

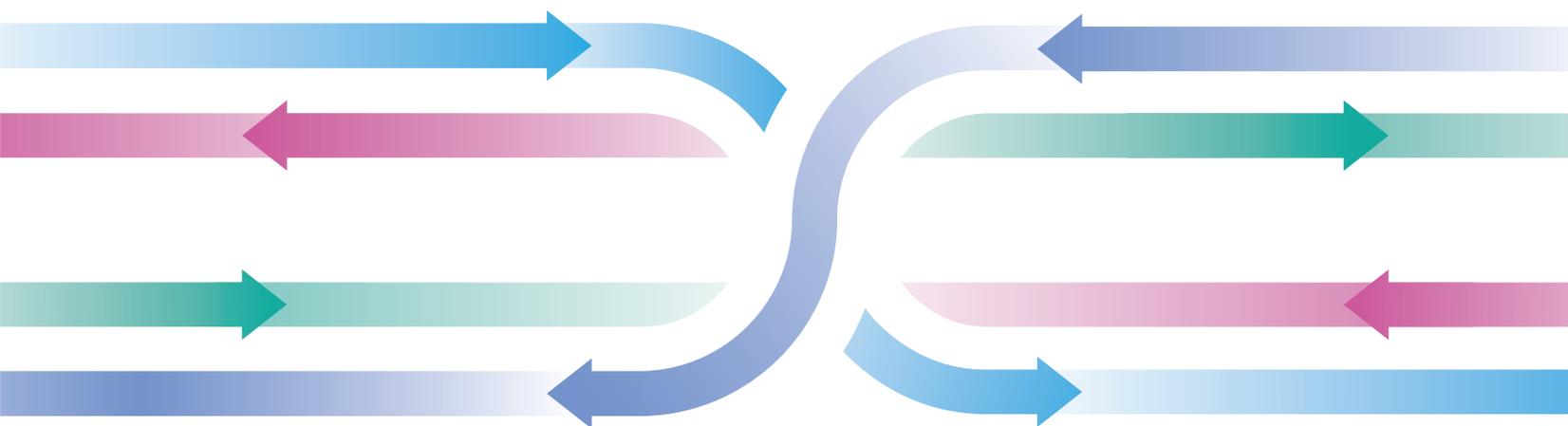


T8 | DWDM-СИСТЕМЫ

CDC-F

Colorless Directionless Contentionless Flex Grid

Технология



В обзоре рассмотрены ключевые положения, которые определяют технологии перестраиваемого (реконфигурируемого) оптического мультиплексора ввода/вывода ROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer), поддерживающего функционал нового поколения типа CDC-F

C – Colorless

Возможность подключать оптические каналы к любому порту мультиплексирующей схемы и проводить удаленную настройку длины волны каждого канала

D – Directionless

Возможность ввода/вывода оптических каналов с или на любое направление приема-передачи и удаленно изменять направление передачи канала

C – Contentionless

Ввод/вывод оптических каналов (длин волн) в многосвязном узле на разные направления с использованием одинаковых длин волн

F – Flex Grid

Гибкая частотная сетка

Гибкая частотная сетка (Flex Grid)

На действующих транспортных сетях, построенных с использованием технологии OTN/DWDM, чаще всего для оптических каналов используют фиксированную стандартизованную сетку частот (Fixed Grid) с шагом 50 или 100 ГГц. Для организации подобной линии связи используется наиболее простое оборудование, однако такой подход имеет ряд ограничений.

Во-первых, не достигается высокий уровень спектральной эффективности системы DWDM, особенно в тех случаях, когда используются оптические сигналы с шириной спектра намного меньше шага фиксированной сетки частот (Рисунок 1 – Fixed Grid).

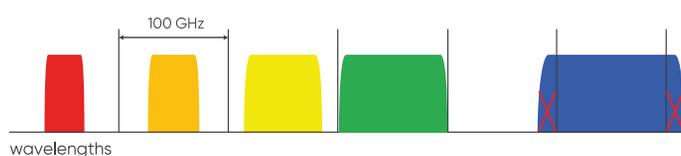
Во-вторых, нет возможности использовать оптические каналы с высокой символьной скоростью, ширина спектра которых превышает шаг фиксированной сетки частот.

