

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2023-53-37>

УДК 004.715

Черняшук Наталія Леонідівна, д.пед.н., професор

<https://orcid.org/0000-0002-3178-8377>

Матвійчук Андрій Миколайович, магістрант

Остапук Денис Віталійович, магістрант

Шелепіна Олег Валерійович, магістрант

Бондарчук Владислав Григорович, магістрант

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

МЕТОДИ ПОБУДОВИ МЕРЕЖЕВИХ КОМУТАТОРІВ З ПІДТРИМКОЮ ТЕХНОЛОГІЙ GEPON ТА LTE

Черняшук Н.Л., Матвійчук А.М., Остапук Д.В., Шелепіна О.В., Бондарчук В.Г. Методи побудови мережеских комутаторів з підтримкою технологій GEPON та LTE. Проаналізовано методи і засоби будівництва мережеских комутаторів з підтримкою технологій GEPON і LTE, для забезпечення безперебійного підключення до Інтернету через резервування канали зв'язку, а також балансування навантаження мережеских інтерфейсів, щоб зменшити навантаження від перевантаженого інтерфейсу, або якщо є перебої в Інтернет-з'єднанні з одним або кількома інтерфейсами. Розглядаються методи і засоби взаємодії комутатора і мережеских технологій передачі даних GEPON, LTE і Ethernet, обидва на апаратний рівень і рівень програмного забезпечення. Мережеский комутатор із посиланням на основну програму для Мережа GEPON і резервний аплінк для мережі LTE.

Ключові слова: комутатор, маршрутизатор, інтернет, GEPON, LTE, ETHRNET, мікроконтролер, модем, пакети, кадри, пропускна швидкість.

Chernyashchuk N., Matviychuk A., Ostapuk D., Shelepina O., Bondarchuk V. Methods of building network switches with support for GEPON and LTE technologies. The methods and means of building network switches with support for GEPON and LTE technology were analyzed to ensure uninterrupted Internet connection through the redundancy of communication channels, as well as load balancing of network interfaces to reduce the load from an overloaded interface, or if there are interruptions in the Internet connections with one or more interfaces. The methods and means of interaction of the switch and network data transmission technologies GEPON, LTE and Ethernet are considered, both at the hardware level and at the software level. A network switch with a link to the main application for the GEPON Network and a backup uplink for the LTE network.

Keywords: switch, router, Internet, GEPON, LTE, ETHRNET, microcontroller, modem, packets, frames, bandwidth.

Постановка наукової проблеми. Взаємодія між мережами GEPON, LTE та Ethernet є важливою у великих телекомунікаційних інфраструктурах, де ці технології застосовуються для забезпечення різних видів послуг передачі даних. Ось кілька аспектів їхньої взаємодії:

Мережі GEPON і Ethernet існують поруч, особливо востаннє створені останнім часом. GEPON часто використовується для підключення абонентських терміналів (ONU) до оптичного волокна, а Ethernet використовується для забезпечення внутрішньоофісної або внутрішньобудинкової мережі. Сучасні комутатори часто підтримують інтеграцію з GEPON [2].

GEPON та LTE використовуються для забезпечення доступу до Інтернету та телекомунікаційних послуг. Наприклад, GEPON може бути використаний для підключення домогосподарств або бізнесів до оптичного волокна, а LTE може забезпечувати мобільний доступ для користувачів в русі або в областях, де немає можливості проведення оптичного волокна.

Ethernet використовується для створення внутрішньої мережі в офісах або будинках, а LTE служить як зовнішній інтернет-зв'язок для тих, хто перебуває в русі або в областях, де немає фіксованого підключення.

Метою роботи є розробка мережеского комутатора з підтримкою технологій GEPON та LTE.

Аналіз досліджень. Мережеске управління важливе для забезпечення ефективної роботи всіх компонентів. Протоколи управління, такі як Simple Network Management Protocol (SNMP), використовується для відстеження та діагностики стану пристроїв у мережі [3; 4].

Службовий рівень. Забезпечення якості послуг (QoS) і призначення пріоритетів трафіку важливо для ефективної роботи мережі, особливо при спільному використанні ресурсів, таких як пропускна здатність. Важливо зазначити, що інтеграція цих технологій вимагає правильної конфігурації та відповідних пристроїв для забезпечення сумісності та ефективності системи. Взаємодія між мережами GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network), LTE (Long-Term Evolution) та Ethernet може виникати у різних сценаріях, особливо при використанні цих технологій в єдиній інфраструктурі для надання послуг зв'язку. Нижче подано загальний огляд взаємодії між цими технологіями:

Взаємодія між GEPON та Ethernet. GEPON використовує технологію Ethernet для передачі даних в оптичних мережах. Оптичний лінійний термінал (OLT) у GEPON мережі підключається до Оптичних Мережеских Установок (ONU або ONU) за допомогою оптичних волокон, а згодом ONU забезпечує Ethernet-підключення до пристроїв користувача, таких як комп'ютери, телефони та інші.

