

РАЗВИТИЕ ВОЛОКОННО- ОПТИЧЕСКИХ информационных сетей DWDM DCI

В.Коньшев, к.ф.-м.н., руководитель научной группы ООО "Т8 НТЦ",
О.Наний, д.ф.-м.н., профессор МГУ им. М.В.Ломоносова / naniy@t8.ru,
начальник отдела ООО "Т8 НТЦ",
В.Трещиков, к.ф.-м.н., генеральный директор ООО "Т8 НТЦ"

УДК 681.7.06; DOI: 10.22184/2070-8963.2019.81.4.46.50

Волоконно-оптические сети связи с плотным спектральным мультиплексированием (DWDM-сети), соединяющие центры обработки данных (Data Centre Interconnect – DCI), бурно развиваются в современном цифровом мире, поскольку растет число и размеры самих ЦОДов. При этом в глобальном цифровом информационном пространстве критически важной задачей является доступ к данным, хранимым и обрабатываемым в дата-центрах, которые, помимо взаимодействия с потребителями информации, должны общаться друг с другом, обмениваться данными и контентом, а также создавать резервные копии и резервировать данные.

РОСТ МАСШТАБОВ СЕТЕЙ DWDM DCI

Обеспечение быстрого и бесперебойного доступа к данным ЦОД лежит в основе новых глобальных бизнес-моделей, внедрения облачных технологий, доставки цифрового контента и услуг. Потребности в быстром доступе к данным растут все более стремительно, поэтому вложения в развитие сетей DWDM DCI также растут опережающими темпами.

Согласно прогнозам компании Equinix Global Interconnection Index [1], глобальная пропускная способность сетей DCI к 2021 году возрастет примерно до 10 Пбит/с. Ожидается, что телекоммуникации, производство и банковское дело будут потреблять большую часть пропускной способности сетей DCI, а остальной трафик в основном поделят оптовая торговля, розничная торговля и здравоохранение. При этом глобальная

потребность в трафике будет расти примерно на 50% в год.

Необходимость увеличения пропускной способности сетей DCI ведет к росту вложений как в сетевую инфраструктуру, так и в активное оборудование. Сети DCI будут расти по всем показателям быстрее других сегментов WDM-оборудования. По данным компании IHS Markit, годовой прирост объема продаж оборудования для сетей DCI уже второй год превышает 25% и в 2018 году превысил 3 млрд долл. [2]. Опережающий рост сегмента оборудования сетей DWDM DCI приводит к увеличению его доли в объемах продаж всего рынка DWDM-оборудования – сегодня она составляет 20%, а к 2022 году, по оценкам экспертов IHS Markit, достигнет 30% (в абсолютном выражении объем продаж оборудования сетей DCI составит к этому моменту 5 млрд долл.).

Сети DWDM DCI – место внедрения новых технологий волоконно-оптической связи

Увеличение размеров и значимости сетей DWDM DCI ставит вопрос о совершенствовании используемых технологических решений. Поскольку сети DCI развиваются наиболее стремительно, то именно они становятся местом внедрения новых технологий волоконно-оптической связи.

Потребность во внедрении современных и совершенствовании уже используемых технологий связана с необходимостью справляться со следующими вызовами.

- **Быстрые изменения в объемах передаваемой информации.** Центры обработки данных хранят и доставляют данные, необходимые приложениям. Объемы данных, поступающих в центры обработки или покидающие их, могут быть очень большими – от сотен гигабит до терабит. Для обработки таких нагрузок сетевое оборудование должно обеспечивать надежные соединения с высокой пропускной способностью, которые легко и быстро масштабируются для удовлетворения постоянно меняющегося трафика.
- **Переход к использованию канальных скоростей 100 Гбит/с и выше.** Появление новых стандартов Ethernet приводит к увеличению клиентской скорости, которую должны поддерживать сети DWDM DCI. Организация OIF уже разрабатывает рекомендации по использованию когерентных систем для транспортировки клиентских каналов со скоростью 400 Гбит/с [3].
- **Большой разброс длин соединений, используемых в сетях DWDM DCI.** Объединенные в единую сеть центры обработки данных могут быть разбросаны в пределах города, по всей стране или по всему миру. Очевидно, что технические решения должны обеспечить необходимую производительность для всех расстояний. Кроме того, для больших дальностей соединений встает вопрос о минимизации физических задержек при обмене информацией. Для оптимизации работы всех участков сети целесообразно использовать программно-перестраиваемые сетевые компоненты: транспондеры, переключатели и мультиплексоры.
- **Стоимость.** Повышение экономической эффективности работы сетей DWDM DCI становится ключевой задачей с учетом быстрого роста сетевого трафика. Чтобы центры обработки данных оставались финансово жизнеспособными, затраты не должны увеличиваться

