

Системы 200G и 400G для дата-центров

200G and 400G systems for data centers



Андрей Леонов

Заместитель начальника научно-исследовательского отдела, ООО "Т8", к.ф.-м.н.

Andrey Leonov

Deputy head of the scientific and research department, LLC T8, PhD



Михаил Слепцов

Заместитель генерального директора по управлению проектами, ООО "Т8", к.т.н.

Mikhail Sleptsov

Deputy general director on project management, LLC T8, PhD



Владимир Трещиков

Генеральный директор ООО "Т8", к.ф.-м.н.

Vladimir Treshchikov

General director, LLC T8, PhD

Аппаратура DWDM-сетей продолжает стремительно развиваться. Недавняя выставка OFC-2016 показала, что идет активная борьба между производителями 400G-систем. В настоящее время все коммерческие 400G-системы используют передачу 200G по двум поднесущим (модуляция DP-16QAM). В перспективе одного года можно ожидать появления систем 400G по одной несущей от ведущих производителей. Переход от систем 100G к системам 400G позволяет в два раза увеличить скорость передачи в том же спектральном диапазоне и в два раза снизить стоимость передачи трафика, однако он также ведет к снижению дальности передачи в несколько раз. Системы 400G необходимы для

Ключевые слова:

DWDM, городская сеть, дата-центр, 16QAM, суперканал, 400G

Keywords:

DWDM, metropolitan area network, data center, 16QAM, super channel, 400G

дальнейшего развития городских и региональных сетей, а также сетей связи дата-центров. Российское оборудование 400G отвечает всем современным требованиям и может эффективно использоваться на сетях связи.

DWDM equipment continues to evolve rapidly; an active competition between the manufacturers of 400G systems was shown at recent OFC-2016 event. All commercial 400G systems currently use two 200G subcarriers (DP-16QAM modulation). Launch of DWDM systems with 400G transmission per single carrier from the leading manufacturers is expected in one year term. Transition from 100G systems to 400G systems enable doubling of the transmission rate in the same spectral range and also reducing the cost of traffic twice, but it also leads to a decrease in transmission distance in several times. 400G systems are necessary for the further development of metropolitan area and regional networks, as well as communication networks of data centers. Russian 400G equipment meets all modern requirements and can be effectively used in communication networks.

В последние годы нередко можно услышать мнение, что развитие аппаратной части оборудования DWDM-систем связи остановилось на системах 100G, и основной прогресс сегодня происходит в программной области (EMS/NMS, OTN кросс-коннект и т.п.). Данные последней конференции OFC-2016 показывают, что хотя в 100G-системах действительно была достигнута максимальная производительность (произведение дальности передачи на спектральную эффективность) [1], развитие аппаратуры DWDM-систем активно продолжается в области увеличения спектральной эффективности и канальной скорости [2].

Практически сразу после появления систем 100G производителями была анонсирована разработка следующего поколения оборудования – 400G. Однако создание DWDM-систем связи со скоростью передачи данных 400 Гбит/с по одной оптической несущей столкнулось со значительными техническими трудностями, которые не решены удовлетворительно вплоть до настоящего времени. Все системы 400G, представленные на рынке до сих пор, в действительности используют передачу двух оптических поднесущих по 200 Гбит/с в каждой (модуляция DP-16QAM в каждой поднесущей).

Тренд спроса на скоростные DWDM-системы связи задают круп-

нейшие мировые владельцы дата-центров: Facebook, Google, Amazon и др. На крупнейшей мировой выставке в области волоконно-оптической связи OFC в марте 2016 г. была дана оценка, что до 2020 г. упомянутые три гиганта будут закупать DWDM-оборудование для организации каналов 200G на \$500 млн в год. Неудивительно, что выставка OFC-2016 стала, по сути, "битвой" между ведущими производителями DSP-чипов для 200G-систем (Acacia, ClariPhy, NEL). Все они вкладывают значительные средства в разработку DWDM-систем со скоростями передачи 200G, 400G и выше по одной несущей.

Развитие аппаратуры идет стремительно, ведь это, по сути, гонка на выбывание. К началу 2016 г. свои 200G-системы представили уже все ведущие производители (Nokia/Alcatel, Huawei, Coriant, Ciena). Более того, Nokia даже объявила о создании системы с возможностью передачи 400G по одной несущей (45 Гбод, DP-64QAM) [3], правда, пока в полосе 58 ГГц (уместить 400G-канал в стандартные 50 ГГц пока не удалось). Детальные технические характеристики и работоспособность системы Nokia пока остаются предметом обсуждения.

