

## Будущее оптических сетей доступа (New Generation Optical Access)

### Введение

В постоянно наращиваемой сетевой инфраструктуре широкополосный абонентский доступ рассматривается как узкое место или «bottleneck» по причине ограниченной полосы пропускания. Существующие медные технологии, такие как DSL и доступ по коаксиальному кабелю, в данный момент, уже на пределе своих возможностей: могут обеспечить максимальную скорость не более, чем несколько десятков Мбит/с в сторону конечного пользователя, причем на сравнительно небольшое расстояние передачи [1]. Чтобы соответствовать возрастающим требованиям потребителей по увеличению полосы пропускания (а в наши дни спрос на повышение скоростей передачи имеет зачастую взрывной и сложно поддающийся прогнозированию характер), предпочтение отдается **оптическим сетям доступа (ОСД)**. Последние разработки в этой области дают нам перспективу получения высокой полосы пропускания, неограниченного доступа и широкого диапазона приложений для миллионов конечных пользователей. FTTx – эффективная технология доступа, где в качестве «x» может выступать как дом, офис, кампус, так и любой промышленный объект. Вместо использования соединения точка-точка (P2P) пассивные оптические сети (PON – Passive Optical Networks) используют архитектуру точка-многоточка (P2MP). PON архитектура используется в следующих схемах и технологиях организации связи: Time Division Multiplexing PONs (TDM) [2], Wavelength Division Multiplexing (WDM) [3], Optical Code Division Multiplexing (OCDM) и Sub-Carrier Multiplexing (SCM).

### TDM-PON и WDM-PON

Среди вышеперечисленных схем ведущая роль с точки зрения реализации принадлежит TDM-PON и WDM-PON. Сегодня TDM-PON наиболее популярная технология ввиду экономичности и достаточно простой структуры (рис.1). Тем не менее, данная привлекательная конфигурация имеет ряд недостатков: ограниченная полоса пропускания, отсутствие гибкости зоны покрытия, слабые защитные механизмы. С другой стороны, сети WDM-PON (рис.2) могут обеспечить большую полосу пропускания, чем сети TDM-PON. Также они могут улучшить безопасность, используя отдельные длины волн, назначенные для каждого абонентского устройства ONU (Optical Network Unit). Поэтому сети WDM-PON рассматриваются в качестве перспективного решения для оптических сетей доступа. Однако на сегодня стоимость развертывания сети WDM-PON является недопустимо высокой. Вследствие этого ожидается, что решения для сетей TDM-PON: Ethernet PON (EPON), Gigabit PON (GPON) и 10 Гбит/с 10G-EPON будут превалирующими в ближайшие нескольких лет [4].

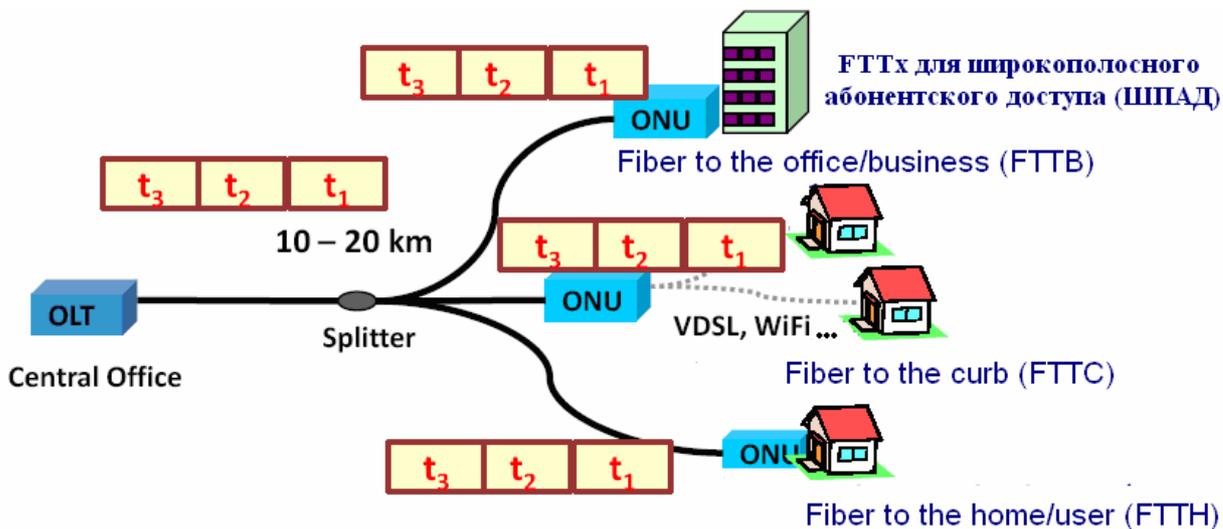


Рис.1 Технология TDM-PON.

