

Новое поколение пакетных оптических опорных сетей

Трансформации сетевых архитектур в условиях развития облачных технологий

На протяжении последнего десятилетия ИТ-инфраструктуры пережили ряд трансформаций: локально подключаемые сетевые устройства переместились в отдельные производственные базы, принадлежащие обычно сторонним организациям.

Независимо от того, где мы используем сервисы – дома или где угодно на мобильном устройстве – провайдеры услуг предоставляют сервисы без привязки к аппаратной инфраструктуре, обеспечивая их работу за счет сети. Такие услуги включают сервисы облачного хранения данных, трансляции персонального или корпоративного видеоконтента, и, конечно, фотобанки и электронная почта. Растущая популярность облачных технологий, свидетельством чему является рост соответственной инфраструктуры, распространение IaaS-, PaaS- и SaaS-услуг среди поставщиков технологических решений, оказывает заметный эффект на ИТ- и сетевые архитектуры.



Рис 1: Тенденции в сетевых архитектурах

Устаревшую модель иерархичной инфраструктуры, основанной на нескольких уровнях специализированных устройств, постепенно замещает модель, в основе которой лежит принцип виртуализации множественных функций на единой платформе x86. Подобная тенденция наблюдается и в архитектурах, основанных на специализированных аппаратных решениях: устройства становятся более масштабируемыми и конвергированными, а также используют открытые стандарты. Данные признаки характеризуют новую концепцию технологий, более ориентированную на программные разработки; согласно ей, виртуализированные экземпляры приложений и сервисов хранятся в облаке.

В области коммуникаций, как показано на рисунке 1, массовое внедрение недорогих облачных платформ, использующих аппаратный ресурс для обработки и хранения данных, послужило стимулом к активному применению принципа виртуализации сетевых функций (Network Function Virtualization, NFV), что позволило операторам осуществить миграцию сервисов уровня 4-7 (например, безопасность, передача голосовых данных, CPE и BRAS), обеспечиваемых отдельными устройствами, в облачные сервисы. В долгосрочной перспективе, даже комплексные сервисы уровня 3, например, L3 VPN на границе сети провайдера, могут переместиться в облако.

В то же время функции транспортной передачи данных на более низких уровнях сети в большей степени конвергируются, по мере того как операторы стимулируют вендоров производить более экономичные сетевые устройства. В рамках этой тенденции производители создают системы, комбинирующие MPLS- и Ethernet-сервисы, цифровую OTN-коммутацию, а также оптическую передачу и коммутацию данных с функциональностью WDM и ROADM. В концепции программно определяемой сети (Software Defined Network, SDN) эти сервисы представлены как абстракция; данная технология предлагает стандартизированные API-интерфейсы верхним уровням сети для управления конвергентной инфраструктурой коммутации. Такая концепция получила название интеллектуальной транспортной сети. Она представляет собой сбалансированную комбинацию функций пакетной, оптической и цифровой передачи данных в рамках единой масштабируемой платформы, снабженной виртуальными приложениями управления и сетевыми функциями на базе открытых API (в SDN-реализациях). В свою очередь, это способствует постепенной, но ускоряющейся трансформации всей сети в архитектуры с виртуализованными и реализованными в облаке верхними уровнями и инструментами, в сочетании с возможностями оптической пакетной коммутации посредством интеллектуального транспортного уровня сети.

Эволюция опорной транспортной сети

Фундаментальное требование к транспортной сети – способность передать растущий объем трафика из точки А в точку Б. Рост трафика обусловлен увеличением количества передаваемых пакетов, поэтому по ошибке многие строят сеть на базе только L3-устройств (например, маршрутизаторов) и подключают ее к транспортному уровню сети L0 напрямую. Однако по мере роста сети этот подход становится чересчур затратным. Вне зависимости от типа трафика (передача данных внутри ЦОДа, видеоконференцсвязь, ультрабыстрый обмен данными между крупными точками присутствия), пакетная сеть имеет особенность, которую можно использовать с целью снижения затрат.