Увеличение спектральной эффективности (и, соответственно, скорости по одной несущей) в системах 200G, 400G и выше достигается, главным образом, за счет перехода к более сложным форматам модуляции – DP-16QAM, DP-64QAM, – что ведет к сильному падению дальности передачи по сравнению с системами 100G DP-QPSK [1]. Свой вклад в падение дальности вносят также увеличение символьной скорости передачи и технологии "спектральной инженерии" (Nyquist WDM), которые применяются для формирования прямоугольного спектра каналов и максимально плотного их расположения в доступном спектральном диапазоне. Таким образом, платой за дальнейший рост спектральной эффективности становится снижение дальности. Если типичная дальность работы коммерческих систем 100G без регенерации сигнала может достигать нескольких тысяч км, то системы 200G рассчитаны на дальности в диапазоне 300–500 км, а анонсированная Nokia система 400G – 50–100 км [3].

Системы 200G, 400G и выше предназначены, прежде всего, для развития городских и региональных сетей, включая сети связи дата-центров. Потребности в передаче трафика в развитых странах уже более 15 лет продолжают возрастать ежегодно в среднем на 50%, и каких-либо пределов этому росту пока не видно. Очевидно, что емкость DWDM-систем на основе 100G-каналов, массово установленных на сетях операторов связи в 2013–2014 гг., будет исчерпана в ближайшее время. Это и заставляет ведущих мировых производителей активно разрабатывать более скоростное оборудование, а операторов связи проектировать под это оборудование свои перспективные сети.

Основные драйверы роста трафика в магистральных сетях – видеоконтент и развитие оптического и беспроводного ШПД. В персональной электронной технике постоянно растет разрешение фото- и видеокамер, а также разрешение экранов. Соответственно, увеличивается и объем файлов, создаваемых и скачиваемых пользователем. Передача все большего количества объемных файлов между пользователями, сохранение их на удаленных серверах и скачивание с них – основной первичный источник нагрузки на магистральные сети. Есть и другие источники трафика: микрокомпьютеры, встроенные в бытовую и промышленную технику (Интернет вещей (IoT)), игровые приложения, картографические сервисы и др.

Вторичным источником трафика являются внутренние коммуникации ЦОДов. Для надежного хранения пользова-



**ОБОРУДОВАНИЕ
РОССИЙСКОГО
ПРОИСХОЖДЕНИЯ**
ОФИЦИАЛЬНЫЙ СТАТУС
МИНПРОТОРГА РОССИИ

- Разработка и производство DWDM - систем
- Расчет и проектирование систем
- Инсталляция и пусконаладка
- Обслуживание оборудования



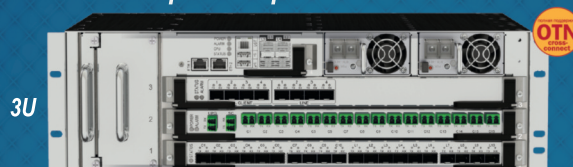
Российское оборудование мирового класса!

Мультиплексер MS-400E



4 клиентских сигнала 100GE, OTU4 RS FEC
SD-FEC 15% и 25% алгоритм коррекции ошибок
Реконфигурируемый лазер в C-диапазоне
2*DP-160QAM интерфейс/flex rate

**Компактное решение
для городских и региональных сетей**



10 GE, STM-64, OTU2, 8/10G Fiber Channel с Super-FEC
Служебный канал ESC в линейном интерфейсе
Готовые решения для расстояний до 90, 150 или 230 км

100Гбит/с мультиплексер 10x10Гбит/с



10GE, STM-64, OTU2, 8/10G Fiber Channel
Soft-FEC или ITU-T G709, когерентный DP-QPSK
Служебный канал ESC в линейном интерфейсе

10 каналов по 10 Гбит/с Super-FEC и OTN



10 клиентских портов 10GbE, SDH STM-64, 8/10 GFC
Матрица OTN кросс-коннект до 100 Гбит/с

ROADM мультиплексоры



Перестраиваемые мультиплексоры для гибкого
перенаправления оптических каналов и
кросс-коммутиции

WWW.T8.RU

МНЕНИЕ ЭКСПЕРТА



Андрей Пруго

Директор департамента
эксплуатации транспортных
сетей ПАО МГТС

За последний год скорость передачи данных в городской сети МГТС в часы пиковой нагрузки выросла в 1,5 раза и составила на конец года 437 Гбит/с. Около 70% трафика приходится на стриминговые сервисы. Мы прогнозируем, что загрузка каналов будет расти за счет потребления такого вида трафика. Поэтому МГТС планирует в этом году реализовать проект с внедрением магистральных DWDM-систем в рамках проекта по расширению пропускной способности сети до 900 Гбит/с. По реализации проекта внедрения магистральных DWDM-систем мы заинтересованы в работе с различными поставщиками как отечественного, так и зарубежного производства.