Взаємодія між LTE та Ethernet. LTE також використовує технологію Ethernet для передачі даних, зокрема на рівні зв'язку та IP-протоколів. Бездротові базові станції (eNodeB) в мережі LTE забезпечують з'єднання з кінцевими користувачами через радіоінтерфейс, а звідти дані передаються через мережу LTE до обчислювального центру (Core Network), де використовується Ethernet для передачі даних між різними компонентами мережі.

Інтеграція GEPON, LTE та Ethernet. У сучасних мережах може виникати потреба в інтеграції різних технологій для надання комплексних послуг. Наприклад, може бути реалізована інтеграція GEPON та LTE для забезпечення швидкого та стійкого з'єднання для абонентів. Окрім того, комутація Ethernet може використовуватися для забезпечення взаємодії між різними компонентами мережі та обслуговування абонентів.

Оптимізація мереж. Оптимізація може бути проведена для забезпечення ефективної взаємодії між різними технологіями. Наприклад, може бути встановлено мережеві комутатори чи інші проміжні пристрої, які сприяють збільшенню пропускної здатності та оптимізації маршрутизації даних.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Загальна архітектура та взаємодія між цими технологіями різняться в залежності від конкретної мережевої інфраструктури та потреб користувача.

Основний базовий пристрій для побудови комутатора для резервування для мереж GEPON і LTE обрано TP-Link TL-R480T+ (див. Рисунок 1) [5; 6].



Рис. 1. TP-Link TL-R480T+

TP-Link TL-R480T+ є маршрутизатором, призначеним для використання в бізнес-середовищах та невеликих офісах. Ось деякі основні характеристики цього пристрою: TL-R480T+ має більше одного порту WAN, що дозволяє підключати пристрій до декількох інтернет-ліній для забезпечення надійності підключення та збільшення пропускної здатності. Пристрій підтримує функцію балансування навантаження між різними WAN-портами, що дозволяє оптимізувати використання доступних інтернет-з'єднань. Маршрутизатор обладнаний вбудованим брандмауером для забезпечення безпеки мережі та контролю доступу. Підтримка технології QoS, що дозволяє призначати пріоритети для конкретних видів трафіку, забезпечуючи ефективне використання пропускної здатності. Підтримка VPN (Virtual Private Network) для безпечного з'єднання з іншими мережами або віддаленими користувачами. Підтримка різних стандартів безпеки, таких як WEP, WPA/WPA2, для захисту бездротового підключення. Підтримка IPv6, що є важливим у зв'язку з поступовим переходом до нового покоління IP-адрес. Вбудовані сервіси DHCP, DNS, а також можливість налаштування правил портів, фільтрації URL, інспекції пакетів тощо [7; 8].

TP-Link TL-R480T+ - це багатопортовий бізнес-маршрутизатор, який призначений для використання в невеликих офісах або мережах малого бізнесу. Основні характеристики можуть включати. TL-R480T+ може мати декілька WAN-портів для підключення до різних інтернет-каналів або для резервного каналу.

Підтримка функції балансування навантаження для розподілу трафіку між різними WAN-портами, щоб забезпечити оптимальне використання доступних інтернет-з'єднань.

Підтримка Virtual Private Network (VPN) для створення захищених тунелів для забезпечення безпеки комунікацій між різними мережами.

Вбудований фаєрвол та функції захисту від атак для забезпечення безпеки мережі. Підтримка QoS для керування пропускною здатністю та пріоритетами різних типів трафіку. Можливість

централізованого управління через веб-інтерфейс. Підтримка IPv6 для забезпечення майбутньої сумісності з новими інтернет-стандартами. Деякі моделі можуть мати вбудований бездротовий маршрутизатор для створення бездротової мережі.

Конкретні характеристики можуть змінюватися в залежності від версії обладнання та програмного забезпечення. Рекомендується переглядати офіційну документацію TP-Link для конкретної моделі маршрутизатора. TP-Link TL-R480T+ не має вбудованого абонентського терміналу для пасивних оптичних мереж PON і без модему для мобільної мережі LTE, ми розширюємо функціональність і апаратне забезпечення мікроконтролер Raspberry Pi 4 Model B (див. Рисунок 2).



Рис. 2. Raspberry Pi 4 Model B

Raspberry Pi має загально прийнятий стандарт для розпіновки GPIO (General Purpose Input/Output), що дозволяє користувачам використовувати ці порти для взаємодії з різними сенсорами, пристроями та іншим обладнанням.

J8 Header:

Основний заголовок для підключення до GPIO роз'ємів.

markdownCopy code

```
2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 -----  
----- | 3V3 | 5V | SDA | || | GND | || || || || | -----
```

Бокові GPIO роз'єми:

Бічні роз'єми GPIO можуть також використовуватися для підключення до GPIO портів.

markdownCopy code

```
1 2 3 4 5 ----- | || || | -----
```

GPIO Назви:

Верхня розпіновка має назви GPIO портів, такі як GPIO2, GPIO3, SDA, SCL тощо.

markdownCopy code

```
1 2 3 4 5 ----- | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | -----
```

Кожен GPIO порт використовується для введення або виведення сигналу, а також для підключення до різноманітних пристроїв. При розробці або використанні конкретного пристрою, рекомендується перевірити офіційну документацію для точної розпіновки та функціональності кожного GPIO порту.