Особенность заключается в том, что имеются крупные потоки данных (например, между ЦОДами) и мелкие потоки данных, которые передаются при подключении к Интернету. Понимание принципов течения трафика упраздняет необходимость подключать многочисленные маршрутизаторы во всех точках сети, вплоть до Интернет-шлюза или пиринговых точек, где работают программные механизмы L3-устройств. Между этими точками в опорной транспортной сети операторы все чаще используют возможности цифровой OTN-коммутацией на Уровне 1, добиваясь экономически эффективного, надежного и быстрого функционирования сети.

В недавнем исследовании, проведенном в ходе опроса крупных операторов, агентство Infonetics Research выяснило, что более 90% из них уже используют или планируют использовать в течение ближайших двух лет OTN-коммутацию в опорной сети (Источник: Global Service Provider Survey Excerpts: OTN, MPLS, and Control Plane Strategies by Infonetics Research, Inc.). Давайте разберемся, почему.

Потоки трафика в сети различаются по различным параметрам: длительности, размеру, времени дня, предрасположенности к пикам или детерминированности. Обработка потоков может происходить за счет применения нескольких технологий в рамках много

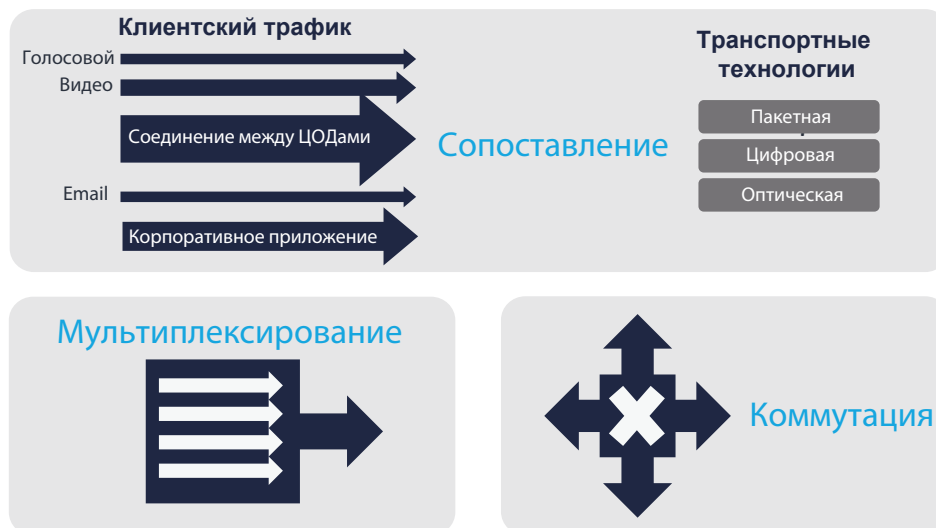


Рис 2: Сетевые техники

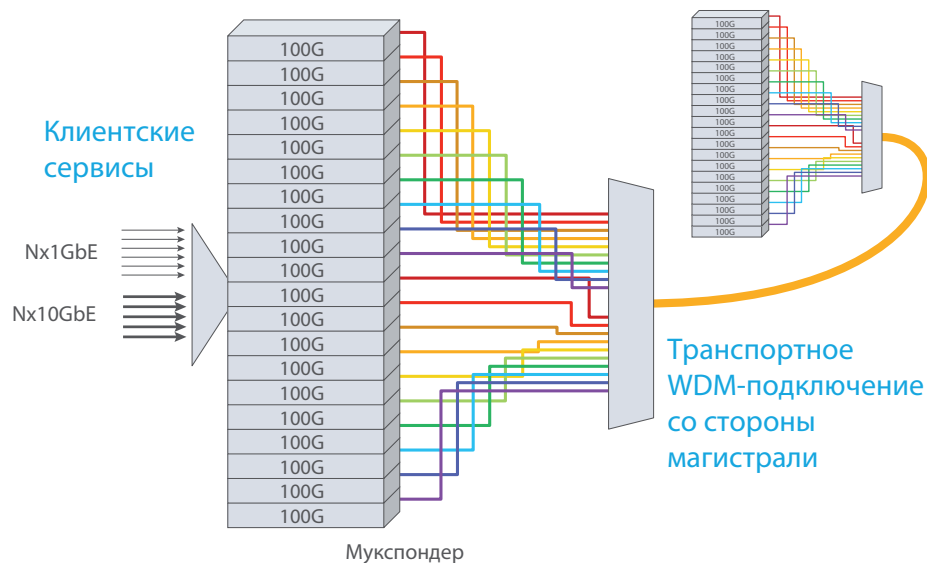


Рис 3: Несоответствие сервисов со стороны магистрали

уровневой сети: по суперканалам/каналам, цифровым OTN- или пакетным Ethernet/MPLS-соединениям. Важно применить соответствующие технологии к потокам трафика и, в конечном итоге, к типу сервиса, используемого конечным пользователем.

К тому же описанные технологии не обязательно обладают эксклюзивными свойствами. Например, пакеты Ethernet/MPLS задействуют более низкие уровни архитектуры – цифровые OTN-соединения и/или оптические суперканалы – для передачи данных через транспортную сеть посредством мультиплексирования (то есть, контейнеризации данных с учетом маршрута). В то же время коммутация необходима для того, чтобы потоки распределялись в различных направлениях, в зависимости от точки назначения, на промежуточном узле (как автотранспорт на развязках).

На рисунке 2 показаны техники сопоставления, мультиплексирования и коммутации, которые являются основой хорошо продуманной архитектуры сети. Специалисты по планированию сетей полагаются на технологии транспортных сетей, которые будут доступны именно тогда, когда это будет выгодно как для сети, так и для бизнеса. Выбор решения может ограничить достижимую степень оптимизации, а иногда решения в области транспортных сетей не отличаются качеством, то есть не предоставляют оптимального сочетания производительности и функциональности для построения сбалансированной архитектуры.

