

УДК 621.391.3

Карпов С.Ю., магістр; Гринкевич Г.О., к.т.н.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ PON ДЛЯ ПЕРЕДАВАННЯ СИГНАЛІВ ТОЧНОЇ ЧАСТОТИ ТА ЧАСУ

Karpov S.Yu., Grynkevych G.O. Prospects of using PON technology for transmission of signals exact frequency and time.

Considered technology PON, principles of its work and a summary of the types of technology and the prospects of its use as telecommunications distribution network signals exact frequency. In this paper, the question of the quality of transmitting precision frequency signals at the PON sites is investigated. The topological feature of the PON architecture, which has a tree structure attractive to its use as a telecommunication distribution network of signals of precise frequency and time, is potentially not prone to excitation due to the occurrence of synchronous signal loops and therefore the study of the peculiarities of the transmission of networks with PON technologies represents a practical interest in terms of the quality of transmitting signals of the exact frequency and time.

Keywords: PON, optical systems, WDM, ONU, Ethernet

Карпов С.Ю., Гринкевич Г.О. Використання технології PON для передавання сигналів точної частоти та часу.

В статті розглянуто технологія PON, принципи її роботи, а також викладно короткий опис видів технології та перспективи її використання в якості телекомунікаційних розподільчих мереж сигналів точної частоти. В даній роботі досліджується питання якості передавання сигналів точної частоти на ділянках PON. Топологічна особливість архітектури PON, яка має структуру дерева приваблива до її використання в якості телекомунікаційної розподільчої мережі сигналів точної частоти та часу, потенційно не схильній до збудження за рахунок виникнення петель сигналів синхронізації і тому дослідження особливостей передавання мереж з технологіями PON представляє практичний інтерес з точки зору якості передавання сигналів точної частоти і часу.

Ключові слова: PON, оптичні системи, WDM, ONU, Ethernet

Карпов С.Ю., Гринкевич А.А. Использование технологии PON для передачи сигналов точного частоты и времени.

В статье рассмотрено технологию PON, принципы ее работы, а также изложено краткое описание видов технологии и перспективы ее использования в качестве телекоммуникационных распределительных сетей сигналов точного частоты. В данной работе исследуется вопрос качества передачи сигналов точного частоты на участках PON. Топологическая особенность архитектуры PON, которая имеет структуру дерева располагающая к ее использования в качестве телекоммуникационной распределительной сети сигналов точного частоты и времени, потенциально не склонной к возбуждению за счет возникновения петель сигналов синхронизации и поэтому исследование особенностей передачи сетей с технологиями PON представляет практический интерес с точки зрения качества передачи сигналов точного частоты и времени.

Ключевые слова: PON, оптические системы, WDM, ONU, Ethernet

Вступ

Розвиток мережі Internet, у тому числі поява нових послуг зв'язку, сприяє збільшенню потоків даних, переданих по мережі, і змушує операторів шукати шляхи збільшення пропускної здатності та покращення якості переданої інформації. Однією з причин, що стримують ще більш стрімке зростання Internet, є низькошвидкісні в порівнянні з ядром мережі технології доступу. Саме тому провідною тенденцією розвитку сучасних телекомунікацій є збільшення ролі оптичних технологій передавання інформації як в потужних магістральних трактах, так і на ділянці доступу зокрема.

Виклад основного матеріалу дослідження

В основі роботи багатьох перспективних оптичних систем лежить принцип частотного розподілу каналів в оптичному середовищі, або оптичного мультиплексування/демультиплексування за довжиною хвилі – WDM (Wavelength Division Multiplexing), який дає змогу суттєво підвищити ефективність використання оптичного волокна та підвищити пропускну здатність каналу. Технологія PON – Passive Optical Network базується на принципі WDM, тому є доцільною для вирішення вище поставлених проблем [1 - 6]. Крім того PON, на відміну від інших оптичних технологій, вимагає набагато менших витрат на інфраструктуру оскільки дозволяє забезпечити широкосмугові швидкісні послуги без підсилення сигналів, тобто без залучення активних пристроїв. Технологія має широкий спектр застосування і використовується як при новому будівництві, так і для підвищення пропускну здатності вже існуючих ВОЛЗ. Тому її використання є раціональним рішенням для доступу до світових інформаційних ресурсів.

