DWDM из коробки?

DWDM из коробки?

Системы спектрального уплотнения каналов (wave division multiplexing) за последние два года из экзотики превратились в обыденную реальность операторской жизни. Ни кого не удивишь применением CWDM (coarse wave division multiplexing) даже в небольших домовых сетях. Кто-то обходит банальный дефицит волокон, другие освобождают оптику для КТВ, третьи — вообще приспособились пропускать в отдельной лямбде E1 каналы при подключении юрлиц и бизнес-центров.

Система CWDM получилась настолько простой, что для ее внедрения не требуется высокоточных специализированных расчетов и особой квалификации как системных инженеров, так и монтажников. Китайские производители добились «коробочного решения», которые работают почти как «plug and play». Т.е. массового и весьма дешевого.

Действительно, предположим у нас есть канал 1Gbt по одному волокну. Посчитаем затраты по получению 4 каналов по 1Gbt на длине в 5 км..

- CWDM мультиплексор на 4 канала, 2шт. = 2*544=1088$
- CWDM SFP 60км, комплект, 8 шт. = 944$
- освободится SFP WDM 20км, комплект, 103$
  Итого = 1929$
- Кабель монотуб 4 волокна, 5км = 1800$
- SFP WDM 20км, комплект, 3пары = 309$
  Итого = 2109$ (без учета стоимости прокладки кабеля, сварки, муфт и других расходных материалов)

Получается, что использовать CWDM разумно даже на расстояниях в несколько километров. Если брать более протяженный участок, равновесие безнадежно сдвигается в сторону спектрального уплотнения. Но есть и существенные ограничения.

Во-первых, расстояния. Для широкого спектра длин волн (частот), применяемого в CWDM (1270-1610nm), не применимы эрбиевые усилители мощности (EDFA), что же накладывает ограничение на длину участков без электрической регенерации длиной 120 километров. Т.е. данная технология малопригодна для магистральных сетей. Более того, протяженные сети обычно строятся на волокне со смещенной дисперсией (ITU-T G.655). Оно специально предназначено для диапазона «около 1550 нм», поэтому дает в области CWDM значительное затухание (в отличии от обычного кабеля, ITU-T G.652).

Во-вторых, сегодня на рынке фактически отсутствуют 10G CWDM трансиверы с бюджетом более 23dB, да и те делаются не на все длины волн. Т.е. дешево и просто можно строить только гигабитные сети, переход на 10G дорог (подробнее проблема была рассмотрена в обзоре #361). Что, опять таки, делает технологию CWDM малоприменимой для любой сети, которой тесно в масштабе города.

Решением проблем является родственная технология – DWDM. Она исторически «затачивалась» именно под магистральный сегмент, и прекрасно там себя чувствует. В сущности, плохо в DWDM только одно — высокая стоимость, которая резко сужает область использования. Достаточно посмотреть на фотографии наиболее распространенных устройств, и мысли о покупке лягут тяжелым камнем на сердце финансового директора.



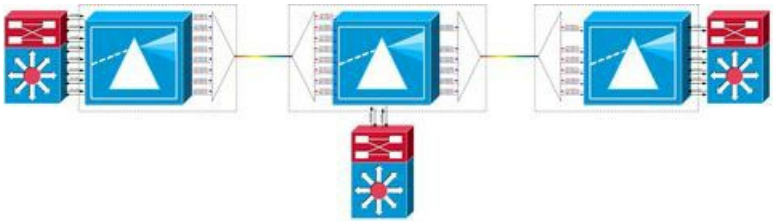
Отечественная система «Полюс», на фото — 8-ми канальный DWDM. Стоимость полукомплекта с предусилителем на 40 км (17dB) для 4 портов 10GE составляет, если удалось правильно истолковать прайс производителя, 907 183 рублей. Это без учета цены модулей SFP/XFP/XENPAK/X2.



