



# Укрощая волны: украинские сети DWDM в 2012 году

**Василий ТКАЧЕНКО**



*Проложив магистральные маршруты, операторы занялись региональными сетями. При этом скорость передачи потихоньку растет, подбираясь к 100 Гбит/с.*

**В** основе сетевой инфраструктуры операторов связи лежат мощные оптические магистрали, позволяющие объединять множество каналов и передавать данные со скоростью в десятки Гбит/с. При построении таких линий, как правило, выбирают технологию плотного спектрального уплотнения (DWDM) и ее разновидности. Еще в 90-х годах прошлого века большинство крупнейших украинских операторов сочли более выгодным строить собственную транспортную инфраструктуру, чем арендовать подобные каналы у кого-то. В результате сегодня карту страны покрывают до десятка оптических сетей. Что они собой представляют и как будет видоизменяться технология в будущем — об этом мы расспросили украинские компании, владеющие крупнейшими DWDM-сетями, и системных интеграторов, которые таковые строят.

## Матчасть: активное оборудование DWDM

На DWDM-сетях украинских операторов используется активное оборудование нескольких производителей: главным образом Cisco, Huawei, Ciena, ECI. Современное оборудование DWDM включает перенастраиваемые оптические мультиплексоры (ROADM),

которые позволяют коммутировать трафик на уровне длин волн без оптико-электрического преобразования, что упрощает планирование и конфигурирование сети и в целом делает ее более гибкой. Для этой цели используется технология селективной коммутации длин волн (Wavelength Selective Switching — WSS). Оборудование узлов DWDM поддерживает различные сетевые топологии — от кольцевой и ячеистой до более сложных комбинаций.



Рис. 1. Платформа Cisco ONS 15454 MSTP



Рис. 2. Платформа Huawei OSN 8880

Одной из самых популярных является мультисервисная транспортная платформа Cisco ONS 15454 MSTP (рис. 1) — продукт из семейства ONS 15454, в состав которого входит также оборудование для сетей SONET и SDH. Система позволяет создавать до 32 оптических каналов и может комплектоваться транспондерами на 2,5; 10 и 40 Гбит/с. При этом обеспечивается агрегирование потоков E1, сигналов SDH разного уровня (от STM-1 до STM-256), Ethernet (вплоть до 10 Gigabit Ethernet), каналов оптической транспортной сети OTN и др. Дальность связи может достигать 3,2 тыс. км.

Для автоматической установки и настройки узлов сети поставляется инструмент компьютерного проектирования Cisco MetroPlanner, а программный пакет Transport Planner обеспечивает моделирование и оптимизацию сети.

У Huawei имеется несколько транспортных платформ DWDM, входящих в семейство OptiX. Компактная система OSN1800 предназначена для агрегации трафика городских сетей, инкапсулирует потоки данных со скоростями от 100 Мбит/с до 10 Гбит/с и обеспечивает передачу до 10 «лямбд». Система OptiX Metro 6100 DWDM для городских и региональных сетей обеспечивает передачу 40 каналов со скоростью до 40 Гбит/с в каждом. Мультисервисная платформа OSN 6800, предназначенная для городских сетей и опорных региональных сетей, поддерживает 40 каналов (с возможностью перехода на 80) с линейной скоростью до 40 Гбит/с.

Платформа OSN8800 (рис. 2) рассчитана на магистральные сети, отличается высокой степенью интеграции (к одному шасси теоретически можно подключить до 512 каналов 10 Гбит/с), может конфигурироваться на 40 и 80 длин волн и обеспечивает одновременную передачу потоков со скоростью 10 и 40 Гбит/с с возможностью перехода на 100 Гбит/с. Под-



держка разноскоростных потоков в одной системе ценна тем, что дает возможность постепенно наращивать емкость сети без прерывания обслуживания.