Для преодоления ограничений применяется телекоммуникационное оборудование, поддерживающее функционал Flex Grid (МСЭ-Т G.694.1 (10/2020) «Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid»). В таком оборудовании можно гибко настраивать сетку частот, выделяя под каждый канал частотную полосу, согласованную с шириной спектра данного канала (Рисунок 1 – Flex Grid). Минимальный шаг перестройки центральной длины волны канала равен 6.25 ГГц. Более точные сведения по технологии Flex Grid представлены в рекомендации МСЭ-Т G.694.1.

Применение технологии Flex Grid позволяет повысить уровень спектральной эффективности и пропускной способности системы DWDM, а также увеличить дальность передачи без 3R-регенерации (то есть без использования промежуточного ОЕО-преобразования) за счет использования каналов с высокой символьной скоростью и с форматами модуляции более низкого уровня.

Из-за более плотной упаковки частотных спектров отдельных оптических каналов в спектре группового сигнала DWDM (спектральная дефрагментация), появляется возможность организовать на сети со сложной топологией новые, ранее не доступные маршруты для оптических каналов.

Fixed Grid



Flex Grid

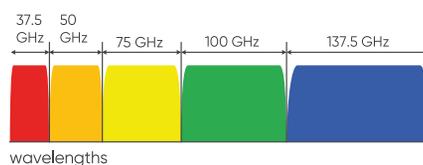


Рисунок 1 – Фиксированная (Fixed Grid) и гибкая (Flex Grid) частотные каналные сетки

Возможность подключать оптические каналы к любому порту мультиплексирующей схемы и проводить удаленную настройку длины волны каждого канала (Colorless)

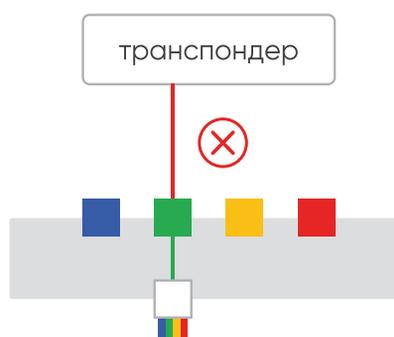
Большинство современных транспондеров поддерживает перестройку центральной длины волны канала. Этот функционал обеспечивает унификацию решений, например, дает возможность использовать одну модель транспондера на разных участках сети, или менять длину волны на уже установленной ранее паре транспондеров, и за счет этого оптимизировать частотную канальную схему сети.

В обычных (Colored) системах для каждого порта мультиплексора/демультиплексора определена одна конкретная центральная длина волны оптического канала. Поэтому потребуются физическая перекоммутация патч-кордов, даже если имеется возможность изменить длину волны на приемопередатчик транспондера удаленно, например, через систему централизованного управления сетью NMS (Рисунок 2 – 1). Подобная схема обслуживания сети в долгосрочной перспективе требует

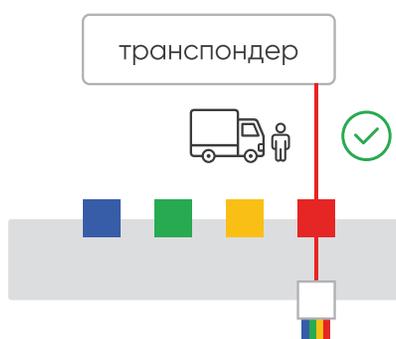
больше времени и усилий от обслуживающего персонала, поскольку не позволяет проводить полноценную удаленную настройку (конфигурирование) узла. В конечном счете, такая схема приводит к снижению гибкости сети и увеличению затрат на ее обслуживание.

