

РАЗВИТИЕ WDM-ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ

Актуальные задачи

И.Лукин, к.т.н.
И.Толстихин
В.Удовиченко к.т.н.
vat@supertel.spb.su

В последнее время в российской научно-технической периодике опубликовано много материалов, посвященных состоянию разработок и тенденциям развития оптических информационных систем, работающих с использованием технологии спектрального мультиплексирования – аналога частотно-уплотнения в оптическом диапазоне. С одной стороны, это естественно, поскольку общеизвестны огромные возможности развития цифровых сетей за счет эффективного использования полосы прозрачности кварцевого линейного оптоволокна. Но, вместе с тем, общий тон многих публикаций производит впечатление либо изложения хорошо известных специалистам методов и возможностей применения CWDM/DWDM, либо аналитических обзоров состояния и тенденций развития таких систем с позиций телекоммуникационного оборудования "мирового уровня" [1–4]. При этом недостаточно освещаются проблемы участия в этом процессе нашей промышленности, с учетом специфики именно российских информационных инфраструктур.

ТЕХНОЛОГИИ CWDM

Санкт-Петербургская фирма "Супертел", разрабатывающая и выпускающая довольно разнообразную номенклатуру оборудования для волоконно-оптических информационных систем, в том числе на основе WDM-технологий, считает одной из наиболее актуальных задач не только (и, может быть, не столько) наращивание технических параметров аппаратуры, сколько более эффективное использование ресурсов уже эксплуатируемых или модернизируемых сетей среднего масштаба – региональных, областных или корпоративных, в рамках бизнес- или академических объединений (кампусов). Один из наиболее экономически эффективных путей повышения емкости, эксплуатационной гибкости и надежности таких систем – уплотнение их оптического слоя с использованием отечественных комплексов, работающих на основе CWDM. Это может обеспечить значительные преимущества перед использованием оборудования для мощных DWDM-магистралей, дорогостоящих и рассчитанных на объемы трафика, далеко превосходящие реальную потребность в большинстве таких сетей. При

этом отнюдь не обязательно оснащать узловые пункты сетей самыми современными моделями телекоммуникационного оборудования, которые усиленно рекламируют зарубежные фирмы. Коммерческая эффективность использования, стоимость и долговременная надежность техобслуживания оборудования в подавляющем большинстве российских периферийных волоконно-оптических систем могут быть близки к оптимальным именно при использовании CWDM-мультиплексоров и мульти-сервисных платформ, выпускаемых отечественной промышленностью. Например, таких как FlexGain-WDM [1, 5] или комплекс мультисервисного оборудования, выпускаемый петербургской фирмой "Супертел". Рассмотрим подробнее оборудование, входящее в состав комплекса для формирования и обработки оптического слоя CWDM-сети или магистралей.

Оптический мультиплексор каналов (ОМК) (рис.1) объединяет/разделяет до 16 CWDM-каналов (до 2,5 Гбит/с в каждом) в составе линейного сигнала. Оптический коммутатор каналов (ОК) (рис.2) предназначен для неблокирующей коммутации до четырех оптических каналов



Рис.1. **Оборудование оптического мультиплексирования каналов ОМК**



Рис.2. **Оборудование оптической коммутации каналов ОК**

(4x4) с любыми скоростями и протоколами передачи. Мультиплексор комбинированный для систем связи с функциями спектрального уплотнения CWDM (МКСС) (рис.3) формирует и обрабатывает (коммутация, маршрутизация, резервирование) линейные сигналы в оптическом слое волоконно-оптических сетей с технологией CWDM. Оборудование сетевого коммутационного узла на базе мультисервисной платформы МКСС (рис.4) дистанционно коммутирует оптические CWDM-каналы между четырьмя направлениями линейных трактов в составе сети с любой топологией. Оборудование синхронного мультиплексирования комбинированное (ОСМ-К) (рис.5) – это мультисервисная платформа для уровней STM-1/4/16 в сетях связи с применением CWDM-технологии. Оптический мультиплексор ввода-вывода реконфигурируемый ОМВВ-Р-8 (рис.6) предназначен для дистанционно реконфигурируемого ввода-вывода произвольного набора до восьми каналов из состава линейного

сигнала CWDM-системы. Оптические мультиплексоры ОМ-4, ОМ-2x4, ОМ-8, ОМ-2x8 (рис.7) формируют линейный CWDM-сигнал посредством мультиплексирования канальных сигналов от транспондеров и разделения принимаемого линейного сигнала на составляющие.