А это весьма популярная в среде магистралов Cisco ONS 15454. Считать цену комплекта просто страшно, для желающих - удобный GPL

Сложность и дороговизну можно достаточно легко объяснить. Неотъемлемой частью в DWDM является являлся транспондер, т.е. устройство, обеспечивающее интерфейс между оборудованием оконечного доступа и линией. Обычные, «серые» оптические интерфейсы передачи данных «конвертируются» в «цветные» интерфейсы DWDM (соответствующие G.692). Процесс этот требует большой точности, и, полагаю, ручной настройки и регулировки.

Схему работы "традиционного" DWDM можно видеть на следующем рисунке:



В результате получается многофункциональная модульная платформа, в которой, кроме самого транспондера, объединялись модули мониторинга. А чтоб жизнь медом не казалась, туда же добавляют такие необходимые «штуки» как MUX/DEMUX, усилители (EDFA), компенсаторы дисперсии (DCM), фильтры усиления (GFF).

Однако, прогресс не стоит на месте. На сегодняшний день технологии позволяют делать высокостабильные лазеры заданной длины волны в стандартном корпусе без дополнительного охлаждения. И в продаже появились «цветные» оптические модули DWDM SFP/XFP/XENPAK/X2 по вполне сносным ценам. Необходимость в использовании транспондеров (таких привычных для любого магистрального оператора), можно сказать, отпала. А значит, для систем DWDM можно использовать пассивное спектральное уплотнение.

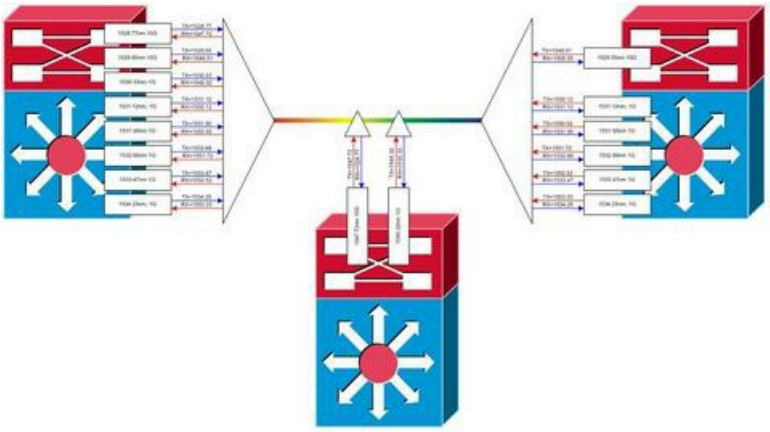
Более наглядно разница будет видна по следующему фото:



Это пассивный одноволоконный 8-ми канальный мукс-демукс DWDM, вид изнутри. Компактный (с пачку сигарет), не требует питания, не слишком боится сырости или низких температур.

Стоимость пассивных компонентов DWDM – сравнима с CWDM (около $1000 за 4 канала). Технология мультиплексирования/демультиплексирования и возможная топология сетей точно такая же, как в CWDM, разница только в сетке частот (ITU Grid). DWDM трансиверы, конечно, раза в два-три дороже обычных. Модуль 10GB XFP стоит $2700, X2|XENPAK - $4500. Если грубо прикинуть итог, то подобная система на 4*10GE дешевле традиционной-транспондерной раза в три-четыре.

Пример схемы использования пассивного оптического DWDM уплотнения:



Мониторинг состояния оптического «линка» (совершенно необходимого) осуществляется с помощью DDM (Digital Diagnostic Monitoring). Большинство серьезного оборудования поддерживает в своих ОС такой функционал. В результате мощность излучения, мощность входного сигнала, температура, напряжение постоянно мониторятся. При необходимости можно высылать SNMP traps при критическом изменении этих параметров.

Т.е. кроме модуля транспондера отпала и необходимость в специальном мониторинге. Достаточно штатных средств любого современного коммутатора.

Следующая важная проблема DWDM – усиление, а соответственно и возможность передавать оптический сигнал на большие расстояния. В традиционной схеме (с транспондерами) в минимальном варианте используется эрбиевый предусилитель (EDFA), с ним достижимо расстояние в 120 км. Если к этому добавить еще усилитель на "приеме" (т.е. установить EDFA с обоих сторон линии) - достижимы примерно 220 км. И до 300 километров можно растянуть волокно без регенерации на дорогих рамановских усилителях.