Именно по этой причине на сетях DWDM стали широко применяться решения типа Colorless, которые позволяют подключать оптический канал с любой центральной длиной волны к любому порту сетевого узла ввода/вывода, и проводить быструю удаленную настройку длины волны любого оптического канала без привлечения сервисной команды (Рисунок 2 – 2). При таком решении можно снизить затраты на обслуживание сети (OPEX), ускорить процесс изменения частотных канальных планов, повысить долговечность оборудования сети за счет исключения механических операций при обслуживании сети.

Изменяется длина волны канала



1 COLORED



2 COLORLESS

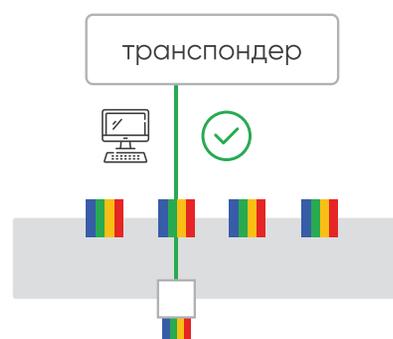


Рисунок 2 – Изменение длины волны канала на транспондере для «Colored» и «Colorless» систем ROADМ:

1 – Colored: требуется физическое переключение портов

2 – Colorless: канал с любой длиной волны можно подключать к любому порту

Возможность ввода/вывода оптических каналов с или на любое направление приема-передачи и удаленно изменять направление передачи канала (Directionless)

Многосвязные узлы ROADM необходимы для гибкой маршрутизации оптических каналов по разным направлениям на единой сети.

Использование классической схемы ROADM-узла (Colored Directional) подразумевает ручную перекоммутацию патчкордов, что имеет следующие недостатки:

- снижение долговечности оптических портов телекоммуникационного оборудования из-за систематического физического воздействия
- необходимость следовать четким инструкциям по обслуживанию сетевого оборудования для того, чтобы избежать неправильных подключений
- необходимость выезда техников для переподключения канала к другому порту в случае смены направления
- невозможность проводить полностью автоматическую дистанционную перенастройку линии при смене направления (маршрутов) каналов

ROADM-узел с функционалом «Directionless» позволяет дистанционно изменять маршрут прохождения оптического канала по DWDM-сети связи, и при этом не менять порт его подключения в сетевом узле (Рисунок 3). Обычно функционал «Directionless» внедряется в сочетании с функционалом «Coloreless» для того, чтобы исключить всякую необходимость физического переключения портов на сети на всем жизненном цикле ее эксплуатации (например, в связи со сменой длины волны или направления передачи/приема).

Должна быть возможность удаленно подключать оптический канал к любому направлению передачи с выбором необходимой длины волны оптического излучения. В этом случае отпадает необходимость вызывать в процессе эксплуатации техников и физически переподключать порты при смене длины волны или направления передачи канала, что снижает стоимость содержания сети в долгосрочной перспективе.

Изменяется направление канала



1 DIRECTIONAL



2 DIRECTIONLESS



Рисунок 3 – Переключение направления канала в линиях:

1 – Directional: требуется физическое переключение портов

2 – Directionless: канал можно подключать к любому порту и на любое выбранное направление (но только на одно)

Ввод/вывод оптических каналов (длин волн) в многосвязном узле на разные направления с использованием одинаковых длин волн (Contentionless)

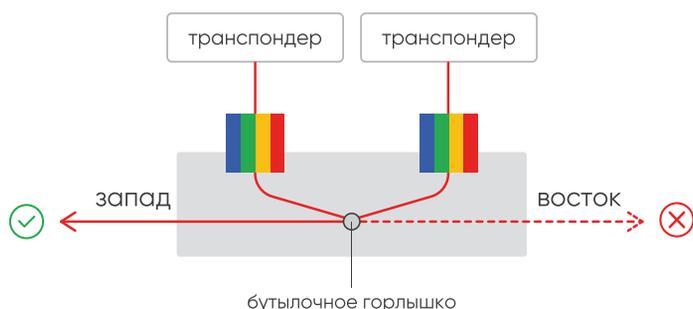
Наличие в узлах сети DWDM всех трех функций Colorless, Directionless и Flex Grid достаточно для реализации гибкого сетевого решения с широкими возможностями по удаленной настройке и оптимизации использования инфраструктуры сети в процессе эксплуатации. Однако и в этом случае гибкость сети и количество вводимых/выводимых каналов на узле ограничены из-за отсутствия свойства «Contentionless»: отсутствует возможность в многосвязном узле сети осуществить ввод/вывод нескольких оптических каналов с одинаковой длиной волны в разные направления, подключенных к этому узлу (Рисунок 4 – 1).

