

АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НЭК «УКРЭНЕРГО»

Розглянуто аспекти удосконалення інформаційної системи НЕК «Укренерго» на прикладі підвищення пропускної спроможності ліній зв'язку. Визначені типи, параметри і характеристики обладнання, необхідного для застосування технології спектрального розділення каналів. Розглянуто міжнародні норми та стандарти, відповідні системам зі спектральним розділенням каналів.

Процесс развития и реформирования моделей рынков электрической энергии как в мире, так и в Украине требует совершенствования системы коммуникаций с целью обеспечения информационного обмена участников рынка электрической энергии. Это в свою очередь сопряжено с необходимостью повышения пропускной способности существующих линий связи.

В статье проанализированы возможности наращивания информационно-пропускной способности существующих и проектируемых волоконно-оптических линий связи за счет применения технологии спектрального разделения каналов.

Как показал мировой опыт, рост объема передаваемой информации постепенно приведет к исчерпанию пропускной способности существующих систем передачи, со всей остротой поставив вопрос ее увеличения. Эту проблему можно решить тремя основными способами:

- проложив новый оптический кабель (ОК);
- перейдя к более производительной аппаратуре временного мультиплексирования;
- применив волоконно-оптические системы передачи спектрального разделения каналов (ВОСП-СПК или в зарубежных источниках – WDM/DWDM: WDM – Wavelength Division Multiplexing, DWDM – Dense Wavelength Division Multiplexing).

Недостатки первого подхода очевидны. Однако он может быть целесообразным, если стоимость прокладки новых волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) невысока.

Реализация второго варианта в сетях дальней связи SDH тоже связана с рядом трудностей. До недавнего времени в таких сетях самым высокоскоростным был уровень ОС–48/STM–16 (скорость передачи 2,5 Гбит/с). Затем началось внедрение аппаратуры уровня ОС–192/STM–64, обеспечивающей производительность 10 Гбит/с, однако, как показал зарубежный опыт, проложенное оптическое волокно (ОВ) (Рекомендация ITU-T G.652) в ряде случаев изначально не было рассчитано на столь высокие скорости передачи. Таким образом, планируя переход к канальным скоростям 10 Гбит/с и более, необходимо проанализировать ограничения, обусловленные искажениями сигнала в волокне и техническими возможностями аппаратуры.

Модернизация существующей SDH сети за счет увеличения скорости передачи, а также увеличения количества используемых ОВ при наличии их резерва может рассматриваться как второй вариант увеличения пропускной способности сети. Но такой путь характеризуется рядом специфических особенностей, в первую очередь тем, что при росте масштабов сети по критерию стоимости он требует значительных затрат. Так, каждый последующий канал (например, уровня STM–16 или STM – 64) нуждается в монтаже нового оборудования и проведении наладочных работ на всех узлах сети. А если учесть, что возможности пары волокон, соответствующих Рекомендации G.652 при заданных длинах регенерационных участков более 50 км, как правило, исчерпываются одним каналом STM – 64, то для каждого следующего канала необходимо задействовать новую пару волокон, которой может не оказаться в уже существующих кабелях. В таком случае можно утверждать, что существует порог, за которым наступает приближение второго варианта повышения пропускной способности сети к первому варианту.

Третий подход, в отличие от двух предыдущих, обеспечивает наибольшую информационную емкость ВОЛС. На основе технологии DWDM можно создавать сети, которые отличаются возможностью быстрого увеличения пропускной способности в десятки и даже сотни раз.

Учитывая мировой опыт, наиболее перспективным представляется именно третий вариант – технология WDM, позволяющая заметно повысить эффективность использования суммарной пропускной способности оптического волокна. Так, если сформировать 8, 16, или даже 32 спектральных канала и обеспечить передачу данных с умеренной на данное время скоростью 2,5 Гбит/с, то суммарная пропускная способность такой системы по одному волокну достигнет 20...80 Гбит/с с возможностью дальнейшего наращивания (например, до 160 Гбит/с при переходе к 64 спектральным каналам в том же ОВ).

Главное достоинство технологии WDM заключается в том, что она позволяет существенно увеличить скорость передачи данных. Причем довольно часто используются уже проложенный волоконно-оптический кабель и стандартная аппаратура временного мультиплексирования. При определенных условиях, используя WDM, можно организовать двустороннюю многоканальную передачу трафика по одному волокну (в обычных линиях используется пара волокон – для передачи в прямом и обратном направлениях).

