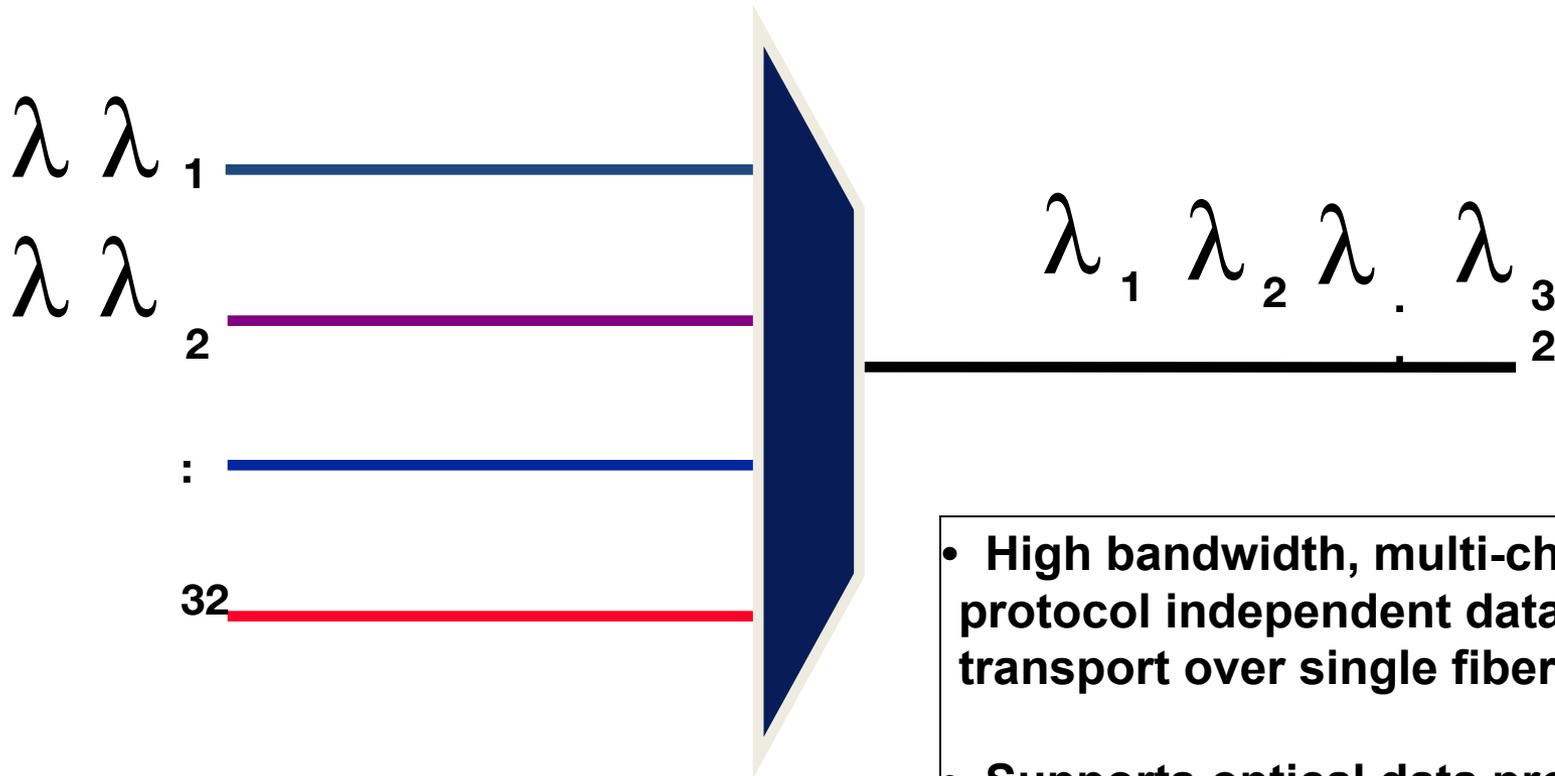


Сети DWDM

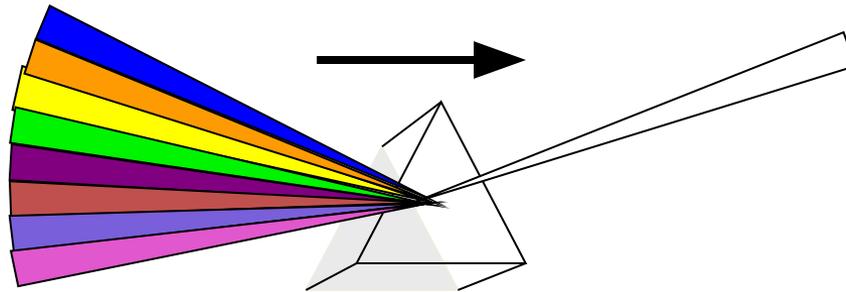
Dense Wave Division Multiplexing (DWDM)



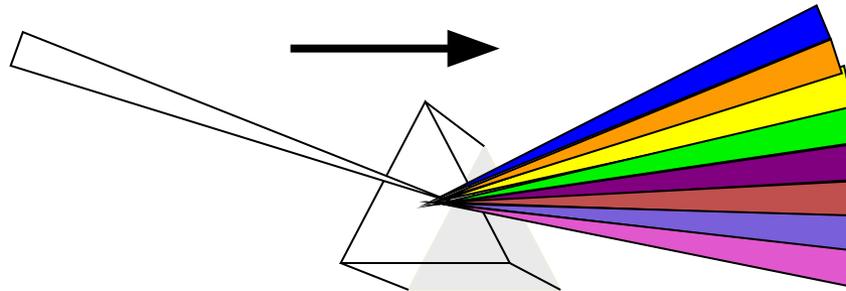
- High bandwidth, multi-channel, protocol independent data transport over single fiber pair
- Supports optical data protocols including SONET, ESCON, FICON, Fibre Channel, GigE, D1 Video, ETR/CLO, Fast Ethernet, ISC.

Dense Wave Division Multiplexing (DWDM)

At Ingress: Multiple Optical signals of differing wavelengths are combined to form a single optical signal.

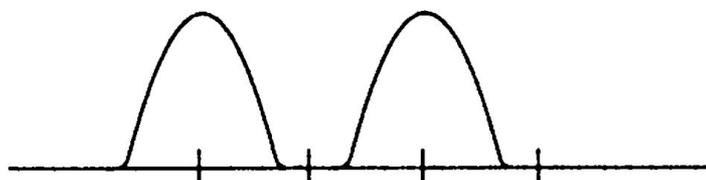


At Egress: A single Optical signal is refracted to separate multiple Optical signals of differing wavelengths.

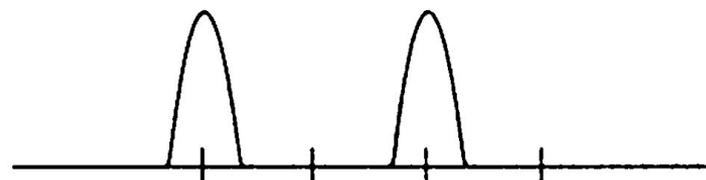


Перекрытие спектра соседних волн для разных частотных планов и скоростей передачи данных

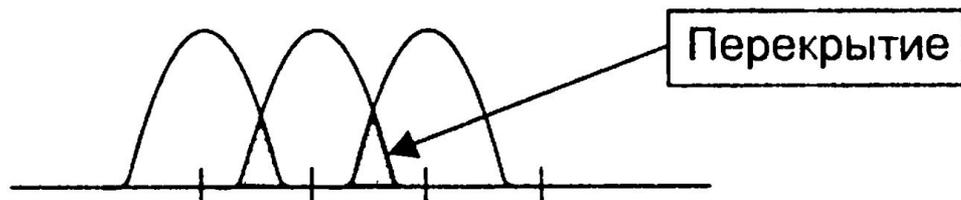
STM-64 при интервале 100 ГГц



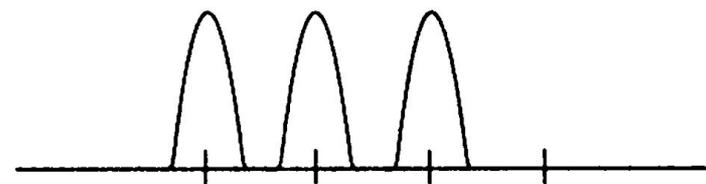
STM-16 при интервале 100 ГГц



STM-64 при интервале 50 ГГц

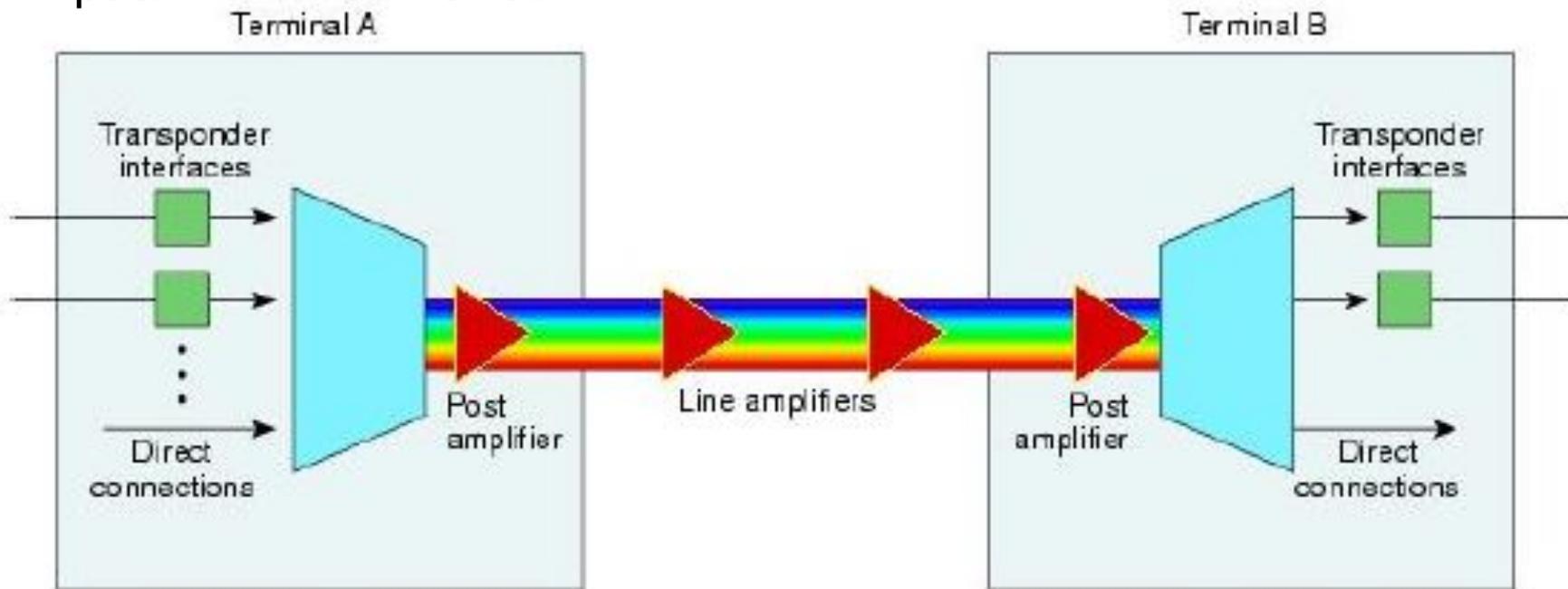


STM-16 при интервале 50 ГГц



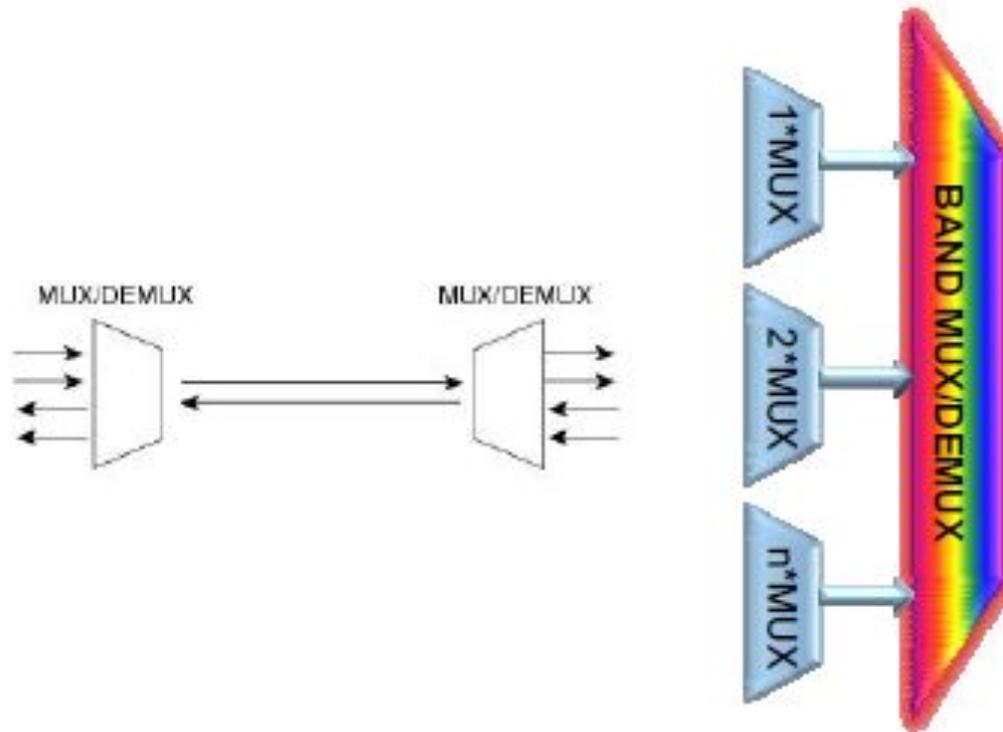
WDM система реализуется в двух вариантах:
Dense Wavelength-Division Multiplexing (DWDM), и
Coarse Wavelength-Division Multiplexing (CWDM)

- В волоконно-оптических коммуникациях wavelength-division multiplexing (WDM) - это технология, в которой множество мультиплексируемых несущих оптического сигнала в единственном оптическом волокне используют различную длину волны (λ) лазерного света для передачи различных сигналов

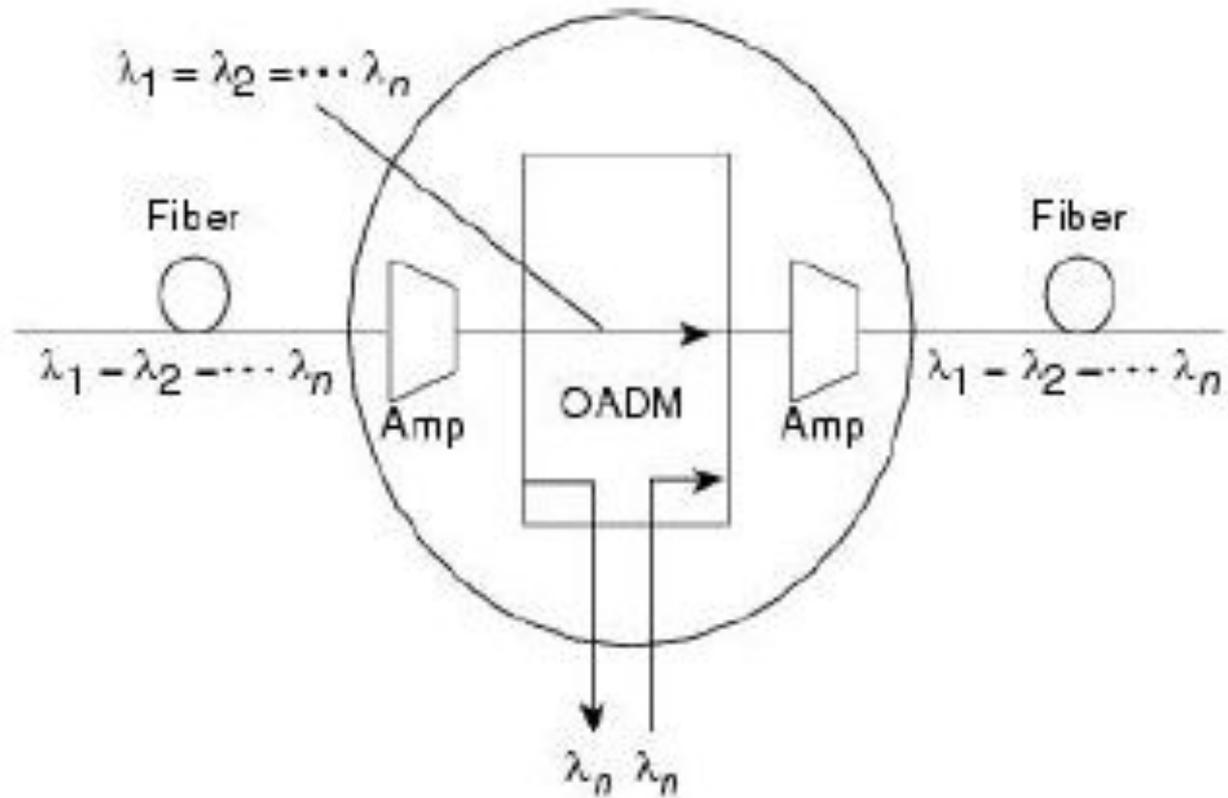


Система DWDM, MUX - терминальный демультиплексор DWDM

Терминальный демультиплексор разделяет multi-wavelength signal в индивидуальные сигналы и выводит затем разделяет их в отдельные каналы для уровня клиента системы (как например, SONET/SDH).

