



Спектральное уплотнение каналов (или мультиплексирование по длине волны) относится к оптическим технологиям передачи, когда несколько оптических сигналов передается по одному волокну на различных длинах волн. В современных высокопроизводительных WDM системах, разработанных для протяженных линий связи, каждый оптический сигнал (часто называемый каналом или длиной волны) может передаваться на скорости от 2,5 до 10 Гбит/с. В настоящее время такие системы поддерживают от 32 до 64 каналов, в ближайшем будущем производители обещают увеличить число каналов до 160. Это позволит организовать передачу по одному волокну до 1 Тбит информации в секунду. Для описания систем, поддерживающих большое количество каналов (16 и более) часто используется термин DWDM (плотное спектральное уплотнение). Для 2-х или 4-х канального уплотнения иногда используется термин CWDM (грубое спектральное мультиплексирование). Классификация систем с WDMСхема расширенного частотного плана позволяет предложить следующую современную схему классификации:

-разреженные WDM – CDWM – системы с шагом по длине волны 20 нм, работающие в полосе 1270–1610 нм;

-обычные WDM – WDM-системы с шагом несущих по частоте более 200 ГГц, позволяющие мультиплексировать не более 16 каналов;

-плотные WDM – DWDM-системы с шагом несущих по частоте от 200 до 50 ГГц;

-высокоплотные WDM – HDWDM-системы с шагом по частоте меньше 50 (25 и 12,5) ГГц; эта градация систем стандартами не предусмотрена, но часто используется в публикациях специалистов.

Как работает DWDM система?

Большинство DWDM систем поддерживают стандарт оптических интерфейсов SONET/SDH, к которому может быть подключен любой совместимый с SONET/SDH клиент. В современных WDM системах для протяженных линий связи чаще всего используется интерфейс OC-48c/STM-16c, работающий на длине волны 1300 нм. В качестве клиентов могут выступать: SONET/SDH терминалы, add/drop мультиплексоры (ADM), ATM-свичи или IP-маршрутизаторы. Устройство, называемое транспордером, преобразует SONET/SDH оптический сигнал, поступающий от клиента, обратно в электрический сигнал. Затем, этот сигнал поступает на WDM лазер. WDM лазер является очень точным устройством, работающим в диапазоне 1550-нм. Каждый транспордер системы преобразует сигнал своего клиента в волну с определенной длиной. Затем происходит мультиплексирование волн от каждого транспордера. На приемном конце DWDM системы происходит обратное преобразование. Волны выходят из волокна и поступают к своему транспордеру, который преобразует оптический сигнал в электрический и направляет по SONET/SDH интерфейсу к клиенту. Оптические усилители – ключ к стабилизации стоимости WDMОчевидным преимуществом технологии WDM является увеличение емкости существующего оптического волокна и уход от потребности в дополнительных волокнах. Еще одним преимуществом является использование оптических усилителей, уменьшающих потребность в дорогостоящей электрической регенерации сигналов на протяженных линиях.

На длинных участках происходит ослабление оптических сигналов при передаче и требуется периодическая регенерация. В оптических сетях SONET/SDH до введения WDM по каждому волокну передавался один оптический сигнал, обычно 2,5 Гбит/с, и электрическая регенерация требовалась каждые 60-100 км. Введение дополнительных волокон на протяженных участках значительно увеличивало стоимость проектов. Расход средств приходился не только на сами регенераторы, но и на их обслуживание (установка, энергопотребление и т.п.). Установка регенераторов увеличивала время введения дополнительных волокон.

Внедрение оптических усилителей и WDM систем значительно сократило общую стоимость высокоскоростных протяженных сетей. Один оптический усилитель осуществляет регенерацию всех каналов WDM-волокна без индивидуального их разделения. Стоимость оптического усилителя соизмерима со стоимостью регенератора. Усилитель просто усиливает сигналы, без восстановления формы, синхронизации и осуществления повторной передачи. Потребность в периодической регенерации сигналов, таким образом, не исчезает, однако, ее осуществление требуется уже каждые 1000 км или более. Один оптический усилитель для 40-канальной WDM системы может заменить 40 обычных регенераторов (и даже больше, так как установка оптических усилителей осуществляется через намного более протяженные промежутки). Оптические усилители и WDM системы значительно упрощают процесс введения дополнительных каналов. Для этого нужно всего лишь установить дополнительные транспондеры на обоих концах WDM системы. Не нужно производить установку дополнительных регенераторов, существующие на сети оптические усилители будут осуществлять усиление нового канала наряду со старыми.

