



## Мультисервисная транспортная сеть

### ОАО «Укртелеком»

Эволюционные затраты, революционные результаты

События последних недель убедительно доказали — даже во времена «мирных революций» и поляризации общества есть нечто, отвечающее общим желанием всех сторон. Его имя — полоса пропускания. Именно этого требовала выросшая на 40% отечественная Интернет-аудитория.

Евгений ЗИМИН, Владислав БОБОШКО

**С**толь разные явления, как всплески гражданской активности и рост темпов промышленного производства, измеримы поставщиком информационных услуг в тера- и петабайтах. Как показывает практика, многомиллионная активная Интернет-аудитория и крупные промышленные структуры (например, класса управления национальными железными дорогами) способны порождать в месяц суммарный трафик порядка нескольких петабайт.

Естественно, для крупнейшего оператора стационарной фиксированной связи масштаба ОАО «Укртелеком», предоставляющего свои услуги более десяти миллионам абонентов по всей стране, проблема наращивания пропускной способности линий связи исключительно важна. Ее эффективное решение — это и способ повышения инвестиционной привлекательности предприятия, и средство активной конкурентной борьбы за различные сегменты новых растущих рынков.

Поэтому завершение модернизации двух колец — Западно-

го и Восточного, первичных волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) — очередной успешный шаг на пути формирования обновленной всеукраинской информационной инфраструктуры. На данном этапе Западным кольцом соединены города Житомир, Ровно, Луцк, Львов, Тернополь, Хмельницкий и Немиров. Восточное кольцо образуют Сумы, Харьков, Луганск, Донецк, Днепр-петровск и Александрия.

Точка «замыкания» всех колец, через которую проходит суммарный трафик, — Киев. В начале 2005 года ожидается полное завершение уникального для Украины проекта, результатом которого станет создание национальной информационной мультисервисной магистрали, охватывающей 20 регионов страны, с пропускной способностью до 80 Гбит/с (32 ламбды направления по 2,5Гбит/с).

#### К борьбе за полосу пропускания будьте готовы!

Мы умышленно не торопим читателя, откладывая на некоторое время и обсуждение мотивации, и ответ на очевидный вопрос «а надо ли?», и предлагаем короткий об-

зор принятых в мировой практике способов решения поставленной выше задачи повышения полосы пропускания волоконно-оптических линий связи. По сути, *выбор наилучшего* из них является многокритериальной задачей, требующей учета самых различных и тонких аспектов работы поставщика услуг.

*Первый способ* можно отнести к распространенному классу «brute force» («грубой силы»). Когда возможности уже установленной волоконно-оптической сети исчерпаны, можно «весомо, грубо, зримо» увеличить ее пропускную способность прокладкой дополнительного количества волокон. Как и все способы «brute force», этот не лишен привлекательности в тех случаях, когда стоимость прокладки волокна невелика. При этом ни к каким «непредвиденным обстоятельствам» экстенсивное увеличение полосы пропускания не приводит. Метод «brute force» действительно хорош в основном в тех случаях, когда одновременно удачно сочетаются дешевизна прокладки новых ВОЛС, ценовая чувствительность проекта и его «функциональная нетребовательность».

**Второй способ** заключается в увеличении «коэффициента полезного действия» имеющейся ВОЛС с помощью *технологии временного разделения информационных каналов* (TDM, Time Division Multiplexing). Эта широко распространенная технология, основные реализации которой достигли уважаемого в инженерии и бизнесе уровня «зрелости» (maturity), описывается двумя телекоммуникационными TDM-стандартами: **SONET** (американский стандарт, ANSI) и **SDH** (стандарт МСЭ).

Несмотря на то, что оба стандарта ориентировались главным образом на использование в телефонных сетях с коммутацией каналов, они обеспечивают создание гибких синхронных иерархических сетей, пригодных для передачи цифровых сигналов. Эти технологии разрабатывались для обеспечения широкого набора услуг связи, и прежде всего — широкополосной ISDN. Распространенная технология SDH обеспечивает передачу цифрового трафика на фиксированных скоростях от 2 Мбит/с до 10 Гбит/с (STM-64).

