



## ЧТО РЕШИЛИ В ЖЕНЕВЕ: СТАНДАРТИЗАЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Виктор Каток, главный советник по научно-технической политике ПАО «Укртелеком» и вице-председатель 15-й Исследовательской комиссии Международного союза электросвязи (МСЭ), рассказал журналу «Сети и Бизнес» об основных направлениях стандартизации оптических сетей связи.*

— Виктор Борисович, над чем сейчас работает ИК-15?

— Пятнадцатая Исследовательская комиссия МСЭ называется «Сети, технологии и инфраструктуры транспортирования, доступа и жилищ» и состоит из трех рабочих групп. Первая в основном занимается стандартизацией сетей доступа — как оптических, так и гибридных. Вторая ведает линейно-кабельной инфраструктурой систем передачи (кабели, муфты, соединители, аттенюаторы, кроссовое оборудование и т.д.), а также их монтажом и строительством. Третья рабочая группа рассматривает вопросы, относящиеся к транспортным сетям связи.

С 15 по 26 февраля в Женеве проходило плановое заседание ИК-15, в ходе которого были выработаны новые версии документов, касающихся транспортных сетей доступа, инфраструктурных элементов, интерфейсов транспортных сетей, составлен план стандартизации этого направления, а также план стандартизации сетей типа Home Network (в помещении пользователя).

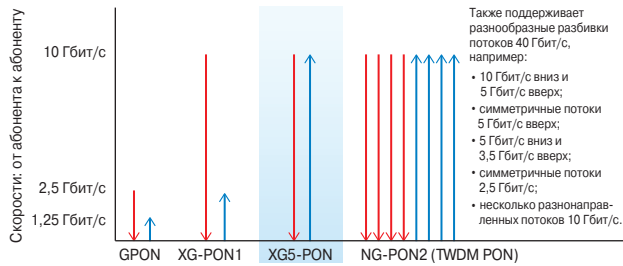
— Начнем с сетей доступа. В каких направлениях сейчас идет развитие технологий «последней мили», какие Рекомендации МСЭ считает приоритетными?

— На оптических сетях доступа с большим отрывом лидирует технология пассивных оптических сетей (PON). Уже принята серия стандартов G.987 (XG-PON), которые обеспечивают 10 Гбит/с к пользователю и 2,5 Гбит/с от него. В рамках нынешнего заседания была согласована Рекомендация G.9807.1 (XGS-PON), описывающая симметричную передачу по 10 Гбит/с в обоих направлениях.



Виктор КАТОК в рабочем кабинете

Продолжилась стандартизация серии рекомендаций G.989 (NG-PON2), предусматривающих скорость 40 Гбит/с к абоненту и 10 Гбит/с в восходящем направлении. Эти технологии развиваются в нескольких направлениях, одно из них — TDWDM, то есть спектральное уплотнение систем с временным разделением сигналов. Например,



Новые технологии в семействе пассивных оптических сетей: XGS-PON и TDM-PON

на четырех длинах волн могут передаваться 4 потока по 10 Гбит/с. В перспективе планируется использовать 8 длин волн, что обеспечит 80 Гбит/с «вниз» и 40 Гбит/с «вверх». Также в рамках философии NG-PON2 используется архитектура «Point-to-Point». Такие системы передачи могут обслуживать базовые станции LTE или 5G бизнес-клиентов, где нужны очень большие скорости.

Прошло также обсуждение новых стандартов по гибридным сетям связи — в частности, рекомендаций серии G.fast. Это перспективная технология, которая пришла после VDSL2, но она, на мой взгляд, найдет ограниченное применение. G.fast предполагается использовать там, где в помещение абонента заходит не менее двух витых пар; она обеспечит скорость доступа 500 Мбит/с и даже 1 Гбит/с, но на короткое расстояние — порядка 30 м. Пока наиболее широкое применение в Европе технология получила у британского оператора BT: распределительная коробка G.fast размещается на этаже, а от нее идут витые пары к абонентам. Но у BT проложены хорошие кабели, в том числе 6-й категории. В Украине и соседних странах к абоненту зачастую идет старый кабель типа ТРП (в просторечии «лапша»), который подвержен электромагнитным наводкам и не позволяет обеспечить высокие скорости передачи данных. В наше время прокладывать на последних метрах новую витую пару 6-й категории, пожалуй, никто не станет: оптика обойдется дешевле. Но у целого ряда операторов она найдет применение, поэтому мы продолжаем ее стандартизировать.