Израильская компания ECI Telecom для оптических сетей выпускает серию оборудования под торговой маркой XDM, начиная от компактной системы для сетей доступа XDM-40 (16 каналов со скоростью до 10 Гбит/с) и заканчивая большими платформами для региональных и городских сетей, поддерживающих до 80 длин волн со скоростью 10, 40 и 100 Гбит/с: XDM-450, XDM-500, XDM-1000 (она изображена на рис. 3) и XDM-2000

Когда в 2010 году ушли на распродажу активы известного производителя Nortel, подразделение городских сетей приобрела американская компания Ciena. Среди других продуктов Nortel ей досталась и транспортная платформа Common Photonic Layer (CPL), которая способна поддерживать передачу от 36 до 88 каналов со скоростями от 1,2 до 100 Гбит/с на расстояние до 2 тыс. км. Оборудование имеет модульную архитектуру и может работать совместно не только с продуктами Nortel/Ciena, но и с платформами других производителей. Еще одно семейство продуктов, унаследованное от Nortel — Ciena 6500 Optical Multiservice Edge (рис. 4) — представляет собой пакетную оптическую транспортную платформу (P-OTS) с интерфейсами от 2,5 до 100 Гбит/с, которая предназначена для использования на сетях разного масштаба, от городских до магистральных, и поставляется в четырех вариантах шасси.

Разумеется, это далеко не все, что могут предложить производители оборудования. Свои решения есть у Alcatel-Lucent, Ericsson, Nokia Siemens Networks, ZTE, ADVA и других компаний, однако в Украине они пока менее популярны.



Рис. 3. Платформа ECI Telecom XDM-1000



Рис. 4. Платформа Ciena 6500 OME

## Главные «DWDM-боссы»

DWDM — технология операторская. Ее строительство — дело весьма затратное, а для того, чтобы инвестиции окупились, сеть должна переносить большие объемы трафика, которых корпоративный сегмент попросту не генерирует. Сегодня в Украине DWDM-сети имеются даже не у всех провайдеров. Соответственно крупные операторы связи и владеют самыми большими национальными сетями DWDM в Украине. Их характеристики приведены в **таблице**.

«Укртелекому» принадлежит, возможно, крупнейшая транспортная сеть в Украине, которая является мультисервисной (DWDM, CWDM и SDH). Точных данных о ней получить не удалось, однако, согласно отчету за второй квартал 2012 года, эта сеть имеет в своем составе ВОЛС (включая все технологии) общей протяженностью свыше 39 тыс. км., количество сетевых узлов оптической сети — более 1,5 тыс. Также организованы 28 внешних каналов со скоростью 10 Гбит/с.

Строительством и развитием транспортной сети «Укртелекома» занимается компания «Приоком». Первая очередь (DWDM+SDH) была построена в 2004-2005 годах на оборудовании ECI XDM, вторая — в 2006 году

на Cisco ONS 15454 MSTP. С 2008 по 2011 годы «Приоком» провел масштабную модернизацию магистральной сети, которая включала в себя добавление новых участков, изменение матрицы трафика, расширение емкости магистральных каналов на внутренних направлениях (от областных центров к центральным узлам в Киеве и Днепропетровске), а также на внешних переходах. Применение ROADM с новыми транспондерными и линейными платами позволило сократить количество точек регенерации.

В 2011-2012 годах на сети «Укртелекома» был реализован масштабный проект в рамках подготовки транспортной инфраструктуры к Евро-2012. В соответствии с требованиями УЕФА оператор должен был предоставить по два независимых и непересекающихся маршрута от каждого из четырех стадионов к международному центру трансляции (IBC) в Варшаве. Эти трассы должны были обеспечивать трансляцию несжатых сигналов: видеосигналов в HD-качестве и аудио из комментаторских кабин, а также корпоративную телефонию и интернет-доступ на стадионах. В результате общая пропускная способность каналов составила 640 Гбит/с. Для реализации этого имиджевого проекта «Укртелекому» пришлось вложиться в модернизацию инфраструктуры и построение новых участков, причем кое-где оператор был вынужден перейти на технологию 40 Гбит/с. Как нам рассказали в «Приокоме», в результате оптимизации оптический канал уровня 10 Гбит/с теперь проходит без регенерации порядка 1700 км.

В настоящее время «Укртелеком» развивает зональные сети в регионах — уже построены 9 сетей, которые охватывают 12 областей с наибольшей плотностью населения. Они имеют разную топологию, но каждый райцентр подключен к областному двумя каналами по 10 Гбит/с, проложенными по независимым маршрутам.

