

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ PON ДЛЯ ПЕРЕДАВАННЯ СИГНАЛІВ ТОЧНОЇ ЧАСТОТИ

Дяченко А.П., Бірюков М.Л.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ "КПІ", Україна

E-mail: dyachenko_a_p@ukr.net

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.

Фундаментальні зміни, що відбуваються в телекомунікації в значній мірі обумовлені досягненнями волоконно-оптичних технологій. Втілення мереж наступного NGN та майбутнього FN поколінь передбачає крім іншого широке впровадження волоконно-оптичних мереж доступу FTTx до будь якого помешкання. Серед переваг особливо цінною є можливість одночасної доставки по одному волокну сигналів з різними довжинами хвиль. Це явище отримало назву "спектральне ущільнення, або мультиплексування сигналів по довжинах хвиль" (Wave Division Multiplexing - WDM) [1]. Така доставка дозволяє істотно підвищити пропускну здатність каналу зв'язку та ефективність використання оптичного волокна. Прикладом вдалого застосування принципу WDM на ділянці доступу є технологія PON – Passive Optical Network (пасивна оптична мережа), яка використовується як при новому будівництві, так і для підвищення пропускну здатності вже існуючих ВОЛЗ. Крім економічного підвищення пропускну здатності технологія PON має широкий спектр застосування від приватного жила до корпоративних та технологічних мереж, зокрема мереж стільникового зв'язку третього та вищого поколінь.

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 точного часу і частоти (ТЧЧ).

На даний час існують декілька технологій PON, кожна з яких має свої переваги і недоліки [2–5]. На мережі можуть бути як дещо застарілі технології APON, BPON, EPON, так і новітні, конкуруючі GPON (10GPON) і XGPON. Тому провідні виробники спільно з операторами активно займаються розробкою і досвідченим впровадженням систем PON наступного покоління – NG-PON2 [3] та XG-PON [2]. Основні цілі цих

систем – збільшення бітової швидкості, радіуса дії і кількості користувачів. Також вирішуються питання міграції від існуючих GPON або IEEE EPON до NG-PON2 та XG-PON. На даний час проходять тестування нових стандартів – XG-PON [2] (10 Гбіт/с) і NG-PON2 [3] (40 Гбіт/с). Застосування WDM технологій сприятиме підвищенню потенціалу PON мереж до 40/100 Гбіт/с відповідно. Основні характеристики технологій PON в таблиці 1.

Таблиця 1. Загальні характеристики різновидів технології PON

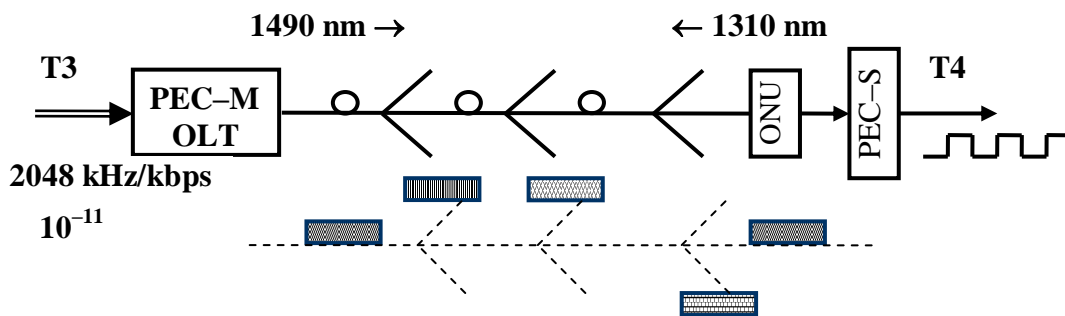
Технологія PON	A-PON (BPON)	E-PON	G-PON	XG-PON	NG-PON2
Стандарт	G.983.x (x = 1-5)	IEEE 802.3ah,	ITU-T G.984.x (x = 1-7)	ITU-T G.987.1	ITU-T G.989.1
Базовий протокол	ATM	Ethernet IEEE 802.3	Ethernet* IEEE 802.3	Ethernet* IEEE	Ethernet* IEEE
Максимальна кількість ONU на волокно	32	16	64;128	32;64 (128;256)	≥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). Модель тракту PON з точки зору передачі сигналу точної частоти можна подати в вигляді рис.1.

Крім того, наявність в обладнанні OLT, принаймні в A-PON, G-PON, стандартних інтерфейсів синхронізації (точка T3 на рис.1) SDH/SyncEthernet, які відповідають вимогам [G.703] дозволяє забезпечити взаємодію з традиційними мережами синхронізації отримання від них опорних сигналів ТЧЧ з необхідними показниками точності та стабільності $\pm 1 \cdot 10^{-11}$. Через абонентські термінали ONU можуть бути підключені як приватні, так і корпоративні користувачі, базові станції стільникового зв'язку, технологічні комплекси тощо. В порівнянні з рішеннями доступу, заснованими на інших технологіях, реалізація PON вимагає набагато менших витрат на інфраструктуру. Зокрема, вузол доступу з'єднується з розгалужувачем тільки одним волокном, а на проміжних пунктах використовується пасивне обладнання, яке не потребує живлення.

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, тощо для отримання точної частоти та часу.



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

Рис.1 Основні структурні елементи PON

В цілому структура PON має задовольняти вимогам Рекомендацій MCE-T з пакетної передачі щодо еталонного ланцюга [G.8261]. Але, поперше, за виключенням з використання синхронного режиму передавання (SDH, SyncEthernet) асинхронні, пакетні режими з розгалуженням (рис.1) створюють великі прогалини в потоці що призводить до деградації сигналу синхронізації,яке необхідно визначити та експериментально перевірити. По-друге, синхронізація у часі залежить від асиметрії часу \mathcal{R} передавання в прямому і зворотному напрямках. Порівнюючи вимоги до точності синхронізації у часі перспективних технологій, наприклад, для LTE TDD, UTRA-TDD, Wimax-TDD потреба в точності складає 1,5 мкс–5 мкс [G.8271], що за приблизними даними таблиці 2 потребує подальшого вивчення.

Таблиця 2. Основні часові параметри передавання

Об'єкт	Затримка	Відхил	Асиметрія - \mathcal{R}
Апаратна частина	0,1 – 3 мкс	0,1 – 3 мкс	< 3 мс
Фізичний стик	< 50 нс	< 1 нс	< 100 нс
Лінія	< 3 нс/м	<< 1 нс	< 0,5 нс/м

Але для інших 95 % користувачів, потреби яких вище 1–1.5мс технологія PON має задовольнити.

Література

1. Бірюков М.Л., Стеглов В.К., Костік Б.Я. Транспортні мережі телекомунікацій: Системи мультиплексування: Підручник для студентів вищ. техн. закладів; За ред. В.К. Стеглова. – К.: Техніка, 2005. – 312 с., іл.
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. Всеукраинский проект UA.PON [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ic-line.ua/projects/ua-pon>.