Структура волоконно-оптического тракта с использованием WDM. Перечень и нормативные значения основных технических параметров линейных оптических трактов со спектральным уплотнением регламентируются целым рядом Рекомендаций ИТУ–Т.

Исследовательская комиссия № 15 ИТУ–Т предложила следующую классификацию оптических диапазонов для систем связи (таблица).

Основные диапазоны оптической передачи

Название диапазона	Границы диапазона, нм
O (Original)	1260 – 1360
E (Extended)	1360 – 1460
S (Short wavelength)	1460 – 1530
C (Conventional)	1530 – 1565
L (Long wavelength)	1565 – 1625
U (Ultra long wavelength)	1625 – 1675

В оптических кабелях (ОК) с ОВ, соответствующими Рекомендации ИТУ–Т G.652, используются E и C диапазоны. С появлением ОВ с ненулевой, плавноизменяющейся дисперсией стал использоваться L-диапазон (в котором работают EDFA – Рекомендация ИТУ–Т G.655), это позволило с помощью реализации технологий DWDM разместить в одном волокне более 100 спектральных каналов со скоростью передачи 10

Гбит/с по одному каналу.

На рис. 1 представлена обобщенная конфигурация ВОЛП и линейного оптического тракта с применением WDM. На этом рисунке указаны соответствующие Рекомендации ИТУ–Т, регламентирующие требования к оптическим интерфейсам и оборудованию линейного тракта.

В структуру линейного тракта с WDM, как правило, входят элементы, назначение которых приведено ниже.

Транспондер – предназначен для согласования спектральных параметров интерфейсов мультиплексоров SDH, описанных в Рекомендациях G.957, G.691, G.693, со спектральными параметрами WDM-мультиплексоров, соответствующих Рекомендациям G.692, G.695, G.959.1. Количество оптических входов и выходов транспондера равно числу уплотняемых оптических сигналов. При использовании n оптических каналов на выходе транспондера длина волны каждого канала должна соответствовать только одному значению в соответствии с сеткой частот, регламентируемой Рекомендацией G.694.1, G.694.2. С выходов транспондера оптические сигналы поступают на строго определенные входы оптического мультиплексора, соответствующие указанным длинам волн $\lambda_1 \dots \lambda_n$.

