звідси ціна на проект складе:

$$Ц = 40519 \cdot (1 + 0,3) \cdot (1 + 0,2) = 63209,64 \text{ грн.}$$

Крім того, слід визначити відрахування на соціальні заходи:

- податок на доходи фізичних осіб: 18%;
- військовий збір 1,5%;
- єдиний соціальний внесок 22%.

У сумі зазначені відрахування становлять 41,5%.

Отже, загальна сума відрахувань на соціальні заходи становитиме:

$$BC.3. = \text{ФОП} \cdot 0,415 \quad (4.14)$$

$$BC.3. = 14300 \cdot 0,415 = 5934,50 \text{ грн.},$$

де ФОП – фонд оплати праці, грн

Визначимо величину прибутку:

$$П = Ц - C_v, \quad (4.11)$$

Згідно даної формули отримаємо 22690,64 грн.

4.9. Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу.

Економічна ефективність (E_p) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів:

$$E_p = П / C_v, \quad (4.12)$$

де $П$ – прибуток;

C_v – собівартість.

$$E_p = 22690,64 / 40519 = 0,56.$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень (T_p):

$$T_p = \frac{1}{E_p}, \quad (4.13)$$

$$T_p = 1 / 0,56 = 1,79 \text{ р.}$$

Про доцільність розробки програми можна сказати при врахуванні наступних критеріїв в табл.4.5:

Таблиця 4.5

Техніко-економічні показники НДР

№ п/п	Показник	Значення
1.	Собівартість, грн.	40519
2.	Плановий прибуток, грн.	22690,64
3.	Ціна, грн.	63209,64
4.	Економічна ефективність	0,56
5.	Термін окупності, рік	1,79 року

У результаті проведення розрахунків можна зробити висновок: розробка матиме оптимальну економічну ефективність 0,56 і термін окупності становитиме майже два роки (1,79 року). Варто зазначити, що дані розрахунки носять номінальний характер і основна їх мета оцінити приблизну вартість дослідження та створення даного продукту. Номінальний характер розрахунків зумовлений тим, що даний продукт має дослідницьке призначення.

4.10. Висновки

В даному розділі було обґрунтовано економічну ефективність на розробку та виготовлення комутатора з підтримкою GEPON та LTE, проаналізовано усі затрати на оплату праці та елементну базу пристрою.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Техніка безпеки

Техніка безпеки є частиною охорони праці, яка розглядає організаційні та технічні методи гарантування безпеки праці. Основним змістом заходів з техніки безпеки є профілактика травматизму, тобто запобігання нещасним випадкам на виробництві. Найголовніший напрямок у гарантуванні безпеки праці на сучасному етапі високомеханізованого виробництва – це створення таких досконалих за конструкцією машин і механізмів, робота на яких не становила б небезпеки захоплення рухомими або обертовими частинами, поранення, травм і т. п., а також раціональна організація виробництва.

Інструкція з охорони праці – це нормативний акт, що містить обов'язкові для дотримання працівниками вимоги з охорони праці при виконанні ними робіт певного виду або за певною професією на робочих місцях, у виробничих приміщеннях, на території підприємства або в інших місцях, де за дорученням роботодавця виконуються ці роботи, трудові чи службові обов'язки;

Інструкції з охорони праці поділяються на:

- інструкції, що належать до нормативно-правових актів з охорони праці;
- примірні інструкції;
- інструкції, що діють на підприємстві.

Під час експлуатації ЕОМ на працівників можуть діяти такі небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

Фізичні:

- 1) Електромагнітне випромінювання, при наближенні до екрану чи задньої частини відеотерміналу ближче 0,6 - 0,7 м.;
- 2) М'яке рентгенівське випромінювання, при наближенні до ВДТ ближче 0,05 м.;

- 3) Ультрафіолетове й інфрачервоне випромінювання;
- 4) Електростатичне поле між екраном і працівником;
- 5) Можлива наявність шуму та вібрації при роботі принтерів застарілої модифікації;
- 6) Нерівномірність розподілу яскравості в полі зору;
- 7) Підвищена яскравість світлового зображення;
- 8) Ураження електричним струмом при порушенні вимог електробезпеки.

Психофізіологічні:

- 1) Напруження зору;
- 2) Напруження уваги;
- 3) Інтелектуальні навантаження;
- 4) Емоційні навантаження;
- 5) Тривалі статичні навантаження;
- 6) Монотонність праці;
- 7) Необхідність обробки великого обсягу інформації в одиницю часу;
- 8) Нераціональна організація робочого місця.

При роботі з мережевим комутатором, необхідно переконатися, що комутатор і стійка заземлені. Даний комутатор має захист від блискавок, який має вберегти пристрій від різких перепадів напруги і забезпечує розрядку через заземлення. Такий комутатор має захист від грози до 4кВ за умови якісного заземлення. Така особливість цього мережевого пристрою дозволяє захистити від впливу суворих погодних умов.

При експлуатації необхідно дотримуватися наступних показників:

- Живлення змінний струм 100-240 В ~ 50/60 Гц на вході.
- Робоча температура комутатора 0 °С ~ 40 °С (32 °F ~ 104 °F).
- Температура зберігання має бути -40 °С ~ 70 °С (-40 °F ~ 158 °F).
- Вологість: 10% ~ 90% без конденсації.
- Вологість при зберіганні: 5% ~ 90% без конденсації.

