

УДК 519.7+ 004

Ю.М. Лисецкий, Н.П. Каревина

Опыт построения магистральной *DWDM*-сети оператора мобильной связи

Представлено построение магистральной оптической *DWDM*-сети для операторов мобильной связи. Сформулирован набор требований к современным оптическим транспортным магистральным *DWDM*-системам, соответствующей им инфраструктуре и функциональности систем, приведена последовательность задач, решаемых в ходе их интеграции. Описан опыт реализации проекта для ЗАО «Киевстар Дж.Эс.Эм.».

The construction of the backbone optical *DWDM*-network is presented for the operators of mobile communication. A set of requirements is formulated to the modern optical transport backbone *DWDM*-systems, to the corresponding infrastructure and functionality of the systems, a sequence of tasks, decided during their integration is presented. The experience of realization of the project is described for the JJJSC «Kyivstar GSM».

Представлено побудову магистральної оптичної *DWDM*-мережі для оператора мобільного зв'язку. Сформульовано набір вимог до сучасних оптичних транспортних магистральних *DWDM*-систем, відповідної їм інфраструктури та функціональності систем, наведено послідовність задач, що розв'язуються в ході їх інтеграції. Описано досвід реалізації проекту для ЗАТ «Київстар Дж.Ес.Ем.».

Введение. Крупные компании – телекоммуникационные операторы и сервис-провайдеры, решая проблемы территориального покрытия, увеличения скорости передачи трафика и его качества, построили достаточно большое количество оптических магистральных сетей. Но с учетом динамичного увеличения абонентской базы, длительности разговоров, предоставления новых неголосовых услуг операторы столкнулись с необходимостью уплотнения трафика. Наиболее эффективным средством решения данной задачи стало внедрение современной усовершенствованной технологии *DWDM*, которая позволяет многократно увеличить пропускную способность оптической кабельной инфраструктуры.

DWDM (Dense Wave Division Multiplexing) представляет собой современную технологию передачи и уплотнения в одном оптоволокне нескольких оптических сигналов с различными длинами волн. Оборудование *DWDM* позволяет по одному каналу передавать на десятках и даже сотнях длин волн трафик различных протоколов (*IP, ATM, SONET, SDH, Ethernet*) с разными скоростями (от 100 Мбит/с до 2,5 Гбит/с).

Чаще всего *DWDM* применяется не для создания новых волоконно-оптических сетей, а

для модернизации и расширения существующих, чтобы телекоммуникационные операторы и сервис-провайдеры могли существенно повысить уровень пропускной способности и доступности своих сетей. Одним из главных достоинств сетей *DWDM* для бизнеса является быстрая окупаемость средств, вложенных в их внедрение.

Состояние проблемы

В 2006 г. уровень проникновения услуг сотовой связи в Украине составил около 83%, значительно увеличилась абонентская база. В компании «Киевстар Дж.Эс.Эм.» наблюдался постоянный рост длительности разговоров, а число абонентов сети выросло на 30%. Кроме того, произошли качественные изменения: абоненты стали гораздо активнее использовать неголосовые услуги, в частности, мобильный интернет. По этим причинам нагрузка на сеть оператора многократно возросла. Назрела необходимость в обновлении магистральной оптической сети и переходе на новые технологии. Существовавшая в тот момент транспортная сеть ЗАО «Киевстар Дж.Эс.Эм.» основывалась на технологии *SDH (Synchronous Digital Hierarchy)*. Руководство компании приняло решение внедрить современную усовершенствованную тех-

нологию *DWDM*, позволяющую многократно увеличить пропускную способность оптической кабельной инфраструктуры.

Постановка задачи

Внедрение данной *DWDM*-системы предусматривает:

- повышение емкости магистральной сети компании «Киевстар Дж.Эс.Эм.» до 320 Гбит/с;
- обеспечение возможности наращивания количества сервисов и услуг, предоставляемых абонентам;
- обслуживание на каждом участке сети разговоров до 4 млн абонентов одновременно;
- увеличение емкости магистральной сети без прерывания предоставляемых на ней сервисов;
- обеспечение полной «прозрачности» внедренной сети для существующего оборудования и технологий компании «Киевстар Дж.Эс.Эм.»;
- соответствие жестким требованиям обеспечения бесперебойного функционирования, так как *DWDM*-система есть частью сети предоставления услуг;
- обеспечение гибкости и простоты в управлении;
- значительное сокращение операционных расходов оператора, связанных с обслуживанием сети.

