

## ПОБУДОВА РОЗПОДІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ GPON

*У статті розглядаються нові принципи та підходи до проектування телекомунікаційних мереж “останньої милі” для забезпечення швидкої та якісної передачі даних. На сьогодні найефективнішою і найпродуктивнішою є мережа, яка прокладається за допомогою діелектричних оптичних кабелів. З появою лазерів почалися інтенсивні розробки систем оптичного зв'язку. Однак відкриті лінії, в яких закодована в промені світла інформація передавалася через повітряний простір, виявилися недостатньо надійними. Лише з появою волоконних світловодів, що стали аналогами електричних кабелів, оптичні канали зв'язку стали реальністю. Основною перевагою волоконно-оптичних каналів є висока якість, надійність і масштабованість. Однією з технологій пасивних оптичних мереж є технологія GPON, у статті розглянуто принцип її роботи, та необхідне станційне і лінійне обладнання, а також обоненські пристрої. Також описані переваги та недоліки даної технології.*

*Ключові слова: оптичний лінійний термінал OLT, абонентський термінал ONT, сплітер, низхідний потік, висхідний потік.*

**Вступ.** В даному матеріалі піде мова про технології та обладнанні для організації пасивних оптичних мереж – Passive Optical Network, PON. Основними відмінностями PON від класичних оптичних каналів зв'язку є використання для агрегації трафіку пасивного обладнання - оптичних спліттерів - і висока щільність портів.

Не секрет, що вимоги споживачів до швидкості доставки інформації з Інтернет зростають по експоненті. Сьогодні у великих містах 10 Мбіт / с є абсолютно звичайною справою. Причини цього процесу залишаються незмінними вже давно - передача голосу і відео, мультимедіа, телебачення (останнім часом також і в версії з високою роздільною здатністю). Тільки ось бітрейти постійно зростають.

У середньостроковій і довгостроковій перспективах ринок проводового ШПД стоїть на порозі тотального переходу від мідних кабелів до оптичних, які дозволяють підтримувати високі швидкості для реалізації сучасних послуг. Очікується, що «остання миля» стане повністю пасивною, і технологія GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network) поступово замінить таку популярну технологію, як ADSL2+.

У даний час за допомогою технології GPON стало можливим забезпечити доступ в Інтернет на швидкості понад 1 Гбіт / с. Протяжність оптоволоконного кабелю може досягати 20 км (що, наприклад, покриває 90% потреб ринку США). При цьому ведуться розробки, які дозволять збільшити цю відстань до 60 км. Технологія полягає в стандарті G.984.4, який постійно вдосконалюється для додавання нових сервісів і інтерфейсів в систему PON.

Істотну частину витрат будь-якого провайдерського проекту несе кабельна інфраструктура. Причому тут враховується не тільки вартість кабелю, але і його прокладки, яка в разі роботи в уже існуючій інфраструктурі може бути дуже велика. І звичайно хочеться щоб вкладення працювали довго, не вимагали частих оновлень і мали хороший запас по потрібних параметрах. З цієї точки зору оптичні канали зв'язку сьогодні це найбільш продуктивний і «далекобійний» спосіб забезпечення мережевого з'єднання пристроїв. При цьому класична архітектура передбачає топологію «точка-точка», коли кожна лінія має свої виділені порти з кожного боку, а при необхідності створення «відгалужень» потрібна установка активного обладнання в вузлі. Так що найбільш вдало вона може використовуватися для одиночних ліній великої протяжності.

Однак в деяких ситуаціях більш зручною може виявитися деревоподібна топологія, яка цікава з точки зору масштабованості і зниженою загальною довжиною кабелів, які прокладаються. Якраз для подібних проектів і підходить PON.

**Технологія GPON** входить до сімейства технологій пасивних оптичних мереж доступу PON. Технологію специфіковано у рекомендації ITU-T G.984. Серед інших технологій PON можна виділити застарілі: APON, BPON, EPON; та конкуруючу GEAPON. GEAPON є стандартом IEEE, та здебільшого присутня на азійських ринках, у глобальному вимірі перевагу надано GPON. Серед переваг GPON можна відзначити найбільшу швидкість, синхронний формат кадру, інтеграцію з ATM та TDM технологіями та визначені плани розвитку.