Якщо працівник при роботі з комутатором був уражений струмом, ознаки ураження струмом наступні: загальні – втрата свідомості, судорожне скорочення м'язів (потерпілого або відкидає в бік, або він не може розтиснути руку, що захопила провід), зупинка дихання та серцевої діяльності (клінічна смерть); місцеві – термічні опіки III-IV ступеня, «знаки струму» біля місць входу (місце дотику до джерела струму) і виходу (місце зіткнення із землею) у вигляді жовтувато-бурих ділянок або деревовидних червоних смуг на шкірі.

Перша допомога: ізоляція потерпілого від дії електричного струму; необхідно попередити або убезпечити можливе падіння потерпілого при відключенні установки; надання долікарської допомоги; підтримку життєдіяльності організму потерпілого до приїзду швидкої медичної допомоги. Ізоляція потерпілого від дії електричного струму досягається такими способами: вимиканням рубильника, вимикачів, а також шляхом зняття або викручування запобіжників (пробок), роз'єму штепсельного з'єднання. Якщо потерпілий знаходиться на висоті, то необхідно вжити заходів, що попереджають падіння потерпілого або забезпечують його безпеку; для відриву потерпілого від землі або від струмоведучих частин слід користуватися сухим канатом, сухою палицею, дошкою чи будь-яким сухим предметом, що не проводить електричний струм. Можна також відтягнути його за одяг (якщо він сухий і відстає від тіла), уникаючи при цьому дотику до оточуючих металевих предметів і частин тіла потерпілого, не прикритого одягом. Відтягуючи потерпілого за ноги, надаючи допомогу не повинен торкатися його взуття або одягу без хорошої ізоляції своїх рук, тому що взуття та одяг можуть бути сирими і бути провідниками електричного струму.

Для ізоляції той, хто надає допомогу, особливо якщо йому необхідно торкнутися тіла потерпілого, не прикритого одягом, повинен одягнути діелектричні рукавички або обмотати руку шарфом, надягти на неї суконний кашкет, натягнути на руку рукав піджака або пальто, накинути на постраждалого гумовий килимок, прогумовану матерію або просто суху матерію. Можна також ізолювати себе, ставши на гумовий килимок, суху дошку або яку-небудь, що не

проводить електричний струм, підстилку і т.п. При відділенні потерпілого від струмопровідних частин рекомендується діяти однією рукою, тримаючи другу в кишені або за спиною. Можна також перерубати дроти сокирою з сухою дерев'яною рукояткою або перекусити їх інструментом з ізольованими рукоятками (кусачками, пасатижами тощо). Перерубувати або перекушувати проводи необхідно пофазно, тобто кожен провід окремо, при цьому рекомендується по можливості стояти на сухих дерев'яних дошках, діелектричних предметах. Заходи першої допомоги залежать від того стану, в якому знаходиться постраждалий після звільнення його від струму.

5.2. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Згідно наказу Міністерства праці та соціальної політики України N 112 від 17.06.99 про затвердження положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій (ПЛАС) на підприємстві повинні бути документи на інструкції, що передбачають дії робітників у разі виникнення аварійної ситуації. П'ятий розділ інструкції з охорони праці на робочому місці системного адміністратора (програміста) повинен включати вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

Заходи працівника з безпеки праці в аварійних ситуаціях:

- При появі незвичного звуку, запаху паленого, самовільного вимкнення машини негайно припинить роботу і повідомте про це безпосереднього керівника.
- ПЕОМ необхідно використовувати у суворій відповідності з експ-луатаційною документацією на неї.
- Під час виконання роботи слід бути уважним, не звертати уваги на сторонні речі.
- Про всі виявлені несправності та збої в роботі апаратури необхідно повідомити безпосереднього керівника.

- При виявленні будь-яких неполадок в роботі персонального комп'ютера програміст повинен припинити роботу, вимкнути комп'ютер і повідомити про це безпосереднього керівника для організації ремонту.
- Програмісту не слід самому усувати технічні неполадки персонального комп'ютера.
- Програміст не повинен виробляти роботу при знятому корпусі комп'ютера.
- При нещасному випадку, отруєнні, раптовому захворюванні необхідно негайно надати першу допомогу потерпілому, викликати лікаря або допомогти доставити потерпілого до лікаря, а потім повідомити керівника про те, що трапилося.

Кожен працівник повинен знати основні правила поведінки під час аварії, вміти діяти в обставинах, що склалися. Кожен має знати, як викликати пожежну команду та швидку допомогу, а також план евакуації з небезпечної території та евакуаційні шляхи і виходи. Діяти рішуче, спокійно і виважено, не панікувати.