Передача сигналів у цифровій формі висуває високі вимоги до параметрів синхронізації в мережах, тому що всі пристрої в мережі повинні бути синхронізованими між собою для належної роботи. Крім вирішення проблеми пропускну здатності, технологію PON доцільно використовувати для вирішення проблем синхронізації. Топологічні особливості архітектури PON, яка має структуру дерева, роблять її досить перспективною з точки зору можливого використання в якості телекомунікаційної розподільчої мережі сигналів точного часу і частоти для кінцевих споживачів (наприклад, базових станцій стільникового зв'язку другого та вищого поколінь або корпоративних мереж). Крім того мережа PON потенційно не схильна до збудження за рахунок виникнення петель (циклів) сигналів синхронізації, що є важливим аспектом при плануванні розподілу маршрутів синхросигналів.

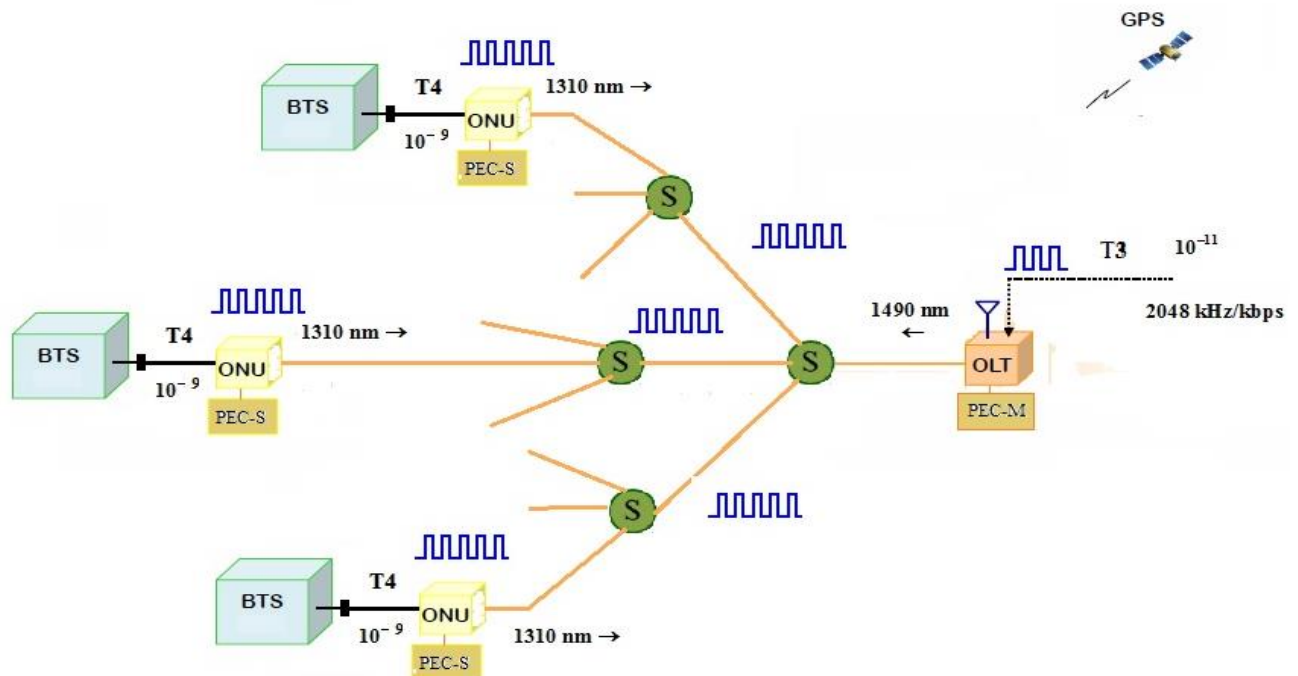
Технологія PON активно розвивається і має декілька різновидів. Якщо перші реалізації були здебільшого орієнтовані на ATM та SDH, то зараз експерти працюють над системами PON наступного покоління – NG-PON2 та XG-PON (табл. 1). Основні цілі цих систем – збільшення швидкості, радіуса дії і кількості користувачів. Застосування WDM технологій сприятиме підвищенню потенціалу PON мереж до 40/100 Гбіт/с відповідно.