Опыт реализации проекта

Процесс выбора *DWDM*-системы длился почти 12 месяцев и завершился в июле 2006 г. За это время в процессе проведения тендера были рассмотрены и проанализированы системы, базирующиеся на аппаратно-программных решениях ведущих мировых производителей в области сетевых технологий: *Nortel*, *Alcatel*, *Ericsson*, *Cisco*, *Marconi*, *Huawei*, *ECI*. Исходя из критерия «функциональность–стоимость», была выбрана *DWDM*-система компании *Cisco Systems*, ориентированная на оптимизацию операционных процессов пользователей *DWDM*-систем и которая создавалась как городская и региональная автоматизированная системы нового поколения – *SMART*:

- *Simplified* – в эксплуатации аналогична оборудованию *SDH*;

- *Multi-purpose* – единая система для решения различных задач (разные типы трафика, расстояния);

- *Automated* – интеллектуальный контрольный уровень и перенастраиваемые оптические интерфейсы;

- *Reliable* – система операторского класса;

- *Today* – все доступно уже сегодня и определены планы развития системы.

Проект стартовал в августе 2006 г., разработчиком проекта и интегратором *DWDM*-системы стала компания «ЭС ЭНД ТИ УКРАИНА», имеющая опыт внедрения проектов всеукраинского масштаба [1–4]. Специалисты «ЭС ЭНД ТИ УКРАИНА» и «Киевстар Дж.Эс.Эм.», при участии компании *Cisco Systems*, провели анализ, определили конфигурацию, дизайн и топологию будущей сети. Для этого использовали специализированное программное обеспечение (ПО), разработанное *DWDM*-подразделением *Cisco Systems*, куда заносятся исходные данные (протяженность волоконно-оптической линии, коэффициент затухания оптоволокна) и по специальным формулам рассчитывается конфигурация компонент системы и модулей, а затем формируются конфигурационные файлы, для дополнительной надежности проверенные производителем оборудования компанией *Cisco Systems* и сделан окончательный вывод о работоспособности проектируемой системы. Полученные в результате таких расчетов файлы содержали четкие рекомендации относительно необходимых компонент системы, модулей и их рабочих характеристик. В декабре 2006 г. на основе полученных результатов были окончательно сформированы спецификации необходимого оборудования и ПО для построения *DWDM*-системы «Киевстар Дж.Эс.Эм.». Фирма «ЭС ЭНД ТИ УКРАИНА» осуществила заказ, поставку оборудования и ПО, а также размещение его на площадках оператора по всей территории Украины.

Вся сеть была разбита на участки (Киев–Львов, Киев–Одесса, Киев–Харьков и др.). Бригады, состоящие из специалистов по монтажу и технике, проводили на каждом участке мон-

таж оборудования и его локальное тестирование. Затем осуществлялось общесетевое тестирование с использованием специального оборудования для генерирования трафика. Приборы проверяли, каким образом по сети осуществляется трафик различных типов сервисов, которые «Киевстар Дж.Эс.Эм.» предоставляет и планирует предоставлять. Также с их помощью проводилась проверка на ошибки, их анализ и устранение путем замены и переконфигурирования компонент системы и модулей.

Специалисты «ЭС ЭНД ТИ УКРАИНА», следуя рекомендациям *Cisco Systems*, подготовили полную документацию проекта, разработав три типа документов:

1. *LLD (Low Level Design)* содержит базовое описание принципов функционирования развернутой сети;

2. *NIP (Network Implementation Plan)* включает в себя все конфигурационные настройки оборудования, описанного в *LLD* (основываясь на описанных в *NIP* настройках, заказчик в любой момент сможет восстановить вышедшее из строя оборудование);

3. *NRFU (Network Ready For Use)*, в котором описана методика тестовых работ (тестирования узла и сети в целом).

Благодаря этому заказчик может убедиться, что устройства функционируют корректно, именно так, как определено в техническом задании.