На рисунке 3 показано, какой негативный эффект оказывает несоответствие пропускной способности клиентских сервисов и магистральных каналов дальней связи, которые служат для их передачи. В данном случае единственный способ поддержать низкоскоростные клиентские сервисы предполагает использование мультиплексора. Конечно, это банальный пример, но это демонстрирует, насколько неэффективно используются ресурсы сети при данном типе архитектуры, основанной исключительно на маршрутизаторах, оптической коммутации каналов и мультиплексорах.

Абсолютное большинство сервисов, передаваемых по опорной сети – это низкоскоростные сервисы – иногда сервисы 1GbE и 10GbE передаются по каналам 100G. Конечно, в последнее время мы наблюдаем повышение количества сервисов 40GbE (которые также считаются низкоскоростными) и 100GbE. Но в то же самое время каналы дальней связи эволюционируют в суперканалы на основе гибкой сетки частот, которые не нужно мультиплексировать оптически – таким образом, суперканал можно использовать как целую единицу емкости. Другими словами, в этом случае даже 100GbE можно рассматривать как «низкоскоростной сервис».

Что еще более усугубляет ситуацию – это то, что даже при использовании подробной карты потоков трафика при подключении сети, типичная опорная сеть теряет до 25% клиентских соединений за первый год (Источник: анализ актуальной списка заказчиков Infinera в течении продолжительного периода времени с целью определить тенденции и масштабы подключения или упразднения соединений). При использовании подхода на основе мукспондеров невозможно перемаршрутизировать или агрегировать низкоскоростной сервис без непосредственного участия инженера, которому нужно вручную отключить кабели, и не вызвав отказ сервиса.

Путем интеграции OTN-коммутации L1 и WDM L0 операторы получают надежное и умное решение всех этих проблем. OTN-коммутация используется для обработки потоков трафика при сохранении высокой степени гранулярности. Развитие ODUflex (с гранулярностью 1,25 Gbps) позволяет эффективно сопоставлять клиентские IP/Ethernet-сервисы (низкоскоростные) с целью их контейнеризации, а затем эти цифровые контейнеры легко мультиплексировать и коммутировать. Цифровые контейнеры OTN-трафика передаются на уровне 0 по DWDM-суперканалам. Также

OTN использует расширенные протоколы для конфигурации, замечательные средства мониторинга производительности, надежные механизмы защиты от отказов и механизмы точного определения сбоя. При отключении сервиса, можно просто перенаправить освободившуюся емкость, не требуя поездок на объект или проведения трудоемких мануальных процедур.