с той же скоростью, что и пропускная способность. Для решения этих проблем необходимо разрабатывать новые высокоскоростные решения, в том числе увеличивая символную скорость и используя многоуровневые форматы модуляции [4]. Для коротких соединений (менее 80 км) возможно использование более простых решений на основе приемников с прямым детектированием.

- **Высокие требования к безопасности и конфиденциальности информации.** Финансовые транзакции, кадровый учет и другие корпоративные данные являются критически важными и часто конфиденциальными. Поэтому сетевые соединения центров обработки данных должны быть надежными и безопасными. Чтобы обеспечить защиту данных во время перемещения по сети DWDM DCI целесообразно использовать шифрование данных сетевым оборудованием.
- **Оперативность, экономичность и надежность при перестройке сети и создании новых соединений.** Установление соединения между двумя центрами обработки данных должно происходить быстро и надежно, а управление каждым соединением не должно требовать выполнения текущих операций вручную. Открытые спецификации технологии открытых оптических сетей должны обеспечить требуемые потребительские свойства вне зависимости от используемых технологий физического уровня. Для обеспечения

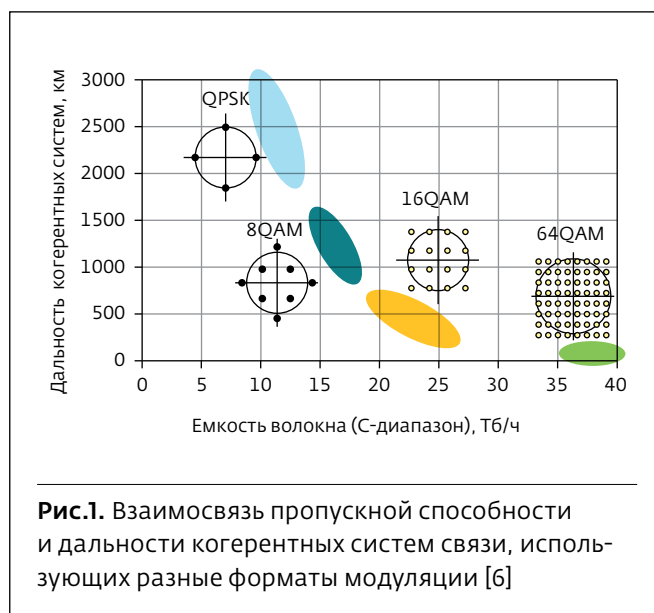


Рис.1. Взаимосвязь пропускной способности и дальности когерентных систем связи, использующих разные форматы модуляции [6]