тельских данных в облаке эти данные многократно дублируются, как правило, не менее чем четырехкратно. Периодическая перезапись и обновление пользовательских файлов на серверах дата-центров происходят даже в том случае, если пользователь не обращается к ним. По внутренним линиям связи, соединяющим между собой дата-центры таких компаний, как Google, Facebook и др., идет трафик, сопоставимый с трафиком национальных сетей связи. Не случайно к настоящему времени крупнейшим оператором связи в мире (по суммарной емкости телекоммуникационных линий связи) является Google.

Переход к системам 200G, 400G и выше позволяет передать в несколько раз больше информации без необходимости задействовать дополнительный спектральный ресурс, что актуально для многих операторов связи и владельцев дата-центров. Важнейшие требования к DWDM-оборудованию для дата-центров включают в себя:

- компактность (максимальная плотность клиентских каналов 100G Ethernet в расчете на единицу занимаемой высоты 1U в стандартной телекоммуникационной стойке шириной 19");
- энергоэффективность (для снижения нагрузки на систему климат-контроля, которая представляет собой основную статью затрат дата-центров);
- в перспективе – поддержка клиентских интерфейсов 400 Gigabit Ethernet и 1 Terabit Ethernet (в связи с потенциальной стандартизацией клиентских каналов 400G Ethernet и 1T Ethernet).

Емкость современных компактных магистральных DWDM-систем уже превысила 1 Тбит/с в расчете на единицу высоты в стойке 1U. Например, 1U-система 200G российского производства на основе готовых оптических блоков 200G поддерживает до 8 клиентских каналов 100G (емкость 400 Гбит/с при глубине 300 мм или 800 Тбит/с при глубине 600 мм (монтаж "спина к спине")). Следующая версия системы будет поддерживать до 20 клиентских каналов 100G при тех же размерах (полная емкость 2 Тбит/с). Передача клиентского трафика 100G осуществляется в линейных каналах 200 Гбит/с в формате DP-16QAM.

Для большинства применений, в т.ч. дата-центров, по-видимому, будет достаточно дальности 300–500 км, обеспечиваемой существующими вариантами систем 200G. Отметим, что безрегенерационная дальность передачи скоростных систем (200G, 400G и выше)

может быть увеличена за счет уменьшения расстояния между усилителями или использования распределенного рамановского усиления. Однако это потребует дополнительных расходов от оператора связи.

Еще одним популярным заблуждением является представление о том, что использование систем 200G/400G дороже, чем существующих систем 100G, поскольку для них требуется большее количество пунктов регенерации сигнала. Расчет реальных проектов наглядно показывает, что это не так. Например, на рис. 1 представлены результаты расчета проектов длиной 850 и 1700 км при использовании российского оборудования в текущих ценах (сплошные линии – первоначальное внедрение системы, пунктирные линии – дооборудование в расчете на 4 клиентских канала 100G).

Видно, что в действительности переход от системы "100G по одной несущей 50 ГГц" к системе "200G по одной несущей 50 ГГц" позволяет снизить удельную стоимость передачи данных в 1,5–2 раза, причем при росте дальности линии выгода перехода на 200G сохраняется, несмотря на большее количество пунктов регенерации.

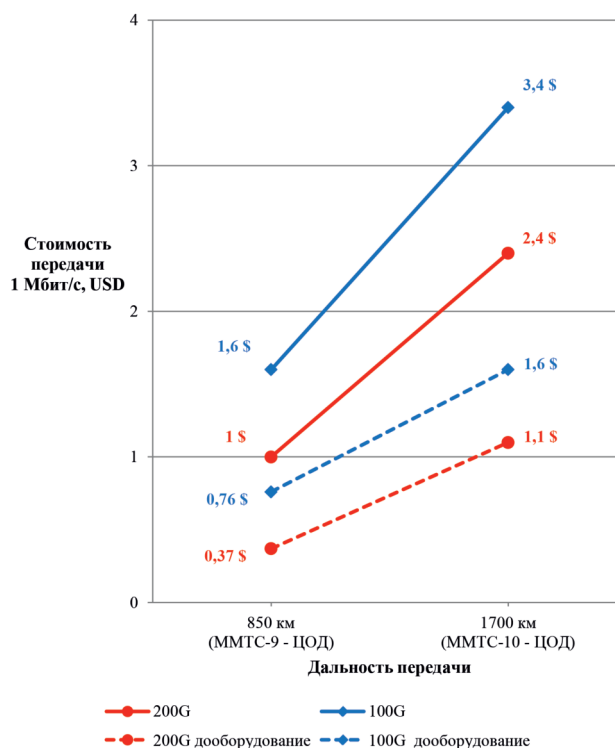


Рис. 1. Удельная стоимость передачи данных в системах 100G/200G по одной несущей.