Также одной из самых масштабных оптических сетей обладает «Киевстар» — по состоянию на сентябрь 2012 года общая протяженность его инфраструктуры DWDM составляла более 13 тыс. км, доступ к ней

Таблица Крупнейшие DWDM-сети украинских операторов

Оператор	Протяженность сети, тыс. км	Кол-во каналов	Максимальная скорость передачи данных, Гбит/с	Оборудование	Интеграторы
«Укртелеком»	> 39 (DWDM, CWDM и SDH)	40	40	Cisco ONS 15454 MSTP, ECI XDM	«Приоком»
«Киевстар»	> 13	32 и 40	40	Cisco ONS 1545	S&T Ukraine, «Приоком»
«МТС Украина»	11,5	20, возм. рост до 80	100	Cisco ONS 15454 MSTP, разные платформы Huawei	«Приоком», Huawei
«Датагруп»	> 11,2	32 и 40	Ожид. 100	Cisco ONS 15454 MSTP, ВТI, Ekinops	Своими силами
«Астелит»	н/д	н/д	н/д	Huawei OSN8800	Н/д
«Евротранстелеком»	6,5	72/88	100	Ciena (быв. Nortel) Common Photonic Layer	Своими силами
Vega	н/д	32	10	Cisco, Marconi, JDSU	«Приоком»

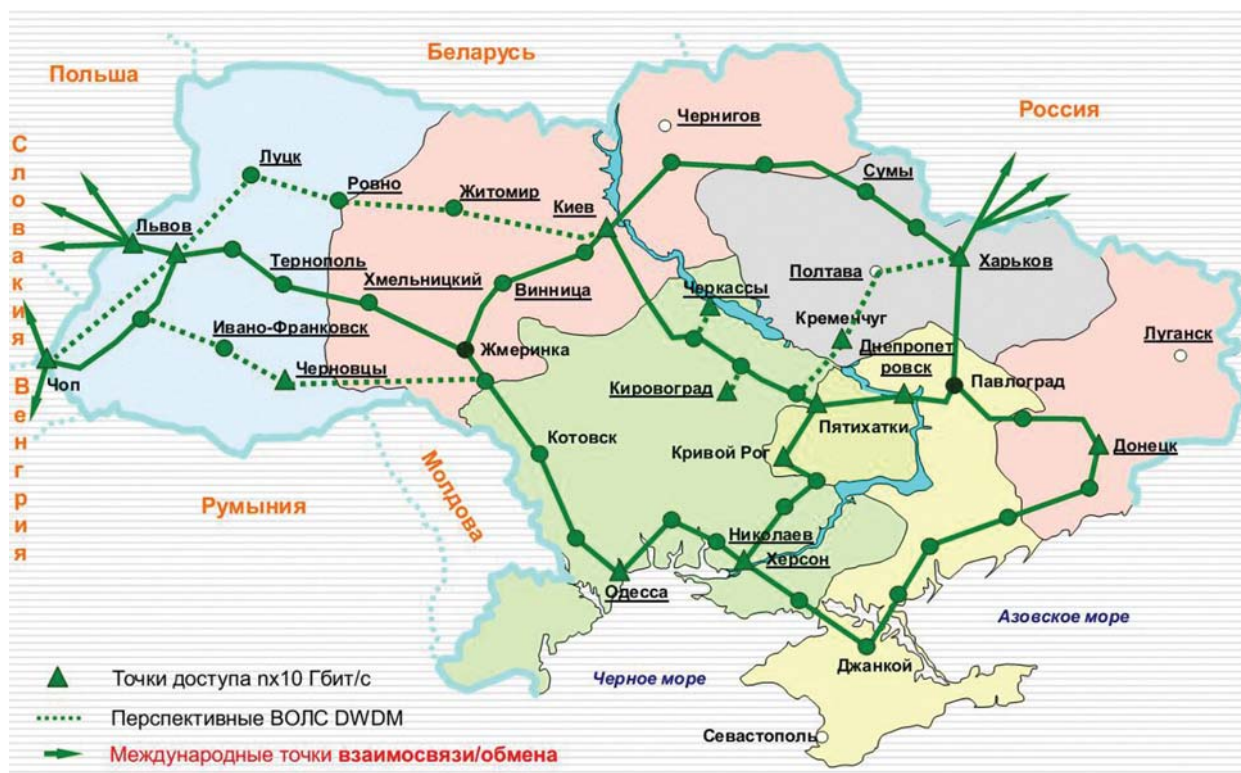


Рис. 5. DWDM-сеть «Евротранстелеком»

имеется в 78 населенных пунктах Украины, включая все областные центры. Региональные DWDM-сети построены пока в основном на юго-востоке страны. До конца года компания планирует ввести в эксплуатацию еще 2,5 тыс. км линий и обеспечить доступ для еще 15 населенных пунктов.