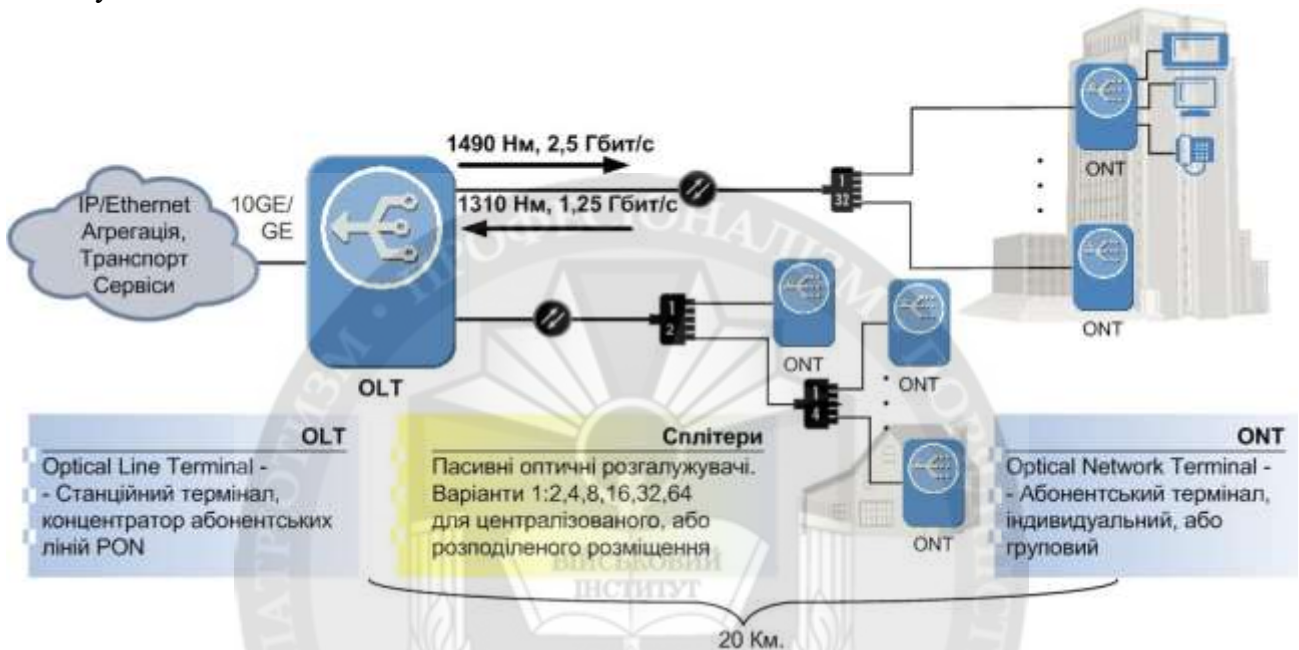


Рис. 1. Мережа GPON

Мережа GPON складається з:

- Станційного терміналу OLT (англ. Optical Line Terminal), який містить у собі певну кількість портів GPON (типово від 4 до 112) та порти Gigabit Ethernet або 10 Gigabit Ethernet для підключення до транспортної IP мережі.
- Абонентського терміналу ONT (Optical Network Terminal). ONT може бути розрахованим на одного користувача та мати порти Ethernet, POTS та RF TV, або на групу користувачів, або на організацію, та мати порти Ethernet, xDSL, POTS, E1, RF TV.
- Повністю пасивної оптичної розподільчої мережі між ними, яка складається зі сплітерів з коефіцієнтом розділення від 1:2 до 1:64, що розташовані централізовано, або розподілено.

Передача з OLT ведеться на довжині хвилі 1490 нм зі швидкістю 2,5 Гбіт/с, а прийом – на довжині хвилі 1310 нм зі швидкістю 1,25 Гбіт/с. Таким чином забезпечується робота системи по одному волокну за принципом WDM. Асиметричність швидкостей потоку обумовлена характером трафіку низхідного потоку (закачування файлів, передача відео).