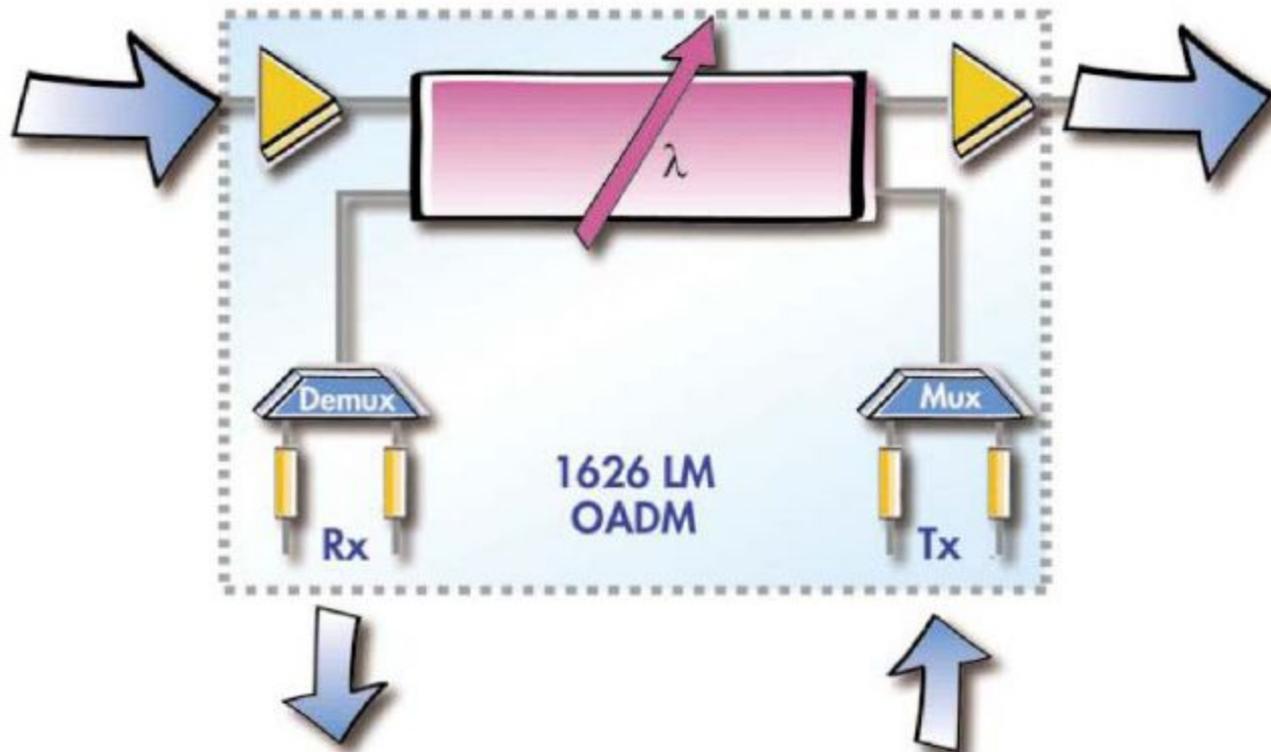


OADM Optical Add/drop multiplexer (OADM)



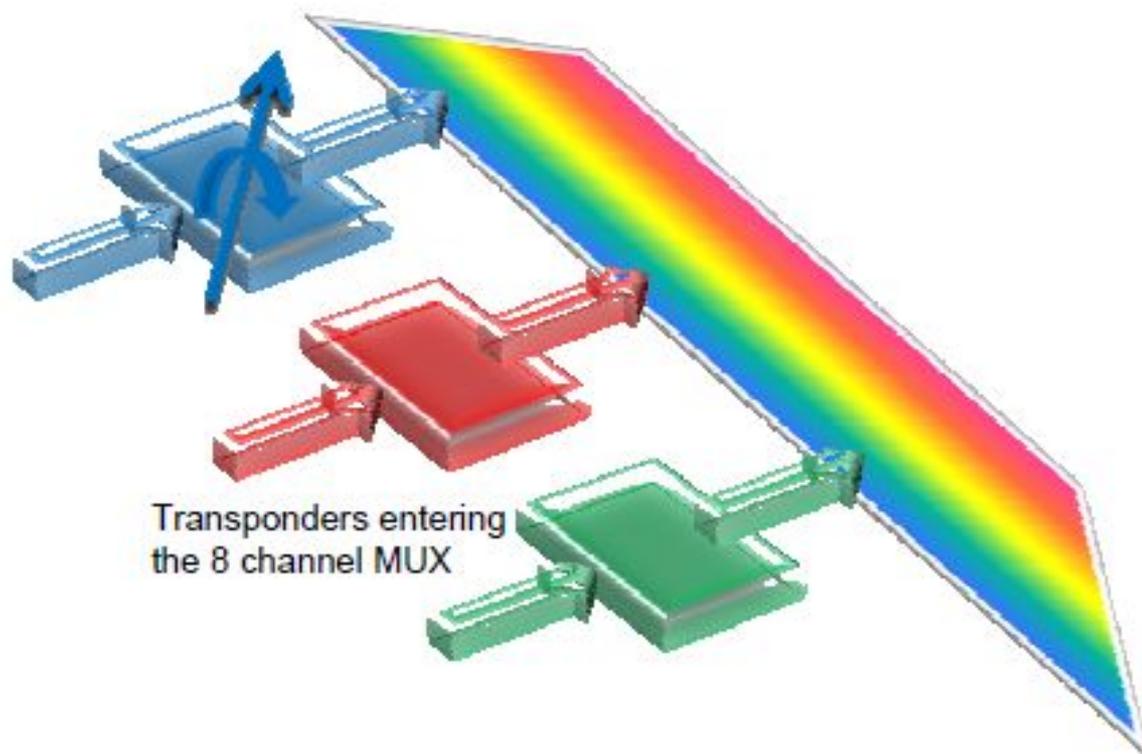
The DWDM system, R-OADM

- The R-OADM
 - The R-OADM is an extended version of the OADM so to speak.

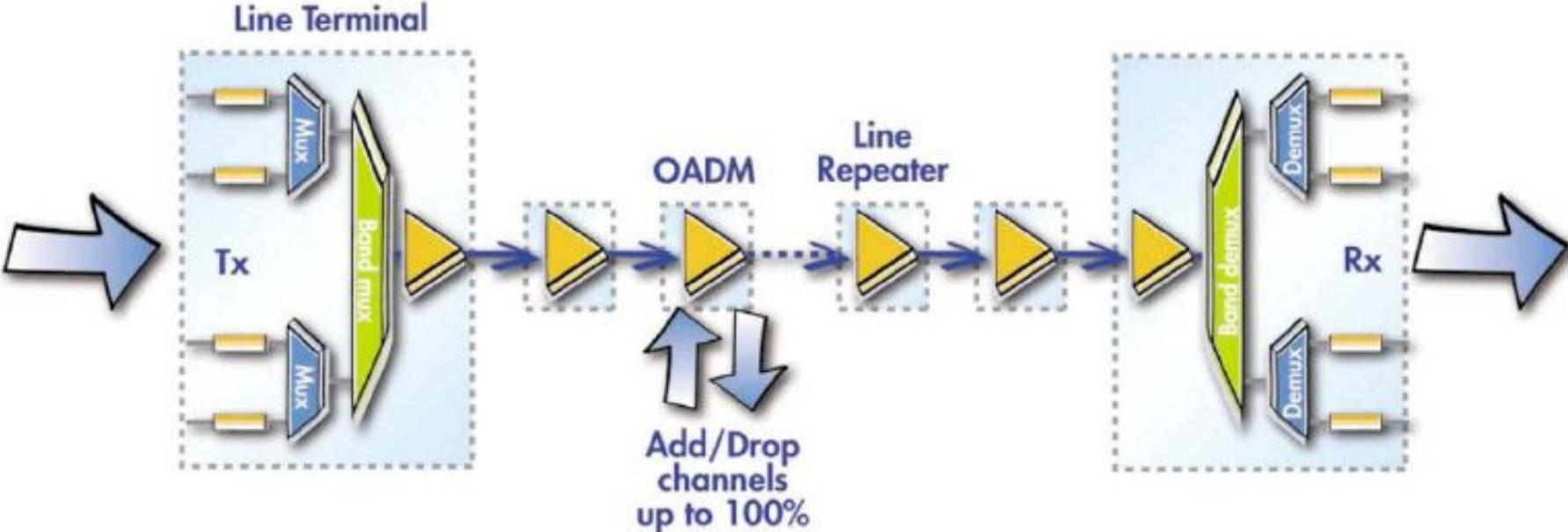


Транспондер

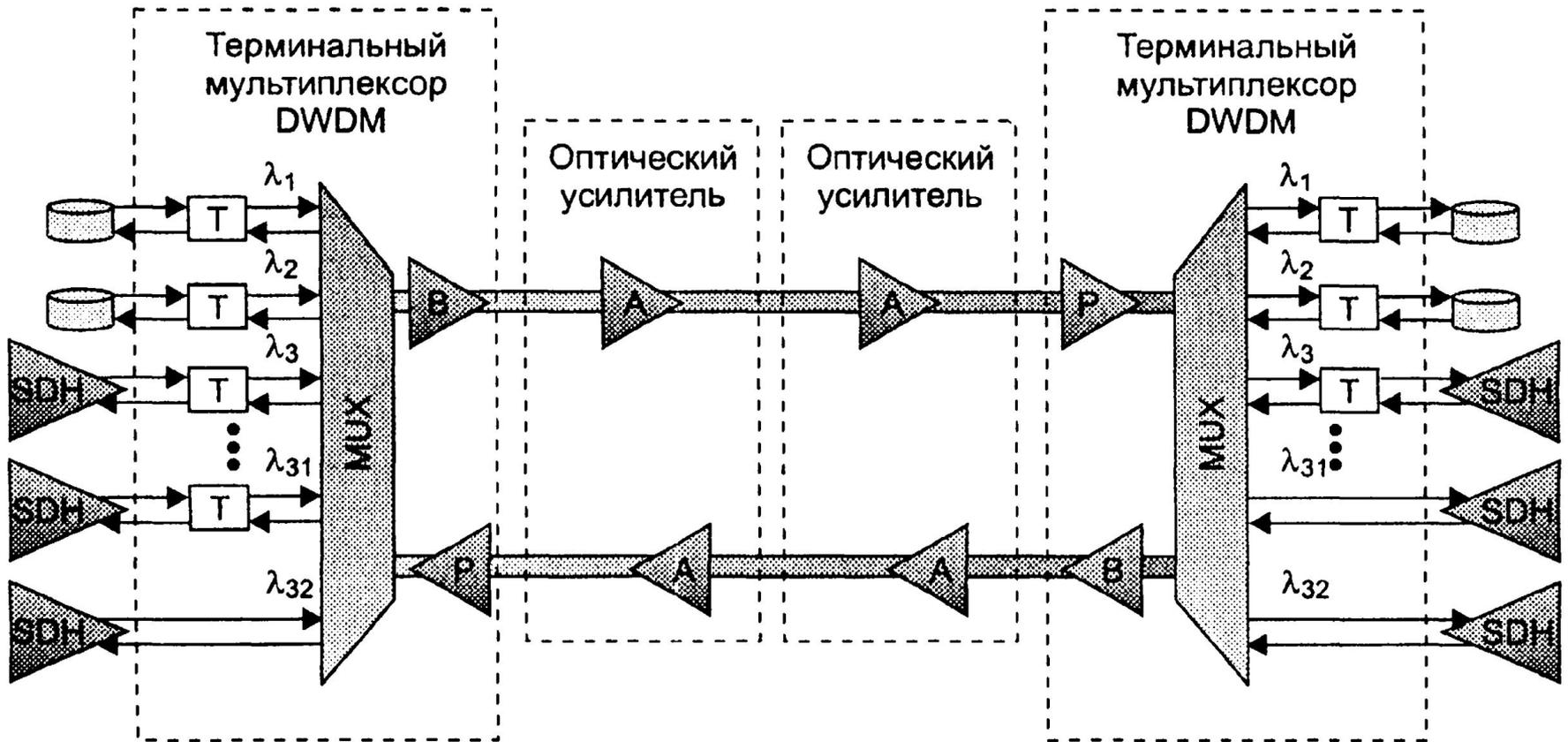
Принимает на входе сигнал в виде стандартного одномодового или многомодового лазерного света. Сигнал может поступать с другой физической среды, других протоколов и типов трафика.