Учитывая распространенность и де-факто «системообразующую роль» SDH в современных ВОЛС, модернизация имеющейся SDH-сети за счет повышения уровня каналов до STM-64, а также наращивание их количества может рассматриваться как вариант увеличения пропускной способности сети. Но такой путь характеризуется рядом специфических особенностей, в первую очередь тем, что при росте масштабов сети по

## Интеграционная функция и перспективы

Значительное увеличение пропускной способности, обеспечение гибкости управления трафиком и независимость от протоколов и форматов данных — далеко не полный перечень достоинств DWDM-систем. Физический оптический уровень DWDM является для многих масштабных телекоммуникационных компаний чуть ли не единственным средством объединения фрагментов уже существующих сетей, реализованных на основе различных технологий, в одну реальную инфраструктуру. Независимость DWDM от скорости передачи и форматов для системного интегратора означают возможность одновременной передачи любого сочетания сигналов по одному оптическому волокну. Если телекоммуникационной компанией эксплуатируются и SDH-, и ATM-сети, то, для передачи по DWDM-сети ATM-сигнал не нуждается ни в специфической обработке (например, в согласовании скоростей), ни в мультиплексировании.

Оценка перспективы применения DWDM-технологии, проведенная многими специалистами, выявляет высокий потенциал модернизации систем, созданных на основе этой технологии. Физический уровень DWDM дает отправную точку для создания полностью оптических сетей со «сто-

процентным» использованием возможностей оптического уровня. Термин «полностью оптическая сеть» подразумевает, что провайдеру услуг предоставляется оптический доступ к потоку информации в различных узлах сети по аналогии с использованием SONET-уровня для SONET-трафика. В терминах DWDM такая функция именуется add/drop-соединением, являющимся вставкой и выделением входов-выходов заданного количества длин волн на определенном узле сети. Совершенства в управлении полосой пропускания можно достичь лишь при поддержке возможностей кросс-переключений на оптическом уровне. Именно оптические кросс-переключатели, в сочетании с узловым управлением количеством длин волн и DWDM-технологией, предоставит поставщикам услуг возможность создавать полноценные оптические сети.

В рассматриваемом проекте не только практически полностью реализован интеграционный потенциал DWDM, позволивший объединить разнородные сегменты сетей, построенных на основе оборудования разных производителей, но и заложены основы для дальнейшего приближения мультисервисной транспортной сети ОАО «Укртелеком» к полностью оптической.

критерию стоимости он фактически становится эквивалентом метода «brute force». Так, каждый следующий канал STM-64 требует монтажа нового оборудования и проведения пуско-наладочных работ на всех узлах сети. А если учесть, что возможности пары волокон исчерпываются одним каналом STM-64, и для каждого последующего канала необходимо задействовать новую пару волокон, то можно утверждать, что существует порог, за которым наступает полная эквива-

лентность TDM-пути и метода «brute force».

**Третий путь**, в отличие от двух предыдущих, далеко не так хорошо «исхожен». **Технология плотного волнового мультиплексирования** (Dense Wave Division Multiplexing, DWDM) — новичок по сравнению со зрелыми SDH/SONET. В отличие от TDM, здесь «уплотнение» канала происходит не на временной, а на частотной шкале. Исключительно привлекательными являются два ключевых свойства DWDM.

В 2004 году ЗАО «Приком», серебряный партнер Cisco Systems, надежно закрепил свое лидерство на рынке IT-решений для телекоммуникационных операторов и финансовых учреждений. Совместно с Alcatel и ECI Telecom усовершенствованы первичные сети для ЗАО «УМС» и ЗАО «Киевстар Дж.Эс.Эм». На базе оборудования Cisco Systems реализован сегмент пакетной сети ОАО «Укртелеком» и сдана в эксплуатацию система аудиоконференций для ОАО «Ощадбанк». Вместе с Hewlett-Packard в ОАО «Укрэксимбанк» введена в эксплуатацию первая в стране система E-Banking. Собственная разработка — система для обслуживания малых и средних кредитов — внедрена в АКБ «Укрсоцбанк».

ЗАО «Приком» — единственный в Украине интегратор, обладающий правом на экспертизу в решениях по взаимодействию IP-сетей с сетью ОКС-7. Данные решения уже внедрены в ДП «Утел», ОАО «Укртелеком», ООО «Голден Телеком».