Не вдаваясь в детальное перечисление технических возможностей оборудования (изложенных на сайте компании [6]), отметим, что на основе мультисервисных платформ ОСМ-К, МКСС и другого оборудования комплекса можно построить региональную сеть, эксплуатационные возможности которой вполне достаточны для прогнозируемого на ближайшее будущее трафика. В частности, возможна:

- организация трафика по одной паре линейных волокон до 20 Гбит/с (8x2,5 Гбит/с, STM-16);
- организация произвольной архитектуры и динамического управления вводом-выводом CWDM-каналов в составе используемой топологии сети;

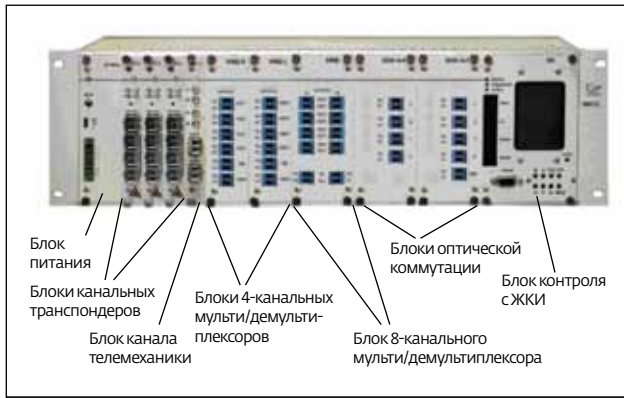


Рис.3. Мультиплексор комбинированный для систем связи с функциями

- полнодоступная коммутация 4x4 всех каналов линейного CWDM-сигнала независимо от других каналов трафика;
- автоматизированный эксплуатационный мониторинг всего оборудования CWDM-слоя с применением ПО "Супертел-NMS";
- реализация любой из аппаратурных схем, предусмотренных рекомендацией ITU-T G.695, и резервирование (1+1) с соответствующим комплектом ЗИП из минимального набора унифицированных функциональных блоков.

Таким образом, на современном уровне развития и состояния российских сетей и комплексов волоконно-оптических систем передачи информации для увеличения емкости уже существующих сетей и линий наиболее рационально использовать технологию CWDM. Она позволяет столь значительно увеличить пропускную способность сети без дорогостоящей переделки аппаратуры и интерфейсного оборудования, что этого во многих случаях оказывается достаточно.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ OTN

Общепринято, что основная концепция развития информационных сетей нового поколения (NGN) на обозримую перспективу – построение оборудования полностью оптических транспортных сетей OTN (Optical Transport Network). Их структура и детальная регламентация, изложенная в стандартах [7, 8] и других, позволяет успешно совместить гибкость и надежность хорошо разработанной технологии SDH с рекордной пропускной способностью систем DWDM. Характеристики OTN предусматривают обеспечение всех требований к информационным системам следующего поколения: масштабируемость, мульти-сервисность, возможность коллективного использования ресурсов различных операторов услуг связи, прозрачность для пользователей, высокий уровень надежности и качества передачи. При этом в оптическом слое сети реализуются функциональные возможности, характерные для систем SDH, а благодаря отсутствию в OTN электронных блоков обработки сигналов, вносящих специфические ограничения, можно формировать и обрабатывать мультигигабитные объемы информационного трафика.

В рамках стоящей перед фирмой "Супертел" задачи – создание оборудования для таких сетей, мы считаем, что оборудование транспортного слоя OTN, как базовой структуры NGN, включая и оборудование ав-



Рис.4. Оборудование сетевого коммутационного узла на базе мультисервисной платформы МКСС

томатически коммутируемых оптических сетей (ASON или AKOC), будет состоять из трех основных функциональных составляющих – линии передачи, интеллектуальных маршрутизаторов и перестраиваемых (или спектрально-селективных) оптических и оптоэлектронных компонентов.

OTN базируется на DWDM-технологии, также регламентированной стандартами ITU-T. Несущие длины волн и оптические пути в OTN нового поколения коммутируются с высокой скоростью и полностью оптически. Суммарная скорость цифровой передачи в оптических линиях – порядка десятков или, возможно, сотен терабит в секунду. Пропускная способность в отдельных каналах может достигать мультигигабит в секунду. Структура сетевой топологии будет преимущественно ячеистая (с малыми размерами ячеек) вместо больших кольцевых систем. OTN на пользовательских терминалах будет обеспечивать полную, неограниченную функцию предоставления полосы по требованию BOD (Bandwidth-on-Demand). Густая сетевая структура OTN создает предпосылки для весьма высокой надежности. Применение технологии DWDM обеспечивает OTN практически бесконечную пропускную способность, а граничные маршрутизаторы – высокую интеллектуальность OTN.