Таблиця 1

Загальні характеристики різновидів технології PON

Технологія PON	A-PON (B-PON)	E-PON	G-PON	XG-PON	NG-PON2
Стандарт	G.983.x (x = 1-5)	IEEE 802.3ah,	ITU-T G.984.x (x = 1-7)	ITU-T G.987.1	ITU-T G.989.1
Базовий протокол	ATM	Ethernet IEEE 802.3	Ethernet* IEEE 802.3	Ethernet* IEEE	Ethernet* IEEE
Максимальна кількість ONU на волокно	32	16	64;128	32;64 (128;256)	≥256
Відстань, км	20	30(20)	20	20 (40;60)	≥60
Швидкість → / ←, Гбіт/с	0,155/0,155 0,622/0,155 0,622/0,622	1/1	2,4/1,2 2,4/2,4	10/10;2,5	4÷8 × (2,5; 10/ 2,5;10)
Хвилі → / ←, нм	1550/1310 (1480/1310)	1550/1310 (1310/1310)	1550/1310 (1480/1310)	1260÷1280/ 1260÷2800	DWDM

Основна особливість структури PON полягає в використанні одного приймально-передавального модуля OLT (optical line terminal) для передачі та прийому інформації по одному волокну з багатьма абонентським пристроям ONT або ONU (optical network terminal/unit). Магістральна лінія PON містить один модуль OLT від якого відходять проміжні пукти розгалужування цифрових потоків (1:2, ..., 1:n, де n може досягати 256). Кінцевим обладнанням виступає ONU, які розподілені вздовж лінії передачі, причому їхня кількість може досягати декількох десятків чи навіть сотень (32, 64, 128) в радіусі до трьох десятків кілометрів (в перспективі до 100 км і більше). Низхідний потік (потік від OLT до ONU) передається на довжині хвилі 1490 нм, а висхідний (потік від ONU до OLT) – на довжині хвилі 1310 нм. Зроблено це для того, щоб залишити місце для кабельного телебачення, яке також можна пустити по дереву PON до абонента. Передавачі CATV ведуть мовлення на довжині хвилі 1550 нм. Отже, суть технології PON полягає в тому, що між центральним вузлом і віддаленими абонентськими вузлами створюється повністю пасивна оптична мережа, що має різноманітну топологію (здебільшого «дерево» і його похідні) і в проміжних вузлах розміщуються пасивні оптичні розгалужувачі, які не вимагають живлення і обслуговування та ділять оптичний сигнал на декілька волокон. Модель тракту PON з точки зору передачі сигналу точної частоти можна подати в вигляду рис. 1.



PEC-M – Провідний пакетний годинник **ONU – Оптичний мережний блок**
PEC-S – Ведений пакетний годинник **ONT – Оптичний термінал**

Рис. 1. Основні структурні елементи PON

Структура PON, розгалуженість, довжина лінії, відсутність комутаторів і маршрутизаторів, можливість резервування – все це сприяє її використанню в якості розподільчої мережі синхронізації, до якої через ONU можна приєднати технологічні комплекси, базові станції третього і вищого покоління (як приведено вище на рисунку), тощо для отримання точної частоти та часу.