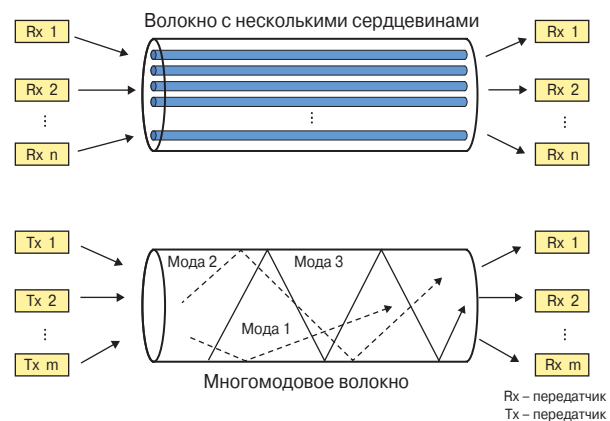
В прошлом году были обновлены основные Рекомендации серии L, описывающие технические требования и конструкцию оптических кабелей. Сейчас идет пересмотр Рекомендаций для абонентских кабелей и кабелей небольшой емкости, а также гибридных кабелей, содержащих волоконные световоды и медные проводники для передачи электроэнергии. Такие кабели находят все более широкое применение в сетях мобильной связи для подачи электропитания и информационных сигналов к базовым станциям.

**— Какие новшества стандартизирует МСЭ для транспортных сетей?**

— Мы продолжили работы по стандартизации подводных ВОЛС. Это важное направление, потому что через моря и океаны проложено огромное количество оптических кабелей. Был достигнут прогресс по Рекомендации G.973, содержащей характеристики подводных кабельных систем без регенераторов, то есть с оптическими усилителями, и впервые включены интерфейсы со скоростью передачи 100 GE.

Впервые было озвучено предложение развернуть работы по стандартизации направления SDM — Space Division Multiplexing (пространственное уплотнение). Самый простой вариант — это волоконные световоды с несколькими (6–7) сердцевинами. По этим сердцевинам передаются отдельные сигналы — возможно, с разной скоростью и на разных длинах волн, то есть физические каналы передачи информации разнесены в пространстве. Также можно в одном и том же световоде использовать не одну низшую моду, а несколько (скажем, 4–8) и на каждой из них передавать информацию. К такому подходу я отношусь несколько пессимистично, потому что на неоднородностях энергия одной моды может переходить в энергию другой, а на изгибе моды высших порядков имеют достаточно высокие потери. А вот использование световодов с несколькими сердцевинами — направление перспективное. Конечно, предстоит решить целый ряд сложных технических задач. Необходимо научиться точно выдерживать геометрию волоконного световода, создать технологию сварки и соединений проводников, сконструировать специальные типы разъемов, которые смогут разъединить сердцевинки и направить сигналы в разные стороны. Уже после нашего заседания в Женеве появилась публикация компании Sumitomo Electric, которая выпустила волоконные световоды с 4 сердцевинами и передала в режиме пространственного спектрального уплотнения независимые сигналы на большое расстояние. Мы пока не приняли решения о разработке Рекомендации по SDM, но есть вероятность, что в следующем исследовательском периоде начнем ее стандартизировать.

Сейчас на линиях большой протяженности по одному волоконному световоду в среднем передается порядка 5 Тбит/с. В перспективе планируется, используя в том числе SDM, поднять скорость по волокну минимум до 24 Тбит/с. Вопрос применения волокон со многими сердцевинами актуален еще по той причине, что во всех странах большая проблема с емкостью кабельной канализации, а потому поперечное сечение кабеля имеет огромное значение.



Варианты пространственного уплотнения оптических сигналов

**— Кстати, какие пути решения проблемы с кабельной канализацией видит МСЭ?**

— Италия, где эта проблема стоит особенно остро, в свое время инициировала разработку Рекомендаций, посвященных прокладке кабелей в микротраншеях. На нынешнем заседании работа над этими Рекомендациями

продолжилась. В старых городах канализация загружена, а построить новую практически невозможно. В этом случае посреди дороги или возле бордюрного камня делается микротраншея глубиной 15 см — ниже слоя асфальта. В траншею закладывается блок из 7 микротрубок, в которые вдуваются микрокабели, а сверху траншея заделывается асфальтобетонной смесью. В Италии были проведены исследования, показавшие, что такая прокладка не наносит ущерба дороге.

Достигли мы прогресса и в принятии Рекомендации L.91, посвященной микротрубкам, которые используются на сетях доступа. Микротрубки позволяют более эффективно использовать кабельную канализацию. Когда кабель затягивается в обычные трубы, он ложится не прямо, а образует спираль или иную кривую линию, поскольку имеет память формы. Альтернативное решение состоит в том, что в канале кабельной канализации прокладывается блок из микротрубок, в которые затем можно вдувать микрокабели. Такие микротрубки в мире производят десятки компаний.