В построении и развитии сети «Киевстар» участвуют два интегратора. Первую очередь в 2006-2008 годах строила *S&T Ukraine*, которая создала более 120 узлов, внедрила систему управления Cisco Transport Manager и единую систему мониторинга и сбора информации. С 2011 года к развитию сети подключился «Приокм». В настоящее время между партнерами существует «разделение труда»: S&T Ukraine развивает магистральные каналы, тогда как «Приокм» создает региональные и городские участки для предоставления мультисервисных услуг.

DWDM-сеть «Киевстар» однородна и построена на оборудовании Cisco ONS 15454 MSTP. В результате объединения с «Билайн» оператору досталась вторая транспортная сеть DWDM+SDH, которую построил «Приокм» на базе платформы Huawei Optics BWS 1600G. Особенностью этой сети было то, что она не имела усилительных узлов, а только устройства ввода-вывода и терминирования трафика. Насколько известно, в настоящее время эта инфраструктура интегрирована в общую сеть «Киевстар» и переведена на оборудование Cisco. Что касается ВОЛС, то часть из них была построена на заказ компанией «Атраком», также «Киевстар» арендует волокна в линиях, принадлежащих «Евротранстелекому».

Количество каналов на сети варьируется в зависимости от участков: более старые поддерживают 32 канала, более новые — 40, при этом есть возможность перевода на большее количество «лямбд» (72 или 80). Что касается скорости, то сеть проектировалась из расчета на 10 Гбит/с, но в прошлом году часть каналов была переведена на 40 Гбит/с, и в течение ближайших 3-4 месяцев планируется запуск каналов на скорости 100 Гбит/с, в результате чего максимальная пропускная способность достигнет 4 Тбит/с.

Сеть «Киевстар» используется для передачи собственного трафика, однако часть ее ресурсов предоставляется в пользование другим компаниям — в основном телекоммуникационным операторам и интернет-провайдерам. В основном в аренду сдаются каналы с пропускной способностью 1-10 Гбит/с.

«Датагруп» свою транспортную сеть развивает самостоятельно, без участия интеграторов, хотя в качестве консультантов иногда привлекаются представители производителей. Основная часть сети построена на оборудовании Cisco, хотя используются также решения компаний *Ekinops* и *BTI*.

Общая протяженность сети — свыше 11,2 тыс. км, ее узлы расположены в 82 населенных пунктах (в областных и районных центрах, городах-миллионниках); количество каналов на пару волокон — 32 и 40, максимальная пропускная способность канала неизвестна, но, как сообщили в «Датагруп», может быть поднята до 100 Гбит/с (собственно, магистральный канал с такой емкостью планируется запустить «в самое ближайшее время»). Компания имеет также четыре собственных

## Ближайшая перспектива — 100 Гбит/с



**Ярослав ФАТЕЕВ,**  
технический эксперт «Приоком»

Бурный рост трафика в телекоммуникационных сетях вынуждает операторов постоянно наращивать пропускную спо-

собность своих оптических линий. При этом мировая тенденция состоит в увеличении спектральной эффективности, т.е. количества информации, передаваемой в расчете на 1 Гц полосы. Операторы не идут по пути увеличения количества каналов; вместо этого они поднимают линейную скорость. Это дает двойную выгоду: увеличение пропускной способности при минимальном изменении оптической инфраструктуры.

Поэтому на данный момент как в мире, так и в Украине (и мы рады, что наша страна в лице своих операторов подходит к этому одновременно с другими) наблюдается очередной виток развития DWDM. Происходит переход на уровень 100 Гбит/с. До конца нынешнего года одна, а то и две отечественные телекоммуникационные компании внедрят оптические сети такого

уровня. При этом операторы не строят сразу новые линии на 100 Гбит/с на отдельных волокнах — это очень дорого. На сегодняшний день все идет по пути оптимизации и плавного, эволюционного внедрения новой технологии.

Но и 100 Гбит/с — не предел. Производители оборудования заявляют, что к концу 2013 года уже будут коммерчески доступны решения, обеспечивающие 400 Гбит/с. Хотя, надо сказать, украинским операторам такие скорости пока не нужны. По заказу одной из компаний мы проводили моделирование того, как поведет себя сеть при увеличении трафика в 3,5-7 раз. По нашим расчетам, пока что уровня 100 Гбит/с для Украины хватит, и существующие сети при плавном переходе на новую технологию смогут удовлетворить все потребности пользователей.