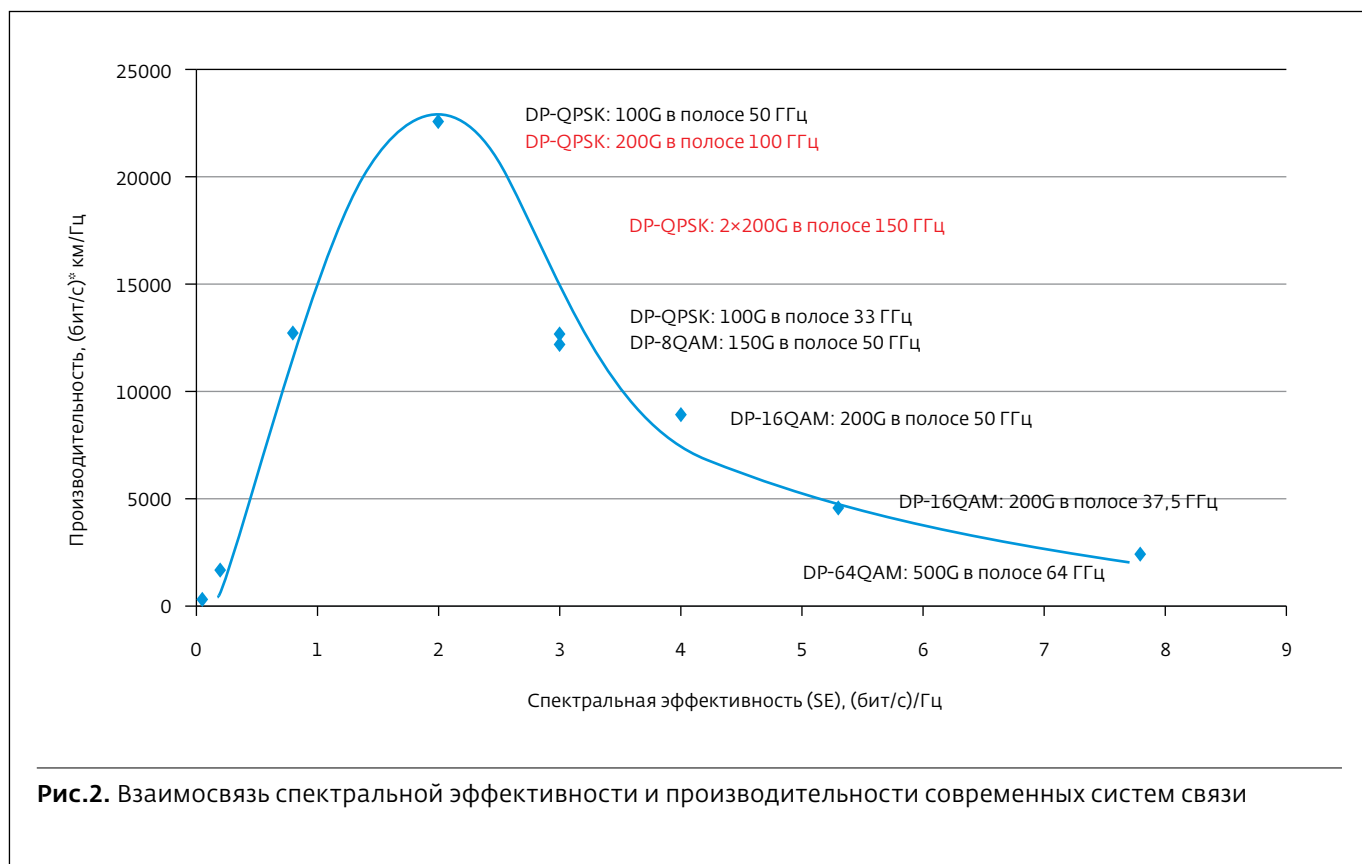


Рис.2. Взаимосвязь спектральной эффективности и производительности современных систем связи

этого целесообразно использовать полностью автоматизированные системы управления.

КОГЕРЕНТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕТЯХ DWDM DCI

Современные операторы услуг интернета и провайдеры информационных услуг используют центры обработки данных для решения амбициозной задачи доставки информационного контента по всему миру. Ключом к решению этой задачи является создание всеобъемлющих сетей DWDM DCI, охватывающих весь Земной шар.

С технической точки зрения специализированные платформы сетей DCI должны опираться на технологию когерентных DWDM-систем связи следующего поколения, чтобы обеспечить большую пропускную способность соединений большой длины [5].

В современных приемниках и передатчиках когерентных систем связи заложены возможности программной перестройки формата модуляции и избыточности. Это делает решения на их основе гибкими и удобными для работы в сетях DWDM DCI. Взаимосвязь пропускной способности и дальности когерентных систем связи, использующих разные форматы модуляции, показана на рис.1.

Как хорошо видно из приведенного рисунка, переход к многоуровневым форматам обеспечивает

увеличение емкости систем связи – но за счет быстрого уменьшения дальности.

