

ТС

АКАДЕМИЯ

СОВРЕМЕННЫХ

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ

ТЕХНОЛОГИЙ

ТС **Транспортные сети связи**
ТС.1 О прагматичном подходе к развитию
оптических сетей на современном этапе

(количество частей – 1, число страниц - 9)

ТС.1

Оптические транспортные сети

Целесообразно уточнить понятия в области оптических транспортных сетей с помощью рекомендаций Международного союза электросвязи (МСЭ).

Транспортная сеть с синхронной цифровой иерархией (Synchronous Digital Hierarchy – SDH) определяется рекомендацией МСЭ G.707. SDH является иерархическим набором цифровых транспортных структур стандартизованных для транспортирования соответствующим образом приспособленных полезных (оплачиваемых) нагрузок по физическим сетям передачи. SDH по оптическому волокну является частным случаем наряду с другими средами передач.

Рекомендация G.872 определяет термин оптическая транспортная сеть (Optical Transport Network – OTN). OTN – это транспортная сеть, ограниченная точками доступа оптического канала. OTN является многоканальной сетью, т.е. сетью с разделением по длине волны. В частном случае она может быть одноканальной. Предусматривается три возможных скорости в каждом канале: 2.5 Гбит/с, 10 Гбит/с и 40 Гбит/с.

Рекомендация G.671 определяет термины плотное мультиплексирование с разделением по длинам волн (Dense Wavelength Division Multiplexing – DWDM) (с разносом длин волн от 0.1 нм до 0.8 нм) и грубое мультиплексирование с разделением по длине волны (с разносом длин волн 20 нм). Разделение по длинам волн адекватно понятию ”спектральное уплотнение”.

Рекомендации G.709 и G.692 определяют интерфейс сетевого узла оптической сети и оптические интерфейсы для многоканальных систем с оптическими усилителями.

Рекомендации МСЭ трактуют сети DWDM и WDM как многоканальные с разделением по длине волны. Однако они не исключают применение преобразования сигнала оптика-электроника-оптика (О-Э-О) на пути от источника до адресата.

Если в OTN сигнал от пункта источника до пункта-адресата распространяется без преобразований О-Э-О, то такие линии принято называть полностью оптическими (AllOTN-AOTN). Следует отметить, что длинные (от нескольких сотен до нескольких тысяч километров) DWDM в большинстве случаев строятся с усилением на оптическом уровне, но с регенерацией 3R на электрическом уровне. В дальнейшем под OTN мы будем относить не только AOTN, но и WDM и DWDM. Линии OTN характеризуются развитыми встроенными механизмами управления, восстановления, обеспечения целостности информации.

В AOTN для создания полностью оптического пути применяется ряд новых методов, которые только в последнее время вышли за пределы лабораторий и приобрели вид

коммерческого продукта. Известно, что к таким инновациям относятся способы: усиления сигналов, восстановления формы и синхронизации с отсечкой накапливающихся в линиях шумов на полностью оптическом уровне.

Усиление сигналов на оптическом уровне достигается с помощью локальных эрбиевых усилителей или непосредственно в оптическом волокне с помощью распределенных усилителей Рамана. При этом длина волны участка между усилителями увеличивается примерно вдвое и достигает порядка 200 км. Эта операция достаточно хорошо освоена. Она может применяться практически во всех WDM и DWDM.

Дальнейшим препятствием для передачи сигнала по полностью оптическому пути является размывание формы сигнала вследствие дисперсии. Для исправления формы сигнала применяются отрезки оптических кабелей (ОК) с волокнами ненулевой дисперсии, имеющими сдвиг оптической дисперсии разной полярности. Для компенсации дисперсии в уже проложенных кабелях применяются катушки кабелей с повышенной обратной компенсацией дисперсии. При использовании этих способов длина участка пути светового сигнала увеличивается до 1500-2000 км. При этом общая длина разбивается на участки, на каждом из которых осуществляется регенерация 2R.