**ИТОГИ 2004**



www.priocom.com

Это, во-первых, потенциальное свойство *независимости оптического интерфейса*, реализующего функции уплотнения канала, как от скорости передачи информации, так и от форматов или протоколов. И во-вторых — это потенциальная возможность на основе технологии DWDM создавать сети, отличающиеся пригодностью к *мгновенному увеличению пропускной способности в десятки и даже сотни раз* (а не на несколько процентов, что характерно для более «традиционных» технологий).

Мы еще вернемся к более детальному обсуждению не только технологии DWDM, но и SDH, а пока наступила пора традиционного (но несколько необычного) обсуждения мотивов.

### Мотивы без тайн

В данном случае описание мотивации вполне соответствует самому проекту. В том смысле, что раз уж мы ведем речь о проекте, уникальном для Украины, то и к описанию мотивации следует отнестись по-особому. Именно поэтому мы также поступим в некотором роде уникально, будем говорить не столько о мотивах ОАО «Укртелеком», заказчика проектных работ и оборудования, сколько о мотивах одного из исполнителей проекта — компании PrioCom.

Обычно мотивация исполнителя — тайна за семью печатями, и кроме очевидной коммерческой ее составляющей обо всем ином приходится догадываться, гадая на кофейной гуще либо анализируя рыночную ситуацию. Впрочем, начнем мы с обещанной попытки

ответа на обязательный вопрос «а надо ли?».

Действительно, насколько нужна в сегодняшней Украине магистральная ВОЛС с такими характеристиками и с таким потенциалом модернизации, которые обеспечиваются технологией DWDM? Востребованы ли эти возможности уровнем развития двух самых крупных классов потребителей: корпоративных заказчиков и поставщиков информационных услуг, ориентированных на массовый рынок? Способствует ли экономическая ситуация и платежеспособность населения страны бурному росту услуг, остро нуждающихся в высокопроизводительной информационной магистрали масштаба страны? Столь ли популярны национальные Интернет-ресурсы, и настолько ли велика аудитория Интернет-пользователей, чтобы можно было говорить о «взрыве IT-потребностей»?

В нашей сегодняшней ситуации поставщикам услуг всегда стоит придерживаться рискованной, но обещающей аппетитные дивиденды политики *«предложение порождает спрос»*. Периодические всплески IT-запросов общества убеждают — ориентироваться на спокойный и хорошо прогнозируемый рост потребностей рынка IT-услуг не приходится. Поэтому поставщикам услуг действительно стоит идти «ва-банк» — одновременно и упреждать рост потребностей, и формировать условия для создания новых предложений. Так что на вопрос «а надо ли?» можно уверенно отвечать — «непреренно надо, причем именно сегодня — потому что завтра может

быть поздно». В мировой практике уже есть прецеденты, когда крупные поставщики услуг связи проводят совершенно фантастические модернизации своих, и без того более чем хороших, магистральных ВОЛС только с целью повышения конкурентоспособности и защиты внутреннего рынка от агрессивных международных компаний.

Что же касается мотивации одного из исполнителей — компании PrioCom, то, как и обещалось, тайн здесь не будет. Принятое стратегическое решение — создание на базе компании *системного интегратора для DWDM-проектов* любого уровня сложности, как в Украине, так и за рубежом — предопределило инвестиции в персонал, оборудование и т. п.

Участие в проекте такого масштаба и класса сложности дало возможность PrioCom сконцентрировать свои усилия на укреплении партнерских отношений с основными поставщиками DWDM-оборудования (Alcatel, Cisco и ECI Telecom), подготовке и сертификации собственного персонала и формировании специфических подразделений с соответствующим техническим оснащением, ориентированных на поддержку подобных проектов.