Система DWDM

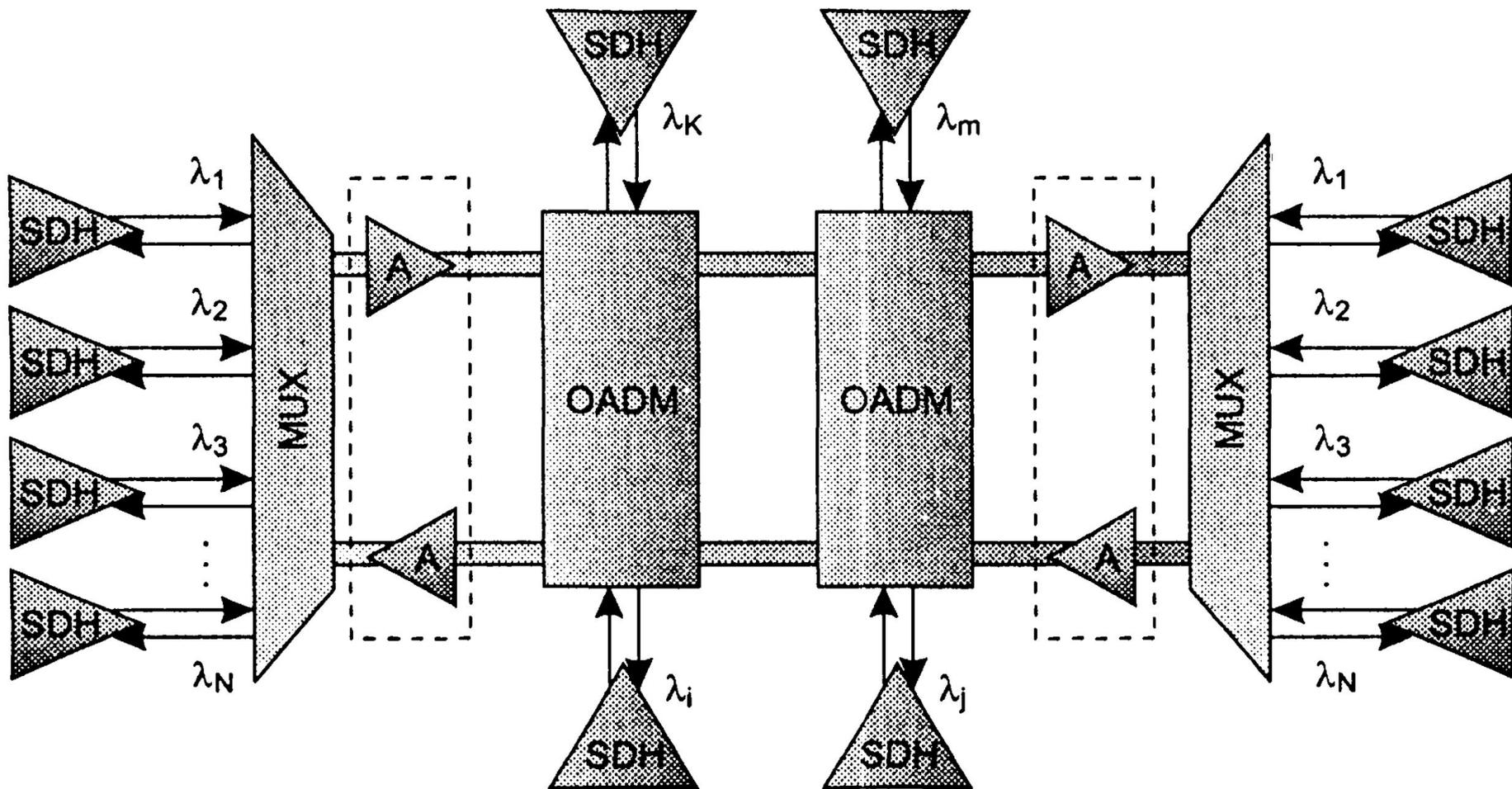


Сверхдальняя двухточечная связь на основе терминальных мультиплексоров DWDM

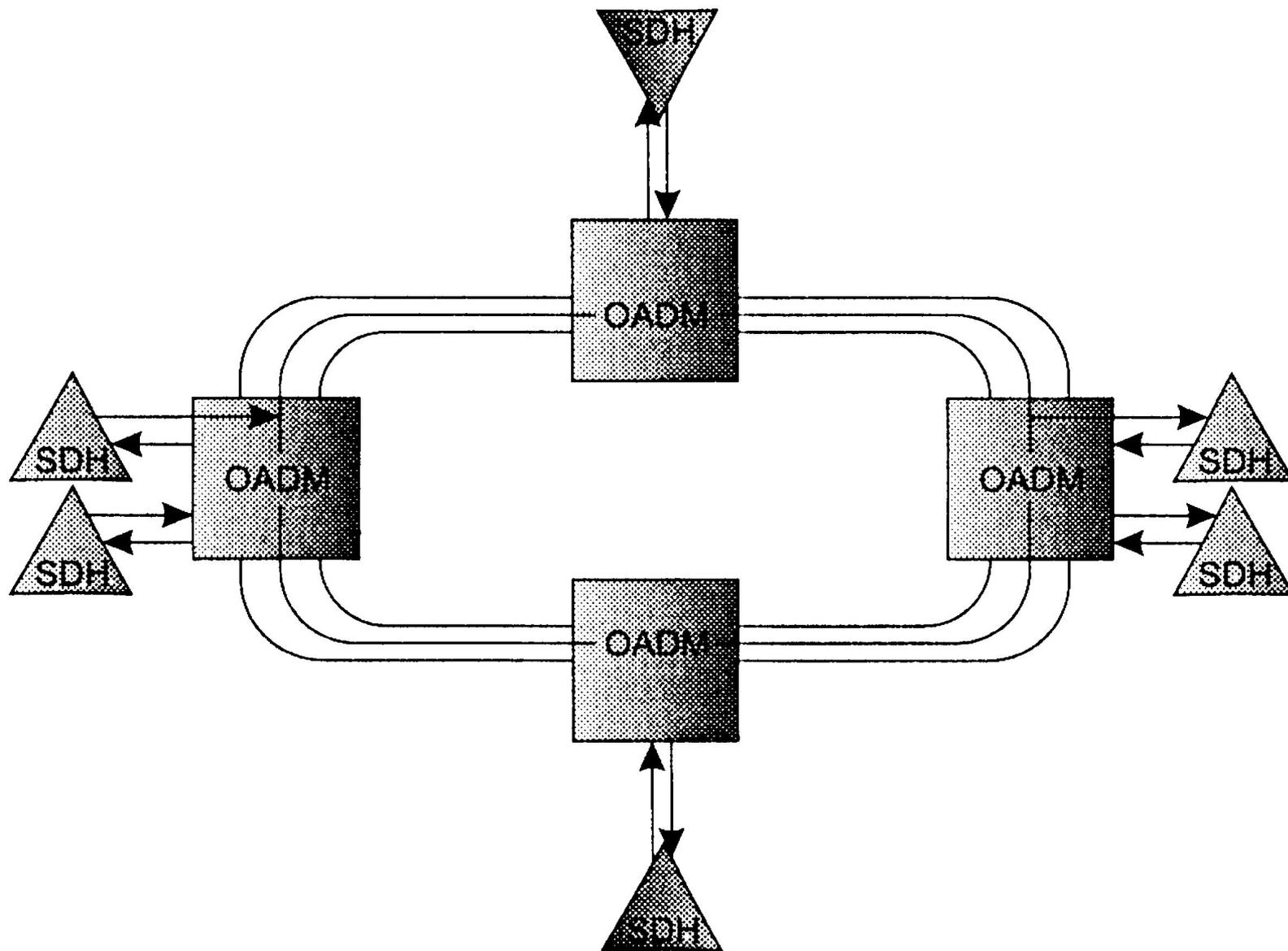


Оборудование компьютерной сети (маршрутизаторы, коммутаторы)

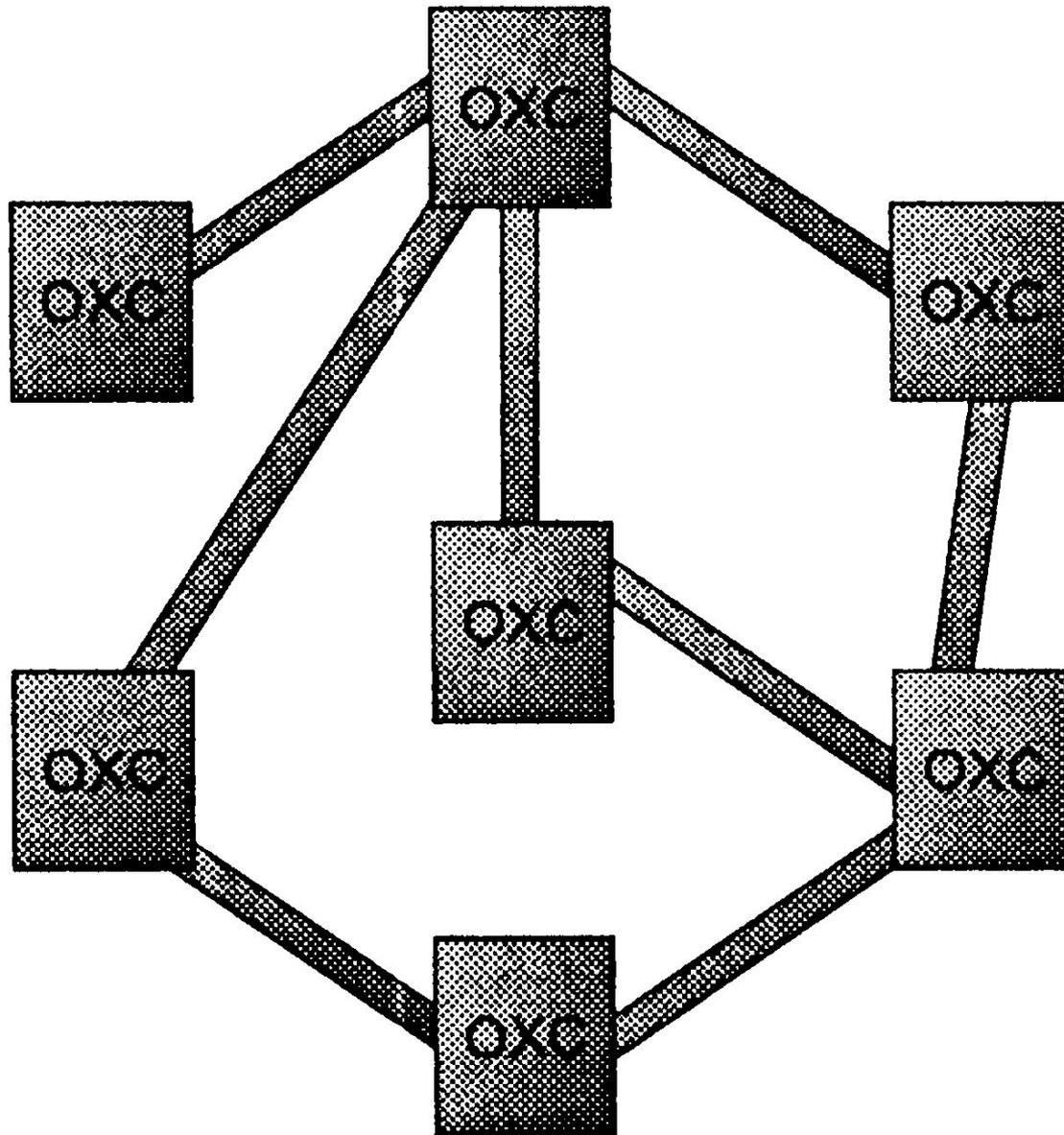
Цепь DWDM с вводом-выводом в промежуточных точках