Расчет реальных проектов, первоначальное внедрение (сплошные линии) и дооборудование 4 дополнительными клиентскими каналами 100G (пунктир). Линия 850 км – без регенерации, линия 1700 км – одна регенерация для скорости 100G и две регенерации для скорости 200G

В 2017 г. ожидается принятие очередного стандарта 400G Ethernet, в перспективе – 1T Ethernet (Terabit Ethernet). Темпы роста скорости транспортных каналов запаздывают по отношению к темпам роста скорости IP-портов, и при сохранении существующих тенденций емкости линейного канала уже скоро будет недостаточно для передачи одного клиентского канала (см. рис. 2).

Таким образом, на наших глазах меняется сам принцип передачи клиентских каналов по оптической сети. На протяжении всего периода развития оптических транспортных систем типичной задачей DWDM-оборудования была агрегация клиентских каналов в более скоростные оптические транспортные каналы (например, 10 каналов 10 GE в OTN4). Сегодня актуальность приобретает противоположная задача: декомпозиции высокоскоростного клиентского канала для его передачи по нескольким менее скоростным оптическим несущим. Эти поднесущие затем управляются на уровне оптической транспортной сети как единое целое (так называемый "суперканал").

Такая архитектура уже реализована в современных системах 2x200G. Сейчас каждая поднесущая 200G используется для передачи клиентского трафика 2x100G; однако эти же две поднесущие 200G в будущем могут использоваться для передачи одного клиентского канала 400GE. В лабораторных системах сегодня уже успешно тестируются суперканалы 1T (10 несущих по 100G) и другие варианты.

Сегодня российские производители скоростных DWDM-систем могут предложить полный спектр оборудования, включая наиболее современные системы "200G по одной несущей" (со спек-

тральной эффективностью 4 бит/с/Гц). Системы созданы на основе оптических блоков ведущих мировых производителей, также ведется разработка аналогичных систем на основе дискретных

МНЕНИЕ ЭКСПЕРТА



Дмитрий Соловьев

Технический директор Stack Group

Внедрение магистральных DWDM-систем со скоростью по одной длине волны выше чем 100 Гбит/с для нашей компании не актуально. В силу специфики нашей деятельности как оператора сети коммерческих дата-центров в Москве нас интересуют именно городские DWDM-системы со скоростями до 100 Гбит/с.

До настоящего момента у нас не было опыта в покупке DWDM-оборудования российского производства. Однако мы провели тестирование нескольких DWDM-систем, рассматривая их для обеспечения связи между дата-центрами. Перед нами стояла задача по резервированию нескольких площадок, на которых в данный момент запу-

щен наш виртуальный дата-центр. Оборудование DWDM мы рассматривали для построения зарезервированных каналов между СХД (для обеспечения синхронной репликации) и другими компонентами инфраструктуры, которые размещены на данных площадках. Тестировалась конфигурация, максимально приближенная к требуемой для решения стоящих перед бизнесом задач. Среди протестированных было и оборудование ведущего российского производителя. Все протестированные системы оценивались по техническим (около 20) и коммерческим параметрам, таким как стоимость самого оборудования, стоимость поддержки и масштабирования и т.д. Отмечу, что технические характеристики российского оборудования находятся на уровне протестированных образцов зарубежного производства. К сожалению, стоимость оборудования DWDM-систем от ведущего российского производителя была нам предоставлена в долларах и практически не отличалась от стоимости на зарубежных аналоги. При наличии общего положительного впечатления от технических возможностей и характеристик DWDM-оборудования отечественного производителя негативным оказался тот факт, что итоговая стоимость в рублях сопоставима с зарубежными производителями-лидерами в данной отрасли.

компонентов. Все системы 400G, представленные на рынке до сих пор, в действительности используют передачу двух оптических поднесущих по 200 Гбит/с в каждой.