Найпоширенішими наслідками аварії є пожежі. Пожежа може виникнути від розрядів статичної електрики, необережного поводження при використанні відкритого вогню, короткого замикання електропроводів, що використовуються як в середині обладнання, так і при під'єднанні його до джерела живлення. Короткі замикання виникають в результаті порушення ізоляції в електричних проводах. Небезпека полягає в тому, що струм при короткому замиканні досягає десятків і сотень ампер. При цьому виділяється велика кількість тепла і відбувається загоряння ізоляції, плавиться метал з викиданням в навколишнє середовище іскор, які спроможні викликати пожежу, що в свою чергу супроводжується із виділенням токсичних продуктів горіння. Найбільш небезпечним є продукт повного згоряння (оксид вуглецю), концентрація якого в розмірі 0,5% викликає отруєння через 20 хв., а при концентрації 1,3% раптове отруєння людини внаслідок 2-3 вдихів. Вуглекислий газ є менш небезпечним, тому реальна небезпека для життя настає тільки при значних концентраціях (8-10%).

Для гасіння пожежі використовують первинні засоби пожежегасіння, що є на підприємстві. В приміщенні, де використовуються ЕОМ, згідно норм пожежної безпеки має бути три вуглекислотних вогнегасники.

Приведення вогнегасників до дії необхідно здійснювати безпосередньо у разі виникнення пожежі. Правила користування вогнегасником вказані на його корпусі. Гасіння необхідно починати з відстані, що дорівнює максимальній довжині струменя, направляючи його в основу полум'я. Після закінчення гасіння за наявності вогнегасної речовини продовжити її подавання з метою охолодження нагрітих поверхонь.

- Порядок дій щодо подання першої медичної допомоги потерпілим під час аварії:

- Вивести потерпілого з оточення, де стався нещасний випадок.
- Надати потерпілому зручне положення, що забезпечує спокій.
- Визначити вид травми (перелом, поранення, опік тощо).
- Визначити загальний стан потерпілого, встановити, чи не порушені функції життєво важливих органів.

- Розпочати проведення необхідних заходів:
- зупинити кровотечу;
- зафіксувати місце перелому
- надати реанімаційних заходів (оживлення), штучне дихання, зовнішній масаж серця;

- обробити ушкоджені частини тіла.
- Одночасно з наданням долікарської допомоги викликати швидку допомогу.

5.3. Висновки

В цьому розділі було вивчено техніку безпеки при роботі з ЕОМ та мережевим комутатором. Також було проаналізовано надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЯ

6.1. Статистичне групування в екології

У системі статистичних методів групування займають особливе місце. Це пояснюється тим, що на відміну від інших методів групування виконує дві функції: по-перше, розподіляє сукупності на однорідні групи, а по-друге, визначає межі і можливості застосування інших статистичних методів (середніх величин, кореляційно-регресійного тощо). Використання цих методів потребує однорідності статистичних сукупностей, що зумовлює статистичне групування як важливий етап обробки статистичних даних.

Метою статистичного групування є поділ сукупностей на однорідні типові групи за існуючими для них кількісними ознаками з метою всебічної характеристики їхнього стану, розвитку і взаємодії. Метод статистичних групувань робить статистику одним з наймогутніших знарядь соціального пізнання і використовується для вирішення трьох взаємопов'язаних завдань: виділення різних соціально-економічних типів явищ (процесів) та всебічна їх характеристика; дослідження структури масової сукупності; вивчення взаємодії між окремими ознаками сукупності.

Групування – це статистичний метод розмежування складного масового явища на істотно різні групи однорідні в тому чи іншому розумінні з метою всебічної характеристики його стану, розвитку і взаємозв'язків.

Групуванням називають розподіл сукупності на групи (частини) за рядом характерних для них ознак. При цьому використовується найважливіші положення такого розподілу: в одну групу об'єднуються елементи сукупностей, певною мірою подібні між собою; міра подібності між елементами одної групи значно вища, ніж між елементами, що належать до інших груп.

Суть методу статистичних групувань полягає у тому, що складне масове явище розглядається не як єдине нероздільне ціле, а в ньому виділяються

окремі групи одиниць із статистичними показниками, які дають кількісну характеристику якісно своєрідній частині одиниць усієї сукупності. Тобто кожна з одержаних груп об'єднує однорідні одиниці сукупності.

Принципове значення при побудові групувань має вибір групувальної ознаки, на основі якої виділяють різні типи, групи і підгрупи. За групувальну - приймають найістотнішу ознаку яка може бути атрибутивною (якісною) або кількісною. Залежно від складності явища та мети дослідження групувальних ознак може бути декілька. Якщо групування здійснюється за атрибутивною ознакою, то виділяють стільки груп, скільки є найменувань ознаки.

Перші три групи таблиці представляють основні види забудови, а четверта – об'єднує решту менш вагомих видів. Такий вид групування відноситься до структурного, яке в даному прикладі характеризує масштаби та вагомість окремих видів забудови на території міста.

Групування за атрибутивною ознакою називають класифікацією або номенклатурою. Класифікація у статистиці – це систематизований розподіл явищ та об'єктів на певні групи, класи, розряди на підставі їх збігу або різниці. Різновидом класифікацій є товарні номенклатури як стандартизований перелік об'єктів та груп. Розрізняють такі види статистичних класифікацій:

- економічні, які впровадженні з метою вивчення економічних аспектів розвитку суспільства;
- соціальні, що використовуються для вивчення населення, житла та охорони здоров'я;
- екологічні, призначені для вивчення земле- та водокористування, відходів виробництва, витрат на охорону навколишнього середовища;
- інші класифікації (вантажів, назв країн та ін.).