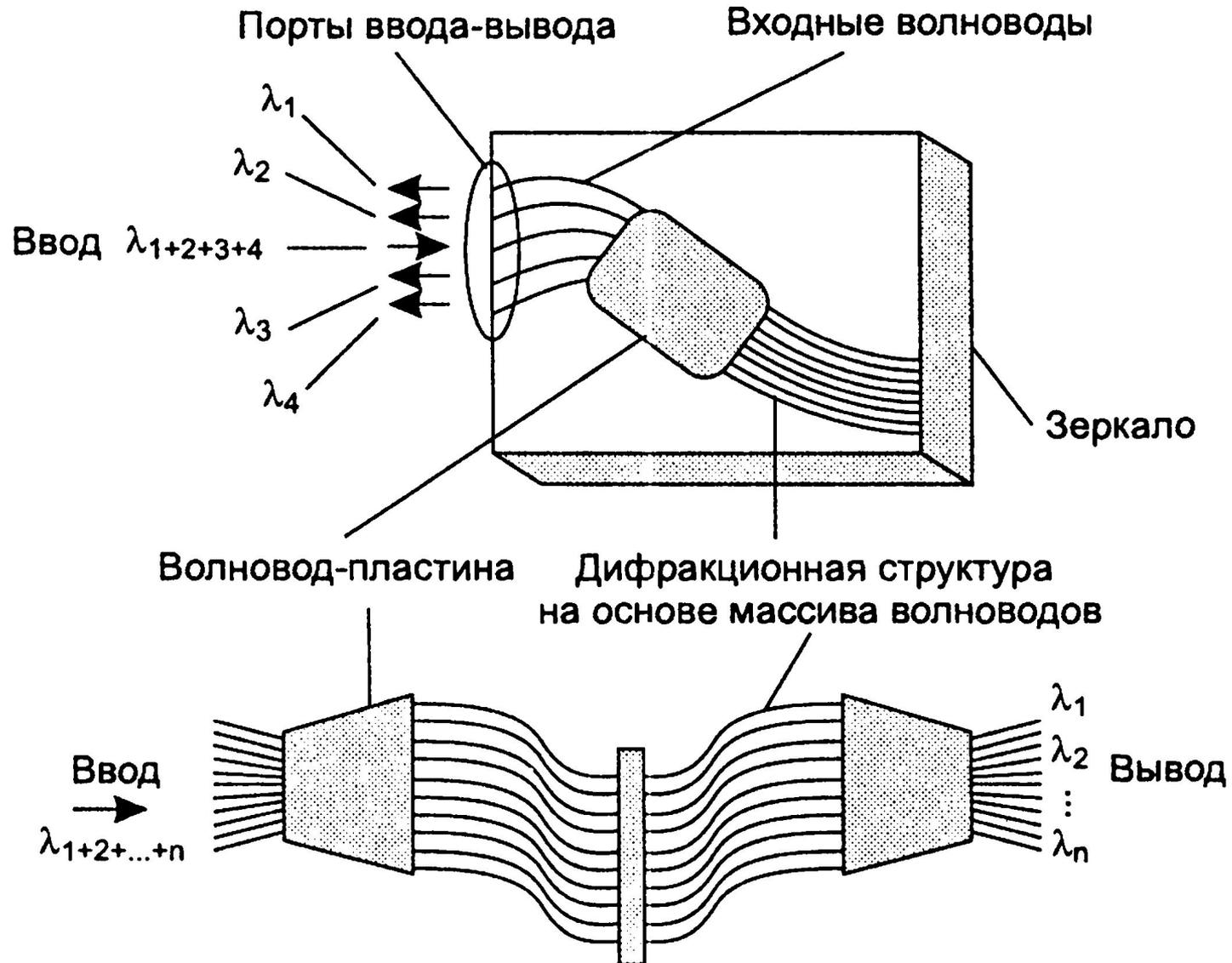
Кольцо мультиплексоров DWDM



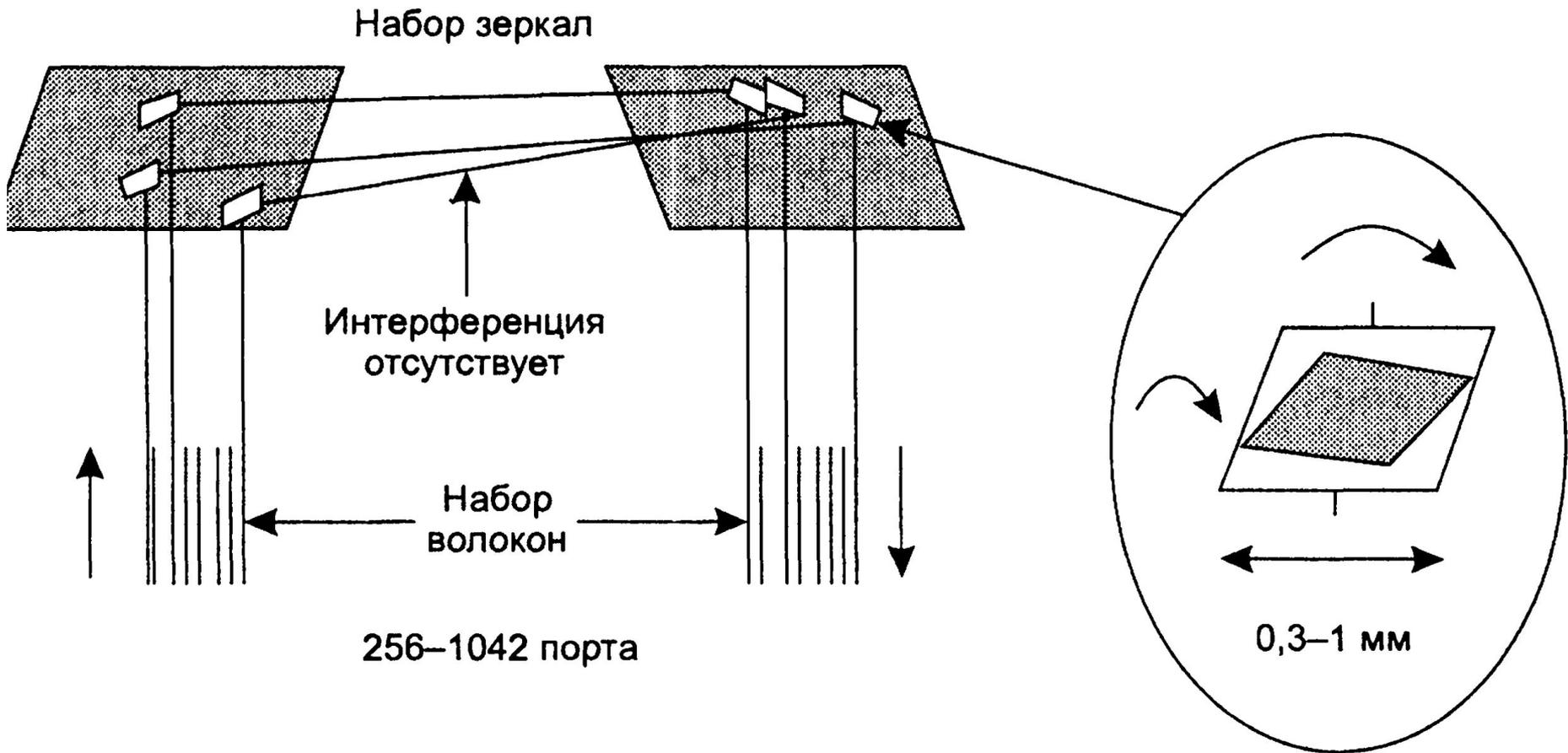
Ячеистая топология DWDM



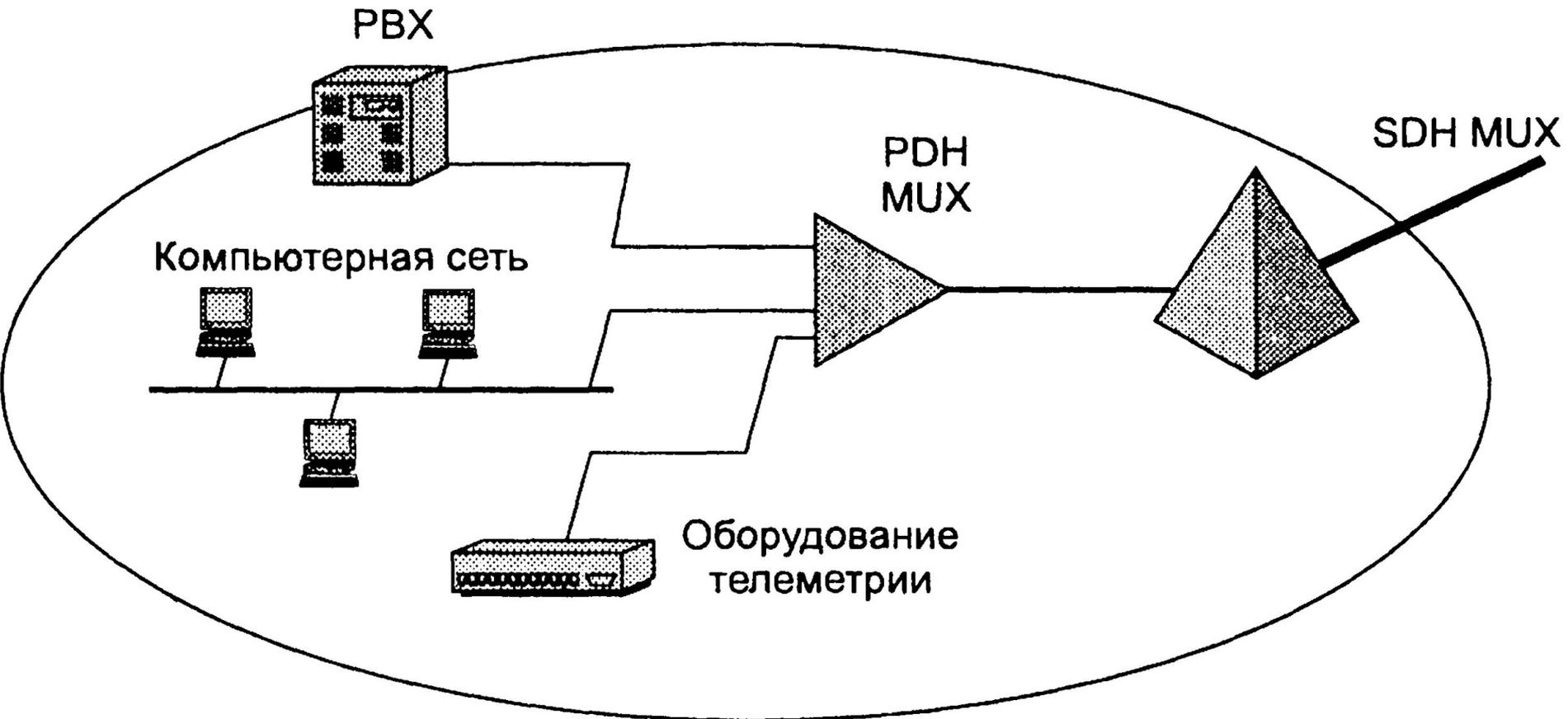
Полное демультимплексирование сигнала с помощью дифракционной фазовой решетки

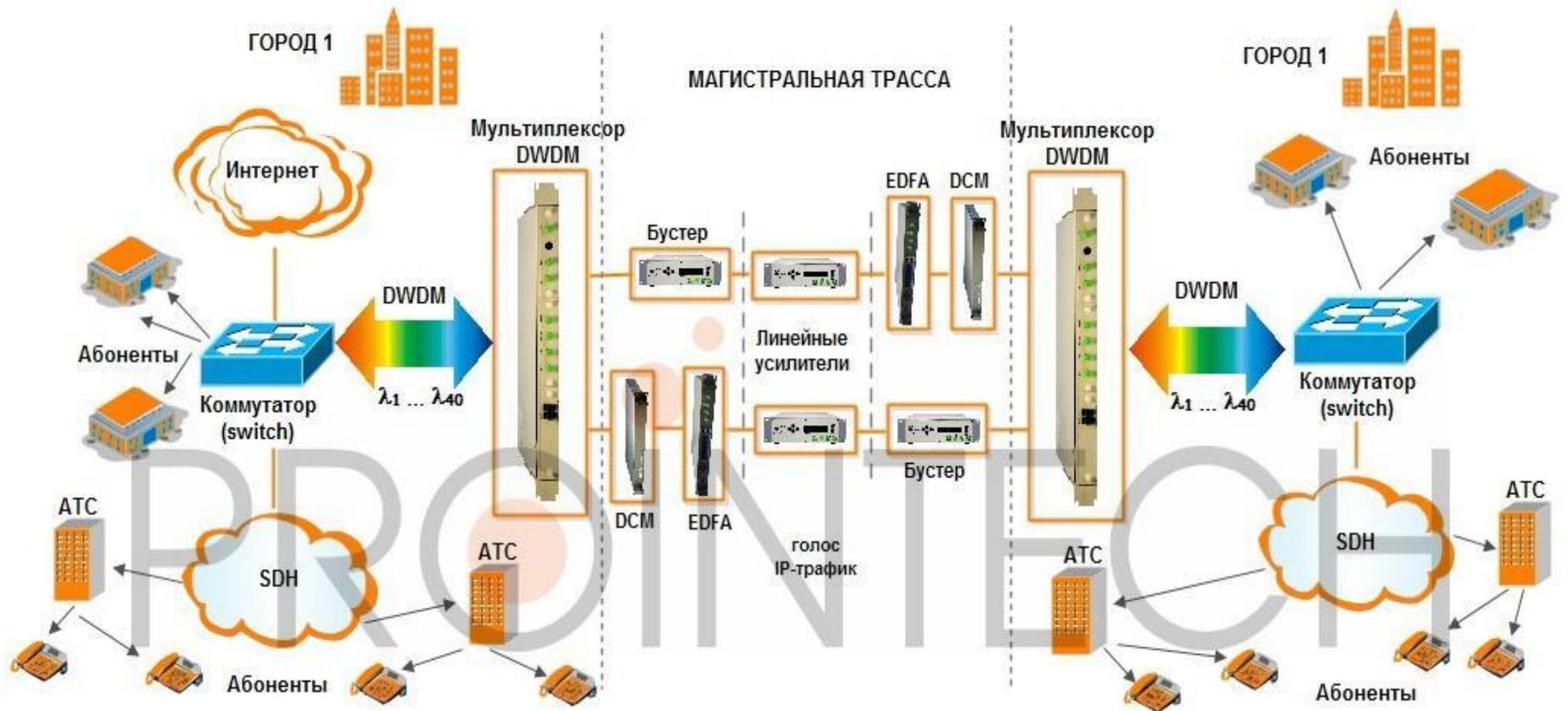


Микроэлектронная механическая система кросс-коммутации



Подключение оборудования к сети SDH





DWDM постепенно становится базовым транспортным уровнем вместо сетей SDH

- **Гибкость сервисов**

 - Широкий спектр сервисов по передаче Данных, TDM и SAN

 - Обеспечивает современные требования пакетных сетей по транспорту от 10 до 40 Гбит в одном соединении

 - X-Ponder – интеграция с сетями L2

 - ADM on a Blade – поддержка традиционных TDM сервисов и сетей

- **Динамическая перенастройка**

 - Перенастраиваемые мультиплексоры ввода/вывода (ROADM)

 - Полностью перенастраиваемые на 80 каналов лазеры

 - Поддержка полносвязных сетей и коммутации оптических каналов

- **Надежность**

 - Переключение менее 50 мс

 - Автоматическое управление мощностью в сети

 - Контроль производительности и сигнализация на базе G.709 аналогично сетям SDHG.709

- **Простота внедрения**

 - Автоматизированный инструментарий для проектирования и подготовки к инсталляции

 - Автоматическое определение топологии и сквозная активация сервисов на сети

IPoDWDM

Основные элементы и технологии

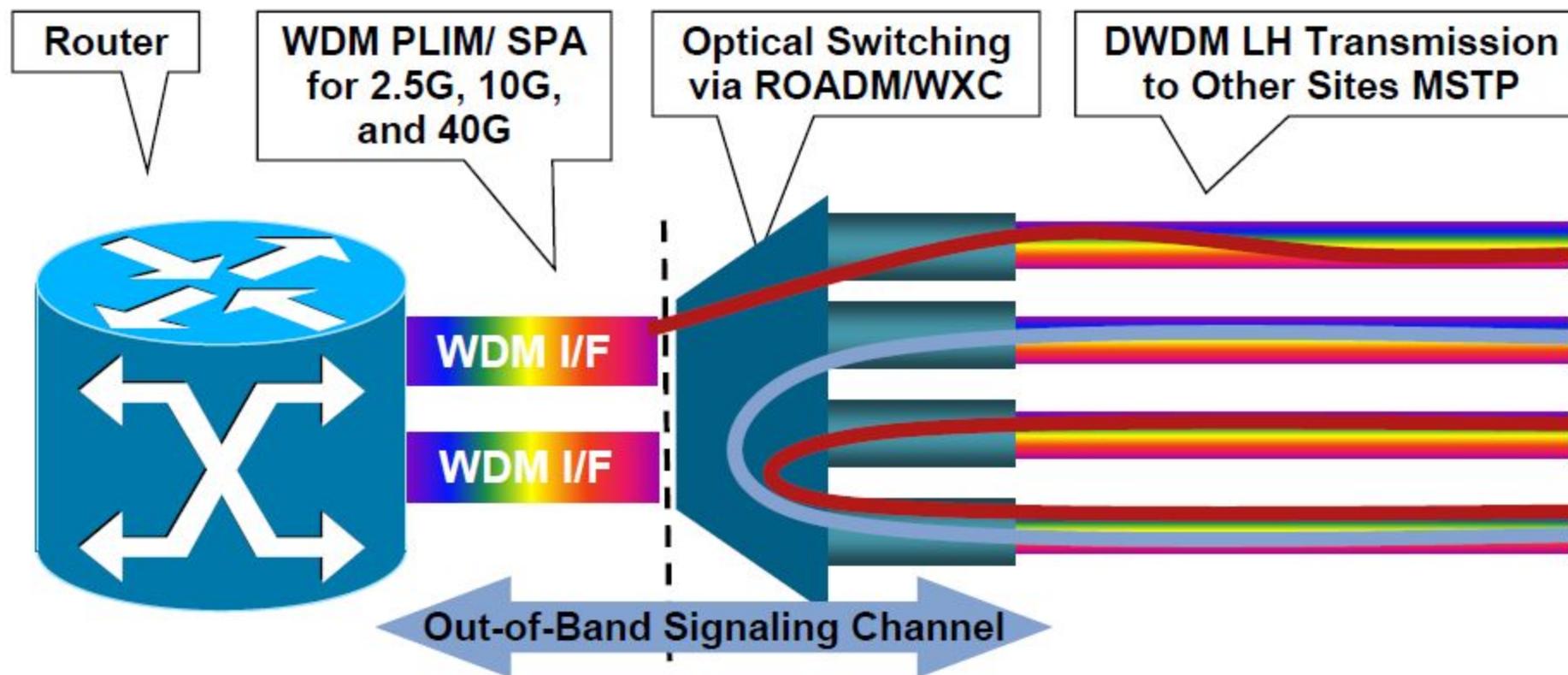


- DWDM Интерфейсы 10G на маршрутизаторах/коммутаторах
- Транспорт DWDM потоков 40G в сетях 10G
- Использование 2.5G WDM SFP/GBIC для базовых приложений
- Гибкий транспортный уровень с возможностями контроля и управления

- Оптическая коммутация на базе ROADM
- Оптическая коммутация на базе λ маршрутизаторов/WXC
- Технологии уровня управления:
 - LMP
 - Peer model (GMPLS)
 - Overlay model (O-UNI)
 - Segmented model (S-GMPLS)
- Интеграция сетей управления