оптических перехода на Словакию, Польшу, Венгрию, Россию. «Датагруп» предоставляет каналы своей сети в аренду — инфраструктурой компании пользуются украинские и международные операторы. Некоторые из них работают поверх сети «Датагруп». Среди клиентов есть и корпоративные заказчики — в частности, банки.

Протяженность магистральной сети «МТС Украина» достигает 11,5 тыс. км, ее узлы расположены во всех областных центрах и в некоторых крупных городах (всего свыше 80 точек выделения трафика). Сеть построена на оборудовании Cisco и Huawei (первое установлено в центральных и западных регионах страны); соответственно Huawei и «Приоком» участвовали в строительстве сети. С 2007 года «Приоком» занимается постоянной модернизацией сети «МТС», целью которой является оптимизация инфраструктуры и сведение к минимуму количества точек регенерации. В рамках проекта 2007-2008 годов емкость линий была увеличена до 40 каналов; есть возможность получить и 80 каналов, но пока что, как нам сообщили в «МТС», в основном реально используется около 20 с пропускной способностью 10 Гбит/с.

Кстати, если говорить о скорости, то тут «МТС» есть чем похвастаться: в сентябре компания провела испытания технологии, обеспечивающей пропускную способность 100 Гбит/с. На тестовом участке используется оборудование Huawei.

### Сети меньшего масштаба

Есть еще ряд игроков, которые также владеют DWDM-сетями — хотя и не такими протяженными, но тоже национального масштаба. К ним можно отнести, например, ООО «Евротранстелеком». Эта компания,

созданная по инициативе транспортного ведомства, позиционирует себя как оператора магистральной сети и занимает уникальную нишу, прокладывая ВОЛС вдоль железных дорог в защитном трубопроводе. Это обеспечивает дополнительную надежность: благодаря размещению кабеля в охраняемой зоне уменьшается вероятность его повреждения, а поскольку сетевое оборудование располагается в зданиях «Укрзалізнички», оно имеет надежное энергообеспечение. Все работы компания выполняет своими силами.

DWDM-сеть «ЕТТ» (она приведена на рис. 5 в качестве примера) имеет протяженность 6,5 тыс. км, включает около 100 узлов и построена на базе оборудования Nortel (Ciena) Common Photonic Layer и 6500. Емкость линий — до 72/88 каналов. Что касается скорости, то в октябре прошлого года оператор первым в Украине запустил 100-гигабитную магистраль между Киевом и Харьковом, затем такой же маршрут был организован в направлении на Львов, в планах — Одесса, Донецк и Днепропетровск. При этом решение Ciena обеспечивает одновременную передачу разноскоростных потоков (в частности, на направлении Киев — Харьков задействовано два канала по 100 Гбит/с, один канал 40 Гбит/с и три канала по 10 Гбит/с). «ЕТТ» также владеет инфраструктурой SDH и имеет выходы на сети операторов России, Польши, Венгрии и Словакии.

Эта инфраструктура не только обеспечивает потребности железнодорожного транспорта в связи, но и используется для предоставления услуг другим компаниям. В частности, «ЕТТ» сдает в аренду международные и междугородные каналы связи (от E1 до оптических «лямбд» с пропускной способностью от 2,5 до 100 Гбит/с),

а также продает «темные» волокна в проложенных ВОЛС. Строит компания и ВОЛС на заказ. Основные клиенты — мобильные операторы и интернет-провайдеры (в их числе — «Киевстар», «Астелит», «Интертелеком», «Телесистемы Украины» и другие).

Мобильный оператор «Астелит» (TM life:)) начал строить свою транспортную DWDM-сеть довольно поздно (в 2008 году) с использованием системы передачи Huawei OptiX Metro 6100. В 2009 году эта сеть была расширена — установка мультиплексоров и их интеграция в существующую сеть осуществлялась при участии компании «Глобал Телеком». О завершении очередного этапа расширения было объявлено в конце 2011 года. Модернизация заключалась в развертывании новой платформы «NG-WDM» Huawei OSN8800, которая поддерживает до 80 каналов с пропускной способностью 40 и 100 Гбит/с.

Создание DWDM-сети *Vega* началось с участка Киев — Львов международного оператора «Укомлайн», позже ставшего частью этой компании. Линия, изначально построенная на оборудовании SDH Alcatel, в 2005 году была модернизирована с использованием оборудования Cisco ONS 15454 MSTP; участок состоял из 10 узлов емкостью 32 канала уровня 2,5 Гбит/с. В ходе второй модернизации, которая имела место в 2011 году, было внедрено решение *JDSU WaveReady 3500*. Трасса Киев — Львов примечательна тем, что проложена по опорам ЛЭП — это обеспечивает дополнительную защиту от физических повреждений.