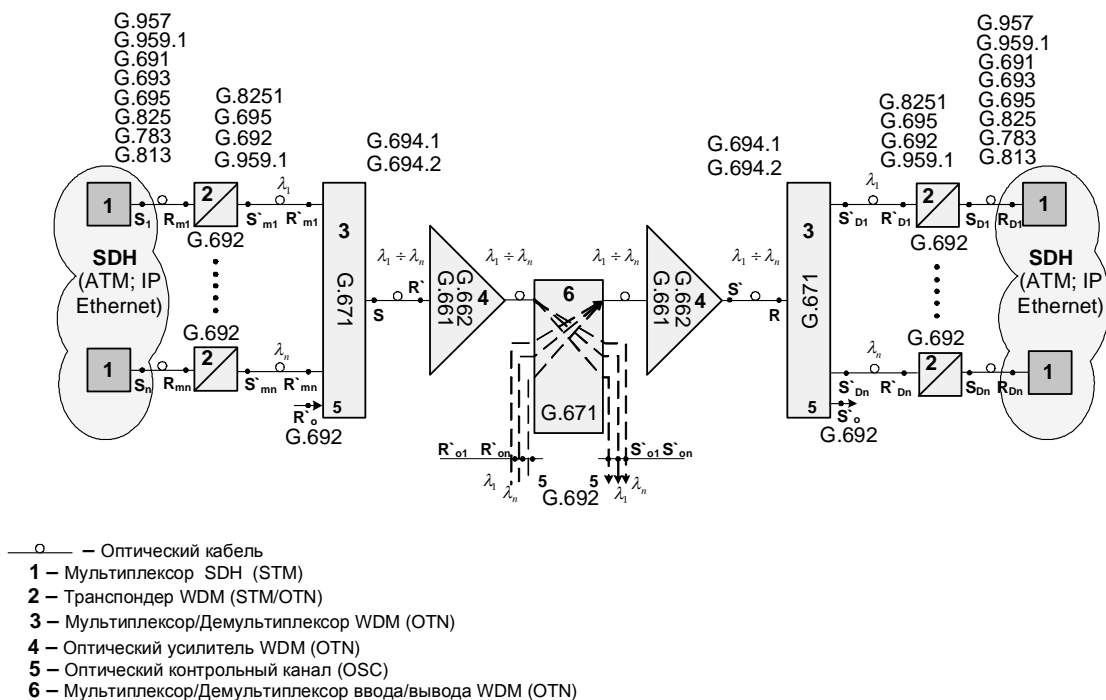


Рис. 1

WDM мультиплексор/демультиплексор (мультиплексор ввода/вывода) – пассивные оптические компоненты для передачи в линию (приема из линии) составного сигнала с каналами на длинах волн, соответствующих Рекомендациям G.694.1, G.694.2. Их параметры описаны в Рекомендации G.671.

Оптические мультиплексоры ввода/вывода каналов – добавляют или выделяют из составного оптического сигнала определенные оптические каналы (на конкретных длинах волн).

Оптические усилители – обеспечивают непосредственное усиление всех оптических каналов переданных WDM мультиплексором без их преобразования в электрические сигналы. Как правило, ОУ используется после WDM-мультиплексора и перед WDM-демультиплексором для компенсации энергетических потерь.

Оптическое волокно – физическая среда передачи информации.

Оптические характеристики одномодовых ОВ (хроматическая дисперсия, диаметр поля моды, поляризационная дисперсия моды, эффективная площадь и др.), а также нелинейные эффекты определены в Рекомендациях G.650.1, G.650.2, G.652, G.653, G.655, G.656.

Анализ существующих систем передачи со спектральным разделением каналов. В настоящее время среди мировых производителей WDM оборудования ведущая роль принадлежит компаниям Lucent Technologies, Siemens, ECI Telecom, Alcatel, Nortel Networks, Cisco, Marconi.

По уровню информационно-пропускной способности в качестве примера можно выделить разработки Lucent Technologies, в частности ее систему Lambda Xtreme™ Transport. LambdaXtreme™ Transport – оптическое сетевое решение DWDM следующего поколения, в котором на одной платформе реализована уникальная комбинация: сверхвысокая емкость до 2,56 Тбит/с и сверхвысокая дальность действия – до 4000 км без электрической регенерации сигнала.

Выбор нужной конфигурации систем (дальнего действия (LH), сверхдальнего действия (ULH) или высокой емкости (UNC)), осуществляется выбором соответствующих транспондеров, поддерживающих на клиентской стороне скорости 2,5 Гбит/с, 10 Гбит/с, 10 GbE или 40 Гбит/с.

Следующим решением широкого спектра применения компании Lucent Technologies является Metropolis® Wavelength Services Manager (WSM) – высокомасштабируемая универ-

сальная платформа C/DWDM (Coarse/Dense Wavelength Division Multiplexing). Модульная архитектура и широкий выбор сервисных интерфейсов позволяют использовать ее в сетях доступа, городских, региональных и магистральных сетях.

Оборудование Metropolis WSM обеспечивает высокоскоростные соединения между АТС, центрами совместного размещения, центрами хранения данных и пользователями. Таким образом, система имеет широкий спектр применений в корпоративных и операторских сетях. Кроме того, осуществляются: аренда длин волн, экономия оптоволоконных ресурсов, связь LAN и SAN, услуги передачи голоса, видео и данных.

Metropolis WSM поддерживает все эти приложения, используя интеллектуальную плоскость управления на базе GMPLS, которая позволяет осуществлять в реальном времени конфигурирование оптики (включая автоматическое установление, поддержание и разрыв соединений), динамическое восстановление, управление каналами и обнаружение ресурсов. Кроме того, система облегчает предоставление услуг, упрощает управление оптоволоконными ресурсами, а также способствует снижению эксплуатационных издержек за счет применения реконфигурируемого модуля ввода-вывода ROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Module) и динамической балансировки мощности.

Система Metropolis WSM, обеспечивая до 8 длин волн CWDM или до 40 длин волн DWDM, поддерживает топологии «точка-точка», «кольцо», «ячеистая сеть». Кроме того, разработанная система позволяет эффективное автоматическое распределение сетевых ресурсов.