Использование функционально перегруженной пакетной MPLS-сети для передачи транзитного трафика (при обходе цифровых интерфейсов оптическими подключениями) влечет за собой потерю эффективности, отказоустойчивости, а также требует наличия технических специалистов определенного профиля для поддержки сети, что также в результате приводит к повышению издержек. Цифровая OTN-коммутация упраздняет эти проблемы и открывает новые возможности получения прибыли при условии использования функциональности пакетной Ethernet/MPLS-сети.

Совершенствование опорной транспортной сети при помощи упрощенных пакетных функций

Опорная транспортная сеть позволяет группировать, мультиплексировать и коммутировать сбалансированную комбинацию оптических, цифровых и пакетных сервисов. Еще десять лет назад платформы опорной транспортной сети предлагали возможность исключительно мультиплексирования, из-за чего соединения были полупостоянными, с очередностью мультиплексирования по времени.

Совершенствование оптических и электронных компонентов обусловило возможность реализовывать оптическую коммутацию в сочетании с цифровыми технологиями,

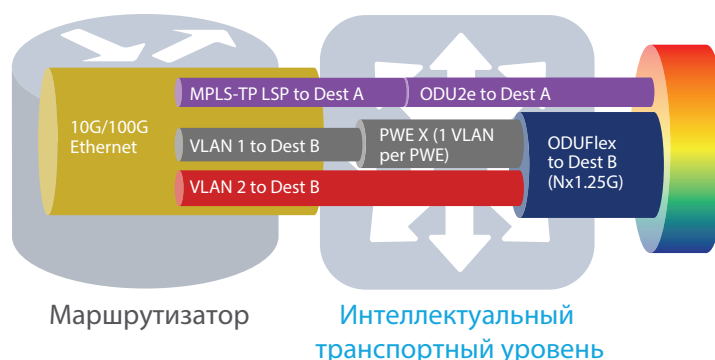


Рис 4: Конфигурация пакетной сети в OTN

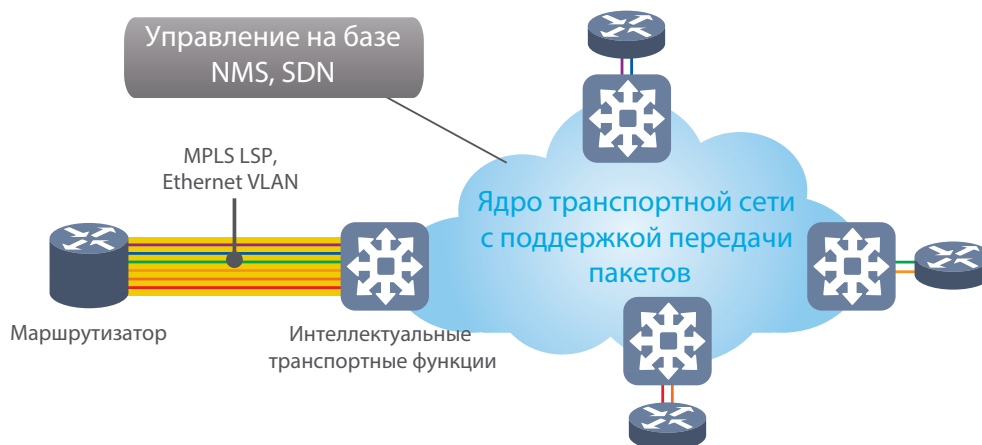


Рис 5: Упрощенная пакетная передача данных для транспортной сети

предлагая современные функции группирования, мультиплексирования и коммутации сервисов. Платформы от ведущих производителей предлагали терабитную емкость на цифровом уровне OTN. Сегодня на этих платформах возможно масштабировать WDM-емкость, используя суперканалы, предлагающие непревзойденный уровень производительности цифровой OTN-коммутации. Суперканалы объединяют отдельные несущие частоты в одной линейной карте и вводятся в эксплуатацию за один цикл. Для DWDM-систем суперканалы представляют собой единую агрегированную единицу емкости, а верхний уровень OTN-коммутации видит эту абстракцию емкости как ресурс пропускной способности. Кроме того, эти платформы используют интеллектуальный уровень управления на базе GMPLS, благодаря чему операции эксплуатации и защиты сети автоматизируются. Для защиты сети от отказов служит технология Shared Mesh Protection (SMP), которая позволяет восстанавливать работу транспортной сети с ячеистой топологией после множественных разрывов соединения или масштабных сбоев. Это, в свою очередь, позволяет снизить затраты, избавив от необходимости использовать отдельные резервные соединения для каждого маршрута. В передовых решениях SMP использует аппаратное ускорение за счет специального чипа, что гарантирует задержку менее 50 мс при переключении любого соединения «точка-точка» в рамках сети, даже в случае множественных сбоев.

SMP сочетает лучшие черты передовых техник обеспечения отказоустойчивости на оптическом, цифровом и даже пакетном уровнях. Кроме того, транспортные платформы теперь позволяют реализовывать некоторые возможности управления каналовкоммутации данных в облаке (на основе технологии программно определяемых сетей (SDN)). Ввиду этих нововведений платформы стали более интеллектуальными и функциональными, явив собой разительное усовершенствование ранних технологий оптического мультиплексирования.