Система синхронізації багаторівнева і має ієрархічну структуру. На верхньому рівні ієрархії знаходиться первинний еталонний генератор (ПЕГ), що у відповідності з Рекомендацією МСЕ-T G.811 повинен мати нестабільність не гірше 10^{-11} протягом тривалого часу. Це значення цілком прийнятне значення, але з появою нових технологій, зокрема нових поколінь мобільного зв'язку, може виникнути необхідність у більш високій стабільності (на один-два порядки). Необхідна стабільність одержується, якщо частота ПЕГ коригується за

частотою еталону (національного чи міжнародного). Наявність в обладнанні OLT, стандартних інтерфейсів синхронізації (точка T3 на рис. 1), які відповідають вимогам [G.703] дозволяє забезпечити взаємодію з традиційними мережами синхронізації, отримання від них опорних сигналів ТЧЧ з необхідними показниками точності та стабільності що становлять не менш як $\pm 1 \cdot 10^{-11}$ (рівень T3). Для коректної роботи нестабільність на виході ONU повинна становити не менш як $\pm 1 \cdot 10^{-9}$, тобто відповідати рівню T4. Сигнал синхронізації та додатково може корегуватися за допомогою приймача GPS (ГЛОНАСС), який підключений безпосередньо до OLT. Для реалізації доцільно використовувати протокол PTP (Precision Time Protocol). Також варто врахувати, що гібридна синхронізація SyncEthernet/PTP може бути реалізована досить високою точністю синхронізації фази та часу (<100 нс).

Висновки

Структура PON має задовольняти вимогам Рекомендацій MCE-T з пакетної передачі щодо еталонного ланцюга [G.8261]. Але, по-перше, пакетні режими з розгалуженням (рис. 1) створюють великі прогалини в потоці що призводить до деградації сигналу синхронізації, яке необхідно визначити та експериментально перевірити (за виключенням SDH, SyncEthernet). По-друге, синхронізація у часі залежить від асиметрії часу \mathcal{R} передавання в прямому і зворотному напрямках. Вимоги до точності синхронізації у часі перспективних технологій LTE TDD, UTRA-TDD складають 1,5 мкс–5 мкс [G.8271], що потребує подальшого вивчення. З іншого боку, існує низка питань, що потребують досліджень, зокрема: відпрацювання ефективних технічних рішень на реальних мережах доступу та вимірювання параметрів джитера та блукань фази.

Список використаної літератури

1. Бірюков М.Л. Транспортні мережі телекомунікацій: Системи мультиплексування: Підручник для студентів вищ. техн. закладів / М.Л. Бірюков, В.К. Стеклов, Б.Я. Костік; під ред. В.К. Стеклова. – К.: Техніка, 2005. – 312 с.
2. ITU-T Recommendation G.987.1 (01/10) 10-Gigabit-capable passive optical networks. (XG-PON): General requirements.
3. ITU-T Recommendation G.989.1 (03/13) 40-Gigabit-capable passive optical networks. (NG-PON2): General requirements.
4. PON – оптические сети с пассивной оптической магистралью [Електронний ресурс] // - Режим доступу до ресурсу: <http://deps.ua>
5. Всеукраїнський проект UA.PON [Електронний ресурс] // - Режим доступу: <http://ic-line.ua/projects/ua-pon>
6. Access network systems for future mobile backhaul networks [Електронний ресурс] Seiji Yoshida // - Режим доступу: http://www.chronos.co.uk/files/pdfs/itsf/2012/Day1/1525_Access_Network_Systems_Seiji_Yoshida_NTT.pdf

Автори статті

Карпов Сергій Юрійович - магістр, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Гринкевич Ганна Олександрівна – к.т.н., доцент кафедри телекомунікаційних систем, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Authors of the article

Karpov Serhii Yuriiovych - master's degree, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Grynkevych Ganna Oleksandrivna – candidate of science (technic), assistant professor, assistant professor of Department of Telecommunication systems, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Дата надходження в редакцію: 01.02.2018 р.

Рецензент: д.т.н., проф. В.Ф. Заїка