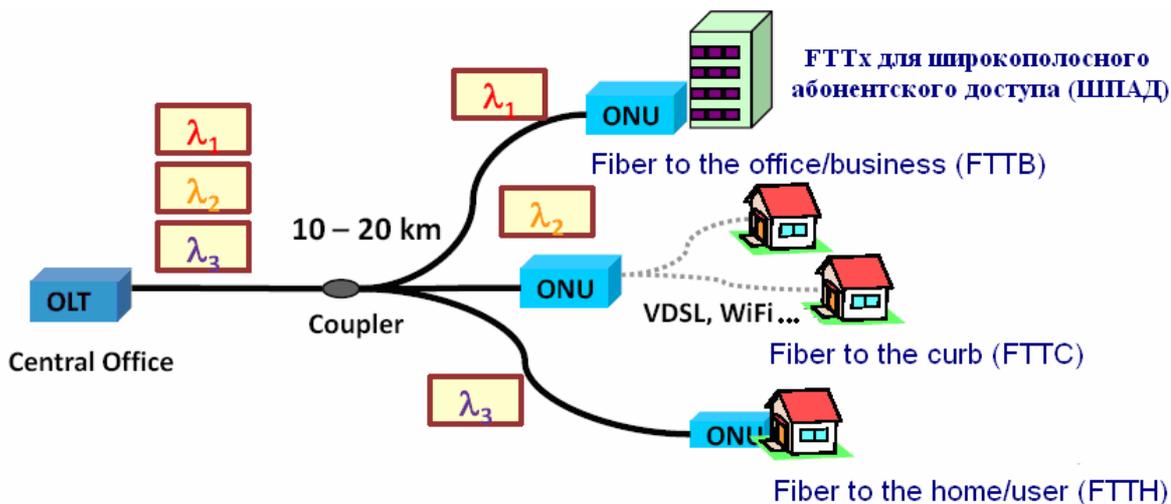


Рис.2. Технология WDM-PON.

### Аспекты развития сетей PON следующего поколения

Эволюционный путь существующих систем TDM-PON в соответствии с концепцией, предложенной ITU, может быть представлен тремя основными направлениями:

- Увеличение скорости до 10 Гбит/с
- Достижение расстояния передачи до 80 км (Long Reach PON)
- Увеличение коэффициента разветвления

Чтобы достигнуть увеличения скорости, требуются высокоскоростные трансиверы, работающие в режиме высокочастотных пульсаций (burst mode)

и способные быстро восстанавливать уровень и фазу для каждого отдельного высокочастотного импульса.

Для выполнения требований 2 и 3 могут быть использованы полупроводниковые оптические усилители (SOA – Semiconductor Optical Amplifier). Это не вызовет прерывания текущих сервисов, так как SOA «прозрачен» к формату и скорости передаваемых данных.

Усовершенствование решений в TDM-PON должно ориентироваться не только в сторону увеличения полосы пропускания и расстояния, но и привносить в систему как можно больше интеллектуальных возможностей для создания интеллектуальных узлов IN (Intellectual Nodes). Так, например, установка пассивного сплиттера в TDM-PON осуществляется для распределения оптической мощности между пользователями эквивалентно. Данный подход не требует дополнительных источников питания, таким образом, предполагая экономию энергии. Однако отсутствие интеллектуальных функций делает сеть негибкой и уязвимой для сетевых атак. Более того, данная архитектура не обеспечивает переход от TDM к WDM сетям. Сценарий эволюции обусловлен актуальными задачами, адресованными в первую очередь к существующим PON-решениям.

### **«Вызов» для ОСД**

PON сети, развернутые в настоящее время, нуждаются в решении следующих задач и проблем по причине использования строго пассивных компонентов:

- Отсутствие гибкости в распределении мощности
- Статическая реконфигурация длин волн
- Сложность эволюции сети
- Уязвимость к сетевым атакам
- Энергетическая эффективность

#### ***1. Отсутствие гибкости в распределении мощности***

В действующих ОСД пассивный оптический сплиттер распределяет оптическую мощность равномерно между всеми пользователями, подключенными к нему. Это вызывает потери энергии, поскольку все соединения принимают одно и то же количество оптической мощности вне зависимости от того, используются они в реальности или нет. Чтобы преодолеть эту проблему, PON сети будущего должны иметь способность регулировать количество оптической мощности, передаваемое на одно или несколько абонентских окончаний.