Класифікації розробляються міжнародними та національними статистичними органами і рекомендуються як статистичний стандарт. Прикладами діючих класифікацій національного рівня є такі, що повністю узгоджені з міжнародними стандартами:

- «Класифікація видів економічної діяльності» (КВЕД), де в якості ознаки класифікації приймається одна з трьох ознак: призначення виробленої продукції; єдність технології виробництва; однорідність використаної сировини;
- «Державний класифікатор продукції та послуг» (ДКПП);
- «Класифікація організаційно-правових форм господарювання» (ПФГ), де здійснена класифікація суб'єктів підприємницької діяльності (державне, колективне, приватне підприємство та ін.), організацій, що займаються підприємницькою діяльністю (заклад, установа тощо), відокремлених підрозділів (філія, представництво).

Групування взагалі, як основний елемент статистичного зведення, є розподіл сукупності масових явищ і процесів суспільного життя на типи і групи за найбільш характерними ознаками. Якщо ознаками виступають кількісні показники, то такий вид робіт (на відміну від класифікацій) називають у вузькому розумінні безпосередньо статистичним групуванням.

Статистичні групування поділяються на види за декількома ознаками:

- залежно від мети та завдань дослідження – на типологічні; структурні; аналітичні;
- залежно від кількості групувальних ознак, покладених в основу групування – на прості та комбінаційні;
- залежно від виду групувальної ознаки – на факторні і результативні;
- залежно від способу побудови групувань – на первинне і вторинне.

Типологічні групування – це такі групування, які приводять до виділення у складі масових явищ їх соціально-екологічних типів (тобто однорідних частин за якістю та умовами розвитку, в яких діють одні і теж закономірності факторів). Їх застосовують при вивченні стану забруднення природних сфер за видами типів і класів забруднювачів, за джерелами забруднень тощо. Прикладом цього виду групувань є групування областей, районів за природно-економічними умовами, групування підприємств за формою власності тощо.

Побудова типологічних угруповань на тривалий час дозволяє простежити процес розвитку суспільства, екологічного стану середовища тощо. Групування,

що направлені на вирішення даних задач, займають ведуче місце у вітчизняній статистиці.

Потреба в таких групуваннях виникає тому, що однорідність явищ, елементів, з яких складається статистична сукупність, ще не означає їх тотожності. У межах однорідної сукупності елементи відрізняються один від одного, числові значення властивих їм ознак варіюють. За допомогою структурних групувань вивчають склад методів, способів вимірювань, метрологічних характеристик показників екологічного стану середовища, складу небезпечних відходів.

Аналітичні групування спрямовані на виявлення зв'язку між окремими ознаками явища, що вивчається. Вони проводяться за факторною ознакою і в кожній групі визначається середня величина результативної ознаки. Взаємозв'язок проявляється у систематичній зміні результативної ознаки у зв'язку зі зміною факторної ознаки. При наявності зв'язку між ознаками середні групові систематично збільшуються (прямий зв'язок) або зменшуються (зворотний зв'язок).

Факторне групування – це групування, яке проводиться за факторною ознакою, тобто ознакою, яка впливає на інші ознаки.

Групування за факторними ознаками дає змогу показати різноманітність виникаючих форм і ступінь впливу того чи іншого фактора на результативні показники. За допомогою факторних групувань встановлюються і вивчаються причинно-наслідкові зв'язки між ознаками однорідних явищ, виявляються фактори розвитку сукупності та ефект впливу фактора на результат (різниця між груповими середніми результативної ознаки). Зокрема, це стосується аналітичних групувань, хоча аналітичні функції притаманні типологічним і структурним групуванням.

Факторні групування основані на вивченні того, як у масових явищах зі зміною одного або кількох факторних ознак змінюється результативна ознака. Факторні групування дають можливість робити висновки про наявність зв'язку,

про його форму (прямий, обернений) і наближено характеризувати тісноту зв'язку.

Групування за результативними ознаками дають можливість досить надійно виділити виробничі типи і дати в середньому характеристику їх особливостям. Але за ними не можна виділити всю різноманітність форм і показати ступінь впливу того чи іншого фактора на результат виробництва.

При статистичному групуванні велике пізнавальне значення має поєднання факторних і результативних ознак. У такому разі будуються комбінаційні групування за формою факторно-результативних або результативно-факторних. Тобто одна з групувальних ознак є факторною, друга – результативною. Вибір схеми «факторно-результативна» чи «результативно-факторна» залежить від мети дослідження, знання природи екологічних явищ і досконалого володіння методикою статистичних групувань.

Комбінаційне групування – це групування, яке проводиться за двома і більше групувальними ознаками. У комбінаційних групуваннях групи з однією ознакою поділяються на підгрупи за іншою ознакою.

Аналіз таких угруповань проводиться по горизонталі, вертикалі і діагоналі; в першому випадку по кожній групі вивчається зміна результативного показника по підгрупах, тобто наявність залежності від ознаки підгруп; в другому випадку по кожній підгрупі простежується зміна результативного показника по групах, тобто наявність залежності від ознаки груп; в третьому випадку – залежність від двох ознак.