СОЗДАНИЕ РОССИЙСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ СЕТЕЙ NGN

Говоря о создании оборудования NGN российской промышленностью, особо отметим – необходим акцент на замене малоэффективных методов проведения подобных комплексных разработок, характерных для прошлого, на новых подходах к организации всего процесса разработок. Этот процесс для нашей страны не будет развитием накопленного ранее опыта, а явится, по сути, новым научно-технологическим направлением. Поэтому вести его, по нашему мнению, необходимо совершенно иными методами, чем те, которые приняты для традиционных НИОКР.

Компания "Супертел" выдвинула новую методическую концепцию создания систем NGN – **принцип целевой комплексной разработки применительно к конкретной ВОСП** [9]. Ее основные положения:

- вместо жестко формализованных ТЗ в начальной стадии разработки участники контрактной работы над проектом (с обеих сторон – как будущего провайдера системы, так и разработчика и поставщика оборудования и управляющего софта) организуют своеобразный штаб проектировщика данной системы, действующий в течение всего цикла создания системы;
- выбор оптимального для эксплуатационного режима системы соотношения доменов SDH и WDM;

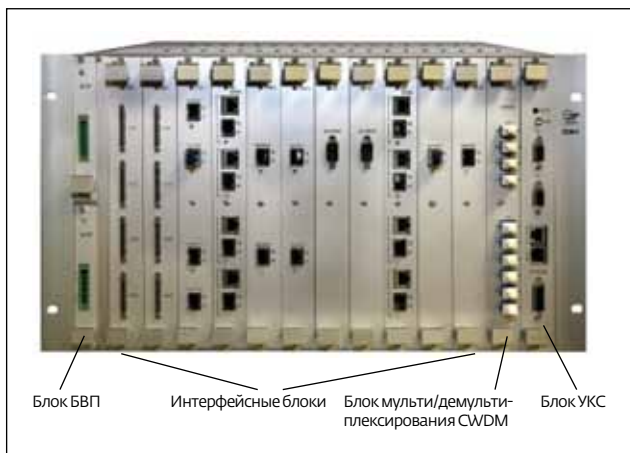


Рис.5. Оборудование синхронного мультиплексирования комбинированное ОСМ-К

- проектирование архитектуры будущей сети и составление матрицы трафика;
- определение сетевой топологии (линейная, ячеистая, кольцевая) и ресурсный расчет SDH- и WDM-слоя;
- анализ выбранного рабочего варианта системы в отношении обеспечения требуемого трафика с применением алгоритма проверки терминалов на доступность всех планируемых соединений и возможности аварийной маршрутизации;

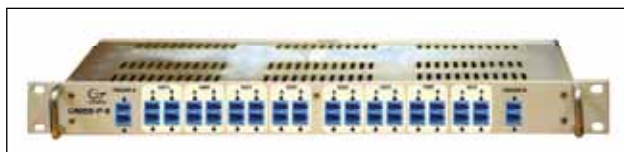


Рис.6. Оборудование оптического мультиплексора ввода-вывода реконфигурируемого OMBV-P-8

- определение сметной стоимости проекта, исходя из состава необходимого оборудования для различных эксплуатационных режимов и вариантов возможной модернизации.

Такой комплексный подход и совместное решение узловых вопросов в оптимизированном для конкретного проекта случае должны повысить результативность работ, существенно снизить финансовые и временные затраты при создании инфраструктуры NGN-сетей в России.

В качестве исходных данных для начала такого проектирования необходимо располагать определённым выбором функциональных элементов с характеристиками, обеспечивающими функциональные и эксплуатационные требования к оборудованию NGN. Сейчас многое в этом отношении стандартизовано в рекомендациях ITU- T [10, 11] и др. Исходя из этих данных, для отечественных образцов оборудования DWDM следующего поколения необходимо разработать и реализовать, по возможности на своей технологической базе, блок-схемы достаточно сов-

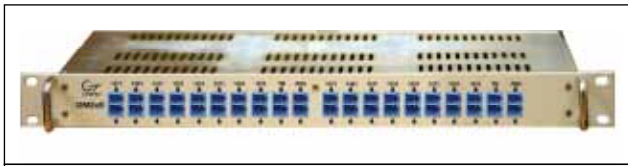


Рис.7. **Оптические мультиплексоры OM-4, OM-2x4, OM-8, OM-2x8**

ременных базовых узлов оборудования, формирующего оптический слой. Оптимизированные базовые узлы в дальнейшем могут быть приняты в качестве типовых. Такими узлами являются мультисервисный терминал системы, транзитный узел с линейной ретрансляцией, реконфигурируемый мультиплексор ввода-вывода (ROADM), включающий варианты коммутационного узла для ветвящейся топологии и маршрутизатора.