Для предпроектного анализа и метрологической поддержки компанией PrioCom создана *контрольно-измерительная лаборатория*, не имеющая аналогов в Украине на сегодняшний день. Лаборатория оснащена средствами моделирования ВОЛС-решений высокого класса, анализа про-

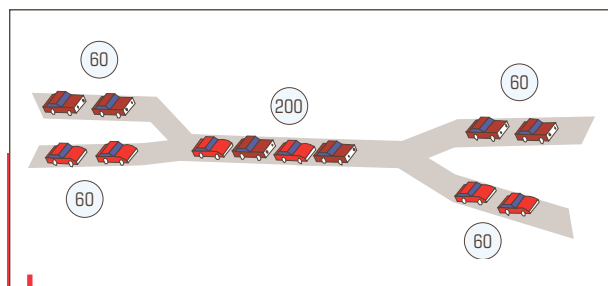


Рис. 1. Иллюстрация технологии временного разделения информационных каналов

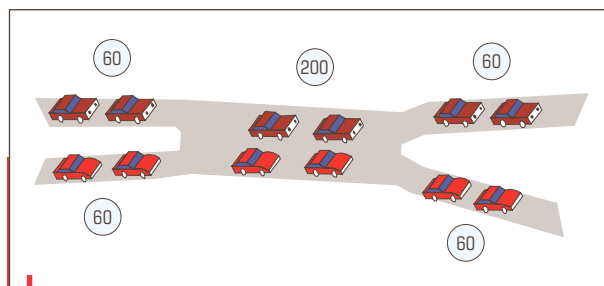


Рис. 2. «Многополосное шоссе» DWDM-технологии

токолов и возможностей их сопряжения и микро-средствами анализа параметров и дефектов волоконно-оптических кабелей, пригодными для эксплуатации в полевых условиях. Цель такого «DWDM-штурма» не является пресловутой «военной тайной» — емкость DWDM-сектора украинского рынка не настолько велика, чтобы заинтересовать производителей DWDM-оборудования в постоянном непосредственном присутствии или во взятии на себя обязательств по выполнению контрактов в полном объеме, а не только в части поставки оборудования. Соответственно, придерживаясь упреждающей политики, PrioCom, пользуясь уникальной возможностью построения мультисервисной транспортной ВОЛС ОАО «Укртелеком», нарабатывает опыт, людские и материальные ресурсы, претендуя в дальнейшем на роль лидирующего поставщика DWDM-решений.

### Третий путь, или Основы DWDM

Ранее мы уже упомянули о существовании двух различных способов увеличения «коэффициента полезного действия» (ни в коем случае не следует понимать эти слова буквально!) волоконно-оптических линий связи. Настало время поговорить о них подробнее.

И начнем мы с действенного и совершенно оправданного приема — с аналогии. Давайте представим себе оптическое волокно и передаваемую по нему информацию как участок шоссе с потоком автомобилей. Этот участок

## Основы технологии

Несмотря на молодость DWDM-технологии, элементная база ключевых устройств на сегодняшний день основывается на разных принципах действия. Так, для построения мультиплексоров и демультиплексоров, применяются два основных решения — с одиночным и парными зеркальными отражателями.

На рис. А приведено отражающее принцип действия схематическое изображение DWDM-мультиплексора с одиночным зеркальным отражателем.

Принцип работы DWDM-мультиплексора с одиночным зеркальным отражателем можно объяснить на примере выполнения операции демультиплексирования:

- мультиплексированный сигнал подается на входной порт;
- сигнал проходит через пластинчатый волновод, предназначенный для распределения сигнала по множеству волноводов, играющих роль гребенчатой дифракционной решетки (AWG, *arrayed waveguide grating*), при этом в каждом из волноводов остается мультиплексным, и, соответственно, во всех волноводах представлен каждый канал;
- сигналы с выходов волноводной дифракционной решетки AWG отражаются зеркальной поверхностью на пластинчатый волновод, где они фокусируются и интерферируют, образуя пространственно разнесенные максимумы интенсивности, соответствующие разным каналам.

Геометрия пластинчатого волновода и длины волноводов дифракционной решетки AWG рассчитываются так, чтобы интерференционные максимумы располагались на выходных полюсах устройства.

При другом способе построения мультиплексора используется не один, а пара пластинчатых волноводов. Принцип действия такого устройства аналогичен предыдущему, за исключением того, что здесь для фокусировки и интерференции используется дополнительный пластинчатый волновод (что несколько снижает сложность их изготовления и, естественно, стоимость).