В 2009 году в том же направлении была введена вторая линия на оборудовании *TTC Marconi*, позволяющем организовать от 40 до 80 каналов уровня 10 Гбит/с. Сейчас DWDM-сеть *Vega* объединяет 11 областных центров Украины, построены пограничные переходы в Польшу и Россию.

Из других операторов «Интертелеком» завершил создание своей первичной сети DWDM/SDH в 2007 году. Она построена на оборудовании Alcatel-Lucent и охватывает все регионы Украины. Работы проводились компанией «Укрком», которая в настоящее время реализует проект по модернизации и расширению транспортной сети оператора. «Телесистемы Украины» (TM PEOPLEnet) начали строительство DWDM-сети в 2006 году; по состоянию на конец 2008 года она состояла из двух колец, проходящих через Киев, общая протяженность линий превышала 5 тыс. км, а пропускная способность каналов составляла 10 Гбит/с. Насколько известно, сеть продолжает развиваться на базе оборудования Huawei OptiX Metro 6100.

Наконец, стоит упомянуть международную магистральную сеть группы компаний *RETN*, которая предоставляет услуги передачи данных между телекоммуникационными узлами России, Европы и США. Панъевропейское кольцо имеет протяженность более 20 тыс. км и пропускную способ-

ность 1,5 Тбит/с. В Украине RETN предоставляет *000 «РЕТН»*, которое предлагает в аренду каналы DWDM с пропускной способностью 2,5 и 10 Гбит/с. ВОЛС были построены компанией «Атраком».

### Оптические стройки XXI века

Как видно из сказанного выше, практически все владельцы транспортных сетей привлекают к их созданию сторонние компании, которые выполняют те или иные работы. Прежде всего DWDM-сеть невозможна без, собственно, оптической кабельной инфраструктуры, которую мало кто создает сам — обычно волокна покупают или арендуют. Компании, которые прокладывают ВОК, могут на этой инфраструктуре создавать собственные тракты SDH и DWDM (как, например, упоминавшийся выше «ЕТТ»). С другой стороны, операторам хорошо известна компания «Атраком», которая, не имея своей DWDM-сети, занимается сугубо построением ВОЛС, ее последующим обслуживанием, продажей и сдачей в аренду волокон. На сегодняшний день в активе компании свыше 24 тыс. км проложенных линий. Среди клиентов компании — «Киевстар», «МТС», «Астелит», «Интертелеком», «Телесистемы Украины», «РЕТН».

«Атраком» прокладывает кабель преимущественно вдоль автомобильных дорог, что удобно мобильным операторам, поскольку обеспечивает равномерное покрытие территории страны. Компания строит ВОЛС под ключ — от проектирования маршрута до приемосдаточных испытаний и сдачи объекта заказчику, предлагает в аренду и продает оптические волокна (в том числе есть возможность приобрести их пару по всей сети компании длиной 19 тыс. км).

Также «Атраком» обеспечивает техническое обслуживание линий — как собственных, так и принадлежащих заказчикам; в частности, проводится мониторинг ВОЛС, ремонт линейных сооружений и НРП (в том числе немедленный выезд бригад на трассу),



Рис. 6. Платформа Ericsson MHL 3000

## Следующий шаг — S-GMPLS



**Сергей ЮХИМЧУК,**  
начальник отдела  
сетевых технологий S&T Ukraine

DWDM будет развиваться в направлении внедрения S-GMPLS. Эта технология подразумевает распространение информации о топологии оптической сети к граничным устройствам (маршрутизаторам и коммутаторам), благодаря чему обеспечивается очень удобная настройка каналов от источника до получателя, быстрая сходимость сети в случае обрыва оптического кабеля, по

которому организован активный канал, а также более эффективное использование доступной полосы пропускания.

S-GMPLS предусматривает использование новых мультиплексоров, которые не привязывают длину волны к конкретному оптическому порту, а оптический порт — к направлению. Она предполагает наличие единой управляющей компоненты между граничными устройствами и оптической сетью, которая обеспечивает обмен топологической информацией между маршрутизатором сети IP/MPLS и узлом DWDM. Для внедрения S-GMPLS понадобится не только замена программного обеспечения, но и модернизация мультиплексоров и клиентских устройств на аппаратном уровне. Такое оборудование уже существует, но о примерах реализации мне пока неизвестно. Среди сдерживающих факторов можно выделить существующие структуры распределения управленческих обязанностей у операторов связи, которые, как правило, разграничивают администрирование и планирование транспортных и IP сетей между разными подразделениями.