Если рассмотреть обобщенный параметр – производительность системы связи, которая равна произведению спектральной эффективности на дальность, – то окажется, что наибольшей производительностью обладают форматы DP QPSK (см. рис.2) [7]. При этом производительность слабо зависит от абсолютного значения канальной скорости (100, 200 или 400 Гбит/с). Как показано в проведенных недавно экспериментах [8], дальность работы транспондеров 200 Гбит/с (и транспондеров 400 Гбит/с на основе двух по 200 Гбит/с на поднесущих частотах) практически равна дальности работы транспондеров 100 Гбит/с. В эксперименте использовались одинаковые форматы модуляции (DP QPSK), но разная символьная скорость.

Следует отметить, что транспондеры с канальной скоростью 400 Гбит/с реализованы в двух вариантах. Первый вариант, обладающий высокой спектральной эффективностью, реализует формат DP 16QAM и обеспечивает емкость системы связи в С-диапазоне 16 Тбит/с. Второй вариант обеспечивает большую дальность, практически совпадающую с дальностью работы систем 100 Гбит/с (дальность более 4000 км). В этом варианте используется формат

DP QPSK и обеспечивается емкость в С-диапазоне 8 Тбит/с. В обоих типах транспондеров используются две поднесущие по 200 Гбит/с.

Следует подчеркнуть, что DWDM-оборудование со скоростями более 100 Гбит/с в России выпускает только один производитель – компания "Т8". Всего для платформы "Волга" компанией разработано более 70 блоков для передачи любых клиентских сигналов от 100 Мбит/с до 400 Гбит/с (рис.3). Линейные интерфейсы поддерживают технологии OTN и Ethernet [9].

Наряду с самыми современными технологиями (DWDM, OTN и Ethernet) оборудование платформы "Волга" поддерживает ставшие уже "классическими" технологии Fibre Chanal со скоростями вплоть до 32 GFC включительно. Кроме того, в линейку этого оборудования можно установить шифратор для защиты каналов 8 GFC в соответствии с ГОСТом РФ.

Таким образом, линейка DWDM-оборудования "Волга" компании "Т8" позволяет максимально увеличить пропускную способность сети DCI на участках любой длины, обеспечивая наибольшую пропускную способность для конкретного соединения с необходимым системным запасом.

НА ПУТИ К СКОРОСТЯМ БОЛЕЕ 400 Гбит/с В СЕТЯХ DWDM DCI

Разрабатываемые стандарты Ethernet, такие как 800 Гбит/с или 1 Тбит/с, будут определять требования к будущим канальным скоростям передачи для приложений DCI. Для получения таких канальных скоростей потребуются сочетание достижений по всем техническим параметрам транспондеров:

- увеличение символьной скорости;
- увеличение символьной емкости форматов (т.е. использование многоуровневых форматов DP QAM16, DP QAM64);
- использование форматов с неодинаковыми вероятностями принятия разных значений символа (Probabilistic constellation shaping);
- увеличение эффективности кодов, исправляющих ошибки (FEC).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ТИПОВ УСИЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ СЕТЕЙ DWDM DCI

Увеличение канальной скорости передачи информации в сетях DWDM DCI позволяет удовлетворить требования новых стандартов и снизить стоимость оборудования и эксплуатационные затраты. Однако, если используемый формат модуляции не изменяется, то увеличение канальной скорости не приводит к увеличению емкости сети DCI.



Рис.3. Линейка оборудования платформы "Волга" компании "Т8"

Для операторов DCI с ограниченным доступом к оптоволоконному кабелю или с высокими темпами роста трафика увеличение пропускной способности является критически важной задачей. Увеличить емкость DWDM-системы связи, равной производству рабочей полосы на спектральную эффективность, можно за счет использования высокоуровневых форматов модуляции, но это приводит к быстрому сокращению дальности (см. рис. 1).

Без уменьшения дальности работы сетей DWDM DCI и без замены кабельной инфраструктуры увеличить пропускную способность можно, расширив рабочий диапазон спектра. Первый шаг на этом пути – использование наряду с С-диапазоном соседнего L-диапазона, чтобы удвоить пропускную способность DWDM-систем связи.