Базовая архитектура IPoDWDM

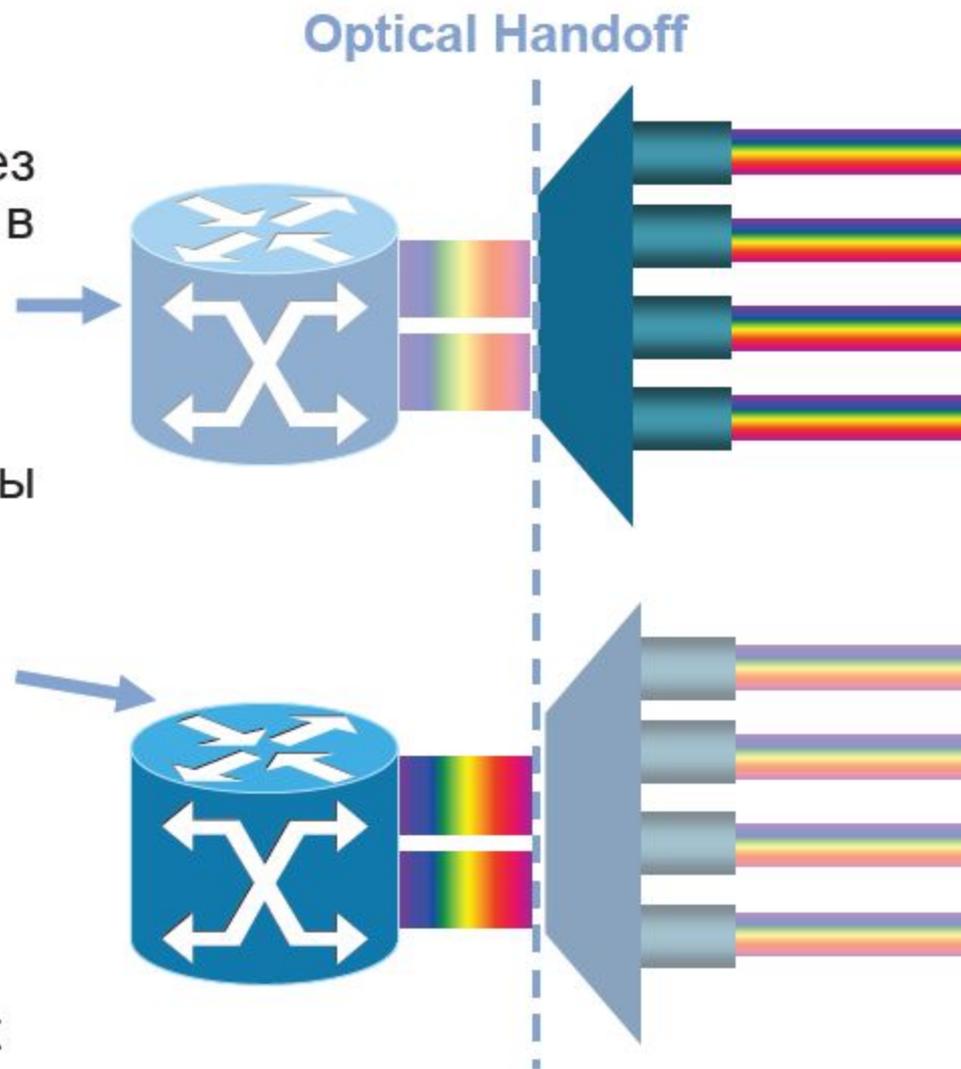
Интегрированная EMS (Маршрутизаторы + Транспорт)



Расширения GMPLS для передачи информации о DWDM

IPoDWDM использует “Открытый” интерфейс в соответствии с ITU

- К DWDM сети может быть подключен любой клиент через транспондер или через интерфейс “раскрашенный” в соответствии с ITU стандартами: “Alien wavelength”
- “Раскрашенные” интерфейсы на маршрутизаторах могут быть подключены к любой DWDM системе соответствующей стандартам ITU
- Стандарт для оптического стыка прорабатывается в рамках отдельной инициативы: Open Transport Initiative (OTI)



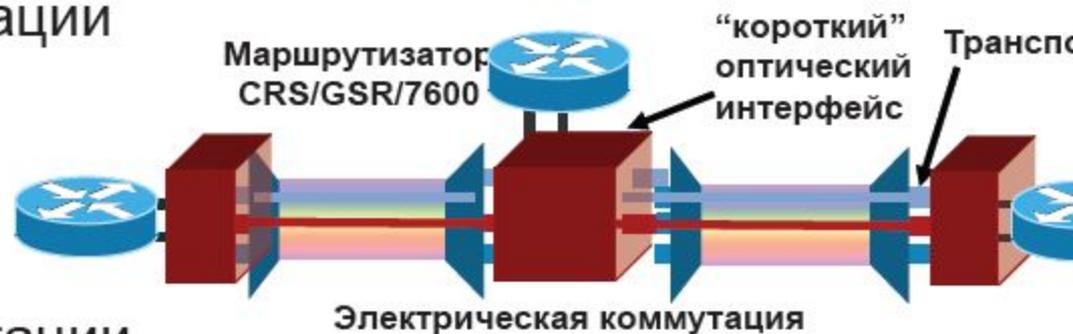
Сетевые архитектуры

Две базовые архитектуры для магистральных оптических сетей:

1. Полностью оптическая сеть в которой каждый оптический канал остается в оптическом домене даже проходя несколько узлов

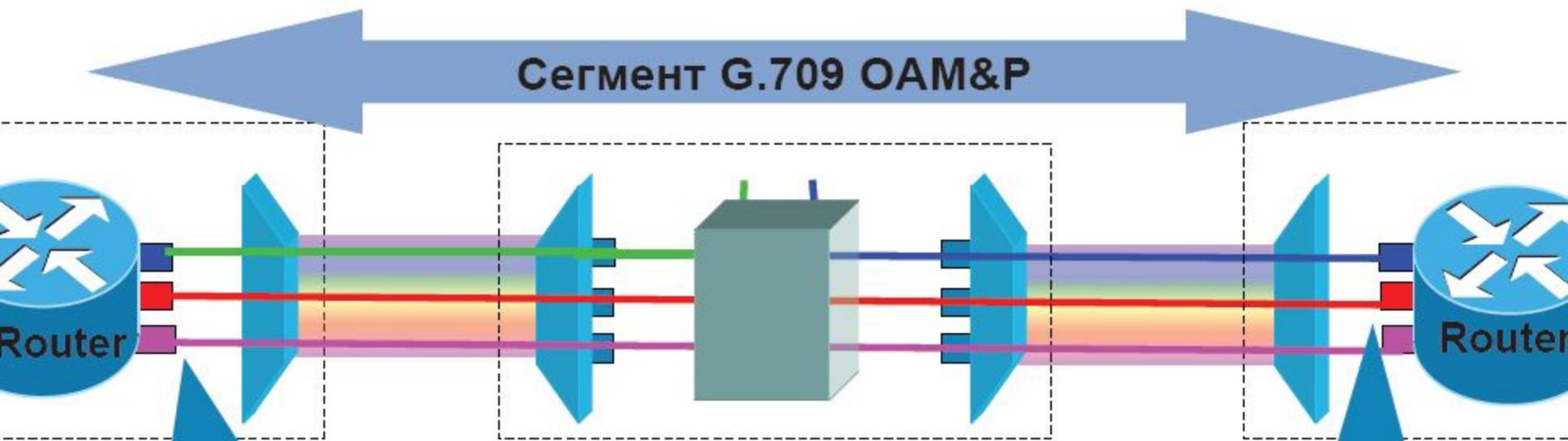


2. Сеть на базе регенерации в которой WDM сигналы конвертируются электрические для регенерации и коммутации



Вариант 1 важен для использования IPoDWDM

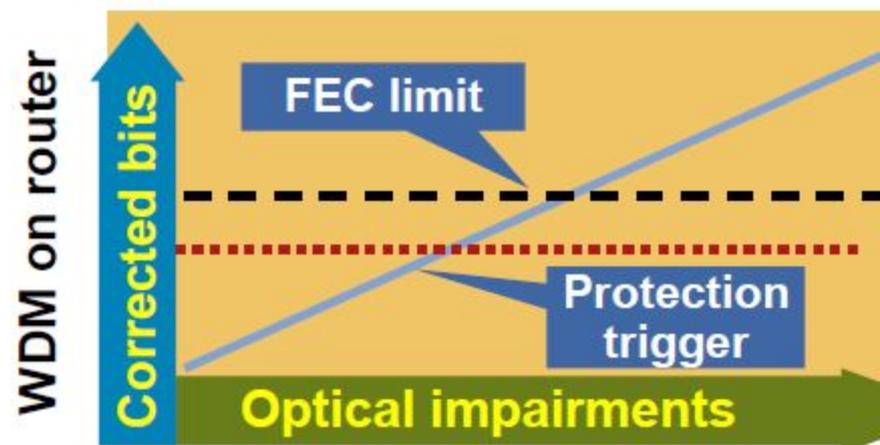
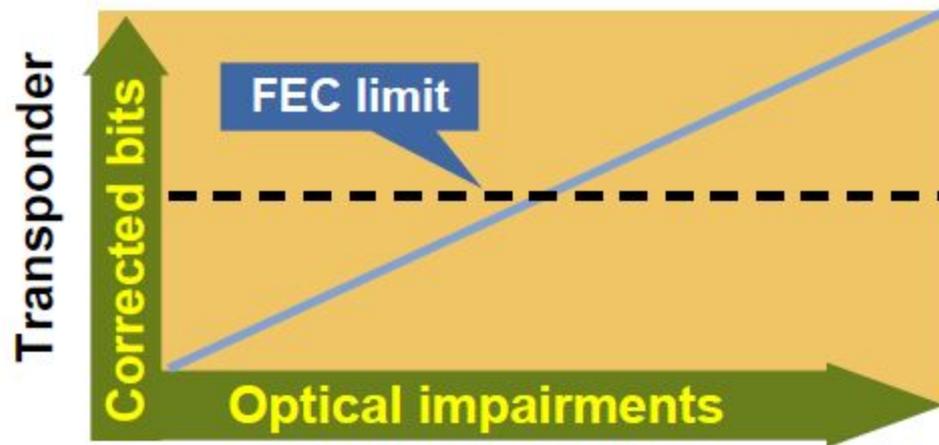
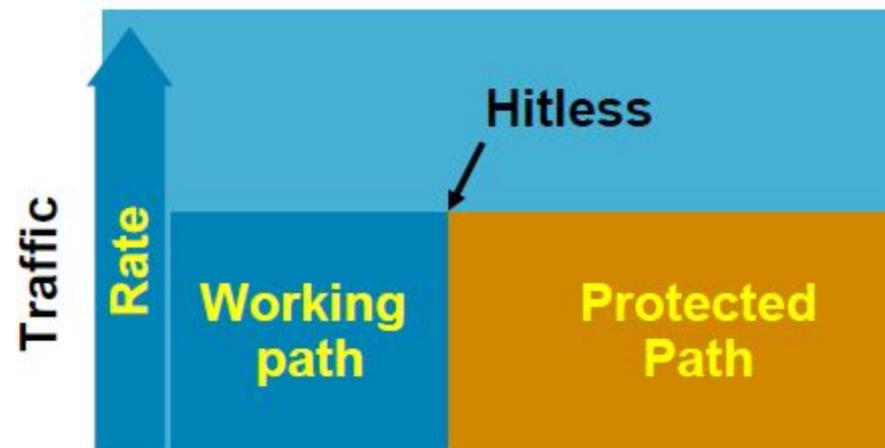
Архитектура IPoDWDM на базе WDMPHY



Использует G.709 OAM&P –
эквивалентен или лучше чем SDH

WDMPHY: 10GE LANPHY с
поддержкой G.709

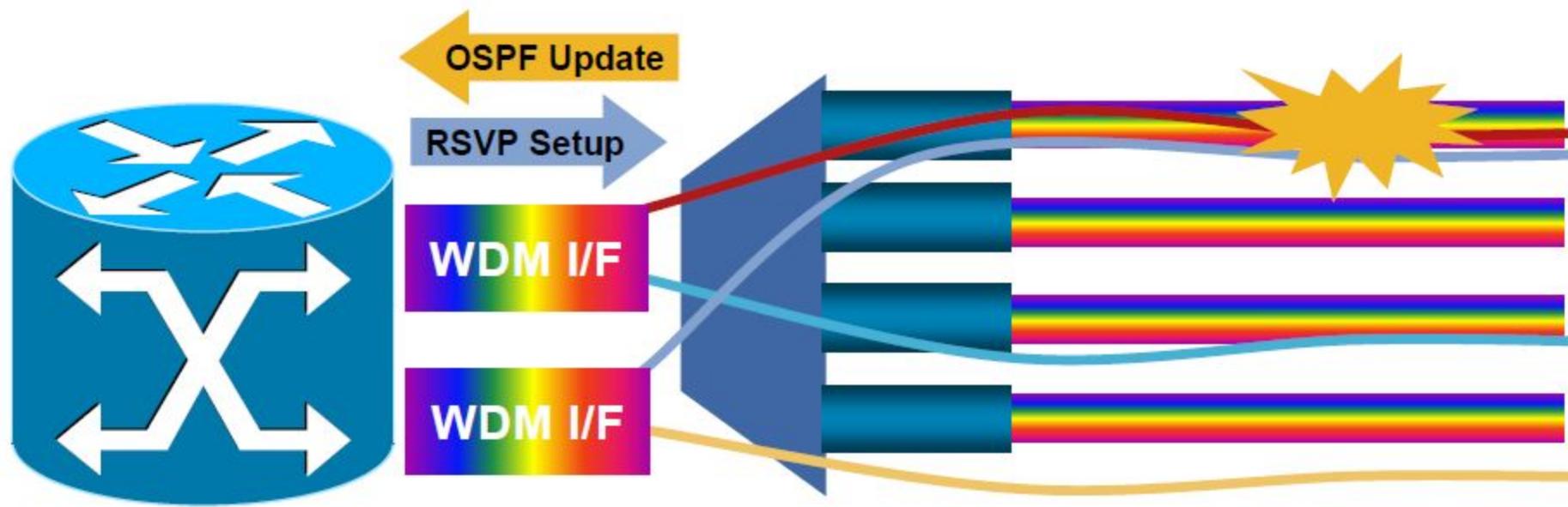
Преимущества интеграции



Интеграция обеспечивает маршрутизатором информацию производительности транспортного уровня, что обеспечивает более широкую возможность резервирования

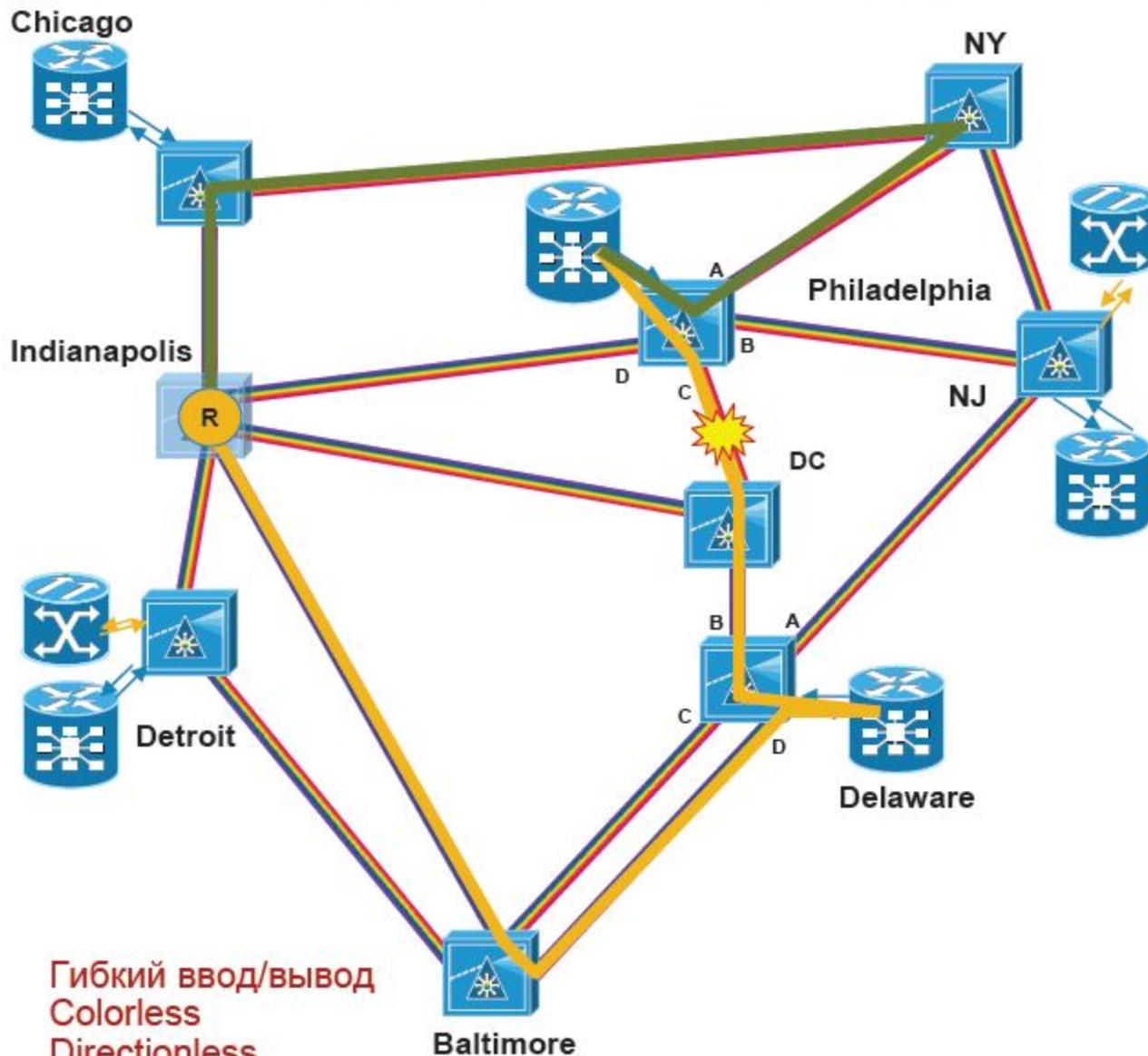
Функции Control Plane

Резервирование



- Маршрутизатор и оптический уровень знают полную топологию сети
- В случае отказа в оптическом домене маршрутизатор может заказать переключение на альтернативный маршрут
- Интерфейсы переключаются на новый маршрут