Заключение

Таким образом, поведение крупнейших игроков на рынке скоростных DWDM-систем, в том числе и на выставке OFC в марте 2016 г., развеивает миф о том, что "развитие аппаратной части DWDM-систем остановилось". На сегодняшний день крупнейшие мировые владельцы дата-центров проявляют большой интерес к системам "200G по одной несущей", между поставщиками которых разворачивается мощная конкуренция. В ближайшей перспективе (около 1 года) можно ожидать появления систем "400G по одной несущей" от нескольких ведущих производителей. Бурное развитие оборудования позволяет предположить, что в ближайшее время может произойти

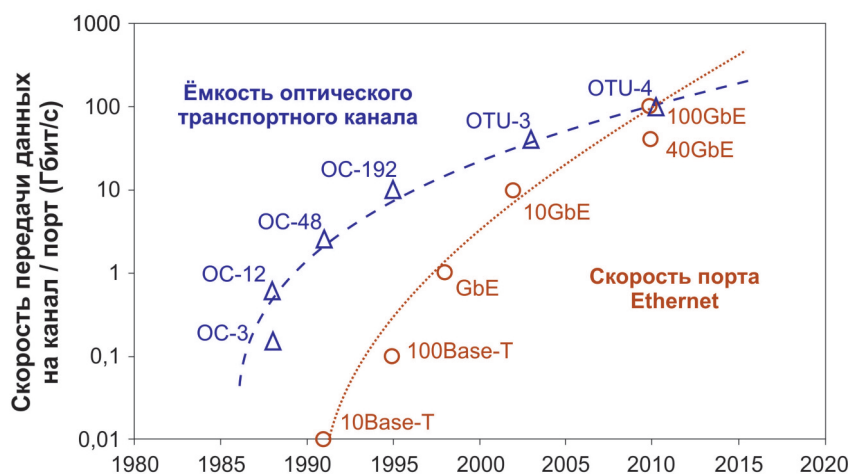


Рис. 2. Рост канальной скорости, регламентируемой стандартами транспортных систем связи, и рост скорости Ethernet-портов [4]



очередная "перезагрузка" оптических сетей городского и регионального уровня. Эти тенденции очевидны и многим российским операторам дата-центров, которые уже сегодня рассматривают различные варианты внедрения 200G/400G-систем на своих сетях.

Подытожив, переход от 100G к 400G можно описать простой мнемонической формулой "2х2 = 4": рост скорости передачи в 2 раза (с 9,6Т до 19,2Т), снижение цены трафика в 2 раза, но при этом – снижение дальности в 4 раза. ■

Литература

1. Конышев В.А., Леонов А.В., Наний О.Е., Трещиков В.Н., Убайдуллаев Р.Р. Рекордная производительность систем 100G как маркер перехода к эволюционному развитию волоконно-оптических систем связи // Первая Милля. – 2015. – № 6. С. 40–43.
2. Леонов А.В., Слепцов М.А., Трещиков В.Н. Развитие скоростных DWDM-систем по нескольким поднесущим // Первая Милля. – 2016. – № 2. С. 42–49.
3. Nokia claims capacity leap from new silicon and systems // Fibre Systems. Дата обращения 17.03.2016. [online] Доступ через: <http://www.fibre-systems.com/news/story/nokia-claims-capacity-leap-new-silicon-and-systems>.
4. Xia T.J., and Wellbrock G.A. Commercial 100-Gbit/s

МНЕНИЕ ЭКСПЕРТА



Виталий Шуб

Советник президента ТТК

Внедрение магистральных DWDM-систем со скоростью выше чем 100 Гбит/с на одну оптическую несущую (лямбду) в перспективе является актуальным для нашей компании. В первую

очередь, необходимость повышения скорости передачи объясняется ежегодным ростом трафика в магистральной сети ТТК, который соответствует общемировым показателям – более 10% в год. Поскольку по существующим нормативам оптимальный уровень заполнения магистральной сети составляет 50–70%, то, соответственно, в среднесрочной перспективе (3+ года) мы подойдем к этому уровню, и тогда встанет вопрос о целесообразности перехода на более высокие скорости передачи на одну несущую. Надеюсь, что к этому времени уже будут смягчены ограничения нынешнего уровня технологий оптического транспорта, когда за счет использования более высоких форматов модуляции переход на новый уровень скоростей передачи приводит к сокращению длины межрегенераторного участка. ■

Coherent Transmission Systems // Optical Fiber Telecommunications VI B: Systems and Networks. I.P. Kaminow, T. Li, and A.E. Willner (editors). Academic (2013).

Ваше мнение и вопросы по статье
присылайте по адресу

tss@Groteck.ru