Магистральная *DWDM*-сеть «Киевстар Дж.Эс.Эм.» основана на мультисервисной транспортной платформе *Cisco ONS 15454*, основные преимущества которой:

- *ROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer)* – гибкость матрицы трафика, полностью программно управляемое решение;

- *Mesh/Multi-Ring* – обеспечивает расширение сети и позволяет избежать затрат на *3R* регенерацию;

- *XPonder* – конвергентное решение *Layer2 Layer1* для оптимального транспорта *Ethernet* поверх *DWDM*;

- *IPoverDWDM* – управление оптическими каналами от внешних маршрутизаторов/ком-

мутаторов *Cisco* и поддержка транспорта каналов третьих производителей;

- *MSPP-on-a-Blade*- функциональность *10G ADM* мультиплексора на одной карте с поддержкой транспорта *Ethernet*;

- гибкость сервисов – поддержка транспорта трафика *SONET/SDH, Ethernet, SAN* и *Video* с использованием программно настраиваемых транспондерных карт (*TXP/MXP/XP*);

- *CTP* – оптимизация сети под заданный уровень гибкости, что обеспечивает оптимальное техническое решение для конкретной задачи;

- корреляция аварийных сообщений – упрощение управления и поиска неисправностей на уровне узлов и сети в целом;

- сквозная активация каналов – высокая скорость активации сервисов и снижение влияния человеческого фактора.

Построенная *DWDM*-сеть состоит из более 120 узлов и полностью охватывает территорию Украины. На 46 узлах используются перенастраиваемые оптические мультиплексоры ввода-вывода (*ROADM*), которые несут в себе полный функционал по вводу-выводу сигналов различных длин волн.

Частью проекта стало внедрение системы управления сетью *DWDM*, которая базируется на ПО *Symantec Veritas High Availability*. Это ПО контролирует два главных узла, осуществляя балансировку и определяя, какой из узлов активен в данный момент. При выходе из строя одного из узлов происходит программное переключение управления на резервный. Система управления *Cisco Transport Manager (CTM)* совместно с системой контроля сбоев *Tivoli Netcool* проводит мониторинг состояния сети. Сообщения о неисправностях поступают от сетевых устройств в *CTM*, после чего с помощью интерфейса для распределенных приложений *CORBA (Common Object Request Broker Architecture)* они передаются в агент *Probe for Cisco CTM*. На этом уровне происходит нормализация полей сообщений о неисправностях и передача их в *Netcool Object Server* для консолидации и последующей обработки. В качестве операционной системы в проекте используется *Sun Solaris*, а в СУБД – *Oracle*.

Результаты реализации проекта

Построена разветвленная, с хорошо продуманной топологией, магистральная *DWDM*-сеть ЗАО «Киевстар Дж.Эс.Эм.» – одна из самых больших в Украине (рисунок). Реализация проекта позволила повысить емкость магистральной сети компании «Киевстар Дж.Эс.Эм.», увеличив пропускную способность до 320 Гбит/с. Это обеспечивает возможность наращивания количества сервисов, предоставляемых компанией своим клиентам. В частности, это означает, что теперь «Киевстар Дж.Эс.Эм.» может на каждом участке сети обслуживать разговоры до четырех миллионов абонентов. Внедренная *DWDM*-система позволяет увеличить емкость магистральной сети, не прерывая работающих сервисов, что стало определяющим фактором для мобильного оператора. Благодаря полной прозрачности внедренной магистральной сети для уже существующего оборудования компании «Киевстар Дж.Эс.Эм.», процесс интегри-

рования новой *DWDM*-системы с инфраструктурой оператора значительно упростился. Пропускная способность сети увеличилась в восемь раз, а заложенная при проектировании масштабируемость позволит сделать этот рост 64-кратным. Технические особенности *DWDM*-сети обеспечили защиту трафика от сбоев, особенно при международных и междугородных вызовах.

Помимо расширения возможностей магистральной сети, реализованное в «Киевстар Дж.Эс.Эм.» решение позволяет значительно сократить операционные расходы оператора, связанные с обслуживанием внедренной сети. Это обусловлено гибкостью, простотой в управлении и однотипностью системных модулей платформы *Cisco ONS 15454*, которая поддерживает приложения *DWDM*, *SDH (SONET)*, агрегации и передачи трафика данных; различная функциональность в которой активизируется в зависимости от установленных модулей в шас-



Магистральная *DWDM*-сеть «Киевстар Дж.Эс.Эм.»