Оптика и Control Plane

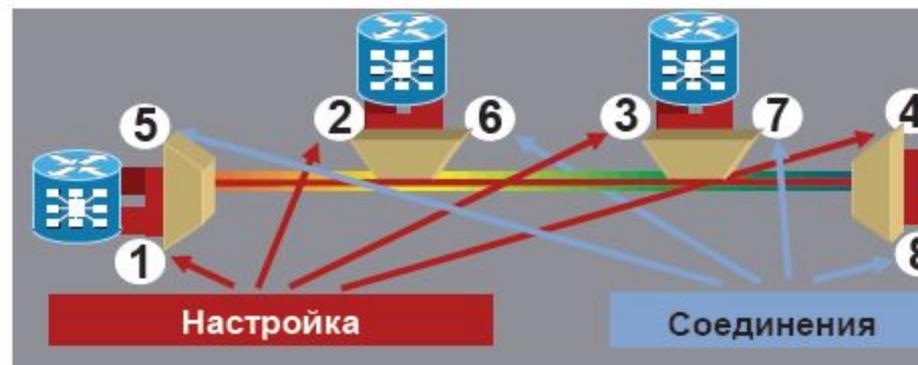


- Интеллектуальное ядро и доступ
- Оптический транспорт с поддержкой Mesh, Colourless и Directionless
- Быстрая активация динамическое создание соединений
- Сервисы по запросу
- Поддержка IPoDWDM и EthoDWDM
- Использование S-GMPLS

Движение к динамической активации соединений

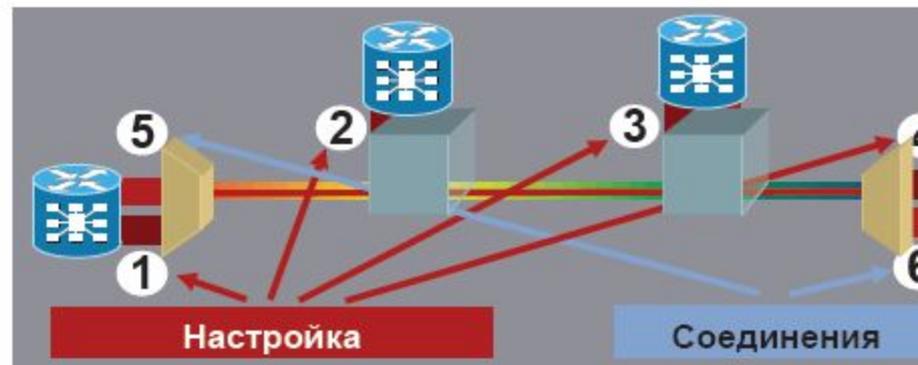
Ручное соединение

- Ручная настройка каждого узла
- Ручная коммутация на каждом узле
- Высокие операционные расходы
- Необходимость посещения всех узлов



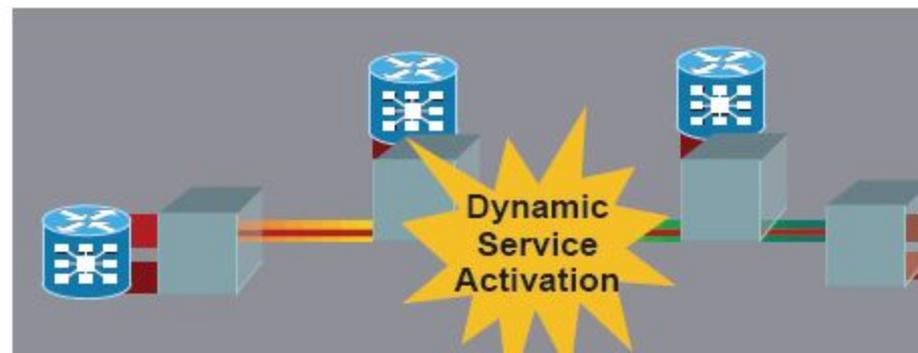
С использованием ROADMs и WXC

- Ручной ввод через систему управления
- Автоматическая настройка транзитных ROADMs и WXC
- OpEx ниже чем в предыдущем варианте
- Больше гибкость предоставляемых сервисов
- Необходимость посещения узлов терминации



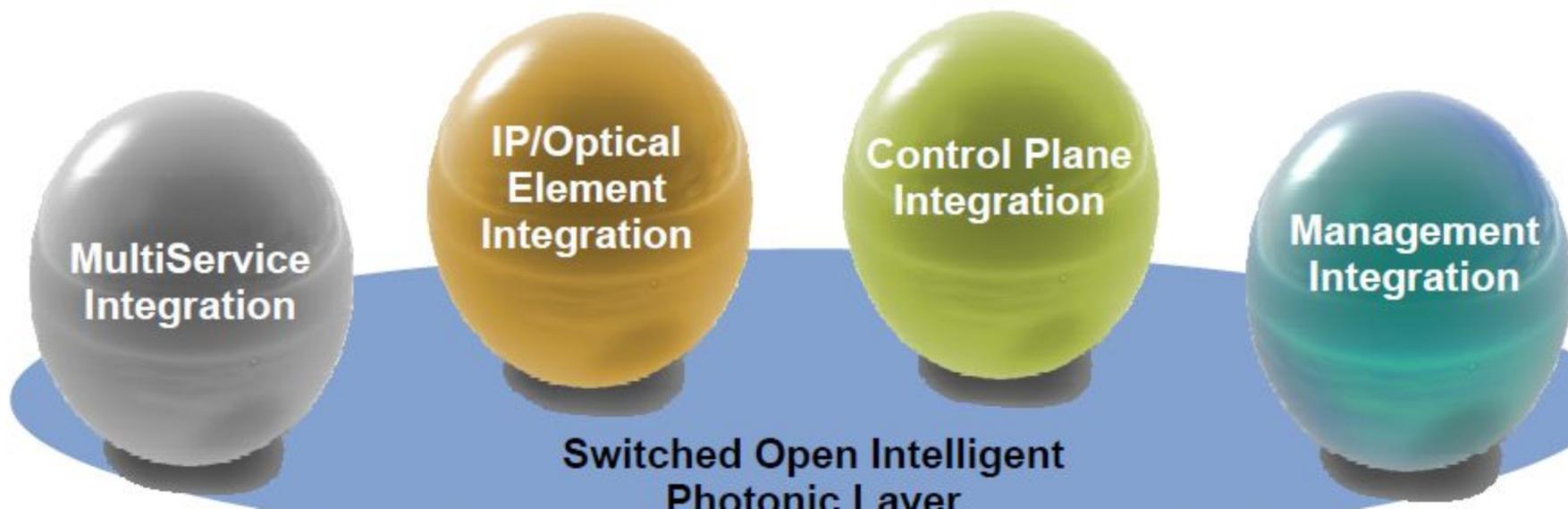
Динамическая активация с ROADM WXC и S-GMPLS

- Автоматическая активация по запросу через S-GMPLS
- Автоматическая коммутация через ROADMs и WXC
- OpEx еще ниже
- Нет необходимости посещать узлы



IPoDWDM для сетей NGN

- Обеспечивает открытую транспортную архитектуру для мультисервисной конвергенции
- Упрощает магистральные сети и сети доступа на базе IP/Ethernet; снижает стоимость — добавляет интеллект
- Обеспечивает решение готовое к развитию в будущем — 40G, 100G
- Гибкость архитектуры (резервирование, перенастройка, mesh)
- Упрощает эксплуатацию



IPoDWDM: DWDM интерфейсы на маршрутизаторах

Cisco CRS-1 (16/8/4)

1x OC-768c ITU PLIM

4 x 10GbE ITU PLIM



Cisco 12000

1 x 10GbE ITU SPA



Cisco 7600

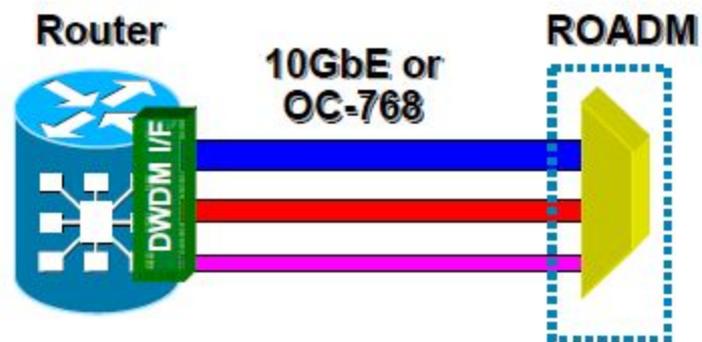
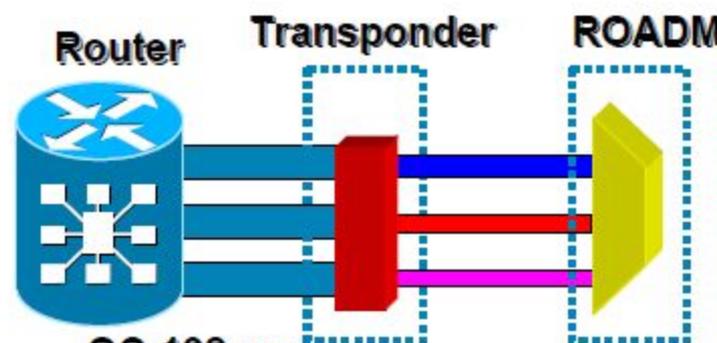
4 x 10GbE ITU DWDMXENPAK

DWDM XFP w/EFEC (Q12008)



ONS 15454 MSTP

или DWDM третьих производителей



уменьшение капитальных затрат на 55% благодаря использованию интегрированных интерфейсов 10GbE

уменьшение операционных затрат на 70% (меньше мощности и места, меньше

IPoDWDM - пример

Услуги

Сеть поддерживает

- Крупнейшая компания кабельного телевидения в США
- 24 миллиона базовых пользователей
- 13 миллионов цифровых пользователей
- 11 миллионов пользователей высокоскоростного интернета
- 2 миллиона пользователей цифрового голоса

IPoDWDM - пример

Обзор сети Comcast

Национальная сеть

- Сеть построена на базе “конвергентной” IPархитектуры

Голос, Видео и Данные передаются поверх IP

- Резервирование и защита реализовано на уровне IP
- Агрегация услуг – на уровне IP
- Транспорт – “Mesh” с поддержкой 40Гбит
- Национальная сеть на базе IPoDWDM

Генерация и терминация DWDM сигналов на маршрутизаторах

IPoDWDM - пример

Обзор сети Comcast

Сетевая архитектура

- DWDM сеть рассчитанная на транспорт до 80 оптических каналов по 10Гбит (50GHz ITU, C-Band)
- Основана на **открытой** архитектуре (ROADM)
- Используемый оптический кабель - E-LEAF
- Оптические каналы 10G и 40G передаются в одной системе
- Сеть готова к использованию L диапазона

IPoDWDM - пример

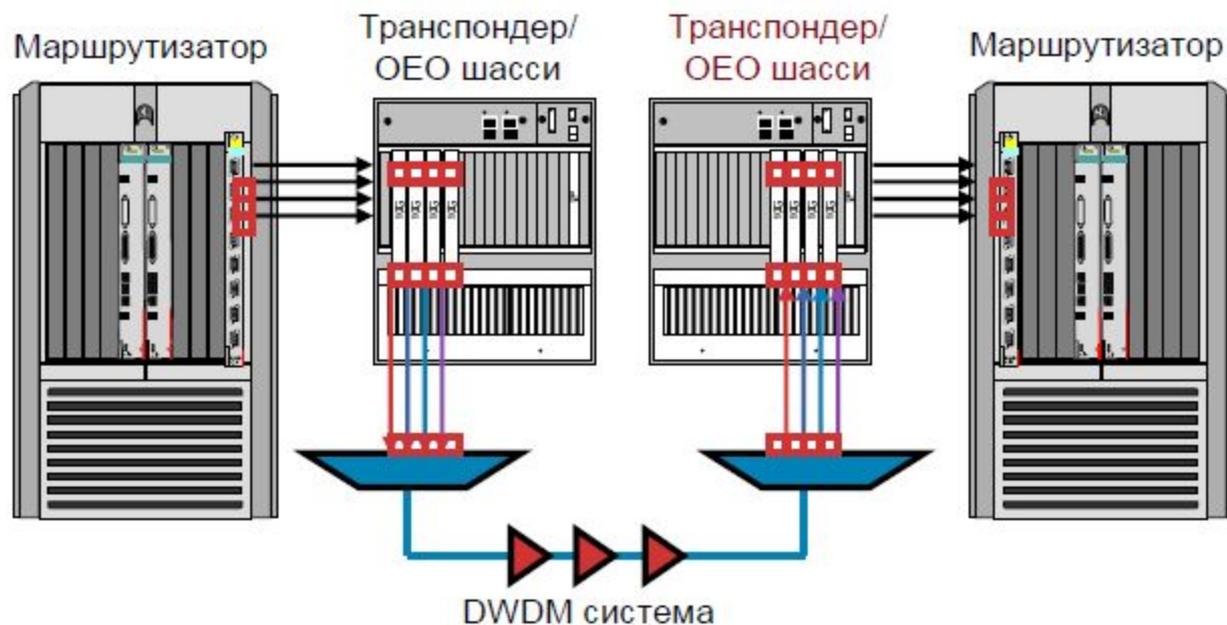
Первая в мире сеть с использованием 40G IPoDWDM

- В настоящее время сеть Comcast:
 - Крупнейшая сеть с внедрением IPoDWDM
 - Крупнейшее внедрение 40G DWDM



Почему IPoDWDM?