Благодаря такой экономии денежных средств технология WDM является наиболее предпочтительной для использования на протяженных линиях связи.

WDM в городских условиях

Для протяженных сетей высокая стоимость монтажа дополнительных волокон стимулирует увеличение пропускной способности уже существующих посредством использования WDM. Исчезновение потребности в большом количестве электрических регенераторов является стимулом для развертывания WDM систем даже в условиях, когда возможно введение дополнительного волокна. Экономия превысит стоимость аппаратного обеспечения WDM. Для расстояний менее 100 км не требуется восстановления и усиления. Для таких расстояний используются SONET/SDH терминалы ADM, а также ATM свичи и маршрутизаторы. Соответственно, нет экономии на регенераторах, которая покрывала стоимость WDM системы. Когда появляется необходимость в увеличении емкости сети и введении дополнительных волокон, проще вводить сигналы в интерфейсы ADM, свичей или маршрутизаторов, чем разворачивать WDM.

Стоимость монтажа дополнительных волокон также существенно отличается для протяженных и непротяженных сетей. И это поднимает вопрос – разворачивать ли WDM или добавлять новые волокна, когда существующая емкость полностью исчерпана. Учитывая текущую стоимость WDM систем и возможность введения очень большого количества волокон на этапе строительства, часто экономически наиболее выгодно становится введение дополнительных волокон. Тем не менее, третье поколение Metro DWDM систем разработано специально для применения в городских условиях, благодаря комбинации низкой стоимости, небольшой занимаемой площади и гибкой топологии.

Построение оптических сетей

Проведенный выше сравнительный анализ систем WDM с короткими и длинными пролетами позволяет сформулировать некоторые требования, которые в ближайшее время будут предъявляться к оптическому оборудованию. При оптическом межсетевом взаимодействии оборудование подключается непосредственно через волокно или WDM систему, без использования SONET/SDH терминалов или ADM. В сетях с длинными пролетами высокоскоростное оборудование, вероятно, будет подключаться к WDM системам, для

подключение оборудования к одному и более каналам, поддерживаемым WDM потребуются короткопролетный рентабельный интерфейс. В городских условиях и других случаях использования коротких пролетов, все чаще предпочтение отдается технологии WDM, поскольку она наиболее соответствует как экономическим требованиям, так и требованиям к обслуживанию. Для построения устойчивой оптической сети, оборудование, вероятнее всего, будет подключаться непосредственно к волокну.

Не желаете приобрести волну? В прошлом у сервис провайдеров было два основных способа обеспечить высокую емкость сети: арендовать SONET/SDH сеть (или виртуальную сеть ATM) или арендовать темное оптоволокно. Появление WDM открыло новую возможность: способность арендовать один и более каналов DWDM системы. С точки зрения покупателя, канал DWDM является аналогом темному волокну, к которому он может подключить свои собственные ADM, свичи или маршрутизаторы. Тем не менее могут быть некоторые ограничения. Например, DWDM система может требовать передачи информации клиента в формате SONET/SDH для облегчения процесса мониторинга канала. Преимущества WDM технологии – это экономическая эффективность построения и возможность быстрого добавления новых каналов. Аренда оптовых WDM каналов становится экономически выгодной альтернативой аренде SONET/SDH сетей. Это особенно актуально для сетей 2,5 Гбит/с и 10 Гбит/с, где SONET/SDH просто неприменим. Таким образом, технология WDM играет одну из ведущих ролей в уменьшении стоимости высокочастотных систем в условиях растущего трафика данных. Применение технологии WDM позволяет исключить дополнительную прокладку оптических кабелей в существующей сети. Даже если в будущем стоимость волокна уменьшится за счет использования новых технологий, волоконно-оптическая инфраструктура (проложенное волокно и установленное оборудование) всегда будет стоить достаточно дорого. Для ее эффективного использования необходимо иметь возможность в течение долгого времени увеличивать пропускную способность сети и менять набор предоставляемых услуг без замены оптического кабеля. Технология WDM предоставляет такую возможность.