DWDM-мультиплексоры относятся к классу оптических функциональных вычислителей и являются чисто пассивными устройствами. Они характеризуются существенным затуханием обрабатываемого сигнала. Например, для устройства с одним зеркальным отражателем, работающего в режиме демультиплексирования, потери могут составлять 10–12 дБ. Эта особенность вынуждает конструкторов DWDM-оборудования использовать широкополосные оптические усилители для компенсации потерь. Также вполне очевидными являются исключительно высокие требования к точности исполнения отдельных узлов оптических функциональных вычислителей DWDM-мультиплексоров — большое число обрабатываемых каналов и малое «расстояние» между ними (расстояние здесь измеряется в единицах измерения частоты) требуют прецизионности. Ну а последнее слово всегда было и есть синонимом высокой стоимости, и DWDM-мультиплексоры этого правила не нарушают.

Кроме негативной особенности (высоких потерь) и вызванной технологической спецификой высокой цены, уникальный принцип действия предопределяет и ряд специфических достоинств DWDM-мультиплексоров — в первую очередь, принципиальную одновременность обработки всех каналов (что эквивалентно совершенно немыслимым для цифровых вычислителей скоростям обработки).

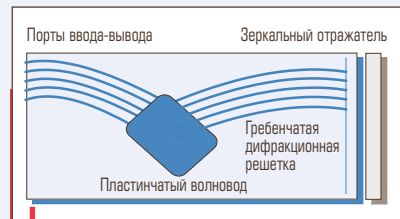


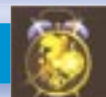
Рис. А. Схематическое изображение DWDM-мультиплексора с одиночным зеркальным отражателем

**События.** В 2004 году компания Cisco Systems отметила свое двадцатилетие, а украинский офис, открытый в 1998 году, стал отдельной административной единицей в иерархии Cisco. 1 ноября 2004 года директором украинского представительства Cisco был назначен Олег Боднар. Пятилетие работы на Украине отметила программа Cisco Network Academy, а это целая сеть обучающих центров сертификации специалистов по технологиям Cisco.

**Новые технологии 2004 года на рынке Украины:** видеотелефония на базе ATC Cisco Call Manager; сети хранения (Storage Area Network) на базе коммутаторов нового поколения Cisco MDS 9000.

**Лучшие украинские проекты 2004 года:** учрежденческая IP-АТС в центральном офисе Ощадного Банка Украины; контакт-центр банка «Аваль».

ИТОГИ 2004



CISCO SYSTEMS

МОГУЩЕСТВО СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. СЕГОДНЯ.



## Стандартизация DWDM

Интегративный аспект DWDM-технологии отражен даже в названиях двух главных архитектурных решений построения масштабных телекоммуникационных систем. Речь идет о так называемых открытых и интегрированных архитектурах. Первые (открытые) характеризуются возложением интегративной роли на полноценную развернутую DWDM-сеть. Вторые же более ориентированы на построение с относительно небольшими затратами единой системы из уже развернутых и эксплуатируемых фрагментов сетей. Естественно, и в первом, и во втором случае главная составляющая «интегративности», гарантирующая жизнеспособность созданной системы на всех этапах ее жизненного цикла, — жесткая стандартизация, и,

прежде всего, — на уровнях технических требований и компонентном.

Сравнительная молодость и быстрая динамика развития DWDM-технологии пока не позволяют говорить о достижении ею «уровня зрелости» (maturity). Поэтому говорить о «жесткости» стандартизации в этой области трудно — на сегодняшний день предельные значения ключевых показателей технологии (количества каналов, пропускной способности и т.д.) еще определяются научно-исследовательскими работами, а не уже зафиксированными стандартными значениями. Что, впрочем, ни в коей мере не эквивалентно отсутствию регулирования в DWDM-отрасли со стороны института стандартизации. На сегодня производители оборудования подчинены ряду рекомендаций

ITU (International Telecommunication Union), в первую очередь — рекомендации G.694.1, одобренной в июне 2002 г. и остающейся в силе по сей день. G.694.1 определяет самую главную составляющую «интегративности» — сетку частот DWDM, иными словами, — граничные значения суммарного диапазона и строго определенные в нем частоты, использующиеся в качестве несущих при передаче информации в DWDM ВОЛС. Соблюдение рекомендации G.694.1 различными производителями всех классов DWDM-оборудования гарантирует принципиальную способность этого оборудования к использованию для построения «гетерогенных» (на компонентном уровне) систем и обеспечивает преемственность поколений DWDM-сетей.