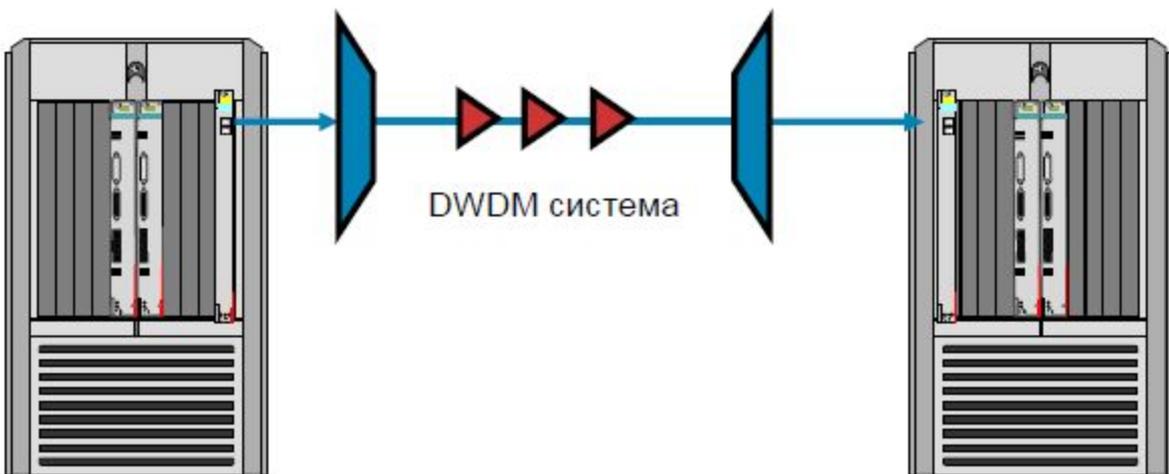
IPoDWDM или традиционная архитектура



Традиционная реализация DWDM

(4x10G P-to-P)

- Оптический интерфейс в сторону клиента
- Дополнительное шасси с транспондерами
- Несколько точек выхода из строя



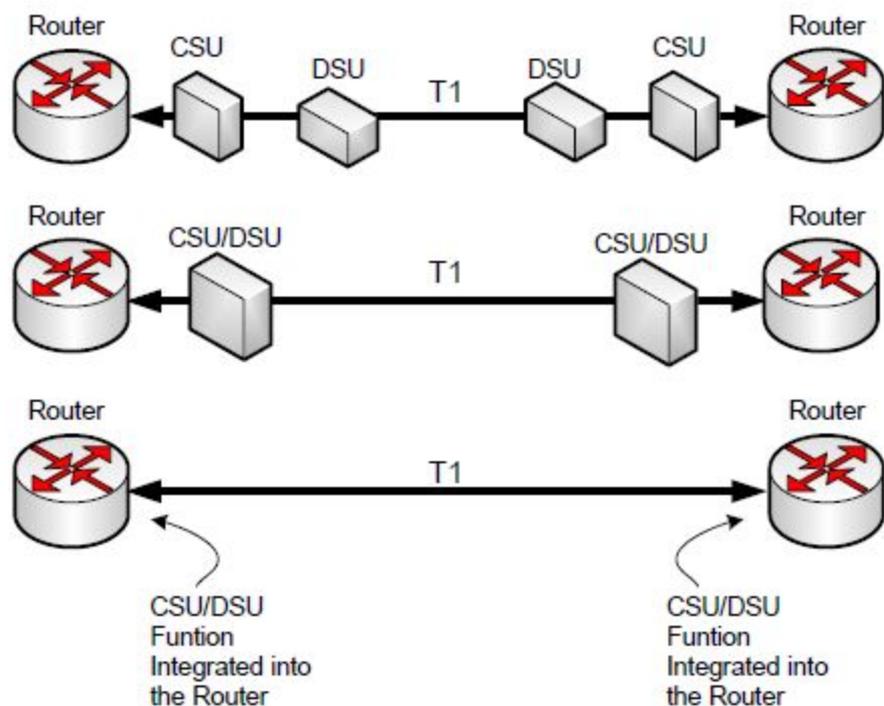
Интегрированное решение (1x4G IPoDWDM P-to-P L)

- Нет оптических интерфейсов в сторону клиента
- Сокращается 30 точек возможного отказа для канала 40G
- Не нужны шасси для транспондеров
- 4:1 экономия каналов
- Эффективный путь развития

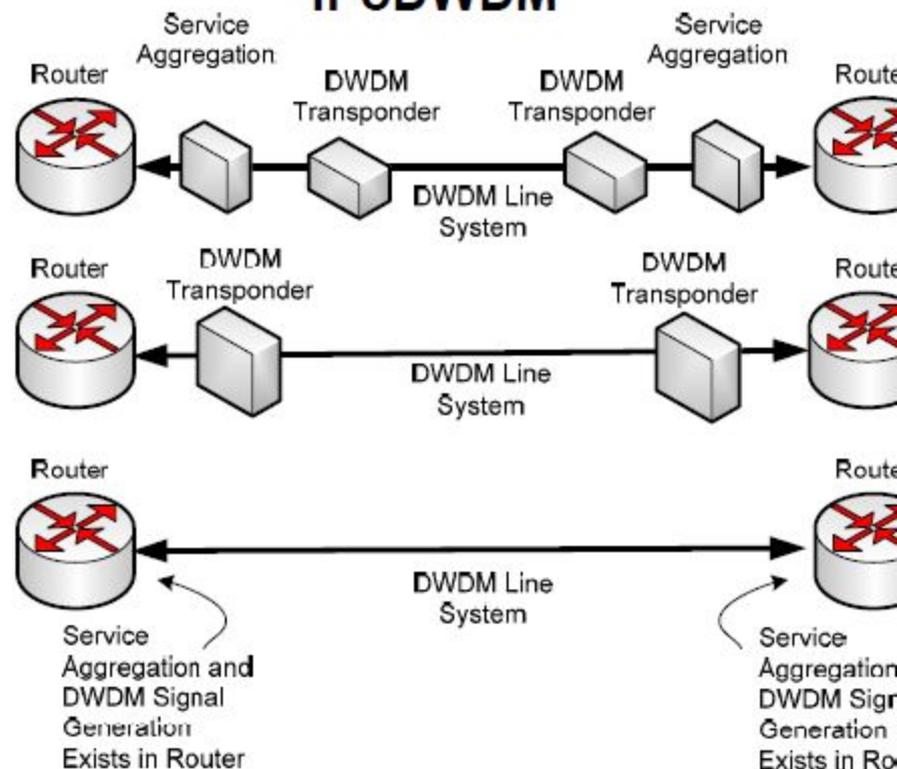
Почему IPoDWDM?

Историческая аналогия

Эволюция аппаратного обеспечения: Транспорт T1



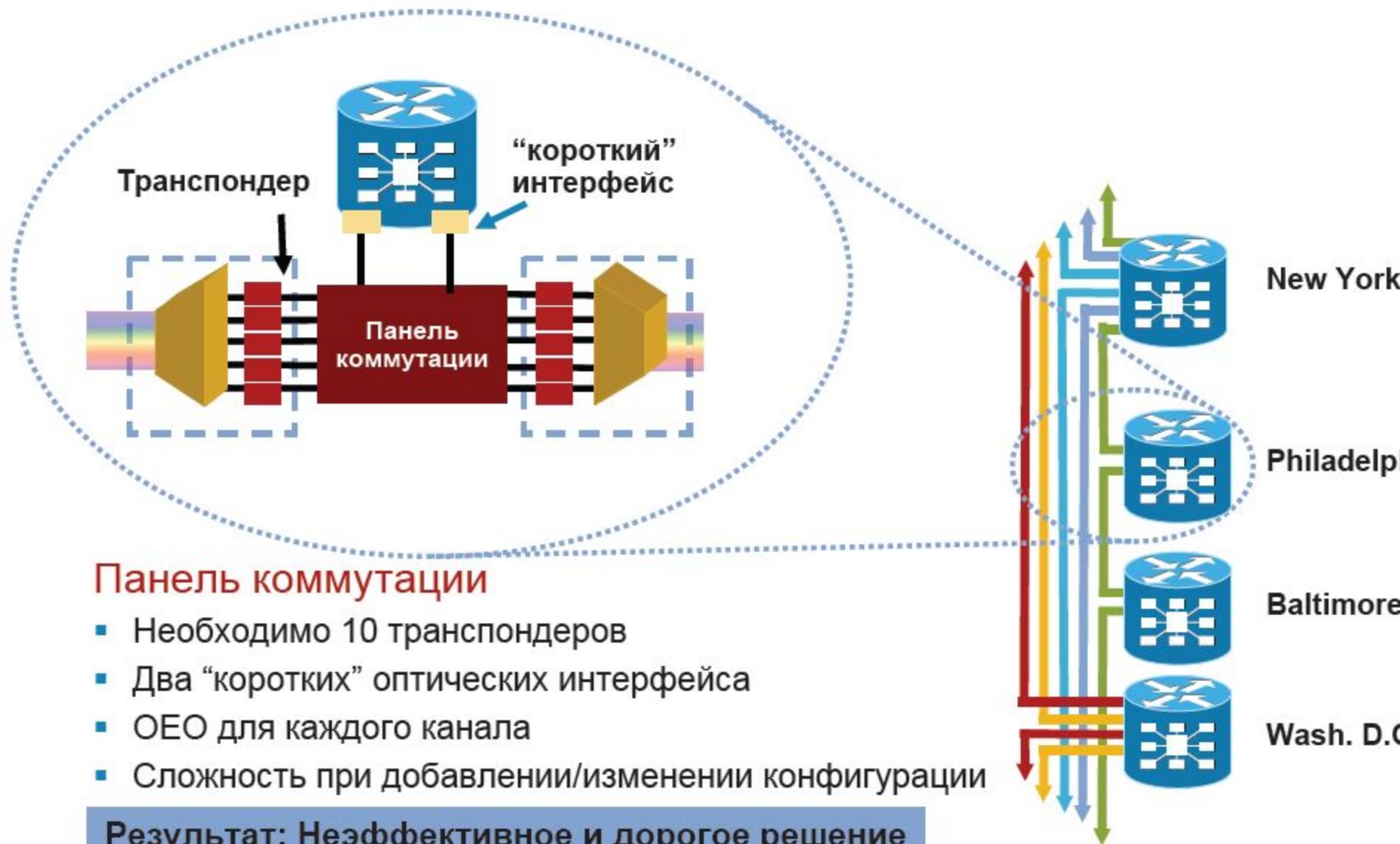
Эволюция интегрированных оптических интерфейсов: IPoDWDM



Интеграция оптики
Естественный процесс
эволюции | 3 сетевые

Сети IP и DWDM

Современные проблемы



Панель коммутации

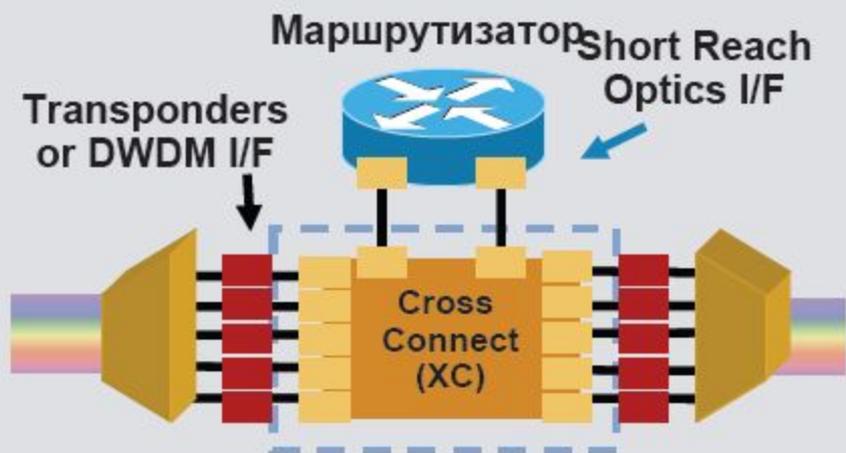
- Необходимо 10 транспондеров
- Два “коротких” оптических интерфейса
- ОЕО для каждого канала
- Сложность при добавлении/изменении конфигурации

Результат: Неэффективное и дорогое решение

Сети IP и DWDM (продолжение)

Возможности расширения

Решение на базе кросс-коннекта

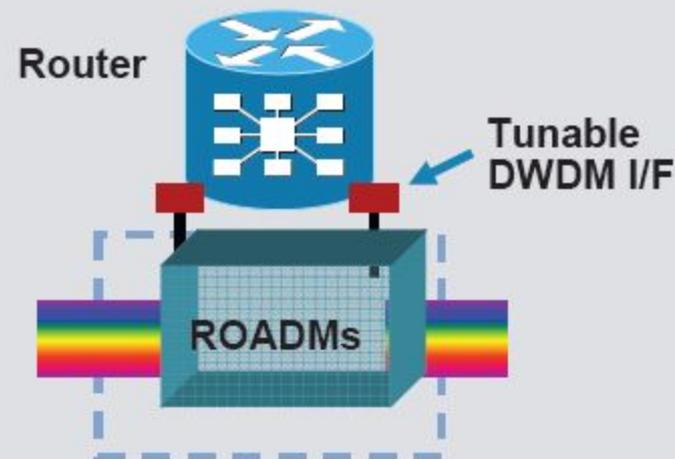


Invest in High-Capacity SONET

- Ten transponders needed
- 4–14 short reach optics
- Every lambda OEO
- Additional transponder and SR for each λ
- Expensive switch w/active electronics

Continue to Invest in
XCs and Transponders

Решение IPoDWDM



Invest in IPoDWDM

- Zero transponders needed
- Two tunable DWDM interfaces in router
- All pass-through traffic stays optical
- ROADM full-provisioned, no truck rolls
- Expensive switch eliminated