Для дальнейшего увеличения длины AOTN необходима регенерация сигнала на оптическом уровне с отсечкой шумов. Для осуществления регенерации необходимо выполнение двух основных операций: выделение тактовой частоты в каждом канале и управление лазером с оптического уровня. В настоящее время достигнуто выполнение этих операций, и, следовательно, так называемая регенерация 3R (восстановление уровня-формы-времени, т.е. синхронизации) на полностью оптическом уровне.[1] Этим сняты ограничения по дальности OTN.

Прогнозы и реальность

С появлением в начале века OTN ведущие мировые фирмы-разработчики и производители оборудования связи всемерно “подогревали” прогнозы о небывалом росте трафика в ближайшие годы и о том, что этот непрерывно возрастающий трафик, особенно трафик передачи данных, можно пропустить только через OTN, что OTN и являются как раз сетями следующего поколения (Next generation networks = NGN). Многие предсказывали отмирание сетей SDH, так как они не могут справиться с передачей возросшего трафика.[2]

Прогноз в отношении OTN основывался не только на росте трафика, но и на тех свойствах, которыми обладают эти сети:

- Пропускная способность, обеспечивающая удовлетворение спроса на услуги транспортирования информации в течение обозримого времени с учетом самых радикальных прогнозов.
- Наибольшая прозрачность для всех видов информации и таким образом возможность конвергенции всех видов сетей в единую универсальную мультимедийную сеть.
- Длина AOTN практически не ограничена.
- Возможность оперативной коммутации и переконфигурации за несколько миллисекунд в соответствии с текущими запросами.
- Высокая надежность, достоверность E-13 степени, повышенная помехоустойчивость, сниженное энергопотребление.

В потенциале имеется возможность развития дополнительных качеств.

В начале века было построено несколько OTN. Некоторые из них создавались в целях проведения экспериментов, а также для повышения имиджа фирм-производителей оборудования и фирм-операторов. После получения первых результатов эксплуатации этих линий, многие инвесторы избавились от эйфории глобального применения терабитных OTN.

Действительное развитие событий внесло значительные коррективы в прогнозы 2000 года.

Во-первых, ожидаемого резкого увеличения трафика не произошло. Трафик продолжал расти, но не такими быстрыми темпами, как прогнозировалось. Конечно спад 2000-2003 года в экономике США и стран Западной Европы сказался на этом процессе. Однако все объяснять спадом экономики было бы неправильным. Спад заканчивается, а темпы роста трафика не увеличиваются. Сам “шум”, который был раздут на рубеже веков по поводу необычного предстоящего роста спроса на услуги связи и глобального перехода на OTN во многом можно объяснить стремлением мировых фирм в области связи вернуть с прибылью затраты,

произведенные на разработку оборудования OTN, на те инновации, которые обеспечили возможность появления этих сетей.

Во-вторых, построенные OTN оказались весьма дорогостоящими сооружениями. И хотя стоимость канало-километров падала, эти “дешевые” канало-километры в значительной степени оказались невостребованными. Отдельные магистрали оказались загруженными всего на 3%.

Кроме того, до сих пор полностью не установилась и продолжает совершенствоваться технология AOTN, в частности, устройства регенерации 3R на полностью оптическом уровне. Для AOTN пока также отсутствуют промышленно выпускаемые устройства памяти, устойчиво сохраняющие два состояния на оптическом уровне (подобно 0 и 1 на электронном уровне), что создает известные трудности при передаче цифровых пакетов, которые необходимо преодолевать специальными методами (например, коммутацией “вспышкой” – пачкой пакетов).

Все это резко затормозило новое строительство OTN. Операторы, не получившие должной отдачи от затраченных на OTN капиталов, сократили заказы на новые OTN, а производители оборудования вынуждены были сокращать производство оборудования.

За эти же годы (2000-2003) совершенствование сетей SDH не остановилось. Были найдены новые решения, которые сделали их более эффективными [3].

Во-первых, совершенствование конфигурации сетей SDH привело к преобразованию кольцевых структур в ячеистые структуры. В связи с этим появились новые методы защиты (например r-контур), сократился объем резервной емкости, появилась возможность оперативного реагирования на динамику трафика, структура сетей была приближена к сетям передачи данных, что повлияло на увеличение эффективности, особенно при передаче цифровых пакетов, повысилось использование полосы частот.