Следующий шаг на пути усовершенствования данных решений – реализовать в платформах транспортных сетей упрощенные функции пакетной передачи данных. Это возможно, если уровень цифровой OTN-коммутации сможет напрямую распознавать и обрабатывать пакетный трафик клиентов. Сегодня Ethernet – это главный клиентский интерфейс и основной порт, используемый сегодняшними операторами.

В рамках этого интерфейса потоки трафика могут распознаваться при помощи VLAN-соединений или MPLS Label Switched Paths (LSP). Эти потоки подлежат статистическому мультиплексированию – это главная черта пакетных сетей.

Потоки трафика различаются по многим параметрам, включая, среди прочих, длительность, размер, время дня, предрасположенность к пикам или

детерминированность. Эти характеристики более выражены для конечного пользователя, но их выраженность размывается по мере приближения потока к ядру сети.

VLAN- соединения и LSP упаковывают трафик со схожими характеристиками в агрегированные потоки данных, которые, в свою очередь, передаются в ядро сети, сохраняя при этом преимущества статистического мультиплексирования. В новой архитектуре интеллектуальной транспортной сети (Рис 5) в платформе опорной оптической транспортной сети, выполняющей оптические и цифровые сетевые функции, реализована поддержка упрощенной передачи пакетов. В результате подобная архитектура может обрабатывать потоки данных отдельно при помощи VLAN или LSP, на более глубоком, чем «интерфейс-порт», уровне, а также учитывая дифференциацию сервисов при помощи QoS при их приоритизации и планировании.

Как показано на Рис.5, платформа опорной оптической транспортной сети может «заглянуть» внутрь Ethernet-порта в поиске отдельных потоков трафика и затем сопоставить их с высокогранулярными сервисами OTN-уровня. ODUflex имеет гранулярность 1,25 Гбит/с, чего достаточно для того, чтобы эффективно передать агрегированные потоки трафика в ядро. Также благодаря возможности пакетной передачи данных, транспортная платформа способна консолидировать все потоки трафика в один Ethernet-порт с поддержкой VLAN и MPLS-TP LSP.

Новая модель упрощенной пакетной передачи данных в транспортной сети обеспечивает новый уровень эффективности сети:

- Агрегация пакетов в OTN-соединениях: трафик более низкоскоростных интерфейсов передается по соединению ODUflex, использующему статистическое мультиплексирование. В этом случае можно упразднить используемые для аналогичной цели маршрутизаторы/коммутаторы, что влечет потенциальную экономию капитальных затрат.
- «Дробный Ethernet»: более эффективные соединения «точка-точка», благодаря ODUflex.
- Консолидация портов: транспортные порты консолидируются в центральном маршрутизаторе (как показано на рис. 5), что позволяет снизить число промежуточных соединений и устройства.