Так всі числа по всіх строках зростають від підгрупи до підгрупи характеризуючи наявність прямого зв'язку. Те ж саме можна відмітити, розглядаючи дані по стовпчиках. Якщо розглядати дані по діагоналі з верхнього лівого кута до нижнього правого, то помітна дуже висока ступінь зростання значень показника, що аналізується в залежності від двох групувальних ознак. Таким чином, можна констатувати прямо пропорційну залежність результату від обох групувальних ознак.

Комбінаційне групування має більш широкі аналітичні можливості, ніж просте, його використовують переважно для вивчення взаємозв'язків між ознаками. Порядок комбінації ознак обґрунтовується економічно і може бути легко змінений (при необхідності). Якщо по кожній з ознак є підсумкова група, комбінаційне групування можна «згорнути» у будь-якому напрямі в просте.

Поряд з комбінаційним групуванням найбільш часто використовують просте групування – це групування, яке проводиться за однією ознакою.

6.2. Основні джерела антропогенного забруднення навколишнього середовища

Потенційними небезпечними чинниками, які впливають на життя і здоров'я адміністратора мережі та мешканців будинків під час її експлуатації є :

- електромагнітні поля;
- інформація.

Для розробки комутатора з підтримкою GEPON та LTE було використано:

- Wi-Fi модем;
- LTE модем;
- Маршрутизатор TP-Link;
- OLED – дисплей;
- Мікроконтролер Raspberry Pi.

У проєкті було запропоновано використовувати Wi-Fi модем, LTE модем що характеризуються:

- Швидкістю передачі даних по бездротовій мережі до 150 мбіт/с;
- Чудовою зоною покриття завдяки MIMO технології;
- Одночасною роботою у двох діапазонах частот для збільшення пропускної спроможності та запобігання перешкод.

Однак ці притрої для забезпечення роботи користувачів по технології Wi-Fi здійснюють негативне електромагнітне випромінювання (ЕМВ). Випромінювання від такого роду апаратури є низькочастотним. Опромінення

має надзвичайно негативний вплив на здоров'я людини. Найчутливішими до електромагнітного поля є нервова, серцево-судинна, нейрогуморальна та ін. системи. У людей, які працюють або перебувають в зоні дії електро-статичного поля, виникають різноманітні скарги: на роздратованість, головний біль, порушення сну, зменшення апетиту та ін. Первинним проявом дії електромагнітної енергії є нагрів, який може призвести до змін і навіть пошкодження тканин і органів. Нагрів особливо небезпечний для органів зі слабкою терморегуляцією та у складі яких багато води (мозок, очі, нирки, сім'яні залози). Коливання надвисоких частот викликають також помутніння кришталика ока.

Існуючими нормами з ДСН 3.3.6.096-2002 "Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів" встановлено граничні допустимі рівні випромінювання:

- експозиційні дози рентгенівського випромінювання становлять 0,1 мбер/год = 100 мкР/год;
- допустима поверхнева кількість потоку енергії (інтенсивність потоку енергії) для різних типів УФ випромінювання становить:
 - для УФ-С – 0,001 Вт/м²;
 - для УФ-В – 0,01 Вт/м²;
 - для УФ-А – 0,10 Вт/м²;
 - для видимих випромінювань – 10,0 Вт/м²;
 - для інфрачервоних випромінювань – 35,0 – 70,0 Вт/м²;
- електростатичність поверхневого потенціалу відеотерміналу – 500 В;
- напруженість електростатичного поля – 20 кВ/м.

Для захисту людей від шкідливої дії ЕМП використовують:

- зменшення потужності випромінювання;
- екранування (джерела ЕМП);
- віддалення робочого місця на безпечну відстань;
- зменшення часу перебування у небезпечній зоні;
- застосування засобів індивідуального захисту та інші заходи;

- проведення дозиметричного контролю, медичних оглядів, додатковою відпусткою;

Щоб захистити мешканців будинку та адміністратора мережі від негативного впливу ЕМП введено щогодинна технічна перерва, тривалістю 10 хвилин для адміністратора мережі, та проведено екранування джерел ЕМП, що дасть змогу зменшити негативний вплив на мешканців будинків.

Ще одним небезпечним чинником є інформація, яка передається по мережі, адже вона може передаватися як по фізичних лініях так і по радіоефіру. Джерелами інформації є як самі користувачі мережі так і сервери зберігання інформації, що надають її на вимогу користувача. Однак великий потік інформації, особливо сьогодні при великій і стрімкій інформатизації суспільства, в таких житлових будинках може негативно впливати на психіку людини. Вона стає більш дратівливою, емоційно не стабільною. Крім інформації, яку людина черпає з Всесвітньої мережі, вона крім того отримує її і від інших оточуючих. Таке «загромадження» інформацією негативно впливає на життя і здоров'я людей. Особливо це стосується підлітків та дітей шкільного віку.

6.3. Висновки

В цьому розділі було проаналізовано групування в екології та шкідливий вплив Wi-Fi та LTE модемів і комутаторів на навколишнє середовище, а також вплив та на самопочуття організму людини.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі проаналізовано основні технології передачі даних для комутатора з підтримкою технологій GEPON та LTE. Проаналізовано переваги та недоліки кожних технологій.