#### ***2. Статическая конфигурация длин волн.***

Известный подход для конфигурирования длин волн – развертывание пассивного маршрутизатора длин волн и использование интеллектуальных узлов на стороне оператора для распределения длин волн. Это ограничивает способность сети выполнять такие важные функции, как балансировка трафика (нагрузки) между ненагруженными участками сети, динамическое распределение длин волн. Поэтому система будет способна направить любую

входящую длину волны в один из выходных портов. Для целей масштабируемости необходимо также обеспечить возможность маршрутизации новых длин волн, назначаемых постепенно добавляемым входным портам.

### **3. Сложность конвергенции сетей**

Для перехода от TDM-PON к WDM-PON необходима возможность гибкого разнесения длин волн поверх распределенной сети. Существующие устройства (узлы) поддерживают какую-либо **одну** из данных технологий (TDM или WDM), но не обе одновременно.

### **4. Уязвимость к сетевым атакам**

Развертываемые сети широкополосного абонентского доступа практически лишены возможностей обнаружения и вычисления попыток несанкционированного доступа (НСД):

- DOS –атаки
- Прослушивание
- Маскирование злоумышленника под любое из работоспособных ONU

Для примера, DOS-атака имеет место, когда неисправное (или с целью НСД) ONU отправляет достаточно мощный световой сигнал в восходящем направлении (upstream), при этом блокируя сообщения с линейным терминалом (OLT) для всех остальных ONU PON дерева. Поскольку PON – пассивная point-to-multipoint (P2MP) система, то достаточно сложно идентифицировать проблематичное абонентское устройство (аутентификация ONU) и предотвратить его дальнейшую интерференцию с сетью. Недавние исследования обнаружили новые методы аутентификации ONU, например, использование схемы кольцевой модуляции (Loopback Modulation scheme) [5] и т.д. Можно лишь отметить, что возможность перераспределения мощности, описанная выше, позволит стать механизмам противодействия НСД более реальными и достижимыми с точки зрения оператора.

### **5. Энергетическая эффективность и рентабельность.**

При вводе интеллектуальных функций в ОСД пассивные компоненты могут быть заменены на энергоемкие активные компоненты. Однако, подобные «жертвы» не могут иметь место из-за тенденции снижения стоимости развертывания ОСД. Лучшее решение для NGOA (New Generation Optical Access) – потребление энергии только в период изменения конфигурации сети. Как только механизм реконфигурация достигает требуемого состояния, происходит «блокировка» с прекращением энергозатрат. Реализация подобной системы поможет добиться гибкости, при этом решая проблему интенсивного потребления мощности при реконфигурации сети.

## **Заключение**

Несмотря на весомые успехи в текущем использовании TDM-PON по причине приемлемой стоимости и относительного удобства эксплуатации, данная технология энергетически малоэффективна и неспособна плавно

перейти к волновому мультиплексированию. Устройства и технологии, способные с одной стороны сохранить пассивную природу, а с другой – гибко распределить оптическую мощность и длины волн, являя при этом достаточно рентабельной миграцию от TDM-PON к WDM-PON, являются залогом успешного будущего оптических сетей доступа.

### **Список используемой литературы**

1. Lee, C.-H, Sorin.W.V, Kim.B.Y, “Fiber to the Home Using a PON Infrastructure”, IEEE J. Lightwave Technol., Issue.12, Vol. 24 , pp 4568-4583, Dec 2006.
2. Glen Kramer, “Ethernet Passive Optical Networks”, New York: McGraw-Hill, 2005.
3. H. D. Kim, S.-G. Kang and C.-H. Lee, “A low-cost WDM source with an ASE injected Fabry Perot semiconductor laser”, IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 12, pp. 1067, Aug. 2000.
4. “Coexistence with Current Systems-10GE-PON System Configuration”, IEEE802.3. Plenary Meeting, Orlando, FL, March 12-16, 2007.
5. Y. Horiuchi and N. Edagawa, “ONU Authentication Technique Using Loopback Modulation within a PON Disturbance Environment”, Proc.Optical Fiber Communication Conference (OFC), OFI3, March 2005.