Кроме того, пакетная OTN-платформа опорной сети может предоставлять прямой интерфейс для подключения высокоскоростных Ethernet-сервисов операторского класса с поддержкой QoS и SLA для корпоративных заказчиков. Управление этой функциональностью доступно через традиционно используемые NMS или SDN. Теперь специалистам по планированию сети доступны все необходимые инструменты для построения архитектуры на пакетном, цифровом и оптическом уровнях в рамках единой конвергентной платформы – благодаря этому можно добиться поистине невероятного уровня эффективности сети.

Получение прибыли от пакетных сервисов высокой емкости

По мере того как развиваются возможности пакетной передачи данных в транспортных сетях, перед операторами открываются новые возможности получения прибыли от конвергентных

Ethernet-сервисов. Доставка подобных сервисов посредством OTN-платформы

транспортной сети, провайдер сервиса продолжает пользоваться всеми преимуществами системы операторского класса с высокой степенью отказоустойчивости. Предоставление Ethernet-сервисов высокой емкости операторского класса корпоративным заказчикам можно организовать непосредственно на такой платформе. Сервисы могут варьироваться в зависимости от приложения, от выделенной линии до многоточечного соединения для дистрибуции видеоконтента.

В MEF такие сервисы стандартизированы в рамках портфеля Carrier Ethernet 2.0, и степень применения этих новых услуг растет. Аналитики оценивают, что ежегодный рост рынка MEF-сервисов до 2018 года составит 32%. Это означает, что будет расти потребность в конвергентных пакетно-оптических транспортных систем (Packet-Optical Transport Systems, P-OTS); 84% операторов планируют внедрять P-OTS-решения к 2017 году, что, по прогнозам, способствует увеличению количества подобных систем, используемых сегодня, втрое.

Традиционный подход к построения сети для этой цели предполагает использование множества уровней маршрутизаторов/коммутаторов, на которых будет происходить агрегация пользовательских сервисов, а затем их подключение к транспортному WDM-уровню. Расположение узла предполагает наличие большого количества портов между центральным маршрутизатором и транспортным узлом. (рис 6).

Новый подход на основе упрощенной пакетной передачи данных на транспортном уровне позволяет агрегировать Ethernet-сервисы со свойствами QoS сразу на транспортной платформе. На рис 6 показан пример внедрения, в котором данный подход обеспечивает повышение емкости сети на 26,5%. Кроме того, данное решение предлагает подключения разнообразных MEF-совместимых сервисов класса Carrier Ethernet (CE) 2.0, напрямую с the P-OTS:

- «Точка-точка» E-LINE (EPL, EVPL)
- «Многоточка-точка» E-LAN, E-TREE
- E-ACCESS

Хотя стандарт CE 1.0 предполагал предоставление сервисов в сети одного

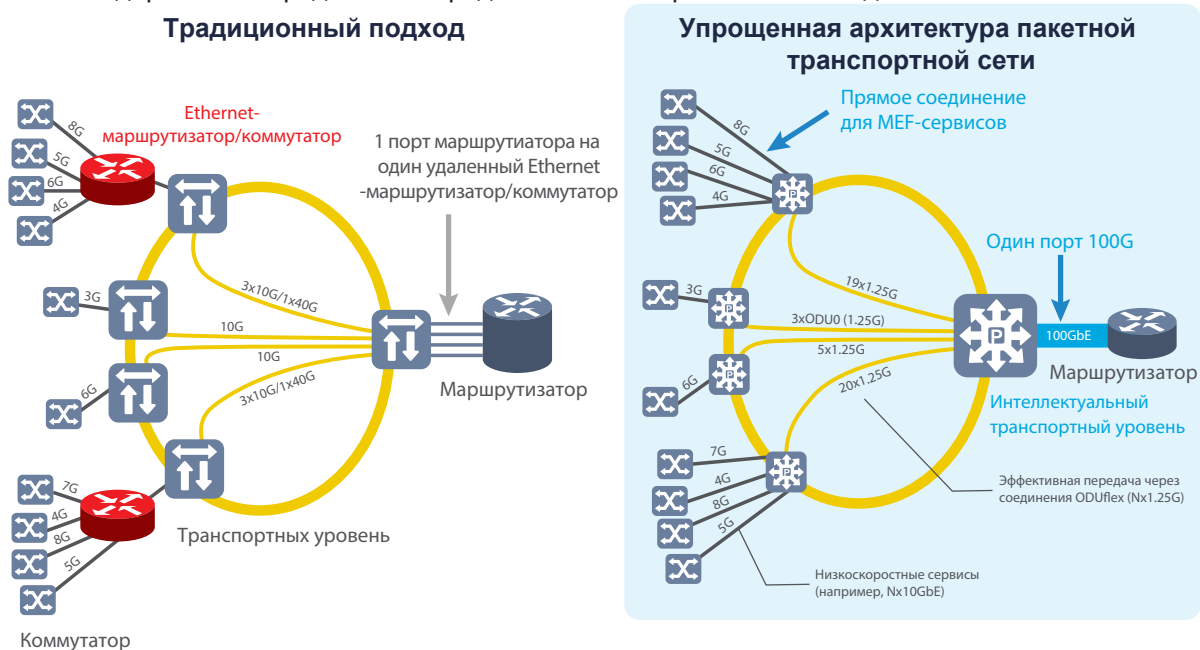


Рис 6: Сетевая архитектура MEF-сервисов

	Private Service Port-based All to One Bundling	Virtual Service VLAN-based Service Multiplexing	Typical Applications
E-Line (Point-to-Point EVC) UNI-UNI SPs to Users	EPL (Eth Pvt. Line) 	EVPL (Eth Virtual Pvt. Line) 	Internet Access, Backhaul
E-LAN (Multipoint-to-Multipoint EVC) UNI-UNI SPs to Users	EP-LAN (Eth Pvt. LAN) 	EVP-LAN (Eth Virtual Pvt. LAN) 	Transparent LAN, VPN, Multicast
E-Tree (Rooted-Multipoint EVC) UNI-UNI SPs to Users	EP-Tree (Eth Pvt. Tree) 	EVP-Tree (Eth Virtual Pvt. Tree) 	Traffic Segregation, Franchises
E-Access (Point-to-Point OVC) UNI-ENNI Operators to SPs	Access EPL 	Access EVPL 	Wholesale Access, Interconnect

Рис 7: MEF-сервисы

провайдера без какой-либо формы стандартизации межоператорских соединений, он гарантировал стабильность доставки сервиса региональным подразделениям и филиалам клиента через сети локальных или региональных операторов, в которых были внедрены стандартизированные соединения CE. В результате сервис отличался универсальностью, что упрощало использование приложений в рамках корпоративной сети, снижало стоимость разработки и ускоряло подключение новых точек присутствия.

Для корпоративных заказчиков и пользователей межоператорские соединения CE 2.0 формируют единую управляемую сеть, которая решает проблемы доставки приложений и технической поддержки. Она устанавливает демаркационные линии для соединений «пользователь-сеть» (UNI) и «сеть-сеть» (NNI), добавляя новые функции управления. Другими словами, CE 2.0 применяет преимущества дифференциации приложений и регулирования пропускной способности в зависимости от дальности к новому поколению SLA.

Крупным предприятиям CE 2.0 предлагает сложные варианты повышения производительности сети через использование множества виртуальных Ethernet-соединений, каждое из которых служит для предоставления различных типов сервисов.

Одни из самых популярных приложений – это доступ в интернет, корпоративные облачные сервисы, распределенные сети обработки изображений или хранения данных, VoIP, дистрибуция видеоконтента и межоператорские подключения. Портфель сервисов стандарта CE 2.0 – сочетание четырех «портовых» сервисов и четырех сервисов с поддержкой VLAN. На рис. 7 показано, как OTN-архитектура с поддержкой пакетной передачи данных Ethernet/MPLS дополняет сервисы CE 2.0.