Визначено як має працювати комутатор з різними типами мереж, обрано основну платформу, допоміжну платформу для розширення апаратних можливостей, модеми для радіоінтерфейсів LTE та Wi-Fi, а також програмне забезпечення.

У результаті виконання роботи отримано наступні основні результати:

– на основі проведеного аналізу предметної області розглянуто переваги та недоліки технології передачі даних GEPON та LTE, а також для локальної мережі Ethernet та обґрунтовано напрям наукового дослідження.

– визначено методи та засоби взаємодії між різними технологіями передачі даних та здійснено вибір елементної бази для розробки комутатора.

– із вибраних апаратних складових та програмного забезпечення розроблено готовий прототип комутатора для резервування каналів зв'язку GEPON та LTE.

– результати тестування швидкості за технологією GEPON відповідають граничним швидкостям мережевого інтерфейсу, також результати тестування швидкості за технологією LTE навіть без зовнішніх антен досягають граничної швидкості LTE-модему.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРАЛ

1. Charles E. Spurgeon, Joann Zimmerman Ethernet Switches: An Introduction to Network Design with Switches. US, 2013. 80.
2. Ivan Kaminow, Tingye Li, Alan E. Willner Optical Fiber Telecommunications Volume VIB: Systems and Networks. UK, 2013. 1095.
3. Mahmoud Elkhodr, Qusay F. Hassan, Seyed Shahrestani Networks of the Future: Architectures, Technologies, and Implementations. US, 2017. 512.
4. Christopher Cox An introduction to LTE: LTE, LTE-advanced, SAE, and 4G mobile communications. US, 2012. 486.
5. Charles E. Spurgeon, Joann Zimmerman Ethernet: The Definitive Guide: Designing and Managing Local Area Networks. US, 2014. 508.
6. Massimo Tornatore, Gee-Kung Chang, Georgios Ellinas Fiber-Wireless Convergence in Next-Generation Communication Networks: Systems, Architectures, and Management. US, 2017. 406.
7. Cisco Networking Academy Connecting Networks v6 Companion Guide. US, 2017. 512.
8. TL-R480T+(UN)_V9_Datasheet. URL: [https://static.tp-link.com/2018/201809/20180917/TL-R480T\(UN\)9.0%20Datasheet.pdf](https://static.tp-link.com/2018/201809/20180917/TL-R480T(UN)9.0%20Datasheet.pdf) (дата звернення: 08.08.2019).
9. Joe Grant Raspberry Pi: A Comprehensive Beginner's Guide to Setup, Programming(Concepts and Techniques) and Developing Cool Raspberry Pi Projects. US, 2019. 172.
10. Raspbian. URL: <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/> (дата звернення: 21.09.2019).
11. OpenWrt Project Developer guide. URL: <https://openwrt.org/docs/guide-developer/start> (дата звернення: 23.09.2019).
12. John C. Shovic Raspberry Pi IoT Projects: Prototyping Experiments for Makers. US, 2016. 233.

13. Installing operating system images. URL: <https://www.raspberrypi.org/documentation/installation/installing-images/README.md> (дата звернення: 26.09.2019).
14. Sameer Seth, M. Ajaykumar Venkatesulu TCP/IP Architecture, Design, and Implementation in Linux. US, 2009. 900.
15. TL-R480T+(UN)_V9_User Guide. URL: https://static.tp-link.com/2018/201811/20181109/1910012492_TL-R480T470T_UG.pdf (дата звернення: 19.09.2019).
16. Євтушенко М.Ю, Хижняк М.І. Методологія та організація наукових досліджень. Київ, 2019. 350.
17. Гуцаленко Л.В. Державний фінансовий контроль. Київ, 2019. 422.
18. Акулов М.Г. Економіка праці і соціально-трудова відносини. Київ, 2019. 328.
19. Гринчуцький В. І. Економіка підприємства. 2-ге видання. Київ, 2019. 302.
20. Червінська Л.П. Економіка праці. Київ, 2019. 286.
21. Людмила Горбач, Сергій Дорогунцов, Михайло Хвесик, Павло Пастушенко Екосередовище і сучасність. Том 8. Природно-техногенна безпека. Київ, 2008. 576.
22. Віктор Джигирей Екологія та охорона навколишнього природного середовища. Київ, 2007. 422.
23. Ярослав Олійник Основи екології. Київ, 2012. 558.
24. Кучерявий Володимир Загальна екологія. Київ, 2010. 558.
25. Віталій Грибан, Олександр Негодченко Охорона праці. Київ, 2017. 280.
26. Олена Коновалова Охорона праці в галузі. Практикум. Київ, 2015. 98.
27. Кодекс законів про працю. Київ, 2019. 250.