Продолжилась и стандартизация наружных пассивных оптических шкафов (Optical cross-connet cabinet), предназначенных для замены муфт. Дело в том, что нередко в смотровых устройствах кабельной канализации уже негде размещать муфты, даже если место для кабеля еще есть. В этом случае рядом с колодцем можно установить пассивный шкаф и в нем разместить оптические кроссы с разъемами. Такой шкаф емкостью 400–600 оптических портов заменит несколько муфт.

*— Какие предложения внесла украинская делегация и были ли они приняты?*

— Украина стояла у истоков рассмотрения вопроса надежности ВОК, была его инициатором. У нас на сети есть ВОК производства 95–96 годов, которые на настоящий момент уже отработали 20 лет. Увеличения затухания в них пока нет, но пластиковые покрытия волокна, безусловно, стареют, что подтверждено лабораторными исследованиями. Был подготовлен первый проект документа, касающегося надежности волоконных световодов и кабелей, там отдельно рассмотрены два механизма старения. Первый может привести к скалыванию волокна: из-за наличия в нем зародышей трещин волокно может лопнуть, и в этом случае происходит обрыв световода. Второй случай — ухудшение характеристик волокна, то есть увеличение затухания.

На надежность ВОК существенно влияет история прокладки. Очень важно, чтобы кабели не испытывали сильных натяжений и рывков, что бывает при использовании кабелеукладчиков. При изгибе малого радиуса возникает вероятность ухудшения характеристик, особенно механических, что может со временем при старении волокна привести к сколу и потере возможности передачи оптической энергии. Для повышения надежности мы рекомендуем на каждом заводе-изготовителе проводить испытания путем перематывания волокна с одной бобины на другую. Все эти нюансы были отражены в данном документе, работа над ним продолжается.

На сегодняшний день у нас довольно оптимистичный взгляд на надежность ВОК. В США есть кабели, которые работают более 20 лет, при этом их оптические характеристики не изменились, и они остаются в рабочем

состоянии. То есть если кабель был качественно произведен и проложен без нарушения технологии, можно ожидать, что он будет работать даже более 30 лет. Мы разделили требования по надежности для прокладки волокна внутри квартиры, внутри здания, на региональных сетях связи и для магистралей. Конечно, для линий большой протяженности требуются волоконные световоды и кабели повышенной надежности.

*— Сейчас можно услышать мнение, что развитие сетей 5G, особенно интеграция сотового доступа и Wi-Fi, сделает проводной доступ ненужным. Насколько это справедливо?*

— Технологии оптического и радиодоступа скорее не конкурируют, а дополняют друг друга. Если к дому подведен волоконный световод, задача сигнала внутри помещения зачастую происходит с помощью Wi-Fi. В мобильной связи волокно дотягивается до базовой станции. Чтобы она могла передавать все более скоростные потоки все большему количеству клиентов, приходится повышать частоту, а это означает сокращение радиуса соты. Количество базовых станций все возрастает, и паутина волоконно-оптической сети становится все более густой. В настоящее время любая сеть мобильной связи тянет за собой огромное строительство ВОК. Так что даже если абонентские линии не будут проводными, все равно волоконный световод будет доходить до здания или до базовой станции, альтернативы нет. А если мы в перспективе уйдем в миллиметровый диапазон, то там радиус охвата соты будет еще меньше. Поэтому в краткосрочной перспективе одно из самых больших направлений инвестирования для всех операторов — это строительство и создание мощной волоконно-оптической кабельной инфраструктуры. Потому что операторы мобильной связи и работают в 15-й комиссии.

Другим важным двигателем является развитие технологий «умных городов». Например, в Швейцарии к пользователю сейчас подводят не одно, а четыре волокна. По одному волокну планируют собирать данные со счетчиков электроэнергии, по другому — со счетчиков газа. Эти и другие интеллектуальные приложения потребуют дополнительных ресурсов. Можно вспомнить и устройства «Интернета вещей» (IoT), количественно они уже сравнялись с численностью населения на земном шаре. IoT также потребует ресурсов транспортных сетей, то есть этот фактор нужно учитывать при проектировании.

*— Несколько лет назад Вы рассказывали о начале работ по стандартизации «Сетей будущего» (Future Networks). Какие произошли подвижки в этом направлении?*

— Подвижки есть, теперь этими вопросами ведает отдельная Исследовательская комиссия. Безусловно, мир движется к сетям с пакетной коммутацией, которые позволяют в любой точке получать информацию через свой электронный адрес. Пока для FN мы подразумеваем использование интернет-протоколов; возможно, в обозримом будущем появится их новое поколение. В этом направлении принимаются свои стандарты, но опирается все на оптическую транспортную инфраструктуру, которая, в частности, строится и для реализации концепции FN.

Беседовал **Василий ТКАЧЕНКО, СИБ**