Освоение L-диапазона особенно важно для подводных сетей связи, в которых стоимость прокладки кабеля особенно высока. В последнее время задача освоения L-диапазона стала актуальной и для наземных сетей. Этому способствовало начало активного использования производителями оптического кабеля нового типа волокна – мало чувствительного к изгибным потерям [10]. Для использования С+L-диапазона уже создано активное оборудование, которое производится в том числе российской компанией "Т8" [11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология DWDM DCI находится в центре растущего цифрового мира. Когерентные технологии

уже сегодня обеспечивают скорости передачи данных 100/150/200/300/400 Гбит/с практически на любое расстояние, что значительно повышает производительность DCI.

В России компанией "Т8" производится вся линейка DWDM-оборудования для высокоскоростных соединений с канальными скоростями до 400 Гбит/с. Это оборудование, удовлетворяющее требованиям самых современных стандартов, обеспечивает работу сетей DWDM DCI, поддерживающих работу как с универсальной технологией OTN, так и с технологией Ethernet.

Достижение канальной скорости более 400 Гбит/с потребует сочетания повышения символьной скорости и использования форматов модуляции с высокой символьной эффективностью. Разрабатываемые для передачи данных с такой скоростью транспондеры должны поддерживать возможности использования как в сетях OTN, так и в сетях Ethernet. Широкое применение в системах со скоростями более 400 Гбит/с найдут форматы модуляции с неравными вероятностями реализации различных значений символа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный ресурс <https://www.equinox.com/global-interconnection-index-gxi-report/>
2. Сайт IHS Markit. Электронный ресурс <https://technology.ihs.com/Services/550805/optical-networks-intelligence-service/Search>
3. Сайт компании OIF. OIF 2018.325.03 "400ZR Draft Text", OIF, Aug 2018.
4. **Леонов А.В.** и др. Тенденции развития оптических систем дальней связи // Прикладная фотоника. 2016. Т. 3. № 2. С. 123-145.
5. **Maniloff E., Gareau S., Moyer M.** OFC 2019, МЗН.4
6. **Коньшев В.А.** и др. Оптическая революция в системах связи и ее социально-экономические последствия // Прикладная фотоника. 2016. Т. 3. № 1. С. 15-27.
7. **Коньшев В.** и др. Рекордная производительность систем 100G как маркер перехода к эволюционному развитию ВОСП // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2015. № 6. С. 40-43.
8. **Попов С.** Рекорд российских разработчиков оборудования DWDM // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2019. № 1. С. 42-44.
9. Электронный ресурс www.t8.ru
10. **Дорожкин А.** и др. Волокно с малыми изгибными потерями – новая жизнь для систем связи диапазона С+L // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2018. № 8. С. 48-53.
11. **Трещиков В.Н.** Разработка DWDM-системы емкостью 25 Тбит/с // Фотон-Экспресс. 2013. № 2 (106). С. 24-28.

Георадар измеряет толщину льда без бурения лунок



На состоявшемся в Москве в начале июня XII Международном салоне "Комплексная безопасность – 2019" можно было познакомиться с интересной отечественной разработкой – ледомером "Пикор-Лед". Этот контрольно-индикационный прибор, разрабо-

танный и выпускаемый компанией "ЭСТРА", предназначен для бесконтактного оперативного определения толщины и структуры льда на ледовых переправах и автозимниках, выявления опасных мест в точке и в движении в режиме реального времени, а также для записи и последующего детального просмотра профиля ледового покрова. Электропитание прибора и обработка сигналов выполняются с помощью ноутбука.

Как пояснили специалисты ФПК "ЭСТРА", действие измерителя толщины льда основано на использовании импульсных сверхширокополосных сигналов, которые отражаются от границ раздела различных сред. Важным преимуществом прибора "Пикор-Лед" по сравнению с другими георадарами является его низкая стоимость и специализация именно на средах льда и снега. Это выражается в оптимальном для данной зада-

чии специальных алгоритмов ПО, автоматически определяющих границы среды и выполняющих расчет ее толщины.