регистрация всех событий и работ на сети в информационной системе.

Развертывание собственно оборудования DWDM некоторые компании проводят своими силами, но обычно для этой цели привлекают интеграторов. Их задача — подготовить проект, рассчитав параметры и топологию сети в соответствии с требованиями заказчика, приобрести оборудование, смонтировать его и сдать всю систему под ключ. Интеграторы нередко берут на себя и техническое обслуживание.

Как видно из приведенных выше примеров, ведущим строителем сетей DWDM является «Приоком». Эта компания работает с тремя крупнейшими операторами Украины («Укртелеком», «Киевстар», «МТС Украина»), для которых построила и развивает магистральные сети. Из недавних проектов (2011-2012 годов) можно назвать, например, упоми-

навшиеся выше оптические магистрали под Евро-2012, построение региональных сетей «Укртелеком» и «Киевстар». Большинство проектов выполнены на решении Cisco ONS 15454, также «Приоком» владеет партнерскими статусами таких производителей активного оборудования для оптических сетей, как ECI, Huawei и ADVA.

У S&T Ukraine действующий контракт один: как упоминалось выше, с 2006 года она развивает магистральную DWDM-сеть «Киевстар» (текущие работы заключаются в модернизации инфраструктуры и установке более производительного оборудования). Компания также обеспечивает поддержку сетей DWDM и IP/MPLS оператора, что подразумевает решение инцидентов (проблем), включая замену вышедшего из строя оборудования (т.н. «реактивная поддержка»), а также

управление процессами решения заявок совместно со специалистами Cisco («фокусная поддержка»). Кроме Cisco, в части оптических сетей S&T Ukraine имеет компетенцию по решениям Ciena и Nokia Siemens Networks.

Также можно отметить «Укрком», которая в 2007 году построила транспортную сеть «Интертелеком», а сейчас проводит ее расширение и модернизацию; детали проекта в компании раскрывать не стали, но пресс-релиз о его завершении ожидается к концу года. «Укрком» обеспечивает весь комплекс работ от планирования и проектирования сети до ее установки и настройки, а также гарантийное и постгарантийное обслуживание. Кроме того, компания оказывает услуги техподдержки, в том числе удаленное решение проблем, ремонт с выездом специалиста, замену оборудования и обновление ПО. «Укрком» использует оборудование Alcatel-Lucent и ADVA.

Наконец, есть еще такой вариант, как построение DWDM-сети силами самого поставщика оборудования. Его специалисты привлекаются как минимум на стадии подготовки проекта, они оценивают и утверждают план сети. Но у производителя, как правило, имеется свое инженерное подразделение, которое может выполнить все работы самостоятельно или с привлечением интеграторов. Насколько известно, именно так были построены сети операторов «Астелит» и PEOPLE.net. По оценкам «Приоком», доля таких сетей составляет около 40% от всех проектов. Производители также могут участвовать в обеспечении техподдержки или даже самостоятельно брать сеть на обслуживание (в мире такое встречается нередко).

## Магистральное направление

Если говорить о развитии DWDM, то все участники рынка, с которыми удалось пообщаться, убеждены в неизбежности перехода на скоро-

## Слияние оптики и IP

Тем временем на Туманном Альбионе... Британский оператор British Telecom (BT) совместно с компанией Cisco завершил испытания технологии передачи IP-пакетов поверх DWDM (IPoDWDM), со скоростью 100 Гбит/с которая, как ожидается, позволит увеличить доступную полосу пропускания, упростить эксплуатацию сети, снизить энергопотребление, операционные и капитальные затраты.

Технология IPoDWDM была представлена еще в 2008 году и с тех пор принята на вооружение рядом операторов. В некотором смысле она противоположна концепции P-OTS, которая предполагает интеграцию функций маршрутизации в оборудование оптической сети; в IPoDWDM, наоборот, маршрутизаторы оснащаются интерфейсами DWDM. Это позволяет исключить из архитектуры внешний блок транспондеров и избавиться от одного уровня преобразования сигналов. Кроме того, за счет объединения транспортной и IP-инфраструктуры уменьшается сложность сети. А благо-

даря тому, что устройства IP-сети могут следить за состоянием оптических маршрутов, повышается надежность каналов. Например, технология Cisco Proactive Protection фиксирует ухудшение качества передачи в тот момент, когда кабель растягивается перед разрывом — благодаря этому система мониторинга успевает среагировать и переключить трафик на другие маршруты еще до того, как начнутся потери пакетов.