Додаток А
Тези конференції

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Національна академія наук України
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Шяуляйська державна колегія (Литва)
Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)
Наукове товариство ім. Шевченка
ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

**АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ
СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Збірник

тез доповідей

Том II

**VIII Міжнародної науково-технічної
конференції молодих учених та студентів
27-28 листопада 2019 року**



**УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2019**

ДАНИХ НА БАЗІ СИНХРОННИХ МУЛЬТИПЛЕКСОРІВ AXD155

89.	В.М. Юзьвак ПАТЕРНИ РОБОТИ З БАЗАМИ ДАНИХ: ООП-ПІДХІД	122
90.	В.М. Юзьвак АНТИПАТЕРНИ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	123
91.	О.М. Яковенко, О.І. Забігайло, І.С. Ячменьов СТАНДАРТИ РОЗУМНОГО МІСТА	125
92.	О.М. Яковенко СТАНДАРТИ РОЗУМНОГО МІСТА В УКРАЇНІ	126
93.	О.П. Ясній, І.І. Голуб МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ МЕРЕЖЕВИХ КОМУТАТОРІВ З ПІДТРИМКОЮ ТЕХНОЛОГІЙ GERON ТА LTE	127
94.	В.В. Яцишин, Д.Я. Войтина ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	128
95.	В.В. Яцишин, В.В. Нестор АЛГОРИТМ КЛАСИФІКАЦІЇ АТРИБУТІВ ЯКОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	129
96.	В.В. Яцишин, Я.О. Чирський ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕРФЕЙСІВ ЛЮДИНО-МАШИННОЇ ВЗАЄМОДІЇ	130
97.	І.Г. П'ятківський, І.С. Ячменьов ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ GOOGLE MAPS ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ	131

УДК 004.71

О.П. Ясний доктор. тех. наук, проф., І.І. Голуб

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ МЕРЕЖЕВИХ КОМУТАТОРІВ З ПІДТРИМКОЮ ТЕХНОЛОГІЙ GEPON ТА LTE

O.P. Yasnii Dr., Prof., I.I. Holub

METHODS AND MEANS OF NETWORK SWITCHES CONSTRUCTION WITH SUPPORT OF GEPON AND LTE TECHNOLOGIES

Протокол мобільної передачі даних LTE може забезпечити максимальну швидкість завантаження з мережі до 299.6 Мбіт/с; максимальна швидкість завантаження у мережу від абонента до 75.4 Мбіт/с в залежності від категорії обладнання користувача. Станом на 2019 рік, LTE є найновішою технологією передачі даних в мобільних мережах на території України.

GEPON – один з різновидів технології пасивних оптичних мереж PON, що дозволяє передавати і приймати дані на швидкості (до 1.2 Гбіт/с), з максимальним коефіцієнтом ділення 1:64. Ця технологія є дешевою у масштабуванні мереж у порівнянні з FTTH.

Оскільки GEPON або просто PON-мережі зараз набувають стрімкої популярності, провайдери для розширення зони покриття через дешевизну прокладають все частіше PON-мережі. Якщо у зоні покриття кінцевого користувача кабельним інтернетом не буде можливості прокласти кабель від іншого провайдера, або який не буде побудовано на технології PON, а для абонента буде потрібно резервувати інтернет-з'єднання, може виникнути необхідність в обладнанні для резервування мережі за різними мережевими технологіями. Це можуть бути комутатори із декількома різними інтерфейсами:

- PON – Ethernet – пасивна оптика та вита пара;
- PON – FTTH – пасивна оптика та активна оптика;
- PON – LTE – пасивна оптика та бездротова LTE мережа.

У цьому випадку буде розглядатися саме третій варіант. Адже ймовірність того, що на території, де буде кінцевий користувач, буде зона покриття оператора мобільного зв'язку, більша, аніж ймовірність наявності зони покриття оператора кабельного зв'язку. Станом на листопад 2019 року, зона покриття мобільного оператора Київстар мережа 4G оператора працює у 7885 населених пунктах, з яких 90% – у сільській місцевості. Це територія, де проживає понад 29.8 млн осіб, або 72% населення України.

Комутатор з підтримкою GEPON та LTE буде володіти наступними характеристиками:

- до першого порту, який є основним, має підключатися оптичний кабель від мережі GEPON;
- вбудований LTE-модем;
- можливість перемицання між GEPON та LTE для резервування мережі;
- як мінімум 4 Ethernet-порти;
- фірмовол для фільтрації трафіку.

Література

- 1 Optical fiber telecommunications VIB systems and networks, sixth edition. / Ivan P Kaminov, Tingye Li, Alan E Willner. Elsevier, UK, 2013. 891p.
- 2 An introduction to LTE. LTE, LTE-advanced, SAE, and 4G mobile communications. / Christopher Cox. John Wiley & Sons, UK, 2012. 352 p.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