Основные области применения прибора – контроль безопасности передвижения людей и автотранспорта по ледовым переправам и автозимникам для органов Государственной инспекции по маломерным судам МЧС, спасательных служб, транспортных и эксплуатирующих ледовые переправы организаций, мониторинг толщины льда на замерзших водоемах, безопасная транспортировка тяжелой техники по льду в Арктике, получение данных для метеорологов для прогнозирования предпагодкового периода. Среди организаций, уже широко использующих "Пикор-Лед" – автотранспортники Якутии, газавики Ямала, нефтедобывающие компании Западной Сибири.

Собственная информация

Протестировано российское решение по защите передачи данных с квантовым шифрованием

Компании "Ростелеком" и "ИнфоТеКС" успешно завершили испытание прототипа продукта ViPNet Quandor. Тестирование проводилось на ВОЛС между ЦОДом М10 "Ростелекома" в Москве и лабораторией Сколтеха в Сколково общей протяженностью 58 км.

ViPNet Quandor – продукт "ИнфоТеКС", созданный с использованием принципов и алгоритмов квантовой криптографии и предназначенный для защиты информации, передаваемой по телекоммуникационным каналам со скоростью до 10 Гбит/с. В ходе тестирования ViPNet Quandor был реализован протокол квантового распределения ключей

по согласованному с ФСБ России ТЗ и подтверждена его корректная работа на инфраструктуре оператора связи. Зафиксировано, что решение стабильно вырабатывает секретный квантовый ключ длиной 256 бит в среднем 1 раз в минуту. Также во время испытаний была успешно продемонстрирована работа решения в автоматическом режиме, управляемом посредством квантового шифратора. Выпуск первых промышленных образцов продукта ожидается в конце 2019 года, запуск процесса сертификации ФСБ России намечен на 2020 год.

Работа над ViPNet Quandor ведется совместно с МГУ им.М.В.Ломоносова.

Тестирование продукта "ИнфоТеКС" завершило в целом программу испытаний, которую "Ростелеком" проводил с разными вендорами на линии М10 – Сколтех по топологии "точка-точка". Компания приступает к следующему этапу – созданию многопользовательских опытных сетей передачи данных с использованием квантовой защиты, а также испытаниям прототипов конкретных сервисов в интересах потенциальных клиентов.

По информации ПАО "Ростелеком"

Tele2 назван лучшим в мире хост-оператором MVNO

Оператор Tele2 (ООО "Т2 Мобайл") первым в России выиграл престижную награду на Всемирном конгрессе виртуальных операторов (MVNO) в Амстердаме.

Помимо проведения дискуссионной части, конгресс виртуальных операторов оценивает лучшие проекты в десяти номинациях. Tele2 стал лучшим в категории "Хост-оператор MVNO".

На инфраструктуре компании уже работает более 20 MVNO. Это в том числе проекты "Ростелекома", "Сбербанка", Тинькофф Банка, Virgin Connect, "Центр2М", MCN Telecom и др.

Сегодня число абонентов MVNO на сети Tele2 превышает 2 млн человек, а выручка от работы направления по итогам 2018 года выросла в три раза год к году. На операторе

ра приходится более половины абонентов, подключенных российскими MVNO за 2017–2018 годы. Легкий и быстрый запуск виртуальных операторов обеспечивают платформы MVNE и MVNA, которые Tele2 первым внедрил на российском телеком-рынке.

По информации ООО "Т2 Мобайл"

**17-19
ОКТЯБРЯ
2019**

**KRASNOYARSK
DIGITAL
FORUM it2B**

БУДУЩЕЕ НАСТУПИЛО!

- + Цифровая долина Красноярска
- + Умный город
- + Научно-образовательный центр мирового уровня

Организаторы: КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ, СИБИРЬ

Партнеры: ИТЭРА, МТС, ЗР ТЕЛЕКОМ

Сибирь МВДЦ «Сибирь» Красноярск, ул. Авиаторов, 19
тел.: (391) 200-44-29
www.krasfair.ru