Для преодоления этого ограничения многосвязный узел сети должен иметь полный набор свойств

CDC-F (Colorless, Directionless, Contentionless, Flexgrid) (Рисунок 4 – 2).

При внедрении на сети многосвязных узлов CDC-F достигается не только полная гибкость сетевого решения, но и возможность в перспективе внедрить на сети функционал GMPLS/ASON (МСЭ-T G.8080/Y.1304 (11/2001) «Architecture for the automatically switched optical network (ASON)»; G.7718/Y.1709 (10/2020) «Framework for the management of management-control components and functions») для обеспечения устойчивости к многократным отказам с реализацией автоматического восстановления соединений (restoration) на фотонном уровне сети DWDM.

1 CONTENTIONAL



2 CONTENTIONLESS

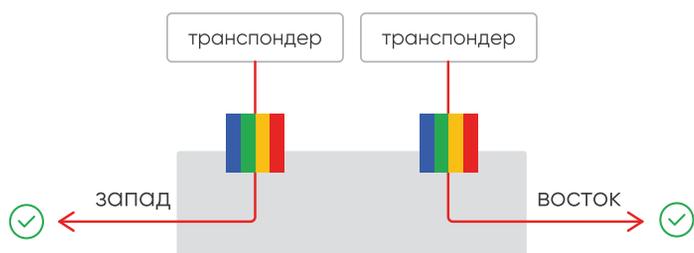


Рисунок 4

1 – Contentional: нельзя передать два канала с одинаковыми длинами волн на разные направления через одну подсистему ввода/вывода

2 – Contentionless: можно передать два канала с одинаковыми длинами волн одновременно и на направление «запад», и на направление «восток» через одну подсистему ввода/вывода

Многосвязные реконфигурируемые оптические узлы ввода/вывода

Многосвязные реконфигурируемые оптические узлы MD-ROADM (Multi-Degree Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer) соединяются между собой двунаправленными оптоволоконными линиями, по которым в сетях OTN/DWDM передается групповой оптический сигнал. Количество направлений, с которыми соединяется узел связи, определяет коэффициент связности этого узла. Если данный узел связан больше чем с одним направлением, то он называется многосвязным.

Узел связи может быть конечным, в таком случае происходит только ввод/вывод оптических каналов с использованием подсистемы сетевых окончаний, и/или может быть промежуточным (транзитным), в котором используется подсистема транзитных соединений для переключения оптических каналов между разными направлениями приема-передачи. В общем случае, в транзитно-оконечных многосвязных узлах можно как вводить/выводить оптические каналы, так и перенаправлять их на другие направления.

Функциональная схема транзитно-оконечного многосвязного реконфигурируемого оптического узла представлена на рисунке 5 на примере трехсвязного узла. В общем случае количество связываемых направлений может быть любым. В состав такого узла входит две подсистемы: подсистема транзитных соединений и подсистема сетевых окончаний.

В состав подсистемы транзитных соединений входят блоки ROADM по каждому направлению, причем порты ввода/вывода соединены между собой парой двунаправленных пассивных оптоволоконных соединений по схеме «каждый с каждым».

В состав подсистемы сетевых окончаний входят блоки, необходимые для ввода и вывода оптических каналов,

включая оптические усилители EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) в направлении передачи и приема, необходимые для компенсации потерь в схеме, блоки ROADM, пассивные разветвители, блоки оптических переключателей MCS (Multicast Switch). Подсистема определяет возможное количество подключаемых сетевых окончаний оптических транспондеров/агрегаторов.