Во-вторых, была разработана так называемая процедура общего кадрирования (Generic Framing Procedure – GFP), которая расширила границы при передаче данных (ПД) по различным протоколам, т.е. сети SDH стали более прозрачными.

В-третьих, в технологии SDH при передаче данных нашли применение отдельные протоколы, ускоряющие их передачу поверх SDH (например, мультипротокол коммутации по меткам Multiprotocol Label Switching – MPLS).

В-четвертых, технология SDH оказалась наряду с другими технологиями эффективной для использования в каналах WDM и DWDM, при этом протокол MPLS был распространен и на

каналы с разделением по длине волны и получил наименование обобщенного мультипротокола коммутации по меткам (Generic MPLS – GMPLS). При этом меткой является ”цвет” волны.

В-пятых, сети SDH показали свою эффективность при организации частных виртуальных сетей (Virtual Private Network – VPN) особенно с введением виртуальной конкатенации (Virtual concatenation – VC) и схемы резервирования емкости линий (Link Capacity Adjustment Scheme – LCAS). Эти нововведения повысили качество услуг, предоставляемых клиентам. Клиенты могут получать из сети и, следовательно, оплачивать ту скорость (с градацией в 2 Мб/с), которая им нужна в данный момент.

Произошло еще одно событие в годы упадка. Мировые фирмы-разработчики и изготовители оборудования связи, испытывающие недогрузку производственных мощностей, все же нашли область общих интересов с клиентами. Клиенты охотно откликнулись на предложения фирм по поставке устройств доступа к сетям. Устройства доступа на основе универсальных цифровых платформ оказались удобными для организации связи внутри офисов для выхода на сети общего пользования, для организации корпоративных сетей и VPN. Все страны, в том числе Россия, до сих пор испытывают натиск предложений по внедрению устройств доступа.

Внедрение устройств доступа в значительной мере способствует повышению конкурентоспособности сетей SDH, особенно с учетом организации VPN, VC и LCAS.

Все указанные последние достижения в области сетей SDH вдохнули в них новую жизнь, продлили их эксплуатацию. Прогнозы об отмирании сетей SDH оказались преждевременными. Таким образом, с одной стороны, имеются разветвленные и многочисленные сети SDH, которые во многом окупили себе и продолжают давать доход, с другой стороны, нарождающиеся пока немногочисленные сети WDM, DWDM и совсем единичные AOTN. Естественно возникает вопрос, по какому пути идти дальше как в количественном, так и в моральном (качественном) отношении.

Предложения по OTN

Естественно, что при любых капитальных вложениях производятся технико-экономические обоснования (ТЭО), составляется бизнес-план для обоснования окупаемости и прибыльности произведенных капитальных затрат. Тем более все это относится к таким дорогостоящим сооружениям, какими являются OTN.

При составлении ТЭО особенно остро, на наш взгляд, стоит вопрос о резерве или запасе на будущее развитие. При этом, речь идет как о количественном резерве, так и запасе по качеству.

Для расчета количественного запаса по пропускной способности разработаны специальные методы, основанные на определении капитальных затрат и сроков окупаемости при разных величинах запаса.

Увеличение запаса по качеству связано с применением инноваций с неустановившейся технологией, что вызывает необходимость экспериментальной проверки и доводки оборудования во время пуска, а, возможно, и некоторого срока эксплуатации. В то же время отсутствие морального запаса приводит к снижению конкурентноспособности вследствие того, что операторы, имеющие оборудование более высокого качества, получают возможность предоставления клиентам расширенного спектра услуг на более высоком уровне. В отношении OTN дело обстоит следующим образом: AOTN, являющиеся самыми дорогостоящими транспортными сооружениями, с точки зрения инноваций обладают самыми высокими качествами. Доставляя оптический сигнал от узла-источника к узлу-адресату по полностью оптическому пути (без преобразования О-Э-О), они обеспечивают самую высокую пропускную способность, измеряемую в терабитах в секунду, самую низкую стоимость передачи битов информации, наибольшую прозрачность для всех видов сигналов по любым протоколам, высокую достоверность.

Инвесторы, принимая решение о строительстве полностью оптических транспортных линий, подвергаются наибольшему риску, поскольку возможны просчеты в определении загрузки линий и готовности клиентов воспринимать новые услуги, которые могут предоставлять эти линии.