Для кольцевых городских и региональных сетей была разработана следующая аппаратура.

Metropolis® EON – 32-канальная система DWDM, обеспечивающая скорость передачи до 320 Гбит/с по одному оптическому волокну. Благодаря низкой стоимости начального развертывания, возможности использования защищенных и незащищенных каналов и быстрому внедрению услуг, система Metropolis® EON является экономичным и высокомасштабируемым решением для кольцевых городских и региональных сетей.

Система поддерживает стандартные операционные интерфейсы и может устанавливаться в уже действующих и вновь прокладываемых кабельных сетях. Оборудование построено на базе платформы WaveStar® OLS 40G/80G. При этом нельзя не упомянуть о дальнейшем развитии оборудования типа WaveStar. В качестве которого предлагается модульная оптическая система передачи WaveStar® OLS 1.6T, поддерживающая до 160 несущих длин волн при скорости передачи 10 Гбит/с в каждом канале, что в сумме дает скорость передачи по одному оптическому волокну 1,6 Тбит/с.

Активно ведет разработки нового оборудования и компания Alcatel. В числе ее последних разработок можно отметить мультиплексор с разделением по длинам волн – Alcatel 1640 WM. Он представляет собой масштабируемое гибкое решение WDM для создания оптических магистральных сетей большой и сверхбольшой пропускной способности и протяженности. При этом аппаратура позволяет организовать до 160 каналов пропускной способностью до 10 Гбит/с каждый.

Наряду с системами высокой информационно-пропускной способности предлагаются разработки и для решения задач более низкого уровня, среди которых Alcatel 1686 WM – мультиплексор с разделением по длинам волн, представляющий собой 32-канальную систему DWDM, обеспечивающую масштабируемое решение для зонных, межрегиональных и магистральных оптических сетей с передачей цифровых потоков до 10 Гбит/с.

В состав системы входят оптические оконечные мультиплексоры, предназначенные для сетей с топологией «точка-точка», оптические мультиплексоры ввода-вывода (OADM), предназначенные для сетей с топологией «много точек – много точек», оптические усилители различного назначения. Для увеличения протяженности линий используются коды с обнаружением и исправлением ошибок.

К основным характеристикам данной системы относятся: количество каналов (до 32-х для сигналов 2,5 или 10 Гбит/с), оптический диапазон С, частотное разнесение каналов (200 или 100 ГГц).

Среди оборудования, предназначенного для городских сетей, следует отметить Alcatel 1692 Metro Span Edge. Эта 8-канальная CWDM система основана на технологии CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing – разреженное спектральное уплотнение). Она допускает эффективное решение по предоставлению широкого спектра услуг и подходит для применения в различных сетевых топологиях. Оборудование поддерживает до 8-ми каналов и может быть сконфигурировано как терминальный мультиплексор или как оптический мультиплексор ввода-вывода (OADM).

Основные характеристики данной системы: WDM система с разнесением каналов 20 нм, количество каналов (до 8 каналов), максимальная дальность пролета без регенерации сигнала (до 80 км), взаимодействие с внешними устройствами в диапазоне 1310 нм, возможность двунаправленной передачи по одному волокну.

Мировой опыт внедрения и эксплуатации систем со спектральным разделением каналов. Технология плотного волнового мультиплексирования (Dense Wave Division Multiplexing – DWDM) появилась относительно недавно, однако оборудование передачи данных, созданное на ее базе, уже широко используется в сетевой инфраструктуре многих стран мира [2].

Более того, DWDM рассматривается уже не только как средство повышения пропускной способности оптического волокна, а как наиболее надежная технология для опорной инфраструктуры мультисервисных и мобильных сетей, обеспечивающая резкое повышение пропускной способности сети и реализующая широкий набор принципиально новых услуг связи.

В качестве примера интересно рассмотреть опыт Беларуси, где завершен один из самых значимых за последние годы проектов в телекоммуникационной сфере стоимостью около 11,5 млн. дол. [3]. В частности, проведена модернизация первичной сети связи. В эксплуатацию введено оборудование спектрального уплотнения каналов DWDM. Теперь скорость передачи на участках Минск-область составляет 10 Гбит/с, а в целом система позволяет организовать передачу информации со скоростью 200 Гбит/с по двум волокнам.