В ходе испытаний на сети BT использовался маршрутизатор уровня ядра Cisco CRS-3 с интегрированными когерентными оптическими интерфейсами 100 Gigabit Ethernet. Поток данных со скоростью 100 Гбит/с передавался в качестве «чужеродной волны» (Alien Wavelength, то есть оптического сигнала, который генерируется оборудованием другого производителя) по 770-километровому участку, включающему в себя DWDM-системы разных производителей. Таким образом была продемонстрирована возможность использования существующей

сети BT без ее серьезной модернизации. Сообщается, что это первое испытание подобного рода.

Кстати, 2 октября Cisco представила новое IPoDWDM-решение для транспортных сетей, получившее название Elastic Packet Core. Новизна заключается в том, что в платформе CRS-3 реализована технология nLight, которая обеспечивает возможность программирования сетевых устройств как IP, так и оптического уровня, а также передачу данных со скоростью 100 Гбит/с на расстояние до 3 тыс. км без регенерации. Для модернизации CRS-3 до Elastic Packet Core необходима установка 100-гигабитных оптических модулей, тогда как nLight будет выпущен в составе обновления операционной системы IOS XR. В Cisco сообщают, что первым клиентом, который внедрит 100-гигабитное решение на основе nLight, станет CESNET — национальная научно-образовательная сеть Чехии, объединяющая около 100 объектов.

сти 100 Гбит/с. В самом деле объемы передаваемого трафика растут, и соответствующее повышение пропускной способности транспортных сетей — лишь дело времени. 100-гигабитные потоки уже есть у «МТС» и «Евротранстелекома», о намерении в ближайшее время запустить такой же магистральный канал сообщили в «Датагруп». А вот относительно более высоких скоростей мнения разделились. Например, по расчетам «Приоком», 100 Гбит/с хватит на ближайшие несколько лет, тогда как в «Датагруп» полагают, что уже совсем скоро этого станет мало.

Между тем в мире работы по повышению скоростей DWDM идут полным ходом. Например, в январе нынешнего года был запущен в тестовую эксплуатацию 140-километровый участок с каналами 400 Гбит/с на сети испанского оператора *Telefonica*; в проекте использовалась платформа Ericsson MHL 3000 (рис. 6). По неофициальным данным, коммерческую эксплуатацию подобных линий компания планирует начать не раньше 2013 года. В марте ZTE на сети Deutsche Telecom провела испытания гибридной системы 100G/400G/1T (сигнал в конфигурации 24 1,3 Гбит/с был передан на расстояние 2450 км). А в мае немецкий оператор на оборудовании Alcatel-Lucent добился передачи со скоростью 512 Гбит/с на 734-километровом участке.

Также в мае Huawei представила магистральную DWDM-систему, обеспечивающую 400 Гбит/с на канал и 20 Тбит/с на волокно, при этом дальность связи

без регенерации составляет 1 тыс. км. А ZTE в сентябре провела эксперимент, организовав передачу по 40 каналам со скоростью 400 Гбит/с на расстояние 2,8 тыс. км (трасса состояла из 35 участков по 80 км).

Еще одним направлением развития может стать включение элементов пакетной оптической транспортной системы, призванной решить проблемы, связанные с ростом скоростей и усложнением сетевой инфраструктуры. Платформы P-OTS одновременно поддерживают различные интерфейсы городских сетей (SDH, OTN, DWDM), оптическую коммутацию и внедрение функций управления GMPLS, что обеспечивает гибкую перенастройку сети и быстрое восстановление маршрутов при авариях. Элементы P-OTS внедрены в решениях различных производителей, которые уже используются многими операторами по всему миру.

Кроме того, очевидной тенденцией является продвижение DWDM в регионы. «Укртелеком», «Киевстар» и «МТС» прокладывают оптику к райцентрам, создавая региональные сети, чтобы удовлетворить потребности растущей армии абонентов ШПД. DWDM движется и в большие города — причем, как нам сообщили в «Приокоме», у «Киевстара» на сети в Киеве уже достигнута скорость 40 Гбит/с. Ведь запросы потребителей растут тоже, а значит, надо думать о будущем.

Василий ТКАЧЕНКО, СИБ