Кроме того, необходимо отметить, что до сих пор отсутствуют отдельные устройства на полностью оптическом уровне.

Более трезвые прагматичные расчеты привели к необходимости применения гибких технических решений, которые обеспечивали бы снижение риска при капвложениях, полное удовлетворение запросов клиентов как по объему, так и по качеству предоставляемых услуг и, при необходимости, имели бы возможность простого наращивания мощностей.

На наш взгляд такими качествами обладают малоканальные системы (до примерно нескольких десятков волн-каналов), а так же системы CWDM, имеющие до 8-12 волн-каналов, с возможным превращением их в комбинированные системы CWDM/DWDM методом поэтапной

замены отдельных грубых каналов более плотным разнесением по длине волны. При этом каждая такая замена дополняет систему примерно двадцатью каналами.

Примером такого решения могут служить сети CWDM/DWDM на базе с оптических систем передачи «Yumix-4000» фирмы Lightmase AG (Германия) [4]. Система обеспечивает поэтапное наращивание количества волн в одном волокне с 8 до 72 со скоростью передачи до 2.7 Гбит/с. При этом, наращивание осуществляется без замены установленных блоков дополнением или простой заменой отдельных ТЭЗов. Обладая всеми качествами систем DWDM, в том числе автоматическим восстановлением сигнала за 50 мс, коррекцией ошибок, динамической и автоматической реконфигурацией сети и др., оборудование «Yumix-4000» имеет полную прозрачность для любых сигналов на скоростях от 8 Мбит/с до 2.5 Гбит/с. Система оснащена встроенной системой управления и администрирования в удобном для пользователя виде.

Мы привели только один пример, но имеются и другие подобные решения.

Фирма Lucent предложила компромисс между SDH и DWDM. Одни и те же узлы одного и того же волоконно-оптического кольца поддерживают и одноканальную передачу данных в диапазоне 1310 нм и спектральное уплотнение в диапазоне 1550 нм. Все в целом работает как одна логическая сеть [5].

Эта технология получила название селективного спектрального уплотнения (SWDM - Selective WDM). Метод SWDM является еще одним способом превращения налаженных структур SDH в CWDM и DWDM. Основные преимущества этого метода – поэтапное наращивание мощности (возможно по пролетам), сохранение топологии сети т. е. налаженной управляемости.

Популярность комбинированных систем CWDM/DWDM, а также SWDM усиливается тем, что эта технология стала проникать в менее скоростные секторы рынка и даже в сети доступа.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что на данном этапе развития транспортных сетей применение переходных технологий, таких как CWDM/DWDM, весьма целесообразно и обеспечивает снижение риска инвестиций, а также соответствие их современному уровню развития техники и тенденциям создания сетей следующего поколения NGN.

Заключение

В материале произведена оценка реальности прогнозов, сделанных на рубеже двух веков в отношении ожидавшегося огромного роста трафика, особенно трафика передачи данных, в

отношении глобального распространения OTN и отмирания SDH, произведен эскизный анализ преимуществ и недостатков OTN, особенно AOTN.

Показаны также преимущества систем CWDM/DWDM и SWDM в мире и в России, отражена их роль в снижении риска при капвложениях и обеспечении защиты капитала и сделан вывод о целесообразности их применения на современном этапе развития транспортных сетей и возможно сетей доступа.

Литература

- 1.All – optical 3R – Signal Regeneration // ECOC – 2000, Proceedings. V3 – Munich Sept. 6 2000.
- 2.Paul Bonenfant “Optical Data Networking: What Babble?” // IEEE Communication Magazine – 2003 – N 9.
- 3.В.А.Докучаев, В.К. Серебренников “Совершенствование транспортных сетей SDH ”// Электросвязь – 2003 – N 9.
- 4.Lightmaze AG Reference Guide «YUMIX-4000» - 2002 Август.
- 5.Проспект Lucent Technologies “Оптические системы связи” – 2001.

**Мультиплексор NH10MOSерии ДомикС
PDH Multiplexer (4E1+n10/100Ethernet)**



www.telesoft.com.ru