Eliminate Unnecessary
OEO XC and Transponders

Преобразование подхода к оптическим сетям

Больше сервисов, лучше эффективность и управление

Оптимизация оптики/ресурсов

Гибкая и масштабируемая инфраструктура

Operationalize



Переход от TDM к Ethernet

Эволюция оптической платформы

Investment Protection



Полное решение

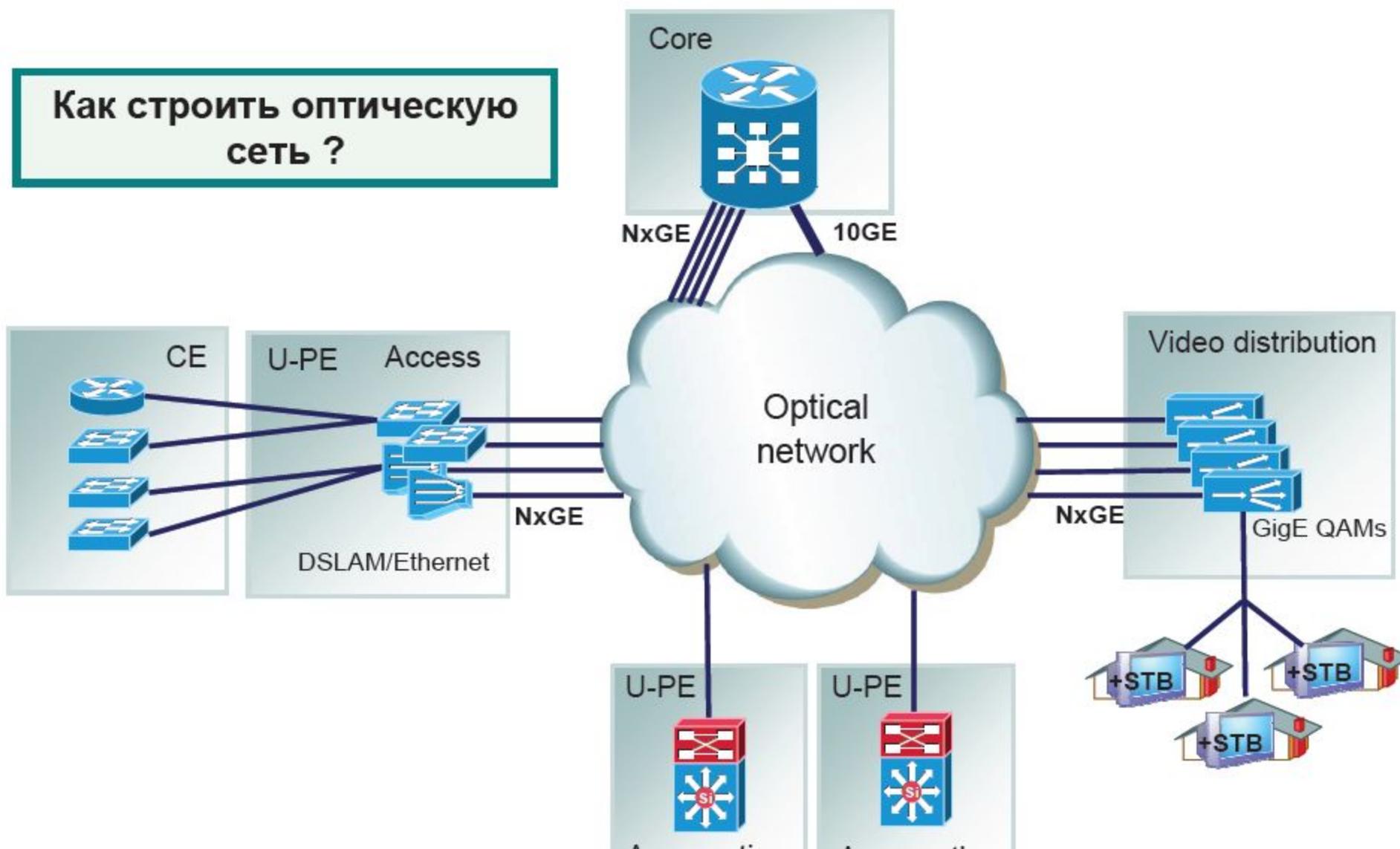
Постоянные инновации

Optical Leadership



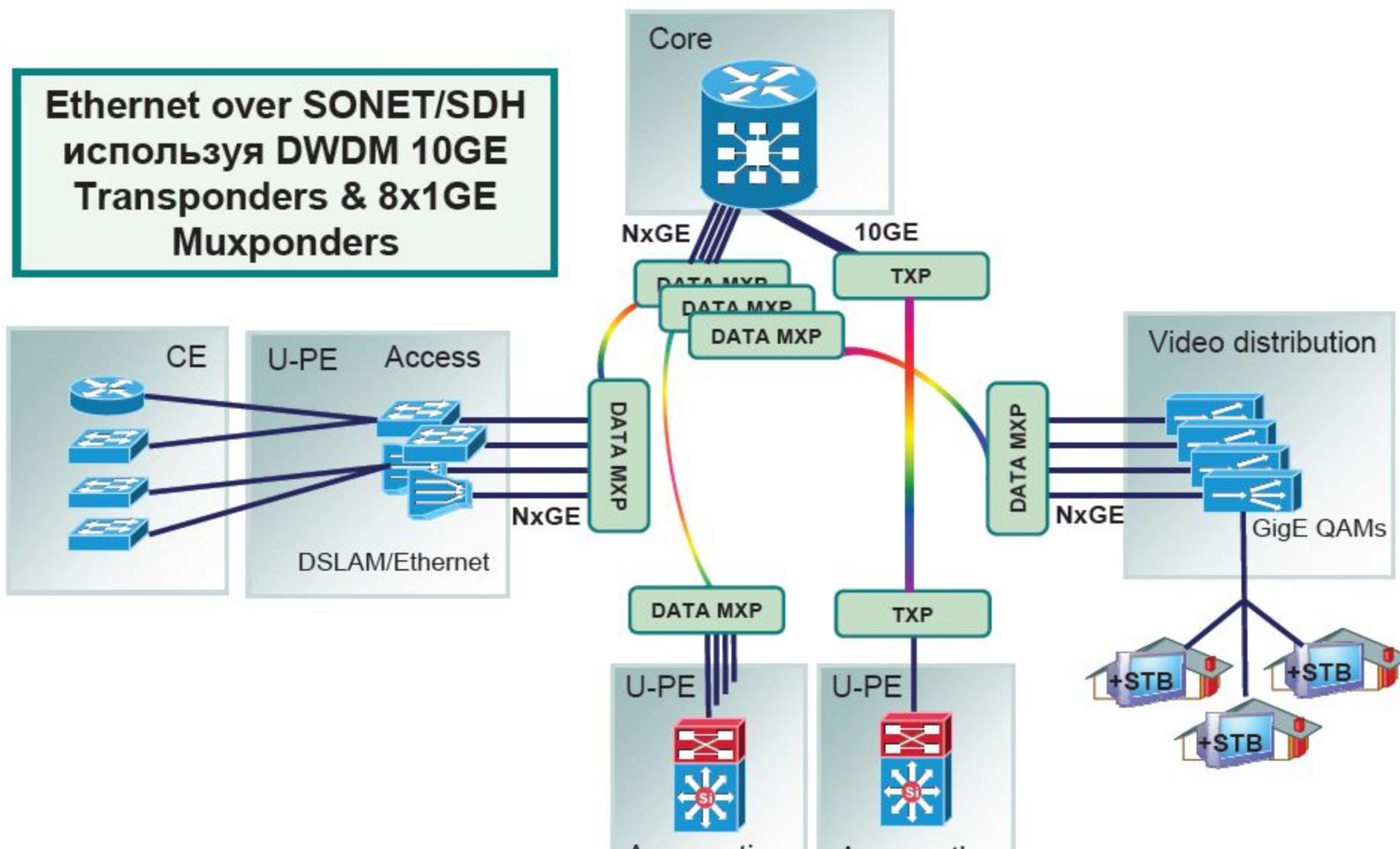
Оптическая сеть – транспорт голоса, видео, данных

Как строить оптическую сеть ?



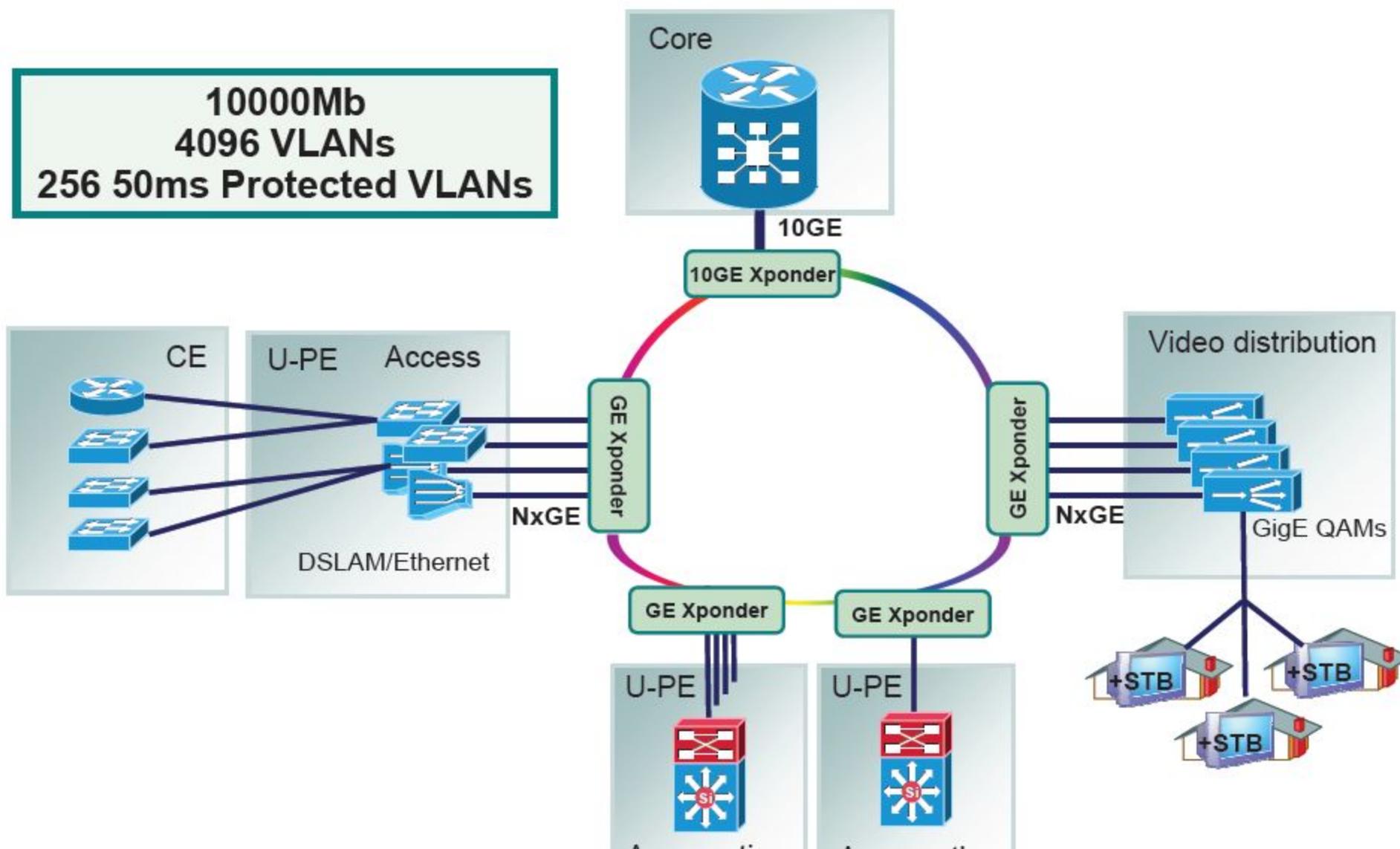
Оптическая сеть – транспорт голоса, видео, данных

**Ethernet over SONET/SDH
используя DWDM 10GE
Transponders & 8x1GE
Muxponders**



Оптическая сеть – транспорт голоса, видео, данных

10000Mb
4096 VLANs
256 50ms Protected VLANs



Ethernet в сетях WDM

Три варианта транспорта

- Транспондер

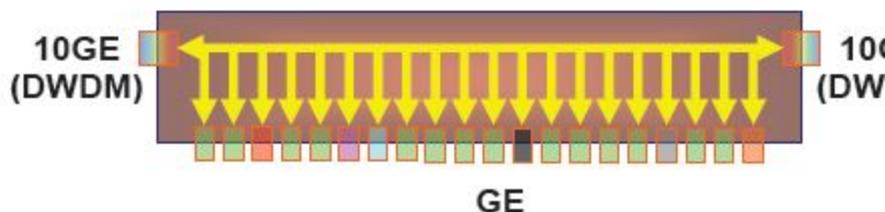
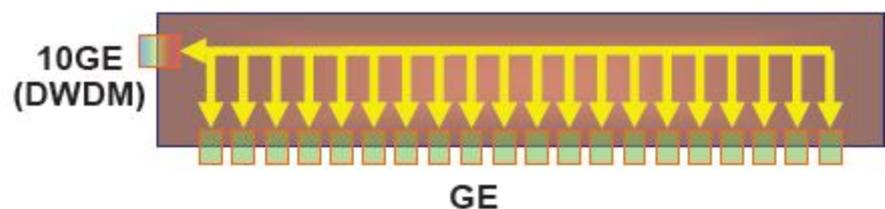
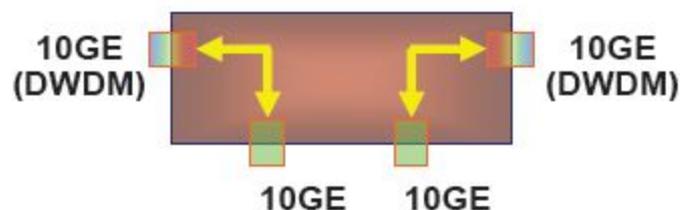
Один порт Ethernet использует один оптический канал (длину волны)

- Мультиплексирующий транспондер (Muxponder)

Несколько портов Ethernet в одном оптическом канале

- Xponder

Несколько портов Ethernet используют общую среду передачи на базе одного оптического канала



Особенности решения с использованием транспондеров

- Построение прозрачных выделенных каналов поверх WDM сети и обеспечением качества надежности аналогичным сетям TDM (резервирование менее 50 мс, восстановление)
- Скорость передачи 1G/10G
- Одна услуга на оптический канал
- Гарантированная прозрачность для L2 сетей (целостность линка)
- Контроль производительности
- Транспорт ориентированный на соединения точка-точка
- Использование SFP позволяет использовать одну и ту же карту для транспорта Ethernet/SONET/SDH/FC

Особенности решения с использованием мультиплексирующих транспондеров

- Построение прозрачных выделенных каналов поверх WDM сети и обеспечением качества надежности аналогичным сетям TDM (резервирование менее 50 мс, восстановление)
- Агрегация несколько GE в один оптический канал (10GE)
- Нет переподписки и более низких скоростей
- Гарантированная прозрачность для L2 сетей (целостность линка)
- Контроль производительности
- Транспорт ориентированный на соединения точка-точка
- Использование SFP позволяет использовать одну и ту же карту для транспорта Ethernet/SONET/SDH/FC

Особенности решения с использованием Xpander

- Сеть на базе Ethernet ADM
- Применимо для любых типов услуг на базе Ethernet (ELINE /ELAN)
- Поддержка Multicast в режиме “drop and continue”
- Патентованная технология резервирования со временем переключения менее 50 мс
- Масштабируется для объединения нескольких узлов или предоставления нескольких сервисов
- Использование статистического мультиплексирования для эффективного использования полосы
- Возможность предоставления соединений с резервированием и без
- Обеспечение механизмов QoS для передаваемого трафика
- Соответствие определениям MEF по сервису и QOS

Ethernet в сетях WDM

Транспортные архитектуры

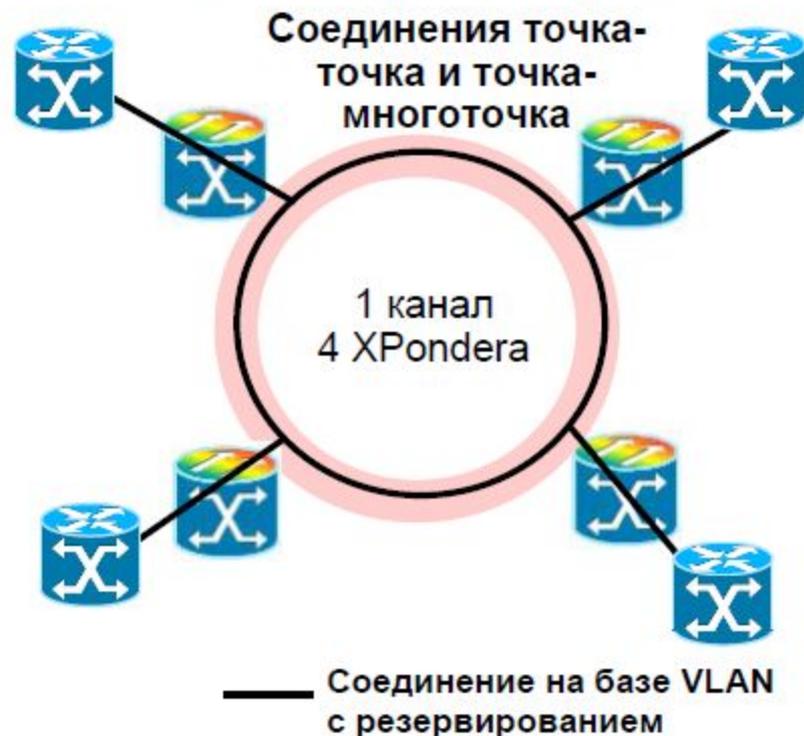
Выделенная длина волны на соединение



Карты терминации

- WXC, WSS (оптический канал)
- Transponder, Muxponder (Ethernet)

Распределенная транспортная среда



Карты терминации

- XPonder (Ethernet)