Все эти устройства на сегодняшний день на рынке представлены широко – соответственно нет проблем собрать схему на пассивных оптических фильтрах + отдельные компоненты. Технических препятствий к использованию пассивного DWDM нет, но привычка и консерватизм сверхдорогого и сверхтребовательного сегмента все еще толкают на традиционный путь...

Хуже всего то, что линии связи, требующие усиления, до сих пор требуют относительно сложного расчета. Это не «коробочное» решение, его нельзя использовать бездумно.

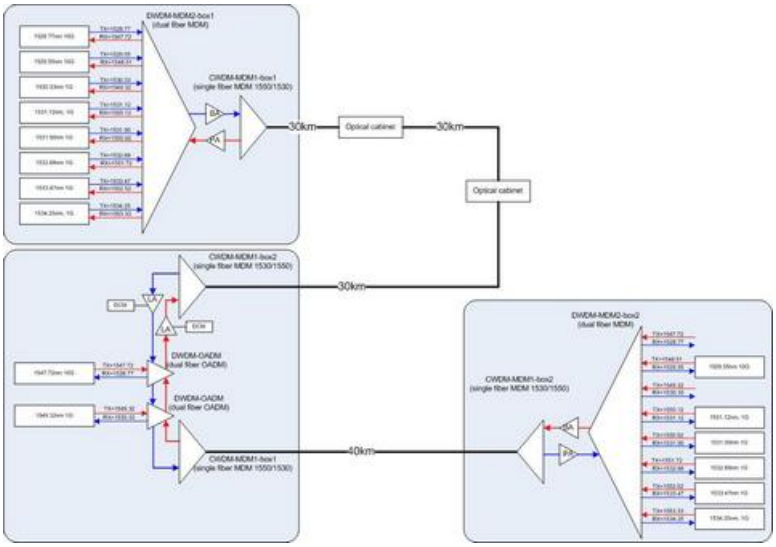
Максимальная допустимая входная мощность (уровень сигнала на входе) усилителя достаточно резко ограничивает максимально допустимый уровень канального сигнала. Таким образом, большая часть мощности оптических модулей «съедается», т.е. невозможно использовать потенциал высокобюджетных (мощных) трансиверов при оптическом усилении. Самое неудобное - уровень сигнала на входе усилителя приходится ограничивать по каждому каналу (при этом, чем больше каналов – тем больше мощность группового сигнала и большое удельное ослабление необходимо).

В результате пролет между двумя усилителями в энергетическом эквиваленте не может превышать ~50dBm. Поэтому каждые 50dB приходится ставить энергозависимые усилители (если не использовать рамановские усилители, но это уже совсем другая история).

С другой стороны, уже существуют серийные гигабитные DWDM модули с бюджетом (энергетический потенциалом) до 41dB (что примерно соответствует 150 километрам), и до 25dB на 10GB (до 80 км). Таким образом, применение предварительных усилителей (бустеров) становятся сомнительным удовольствием, в большинстве случаев без них можно обойтись. Кроме того, есть надежда, что в дальнейшем тенденция по наращиванию мощности оптических DWDM трансиверов сохранится, и... **появятся простые «коробочные решения» для DWDM на 10G**, для гигабита они уже существуют...

В завершение, еще один довод за пассивный DWDM. Последнее время в городских сетях повсеместно используются одноволоконные линии. Но в случае DWDM усилители работают только в одном направлении. Поэтому некоторые (причем очень известные) производители DWDM оборудования сразу говорят, что одноволоконных DWDM систем не поставляют.

Хотя особой технической проблемы нет - достаточно использовать для приема и передачи сигнала разные «частотные блоки» C диапазона (C band) + частотные фильтры. Первый блок – 1550нм, второй – 1530нм. Причем фильтром может быть любая CWDM система с каналом 1550/1530 (Обзор #361).



Таким образом можно с весьма скромными затратами увеличить пропускную способность магистрали, где «наперечет» не только волокна, но лямбды...

Автор - **Дмитрий С.**