При минимальных финансовых затратах скорость передачи данных может быть легко увеличена до 400 Гбит/с. Этого запаса будет достаточно на ближайшие 10 лет.

Дальнейшее увеличение скорости передачи между столицей и областными городами потребует минимальных капиталовложений, связанных с установкой в оборудование дополнительных модулей, и будет производиться по мере возрастания потребностей и в кратчайшие сроки.

Внедрение данных систем в европейских странах можно рассмотреть также на примере чешского Телекома, который создал оптическую сеть с использованием техники Lucent

DWDM. Технология DWDM используется для соединения национальной сети чешского Телекома с сетями соседних стран. Чешский Телеком и Lucent создали международную оптическую сеть с точками доступа в Словацкой Республике, Австрии и Германии. Используется WaveStar® OLS 1,6T система с ультравысокой емкостью для технологии DWDM. Система предлагает возможность мультиплексирования до 160 несущих, каждая из которых передает поток информации со скоростью 10



Рис. 2

Гбит/с. Таким образом, максимальная информационно-пропускная способность может достигать 1,6 Тбит/с [3].

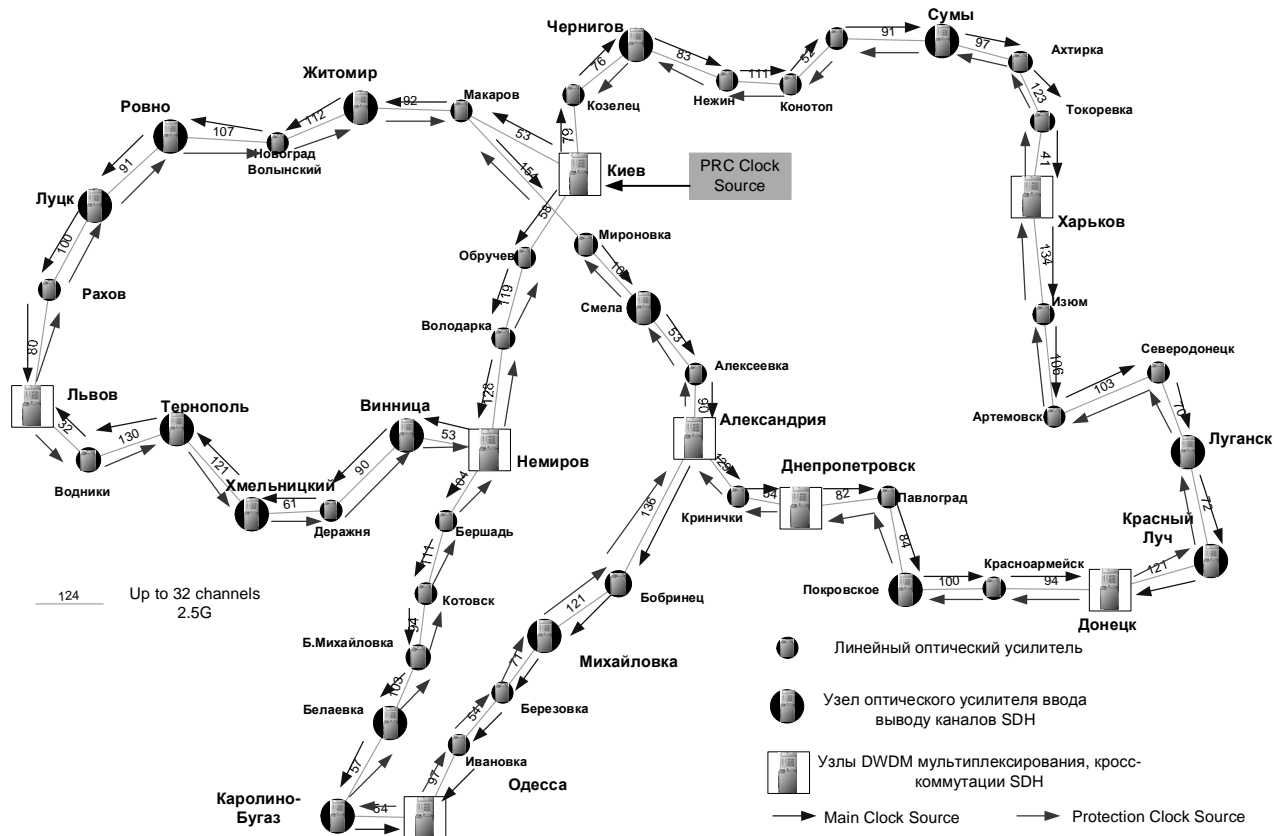
Динамика развития технологии DWDM в мире представлена на рис. 2. Рост отражает возросшую потребность операторов дальней связи в увеличении пропускной способности каналов связи. Однако чувствуется еще более быстрое проникновение DWDM технологии в сети городского/регионального масштаба, сети доступа, корпоративные сети [2].