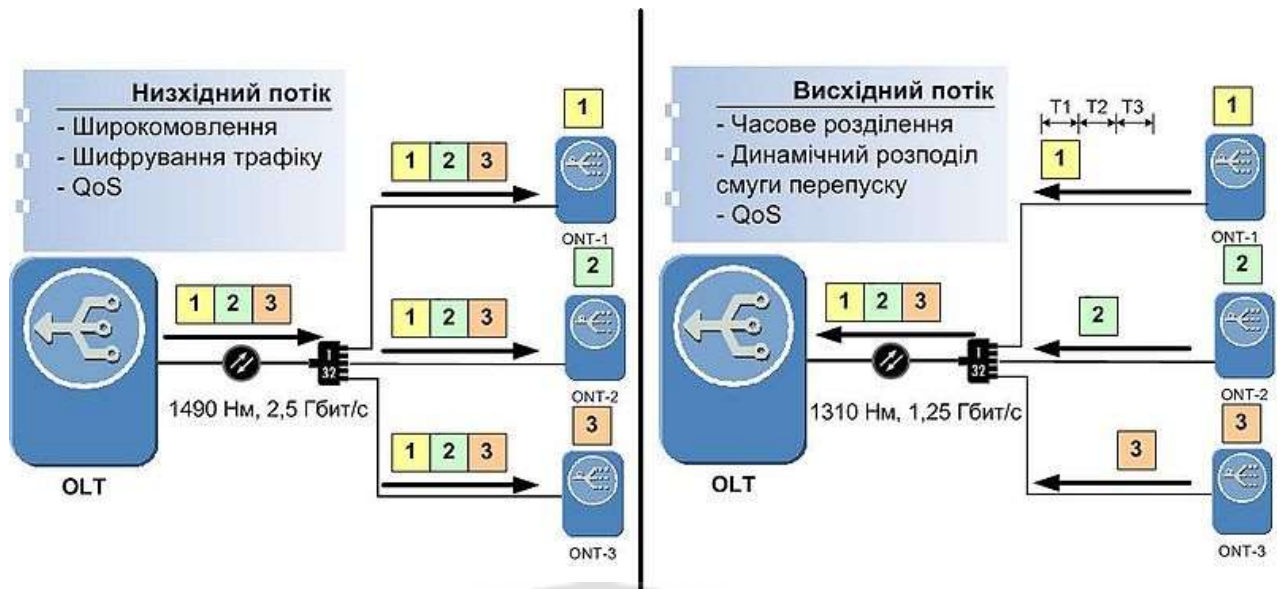


Рис. 2. Асиметричність швидкостей потоку

Одночасна робота багатьох абонентів у одному волокні забезпечується:

- У низхідному потоці (від OLT до ONT) за принципом ширококомовлення – усі кадри передаються усім абонента у зашифрованому 128-бітним ключем вигляді, і кожен ONT має доступ своїх кадрів.
- У висхідному потоці працює принцип TDM. Кожен з ONT веде передачу тільки у своєму проміжку часу.

Стабільна та гнучка робота досягається завдяки повній синхронізації мережі разом з динамічним розподілом смуги перепуску.

Побудова розподільної мережі GPON є цікавим і творчим процесом, при якому необхідно враховувати як технічні характеристики, так і економічні аспекти різних топологій. У міській місцевості раціональним є застосування сплітерів малої ємності (1:2 – 1:4 у зовнішній мережі), далі у будинку коефіцієнт сплітера залежить від кількості абонентів (1:8, 1:16, 1:24, 1:32, 1:64) і далі індивідуальне волокно іде до кожного з абонентів. У сільській місцевості переваги GPON проявляються навіть у більшій мірі. Тут раціональним є встановлення кінцевого сплітера в залежності від групи близьких один до одного домів. Також, окрім FTTH, GPON може використовуватися у FTTB та FTTC топологіях із застосуванням групових ONT.