Функциональные подсистемы характеризуются доступным набором технологий (функционалом): FixedGrid/FlexGrid, Colored/Colorless, Directional/Directionless, Contentional/Contentionless. В транзитно-оконечном многосвязном реконфигурируемом оптическом узле допускается включение нескольких подсистем сетевых окончаний, причем они могут характеризоваться как одинаковым, так и отличающимся функционалом.

В многосвязных реконфигурируемых оптических мультиплексорах ввода/вывода обычно предусматривается возможность оперативного, без нарушения передачи существующего трафика через действующий узел, изменения:

- коэффициента связности многосвязного узла
- общего количества оптических каналов (длин волн) для сквозного соединения между направлениями, подключенными к данному узлу в конфигурации транзитного соединения
- общего количества оптических каналов (длин волн), вводимых/выводимых в данном узле в конфигурации сетевого окончания

Подробнее организация многосвязных реконфигурируемых узлов ввода/вывода описана в рекомендации МСЭ-T G.672 (10/2020) «Characteristics of multi-degree reconfigurable optical add/drop multiplexers».

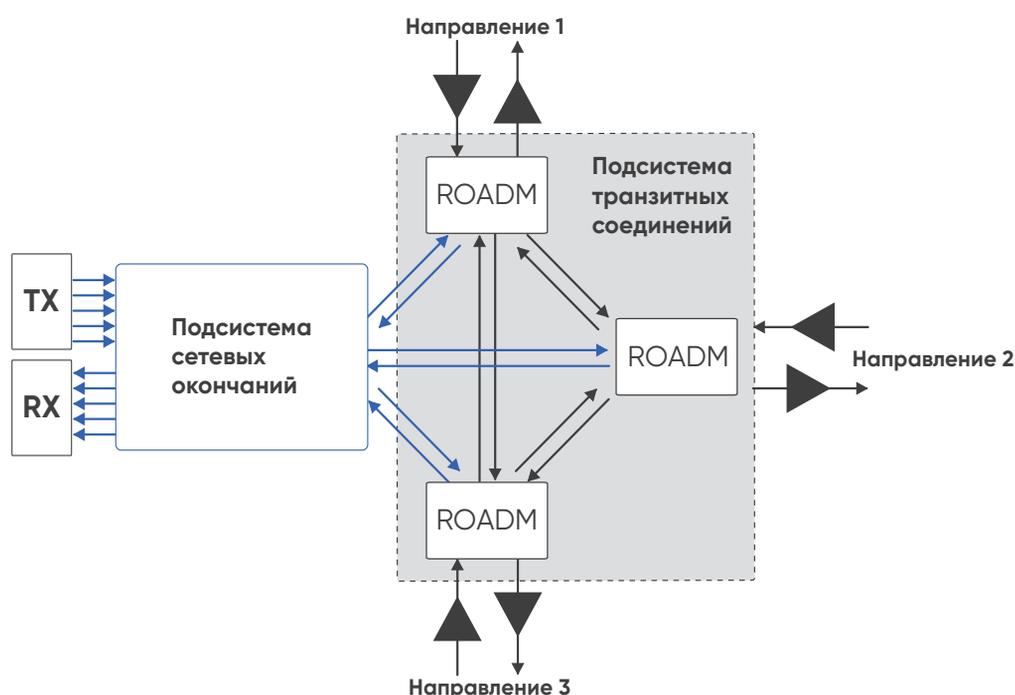


Рисунок 5 – Функциональная схема трехсвязного транзитно-оконечного узла ввода/вывода ROADM с подсистемами транзитных соединений и сетевых окончаний

T8 | DWDM-СИСТЕМЫ

T8 – российский разработчик и производитель телекоммуникационного оборудования спектрального уплотнения (DWDM) и инновационных решений для оптических сетей связи

Москва

107076, улица Краснобогатырская, 44/1
+7 (499) 271 61 61
Факс:
+7 (495) 380 01 39

Санкт-Петербург

195027, проспект Энергетиков, 10 лит. А, пом. 314
+7 (812) 611 03 12

Новосибирск

630102, улица Восход, 1а, офис 401а
+7 (383) 266 05 55

info@t8.ru
t8.ru