Подчеркнем, что управление сетевым оборудованием, характеризующее "интеллектуальную достаточность" оптического слоя NGN, – это самостоятельное направление, такое же обязательное условие успеха разработки системы в целом, как и конструирование самих узлов линейного оборудования. Состояние разработок ПО для сетевого управления в системах нынешнего поколения в России можно считать удовлетворительным, по крайней мере, на примере достаточно гибкой и удобной в эксплуатации сетевой системы управления "Супертел NMS" (в нескольких версиях).

Для NGN-разработок, возможно, в качестве исходной установки следует руководствоваться моделью, определяемой ITU-T и ISO в соответствии с требованиями стандарта M.3400 [12]. В аббревиатуре модели FCAPS отражены ее функции:

- F** Fault Management – выявление и устранение отказов и проблем в сети, обработка аварийных сообщений и системных прерываний, тестирование и диагностика.
- C** Configuration Management – мониторинг и контроль аппаратного и программного обеспечения сети.
- A** Accounting – распределение и надлежащее использование сетевых ресурсов.
- P** Performance Management – статистика работы сети в реальном времени, минимизация узких мест для трафика, анализ тенденций и планирование ресурсов сети.
- S** Security Management – контроль доступа, защита от внешних и внутренних нарушителей.

Так, широко распространенные системы сетевого управления (NMS), например, на базе протоколов SNMP или MPLS, являются упрощенными (по числу поддерживаемых функций) вариантами FCAPS. В качестве примера, иллюстрирующего построение NMS типа FCAPS, в [9] приведена обобщенная схема встроенного управления, разработанного фирмой Cisco для применения в системах, работающих на основе MPLS (RFC3031, MultiProtocol Label Switching – мультипротокольная коммутация на основе меток). Вместе со своими производными – GMPLS и GMλS – MPLS является самой эффективной для передачи IP-трафика и, соответственно, оптимальна для работы в сети IP-ориентированных приложений, которые будут основными в трафике NGN [13].

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

Развитие существующих и построение новых современных телекоммуникационных сетей в регионах России с использованием ROADM в оборудовании CWDM – это инновационное, опережающее направление модернизации информационной инфраструктуры. Оно обеспечивает гибкий и оперативный доступ пользователей, коммутацию и маршрутизацию любого вида трафика, позволяя достичь существенного снижения затрат операторов по сравнению с DWDM-оборудованием при передаче со скоростями, обеспечивающими реальную потребность в обозримой перспективе. Важно подчеркнуть, что при этом можно без дополнительных капитальных затрат использовать существующие кабельные линии, получая инновационное качество новых систем передачи информации. При установке в сетях отечественного оборудования не только снижается зависимость от поставки импортных аналогов, но и обеспечивается дополнительная информационная защищенность российских телекоммуникаций.

Для поддержания достаточно высокой рыночной конъюнктуры российского телекоммуникационного оборудования следующего поколения необходим качественно новый подход к проектированию и изготовлению такого оборудования, включая средства программного управления. Такой подход подразумевает обязательную взаимную координацию работ между всеми разработчиками, поставщиками и заказчиками NGN-сетей в России, вплоть до завершения проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Чернова О.** Технологии xWDM – это перспективно. Решения ГК "Натекс". – Первая миля, 2011, № 1, с.26–31.
2. **Слепов Н.** Особенности современной технологии WDM. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2004, № 6, с. 68–76.
3. **Наний О.Е.** Основы технологии спектрального мультиплексирования каналов передачи. – Lightwave Russian Edition, 2004, № 2, с.47.
4. **Алексеев Е.Б.** Перспективы развития оптического транспорта и доступа. – Вестник связи, 2008, № 9.
5. www.nateks-ural.ru/products/1/161
6. www.supertel.spb.su
7. Rec. ITU-T G.872 (11/2001) Architecture of Optical Transport Networks.
8. Rec. ITU-T G. 874 (11/2001) Management Aspects of the Optical Transport Network Element.
9. **Лукин И.А., Толстихин И.Д., Удовиченко В.Н.** О разработках в России оборудования спектрального мультиплексирования для CWDM-сетей и для ВОСП-NGN. – Системы и средства связи, телевидения и радиовещания (СССТР), 2010, вып.1,2 с. 85–94.
10. **Алексеев Е.Б.** Транспортная платформа NGN. Динамика развития. – Технологии и средства связи, 2006, № 3.
11. Rec. ITU-T Y.2001 (12/2004) General Overview of NGN; Rec. ITU-T Y.2011 (10/2004) General Principles and General Reference Model for NGN.
12. Rec. ITU-T M3400 (04/1997) TMN Management Functions.
13. **Vivek Alwayn.** Advanced MPLS Design and Implementation. – www.ciscopress.com