#### Устаткування для мережі GPON:

**Оптичні лінійні термінали** – OLT Ці пристрої являють собою світлі другого рівня, оснащені портами Uplink – для з'єднання з зовнішніми джерелами даних (інтернет, ТВ, телефонія) та Downlink - для мережі PON. Ось, наприклад, модель BDCOM P3310-2AC :



Рис. 3. OLT модель BDCOM P3310-2AC

**Абонентські термінали (модеми) – ONU** Пристрої на стороні абонента, оптичні термінали, оснащені одним PON-портом, і одним або декількома, в залежності від моделі, портами для підключення клієнтського обладнання. Існують моделі з виходом кабельного ТБ.



Рис. 4. Модель ZTE EPON ONU F401 :

**Сплітери** - недорогі компактні прості пристрої, які не потребують електроживлення, термошафи, управління і настройки. Їх головне завдання – розділення трафіку на шляху від провайдера до абонента, і змішання трафіку - на зворотному. Бувають зварні (з можливістю нерівномірного розподілу трафіку) і планарні (равноплечіє). Розгалуження - від 1 \* 2 до 1 \* 128.



Рис. 5. Спліттер A-GEAR PLC Splitter 1 \* 8

### **Переваги GPON**

- Економна витрата оптичного кабелю. Фактично, технологія GPON дозволяє скоротити протяжність кабельної інфраструктури майже втричі.
- Відсутність активного обладнання на вузлах мережі, що істотно знижує витрати на її проведення і обслуговування.
- Висока підтримувана швидкість - до 1 Гбіт / сек.
- Ефективний розподіл навантаження в каналі. Теоретично швидкість для кожного абонента становитиме пропускну здатність каналу / кількість абонентів. Фактично ж, якщо

якісь абоненти в даний момент використовують не всю свою смугу трафіку або не підключені зовсім - швидкість у інших збільшується.

### Недоліки технології

- Загасання сигналу 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 безумовно 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, передавальному безперервний світловий сигнал в зворотну сторону. Можна передбачити WathDog для контролю випадкових поломок, але набагато складніше запобігти діям зловмисників.

- Складність виявлення несправностей. Перець, зважаючи на свою надзвичайної простоти, не здатні допомогти у визначенні збійного ділянки мережі.

Як бачимо, GPON має і свої плюси, і свої мінуси. Однак зростаюча популярність показує, що багато хто знаходить все-таки більше плюсів.

**Висновки.** Технологія GPON може успішно застосовуватися для організації оптичних каналів зв'язку до абонента і особливо ефективна в разі наявності обмежень на прокладку кабелів і установку активного обладнання на лінії. Ефективність даного рішення залежить від багатьох факторів і однозначно сказати, що це найкращий варіант звичайно не можна, все визначається конкретними вимогами замовника. Проте, вироблені оцінки дозволяють зробити висновок, що вже сьогодні в деяких випадках собівартість підключення по оптиці домашніх абонентів може не перевищувати 500 доларів.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. ООО «РЕГАРД.РУ» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Волокно в кожен будинок: як це працює технологія GPON. Режим доступу:

<http://www.ixbt.com/comm/zyxel-gepon.shtml> (дата звернення 14.09.2016) – Назва з екрану.

2. J'son & Partners Consulting [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Технологія GPON. Розвиток в Росії і за кордоном.:

[http://www.json.ru/ru/poleznye\\_materialy/free\\_market\\_watches/analytics/tehnologiya\\_gpon\\_razvitie\\_v\\_rossii\\_i\\_za\\_rubezhom/](http://www.json.ru/ru/poleznye_materialy/free_market_watches/analytics/tehnologiya_gpon_razvitie_v_rossii_i_za_rubezhom/) (дата звернення 14.09.2016) – Назва з екрану.

3. Вікіпедія [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Gpon: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Gpon> (дата звернення 17.09.2016) – Назва з екрану.

4. Интернет-магазина сетевого оборудования LanTorg [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Пасивна оптична мережа. Режим доступу: <http://lantorg.com/article/ekonomnyj-optovolokonnyj-internet-gepon> (дата звернення 17.09.2016) – Назва з екрану.

5. «СвязьКомплект» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Технологія GPON. Режим доступу: [https://skomplekt.com/technology/gpon\\_tehnologiya.htm](https://skomplekt.com/technology/gpon_tehnologiya.htm) (дата звернення 18.09.2016) – Назва з екрану.