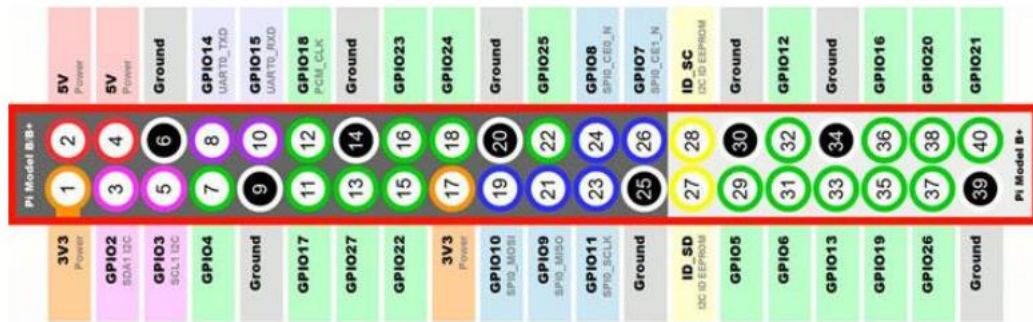


Рис. 3. GPIO інтерфейси

Raspberry Pi має GPIO (General Purpose Input/Output) роз'єм, який дозволяє здійснювати зовнішні з'єднання з різними пристроями та електронікою. Нижче наведена загальна розпіновка GPIO для Raspberry Pi 4 Model B та більш ранніх версій. Розпіновка відрізняється в залежності від версії Raspberry Pi.

Роз'єм GPIO на Raspberry Pi призначений для використання як входи та виходи для підключення різних електронних пристроїв, таких як сенсори, LED, реле та інші.

Напруга та заземлення:

3V3 (3,3 вольти): Постійна напруга 3,3 вольти.

5V (5 вольтів): Постійна напруга 5 вольтів.

GND (заземлення): Заземлення.

Введення/Виведення GPIO:

GPIO (General Purpose Input/Output): Це індивідуальні пini для введення/виведення. Кожен pin може бути налаштований як вхід або вихід.

Є також пini, які можуть використовуватися для різноманітних цілей, таких як SPI, I2C, UART, PWM тощо.

Нижче подається загальний перелік pinів для Raspberry Pi 4 Model B. Загальний огляд, і для конкретної розпіновки моделі може знадобитися перевірка документації Raspberry Pi або конкретної дошки.

scssCopy code

3V3 (1) (2) 5V GPIO2 (3) (4) 5V GPIO3 (5) (6) GND GPIO4 (7) (8) GPIO14 GND (9) (10) GPIO15 GPIO17 (11) (12) GPIO18 GPIO27 (13) (14) GND GPIO22 (15) (16) GPIO23 3V3 (17) (18) GPIO24 GPIO10 (19) (20) GND GPIO9 (21) (22) GPIO25 GPIO11 (23) (24) GPIO8 GND (25) (26) GPIO7 ID_SD (27) (28) ID_SC GPIO5 (29) (30) GND GPIO6 (31) (32) GPIO12 GPIO13 (33) (34) GND GPIO19 (35) (36) GPIO16 GPIO26 (37) (38) GPIO20 GND (39) (40) GPIO21

Важливою є правильна робота з GPIO, оскільки помилки можуть призвести до пошкодження Raspberry Pi або підключених пристроїв.

Висновки. В роботі проаналізовані основні технології передачі даних для комутатора з підтримкою технологій GEPON і LTE. Проаналізовано переваги та недоліки кожної технології.

Визначено, як комутатор повинен працювати з різними типами мереж, вибрано основну платформу, допоміжну платформу для апаратного розширення, модеми для радіоінтерфейсів LTE і Wi-Fi і програмне забезпечення безпеки.

В результаті роботи отримано наступні основні результати – на основі аналізу предметної галузі, переваг і недоліків технологій передачі даних GEPON і LTE, а також місцевих мереж Ethernet та обґрунтовано напрями наукових досліджень; визначено методи та засоби взаємодії різних технологій передачі даних та вибір елементної бази для розробки комутатора; з обраних апаратних компонентів і програмного забезпечення був розроблений готовий прототип комутатора для резервованих каналів зв'язку GEPON і LTE.

Список бібліографічного опису

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.
- © Черняшук Н.Л., Матвійчук А.М., Остапук Д.В., Шелепіна О.В., Бондарчук В.Г.

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: 08.08.2023).
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: 21.09.2023).
11. OpenWrt Project Developer guide. URL: <https://openwrt.org/docs/guide-developer/start> (дата звернення: 23.09.2023).
12. John C. Shovic Raspberry Pi IoT Projects: Prototyping Experiments for Makers. US, 2016. 233.

References

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) (access date: 08/08/2023).
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/> (date accessed: 09/21/2023).
11. OpenWrt Project Developer guide. URL: <https://openwrt.org/docs/guide-developer/start> (access date: 09/23/2023).
12. John C. Shovic Raspberry Pi IoT Projects: Prototyping Experiments for Makers. US, 2016. 233.