МАТЕРІАЛИ

VII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



11–12 грудня 2019 року

ТЕРНОПІЛЬ
2019

СЕКЦІЯ 3 КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ

В. Владика, Д. Величко, Г. Осухівська ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ В СИСТЕМІ «ЦИФРОВА ЛІКАРНЯ»	109
В. Барбарич, Ю. Івануса ШКІДЛИВИЙ ВПЛИВ WI-FI НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ	110
М. Безрийчук РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ АДАПТИВНОЇ СЕЛЕКЦІЇ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»	112
Д. Войтша, В. Яцишин АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	113
Р. Гаган, В. Яцишин ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІЗУ ТОНАЛЬНОСТІ ТЕКСТУ НА ОСНОВІ АСПЕКТІВ ПРИ ВДОСКОНАЛЕННІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	114
С. Галан, В. Яцишин ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ «РОЗУМНИХ СИСТЕМ» З МОЖЛИВІСТЮ ВЗАЄМОДІЇ З ХМАРНИМИ СЕРВІСАМИ	115
Р. Гайдук, Д. Михалук РОЗРОБКА СОЦІАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ БІБЛІОТЕК З ВИКОРИСТАННЯМ NET ТЕХНОЛОГІЙ	116
Ю. Голозя МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ	117
І. Голуб, О. Ясній МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ МЕРЕЖЕВИХ КОМУТАТОРІВ ЗПІДТРИМКОЮ ТЕХНОЛОГІЙ GERON ТА LTE	118
А. Джинджиристий, М. Паламар АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОЛАБОРАТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ПРИ ПІДБОРІ КОМАНДИ РОЗРОБНИКІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	119
П. Євтух, В. Храпа МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ УЗГОДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ПОТОКІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ІОТ ДО МЕДИЧНИХ ПРИЛАДІВ	120
А. Жуйвода МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ГОЛОСОВИХ СИГНАЛІВ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ	121
А. Жуйвода ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ПОТОКОВОГО ТРАФІКУ	122
О. Зминицький ВРАЗЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ КРИПТОГРАФІЧНИХ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ПРОТОКОЛУ SSL/TLS	123
Б. Калниченко, І. Гроз ДОСЛІДЖЕННЯ ВРАЗЛИВОСТЕЙ МЕРЕЖІ ОФІСУ "ZoomSupport" ТА МЕТОДІВ ЇХ УСУНЕННЯ	124
В. Ковальов, С. Лупенко МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ДІАЛОГОВИХ СИСТЕМ ТОРГОВОГО ЦЕНТРУ	125
І. Купратий НЕЙРОМЕРЕЖІ У СИСТЕМАХ БІОМЕТРИЧНОЇ АУТЕНТИФІКАЦІЇ ЗА КЛАВІАТУРНИМ ПОЧЕРКОМ	126
О. Лішук, Є. Тиш ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ АГРЕГАЦІЇ КАНАЛІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ	127

УДК 004.7

І. Голуб, О. Ясній

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ МЕРЕЖЕВИХ КОМУТАТОРІВ ЗПІДТРИМКОЮ ТЕХНОЛОГІЙ GEPON ТА LTE

UDC 004.7

I. Holub, O. Yasniy

(Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine)

METHODS AND MEANS OF NETWORK SWITCHES CONSTRUCTION WITH SUPPORT OF GEPON AND LTE TECHNOLOGIES

Основним недоліком прокладених через електроопори комунікаційних мереж є загроза обриву: недбала робота працівників РЕМ-у, обвисання; внаслідок цього обрив лінії, сильний вітер та інші погодні умови. Якщо статся обрив десь на магістральній мережі, у всіх абонентів, яких підключено вище від обриву, пропаде зв'язок. А далі через це йдуть додаткові витрати на компенсацію коштів абонентам, через те, що не було інтернет-зв'язку; і додаткові витрати на відновлення зв'язку.

GEPON (Gigabit Ethernet PON) – технологія для передачі даних через оптоволоконку мережу, яка зараз набуває популярності. Її основна родзинка полягає у деревовидній топології точка-багатоточок, коли для побудови мережі користуються тільки одним оптоволоконним каналом для десятків і сотень абонентів. Основні переваги цієї топології:

- економна витрата оптичного кабелю;
- відсутність активного обладнання у вузлах мережі, що значно знижує витрати на її проведення і обслуговування;
- висока підтримувана швидкість – до 1 Гбіт/сек;
- ефективний розподіл навантаження у каналі.

Основні недоліки технології GEPON:

- загасання сигналу на кожному вузлі розгалуження;
- перешкоди у роботі всієї PON при одному несправному пристрої ONU;
- складність модернізації;
- складність виявлення несправностей.

Якщо несправності з інтернет-зв'язком абонента, якого підключено за технологією GEPON, ставатимуться часто, абонент буде змушений резервувати інтернет-мережу, або, у крайньому випадку, захоче перейти до іншого провайдера, якщо, звісно, існує така можливість. У випадку, коли нема можливості перейти до іншого провайдера, мережу можна резервувати через оператора стільникового зв'язку, який надає доступ до мережі інтернет за технологією LTE і, в найближчому майбутньому, 5G. Таким клієнтам можна запропонувати комутатори та маршрутизатори із двома аплікаціями: перший – GEPON, другий – через LTE-модем.

Таке мережеве обладнання повинно мати наступні основні характеристики:

- перемикання з GEPON на LTE, якщо інтернет-зв'язок через GEPON повністю відсутній;
- балансне навантаження між GEPON та LTE, якщо через GEPON спостерігається втрата пакетів, через затухання сигналу до ONU;
- фільтрація мережевого трафіку через захищеність даних в технології GEPON.

Література

1. Networks of the Future: Architectures, Technologies, and Implementations / Mahmoud Elkhodr, Qusay F. Hassan, Seyed Shahrestani // CRC Press, US, 2017. 301 p.
2. Network Warrior: Everything You Need to Know That Wasn't on the CCNA Exam / Gary A. Donahue // O'Reilly Media, US, 2011. 63 p.