На данный момент в Украине продолжается развитие транспортной мультисервисной сети на основе технологии DWDM. На рис. 3 показаны три кольца DWDM в Украине: западное, восточное и центральное. Оптическая транспортная сеть с использованием технологии DWDM имеет емкость 8-ми спектральных каналов емкостью 2,5 Гбит/с с возможностью наращивания до 32-х каналов [3].

Построено три кольца: западное, восточное и центральное. Таким образом, завершился первый этап широкомасштабного построения и модернизация ВОЛС в Украине.

ОАО «Укртелеком» владеет большинством магистральных линий, построенных в Украине, поэтому именно эта компания строит в Украине магистральную сеть с использованием технологии DWDM и, как было уже сказано, на данный момент построено три кольца с использованием этой технологии. Главным поставщиком оборудования для DWDM является компания ECI, которая предложила многофункциональные мультисервисные платформы XDM. Благодаря единой архитектуре, система XDM имеет возможности нескольких технологий: плотное спектральное мультиплексирование по длине волны (DWDM), мультиплексирование с разделением по времени (TDM), цифровые перекрестные соединения с их объединением в одном оптическом сетевом элементе следующего поколения. Чтобы справиться с резким ростом трафика данных, в целях эффективной передачи данных XDM также обеспечивает транспортирование протокола Интернет (IP), режим асинхронной передачи (ATM) и Gigabit Ethernet (Gb). В результате получена единая мощная, гибкая и надежная платформа.

Схема DWDM уровня оптической мультисервисной транспортной сети (ОМТМ)



Выводы. Проанализировав изложенное, можно сделать вывод, что на сегодняшний день наилучшим способом повысить пропускную способность сети при минимальных затратах возможно, применяя технологию спектрального уплотнения, что позволяет наращивать объемы трафика в зависимости от нужд заказчика.

Возможности, которые предоставляет технология DWDM для этой цели, поистине безграничны.

Таким образом, использование технологии DWDM позволит в десятки раз увеличить информационно-пропускную способность существующей волоконно-оптической сети НЭК «Укрэнерго». При этом, кроме полного удовлетворения собственных потребностей, появится реальная возможность сдачи в аренду множества свободных спектральных каналов как на энергетических рынках, так и за их пределами. Это позволит повысить уровень доходов компании и степень ее экономической эффективности.

Рассмотрены аспекты совершенствования информационной системы НЭК «Укрэнерго» на примере повышения пропускной способности линий связи. Определены типы, параметры и характеристики оборудования, необходимого для применения технологии спектрального разделения каналов. Рассмотрены международные нормы и стандарты, соответствующие системам со спектральным разделением каналов.

The aspects of improving the information system of NEC «Ukrenergо» by increasing the throughput of telecommunications are considered in the article. The types, parameters and characteristics of the equipment needed for the application of spectral channel division technology are determined. The international codes and standards, corresponding to the systems with spectral channels division are considered.

1. Заркевич Е.А., Скляр О.К., Устинов С.А. Элементарная основа волоконно-оптических систем передачи со спектральным разделением каналов // Lightwave, Russian edition. – 2003. – № 1. – С. 20–21.
2. Анализ мирового и российского рынков технологий DWDM. <http://www.nii-ecos.ru/?a=24>.
3. Высокие технологии: Беларусь показывает пример Европе. <http://www.bsb.by/press/news/5963.html>.
4. Украина модернизирует ВОЛС. СМобиле 21/02/2005. http://cmobile.com.ua/review/data/05/ukrtel_optics5/.
5. Kowalska K., Crha V. Lucent DWDM technology used to connect Czech Telecom's national network to data centres in neighbouring countries. <http://www.lucent.com/press/0303/030311.nsf.html>.

Надійшла 6.07.2010