си; новые функции могут быть добавлены в работающую сеть без остановки предоставляемых сервисов.

Заключение. В результате успешного решения всего комплекса задач по интеграции возникающих в проектах такой сложности [5], за 18 месяцев была построена магистральная DWDM-сеть ЗАО «Киевстар Дж.Эс.Эм.» общей протяженностью более 15 тыс. км. С момента завершения проекта в апреле 2008 г. проводились работы по модернизации существующей DWDM-системы, состоящей в увеличении объема передаваемого трафика путем инсталляции дополнительных карт для клиентских подключений (транспондеров и мукспондеров). Модернизация транспортной сети позволила «Киевстар Дж.Эс.Эм.» не только удовлетворить свои дополнительные потребности, но и сдать оптические каналы в аренду. В 2009 г. осуществлена бесшовная модернизация системы до новой версии программного обеспечения, которая также добавила новые функциональные элементы в уже работающие узлы и трансформировала отдельные участки линейной топологии в одну многонаправленную архитектуру. Это позволило упростить обслуживание системы, так как под управлением заказчика теперь находится одна комплексная топология, а не набор из нескольких линейных топологий. Также повысилась масштабность и доступность сети благодаря прозрачной передаче трафика между узлами ввода-вывода на разных участках и введению в систему дополнительных схем защиты и восстановления после отказов.

В ходе реализации проекта построения DWDM-системы для ЗАО «Киевстар Дж.Эс.Эм.» использован и дополнен накопленный опыт по формированию и обоснованию набора требований и соответствующей им функциональной структуры систем, последовательности задач, решаемых в ходе их интеграции, практического применения разработанного ма-

тематического аппарата, при выборе компонент систем из представленного на рынке набора программных и аппаратных средств [6–9].

Технологии и подходы к решению задач, примененные в этом проекте, в значительной мере стали более универсальными, что позволяет использовать их при построении подобных интегрированных телекоммуникационных систем с гетерогенной структурой.

1. Лисецкий Ю.М., Бобров С.И., Бобров А.И. Национальная сеть беспроводного доступа в Интернет // УСиМ. – 2007. – № 5. – С. 81–85.
2. Лисецкий Ю.М., Бобров С.И. Корпоративная интегрированная информационная система для энергетиков / Моделювання та інформаційні технології. Спец. вип. Інформаційні технології в енергетиці: Зб. наук. пр. – К.: Ін-т проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2006. – С. 91–94.
3. Лисецкий Ю.М., Каревина Н.П. Опыт построения информационно-технологической инфраструктуры территориально распределенного предприятия // Математичні машини і системи. – 2009. – № 2. – С. 85–93.
4. Лисецкий Ю.М., Бобров А.И. Опыт построения корпоративного центра обработки данных национального масштаба // УСиМ. – 2008. – № 6. – С. 82–88.
5. Лисецкий Ю.М. Проблемы построения интегрированных информационных систем с заданными свойствами // Там же. – 2009. – № 4. – С. 23–25.
6. Лисецкий Ю.М. Методы и алгоритмы комплексной количественной оценки качества систем. – М.: ЦВСИТ ИМВС РАН, 2002. – 20 с.
7. Лисецкий Ю.М. Реализация методики комплексной количественной оценки качества сложных систем в программном комплексе «Вердикт». – М.: ЦВСИТ ИМВС РАН, 2005. – 26 с.
8. Лисецкий Ю.М. Метод комплексной экспертной оценки для проектирования сложных технических систем // Математичні машини і системи. – 2006. – № 2. – С. 141–147.
9. Лисецкий Ю.М. Выбор сложных систем по критерию минимума среднего риска // УСиМ. – 2007. – № 3. – С. 22–26.

Поступила 16.03.2010

Тел. для справок: (044) 238-6388, 526-6119 (Киев)

E-mail: lurii.lysetskyi@snt.ua, org@immsp.kiev.ua

© Ю.М. Лисецкий, Н.П. Каревина, 2010