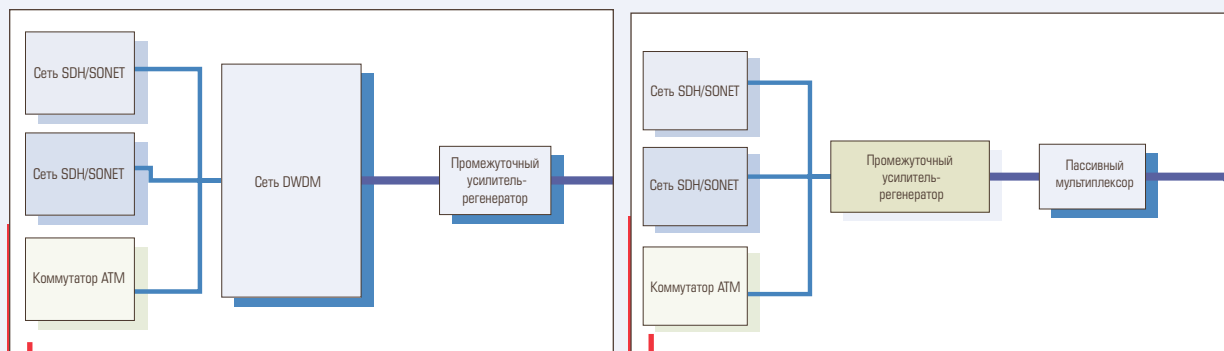


Рис. Б. Открытая архитектура DWDM-системы

Рис. В. Интегрированная архитектура DWDM-системы.

идеален — на нем все машины движутся со строго предписанной знаками скоростью. Технология временного разделения информационных каналов (TDM) дает возможность увеличить пропускную способность определенного участка шоссе (назовем его автобаном) за счет повышения скорости движения и идеального «регулирования» — направления машин на автобане с разных участков других шоссе с меньшей скоростью движения в строго отведенные интервалы времени (рис. 1).

После скоростного «автопробега» осуществляется обратный процесс — машины, прибывшие в определенные временные интервалы, отправляются на соответствующие этим интервалам «медленные» шоссе. За процедуру «регулирования» этих дорожных потоков отвечают устройства, обозначенные в аббревиатуре на-

звания технологии (TDM) буквой «М» — мультиплексоры и демультиплексоры.

В свою очередь, в таких автомобильных терминах DWDM-технология описывается многополосным шоссе (рис. 2). Каждая полоса этого шоссе аналогична сигналам определенной длины волны, распространяемым в оптическом волокне. При этом процедуры «регулировки» на первый взгляд кажутся более простыми, а пропускная способность — несомненно, более высокой. Эта простота — всего лишь свидетельство неточности аналогий, даже самых удачных. Как и в первом случае, «регулирующие» (мультиплексор и демультиплексор) здесь также присутствуют.

Автомобильная аналогия дает удачную возможность определения многократно использованного слова «мультисервисность». Как автомобилям, по сути, совершенно

безразлично, какой груз перевозить, так и DWDM-каналы совершенно индифферентны к передаваемым протоколам, форматам сообщений и пакетов. Иначе говоря, DWDM — синоним физического уровня сети фактически независимого от типа и формата передаваемой информации.

Это означает, что оператор связи, использующий DWDM-технологии, имеет возможность предлагать потребителям самый **широкий спектр** услуг: доступ к публичным сетям, организация виртуальных частных сетей и масштабных корпоративных Intranet-сетей, трансляция мультимедийной информации в реальном времени. При этом услуги предлагаются не просто на основе множества протоколов и режимов, но, что главное, с сохранением всех достоинств этих комбинаций. Так, например, асинхронный режим пере-

дачи (АТМ) при трансляции на физическом уровне с использованием DWDM-технологии сохраняет свойство управляемости полосы пропускания.

Эта «прозрачность сохранения свойств» дает в руки поставщику услуг мощный инструмент гибкого реагирования на изменения потребительского спроса в пределах одной сети без ее модификации. Второе достоинство независимости DWDM как физического уровня от протоколов и форматов передаваемых данных — возможность *тесной интеграции IP и оптических сетей*. Положительные свойства полностью IP-совместимых сред передачи уже подтверждены практикой (к ним можно отнести, например, гибкость и виртуальную «монолитность» служб во всем тракте — от абонента до абонента, а также простоту обслуживания). В то же время преимущества параллельной, полностью оптической инфраструктуры, еще недостаточно хорошо известны.