Вывод

Согласно отчету McKinsey о перспективных технологиях от 2013 г., общий экономический эффект от использования программных сетевых технологий составит до \$6,2 трлн. Транспортная сеть очень важна для облака и для Интернета в целом, поэтому построение эффективной пакетной оптической опорной сети необходимо для стабильной и качественной передачи данных.

Устаревшую модель иерархической, перегруженной функциями пакетной оптической сети на базе разрозненных сегментов пора заменить инновационной архитектурой интеллектуальной транспортной сети, построенной на базе трех ключевых принципов:

- Масштабируемость: DWDM-суперканалы, цифровая OTN-коммутация и гранулярная по пакетной передаче сервисов Ethernet/MPLS
- Оптимизированная конвергенция: многоуровневая пакетно-оптическая коммутация
- Автоматизация: API-интерфейсы на базе открытых стандартов, аппаратная технология обеспечения отказоустойчивости

Данные функциональные возможности позволяют операторам и провайдерам облачных услуг строить гибкие пакетно-оптические сетевые инфраструктуры, которые оптимизированы с учетом потребностей современных программных технологий.

Упрощенная пакетная передача данных реализует преимущества статистического мультиплексирования в транспортном уровне сети. При надлежащем уровне гранулярности пакетные клиентские сервисы можно направить в высокоэффективные и отказоустойчивые транспортные соединения. Это позволяет конфигурировать Ethernet-сервисы высокой емкости (MEF) прямо на транспортном уровне, что является экономически выгодным решением для операторов. Кроме того, операторы могут предоставлять как корпоративным, так и конечным заказчикам полный портфель пакетных и транспортных сервисов, в том числе VLA-, сервисы «точка-точка» и «многоточка» на базе подключений через порт или оптическое соединение с QoS операторского класса.

Облачные и сетевые операторы имеют возможность воспользоваться всеми преимуществами гибкой инфраструктурой пакетно-оптических транспортных сетей, оптимизированную согласно требованиям будущего.

Приложение

Сокращения, термины, условные обозначения



Интеллектуальная транспортная платформа



Маршрутизатор IP/MPLS



Транспортная платформа / MSPP



Ethernet-коммутатор

SMP = Shared Mesh Protection

MPLS = Multi-Protocol Label Switching

LSP = Label Switched Path

VLAN = Virtual Local Area Network

OTN = Optical Transport Network

ODU = Optical Data Unit

CE = Carrier Ethernet

MEF = Metro Ethernet Forum

UNI = User to Network Interconnect

NNI = Network to Network Interconnect

ENNI = External NNI

OVC = Operator Virtual Connection

EVC = Ethernet Virtual Connection



Infinera Corporation
140 Caspian Court
Sunnyvale, CA 94089 USA
Telephone: +1 408 572 5200
Fax: +1 408 572 5454
www.infinera.com

Have a question about Infinera's products or services?
Please contact us via the email addresses below.

Americas:	sales-am@infinera.com
Asia & Pacific Rim:	sales-apac@infinera.com
Europe, Middle East, and Africa:	sales-emea@infinera.com
General E-Mail:	info@infinera.com

www.infinera.com

Specifications subject to change without notice.

Document Number: WP-PS-A4-09-2014

Infinera® Corporation reserves the right to make changes without further notice to any products or data herein to improve reliability, function, or design.

Information furnished by Infinera Corporation is believed to be accurate and reliable. However, Infinera Corporation does not assume any liability arising out of the application or use of this information, nor the application or use of any product or circuit described herein, neither does it convey any license under its patent rights nor the rights of others.

© 2014 by INFINERA CORPORATION. All rights reserved. Infinera, Infinera DTN™, IQ™, Bandwidth Virtualization™, Digital Virtual Concatenation™, Infinera Digital Optical Network™, and Intelligent Transport Network™ are trademarks of Infinera Corporation in the U.S. and other countries.

Other names and brands may be claimed as the property of others