### REFERENCES:

- 1.ООО «REGARD.RU» [Elektronny`j resurs] : [Veb-sajt]. – Volokno v kozhen budy`nok: yak ce pracyuye texnologiya GEPON. Rezhy`m dostupu: <http://www.ixbt.com/comm/zyxel-gepon.shtml> (data zvernennya 14.09.2016) – Nazva z ekranu.

- 2.J'son & Partners Consulting [Elektronny`j resurs] : [Veb-sajt]. – Texnologiya GPON. Rozvy`tok v Rosiyi i za kordonom.: [http://www.json.ru/ru/poleznye\\_materialy/free\\_market\\_watches/analytics/tehnologiya\\_gpon\\_razvitie\\_v\\_rossii\\_i\\_za\\_rubezhom/](http://www.json.ru/ru/poleznye_materialy/free_market_watches/analytics/tehnologiya_gpon_razvitie_v_rossii_i_za_rubezhom/) (data zvernennya 14.09.2016) – Nazva z ekranu.

- 3.Vikipediya [Elektronny`j resurs] : [Veb-sajt]. – Gpon: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Gpon> (data zvernennya 17.09.2016) – Nazva z ekranu.

4. Y`nternet-magazy`na setevogo oborudovany`ya LanTorg [Elektronny`j resurs] : [Veb-sajt]. – Pasy`vna opy`chna mrezhza. Rezhym`m dostupu: <http://lantorg.com/article/ekonomnyj-optovolokonnyj-internet-gepon> (data zvernennya 17.09.2016). – Nazva z ekranu.

5. «Svyaz`Komplekt» [Elektronny`j resurs]: [Veb-sajt]. – Texnologiy`ya GPON. Rezhym`m dostupu: [https://skomplekt.com/technology/gpon\\_tehnologiya.htm](https://skomplekt.com/technology/gpon_tehnologiya.htm) (data zvernennya 18.09.2016) – Nazva z ekranu.

**Без рецензії.**

**д.т.н., проф. Ленков С.В., к.т.н. Красильников С.Р.,  
к.т.н. Колачов С.П., Заморока.О.І.**

#### **ПОСТРОЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СЕТИ GPON**

*В статье рассматриваются новые принципы и подходы к проектированию телекоммуникационных сетей "последней мили" для обеспечения быстрой и качественной передачи данных. На сегодня самой эффективной и самой продуктивной является сеть, которая прокладывается с помощью диэлектрических оптических кабелей. С появлением лазеров начались интенсивные разработки систем оптической связи. Однако открытые линии, в которых закодирована в луче света информация передавалась через воздушное пространство, оказались недостаточно надежными. Только с появлением волоконных световодов, что стали аналогами электрических кабелей, оптические каналы связи стали реальностью. Основным преимуществом волоконно-оптических каналов является высокое качество, надежность и масштабируемость. Одной из технологий пассивных оптических сетей является технология GPON, в статье рассмотрены принцип ее работы, и необходимо станционное и линейное оборудование а также обронентськие устройства. Также описаны преимущества и недостатки данной технологии.*

*Ключевые слова: оптический линейный терминал OLT, абонентский терминал ONT, сплиттер, нисходящий поток, восходящий поток.*

**Ph.D. Lenkov S.V., Ph.D. Krasilnikov S.R, Ph.D. Kolachov S.P., Zamoroka.O.I.  
CONSTRUCTION OF NETWORK GPON**

*In the article new principles and going are examined near designing telecommunications networks of the "last mile" for providing of rapid and quality communication of data. For today most effective and most productive is a network that is laid by means of dielectric optical cables. With appearance of lasers intensive developments of optical communication networks were begun. However open lines in that information is coded in the ray of light passed through air space appeared reliable not enough. Only with appearance of fiber light-pipes, that became the analogues of electric cables, optical communication channels became reality. Basic advantage of fibre channels is high quality, reliability and scalability. One of technologies of passive optical networks is technology of GPON, in the article considered principle of her work, and the station and linear equipment and also user devices is needed. Advantages and lacks of this technology are also described.*

*Keywords: optical line terminal OLT, ONT subscriber terminal, splitter, downward flow, upward flow.*