В большинстве современных пограничных (на границе между IP- и оптической сетью) средств сегодня неизбежно требуются преобразования и переключения между оптической и электронной частями сети. Сейчас эта проблема решается на уровне системы управления и обслуживания, но перспективные полностью IP-совместимые сети ставят новые требования к функциональности физического уровня (например, маршрутизация, IP-сигнализация и т.д.).

Уходя от опасных неточностей в деталях автомобильных аналогов, обратимся к краткому перечню оборудования, необходимого для реализации DWDM-сети. Он содержит оконечные оптические волновые передатчики, усилители, фильтры, аппаратуру управления сетью, а также мультиплексоры/демультимплексоры сигналов на приемном конце линии передачи. Допустимо построение сетей на основе соединений «точка—точка» или организаций кольцевых структур. Во многих случаях, осо-

бенно при построении масштабных сетей, затраты на закупку и развертывание перечисленного оборудования, в конечном итоге, могут оказаться гораздо меньше тех, которые необходимы для развертывания новой сети. Даже несмотря на относительно высокую стоимость DWDM-аппаратуры, обусловленную исключительно высокими требованиями к точности изготовления ее ключевых узлов. Однако не следует забывать, что сила DWDM-решений не столько в ценовой эффективности масштабных проектов, и даже не столько в высокой полосе пропускания. По-настоящему оценить достоинства построенной системы можно только при наличии систем управления и обслуживания, адекватных ее масштабам. Именно в этом случае поставщик услуг может оперативно реагировать на изменения трафика или спроса на услуги связи. В масштабных DWDM-сетях отдельные фрагменты информации, посланные одним и тем же пользователем одному и тому же адресату, могут претерпеть неоднократное прохождение по виртуальным оптическим каналам с разной длиной волны, что требует эффективных методов управления. Операторы программного обеспечения систем управления сетью должны знать и учитывать уникальные особенности своего объекта управления (например, способность «самовозбуждения») и при проявлениях таких нежелательных явлений активировать альтернативные пути прохождения трафика.

Все это ни в коем случае не свидетельствует против DWDM-решений, что подтверждается активным ростом рынка DWDM-оборудования во всем мире. По данным американской аналитической компании CIR, активное распространение технологии DWDM на неамериканских рынках иллюстрируется более чем двукратным ростом объемов продаж за последние два года. Компании, решившие использовать DWDM-технологии, должны более чем требовательно относиться к выбору не

## Список литературы

Optical Switching and Networking Handbook

Regis J. «Bud» Bates  
McGraw-Hill  
ISBN: 007137356X

DWDM Network Designs and Engineering Solutions. A Comprehensive Book on DWDM Network design and Implementation Solutions

A. Gumaste, T. Antony  
Cisco Press  
ISBN: 1-58705-074-9

Optical Network Design and Implementation

Vivek Alwayn  
Cisco Press  
ISBN: 1-58705-105-2

Introduction to DWDM technology: data in a rainbow

Stamatios V. Kartalopoulos  
Wiley-IEEE Press  
ISBN: 0780353994

только поставщика аппаратуры, но и поставщика услуг. И услуги по качественному обучению и подготовке технического персонала сыграют в этом выборе не последнюю роль. Ведь в силу специфики системы отечественного образования готовые квалифицированные специалисты по эксплуатации волоконно-оптических сетей — большая редкость. Поэтому одно из направлений инвестиций в технический персонал компании PrioCom, принятого стратегическим решением, способствует становлению компании как системного интегратора для DWDM-проектов любого уровня сложности, как в Украине, так и за рубежом.

*Компания PrioCom*  
**Евгений ЗИМИН,**  
генеральный директор,

**Владислав БОБОШКО,**  
руководитель управления  
транспортных сетей

*Детальную информацию о компании PrioCom и предоставляемых ею услугах можно получить на сайте [www.priocom.com](http://www.priocom.com), а также по телефонам (044) 201-19-59, 294-88-21.*