IDC
ANALYZE THE FUTURE

IDC White Paper

Индексная модель оценки архитектуры транспортной сети в эпоху 5G/FN5G и облачных вычислений

Февраль, 2020 г.

Авторы: Хью Уйхази (Hugh Ujhazy)
Билл Рохас (Bill Rojas)

При поддержке: Huawei Technologies

СОДЕРЖАНИЕ

Краткий обзор 2

Сложности, с которыми сталкивается транспортная сеть 3

Стратегии пересмотра архитектуры транспортной сети для внедрения 5G/облачных технологий 7

Создание архитектуры транспортной сети в эпоху 5G и облачных вычислений 10

Практический пример компании PLDT: создание совершенно новой, высокосовременной транспортной сети с поддержкой SDN 14

Текущая ситуация и прогноз развития 5G и облачных вычислений в России 18

Подробное описание индексов и технических факторов 20

Выводы и рекомендации для операторов связи 33

Глоссарий 35

О компании IDC 36

КРАТКИЙ ОБЗОР

Цифровая трансформация (DX) в сочетании с облачными вычислениями открывает беспрецедентные возможности для бизнеса

Согласно прогнозам, в течение следующих десяти лет технологии цифровой трансформации (5G, интернет вещей, искусственный интеллект) и облачные вычисления окажут существенное влияние на все сферы экономики. Цифровые технологии открывают новые возможности, включая расширенное применение робототехники, удаленное управление оборудованием, организацию сетей поставки и дистрибуции, а также оптимизацию процессов в розничной торговле и в сфере развлечений. Аналитика на основе машинного обучения и ИИ в режиме реального времени дает преимущества для бизнеса благодаря извлечению ценной информации из стремительно растущих данных.

Все эти изменения находятся в фундаментальной зависимости от возможностей используемой транспортной инфраструктуры.

От эффективности транспортных сетей зависит качество предоставления услуг в будущем

Существующие транспортные сети уже трансформировались от технологий 3G к технологиям 4G. Их трансформация привела к образованию «узких мест» и к возникновению рисков на каждом уровне сетевой топологии. Эти узкие места создают сложности для развертывания высокоскоростных сетей 5G.

Создание комплексной архитектуры транспортной сети обеспечит высокие показатели пропускной способности, доступности, низкие задержки и максимальную масштабируемость проектируемых систем, что в свою очередь поможет свести к минимуму перегрузки каналов связи. Для достижения такой цели необходимо минимизировать операционные и капитальные затраты, повысить уровень автоматизации и самовосстановления систем, а также поддерживать оптимальную операционную эффективность.

Ключевой индекс архитектуры (KAI) для оценки архитектуры транспортных сетей в эпоху 5G и облачных вычислений

Для создания оптимальных транспортных сетей IDC предлагает использовать комплексную модель индексирования, учитывающую пять ключевых характеристик сетей передачи данных – отсутствие перегрузок, масштабируемость, простоту, постоянную готовность к работе и интеллектуальность. Каждая из таких характеристик оценивается на всех уровнях транспортной сети: физический оптический кабель, IP, DWDM и система управления/контроля/анализа.

Модель KAI относит сетевые факторы к одной из следующих категорий: постоянные факторы (сложно поддающиеся изменению), которые будут влиять на качество и производительность сетей в течение длительного периода времени, или краткосрочные факторы (переменные сетевые факторы), связанные с конфигурацией устройств, которые поддаются текущей оптимизации. Модель KAI для комплексной систематической количественной оценки сетей 5G и облачных систем позволит обеспечивать качество сетей уже на ранних этапах проектирования и планирования, а также систематически снижать показатели совокупной стоимости владения.

KAI можно использовать в качестве эталонной модели для планирования, строительства и оптимизации транспортной сети

Обеспечить полноту и практическую применимость индексов, которыми оперирует модель KAI, позволило сотрудничество с крупнейшим филиппинским оператором PLDT, который недавно завершил строительство полностью новой транспортной сети с применением новейших технологий. Специалисты из PLDT также поделились своими мыслями и соображениями, касающимися преобразования транспортной сети, эта информация может быть полезной другим операторам. Практический пример компании PLDT подробно рассмотрен в соответствующем разделе.

СЛОЖНОСТИ, С КОТОРЫМИ СТАЛКИВАЕТСЯ ТРАНСПОРТНАЯ СЕТЬ

Основные четыре сложности, с которыми приходится справляться операторам связи: резкий рост объемов данных и количества подключений, отсутствие роста доходов, увеличение операционных и капитальных затрат. Например, согласно прогнозам IDC, в Азиатско-Тихоокеанском регионе (без учета Японии) количество подключений через сотовые сети, осуществляемых системами интернета вещей, увеличится на 30%, а по мере распространения HD/4K-видео для интернета вещей сотовый трафик вырастет на 122%. Тогда как доходы операторов от сотовой связи увеличатся только на 2%.

Новые сервисы несут с собой уникальные сложности и возможности для бизнеса

В эпоху облачных вычислений и технологий 5G интернет вещей, цифровая трансформация всех отраслей, а также перенос сервисов в облако неизбежно приведет к возникновению сотен миллионов новых потребительских и корпоративных подключений, что повлечет за собой более чем 10-кратное увеличение нагрузки на полосу пропускания, а также возникновение строжайших требований к обеспечению гарантированного качества услуг. У операторов связи появятся невероятные возможности для развития бизнеса, однако при том условии, что они смогут создать транспортные сети, отвечающие потребностям будущего.

Рисунок 1. **Технологии 5G + облачные вычисления + искусственный интеллект + развитие экосистемы стимулируют модернизацию на самых разных предприятиях и в разных отраслях.**

Источник: IDC, 2020

Для обслуживания пользователей 5G и новых сервисов требуются максимально качественные соединения

Мобильные пользователи: развитие технологий 5G, интернета транспортных средств (IoV) и промышленного интернета

Технологии 5G были запущены в некоторых странах в 2019 году. По предварительным данным, более 20% трафика генерируется сервисами дополненной реальности/виртуальной реальности с низкими задержками. По про-

гнозам IDC, к 2023 году более 1 млрд. подключений по всему миру будут выполняться по технологии 5G, при этом совокупный среднегодовой темп роста нагрузки на полосу пропускания будет достигать 25–31%. В Азиатско-Тихоокеанском регионе (без учета Японии) количество подключений интернета вещей достигнет 9,3 миллиарда, что даст среднегодовые темпы роста 21,1%. Эти подключения будут генерировать 5–10% общего сетевого трафика по мере развития систем видеонаблюдения и интеллектуальных систем распознавания изображений в разрешении 4K. Переход с 4G на 5G будет сопряжен для операторов с существенными сложностями, им нужно будет поддерживать и улучшать качество обслуживания клиентов, особенно там, где требуются низкие задержки, например, в системах удаленного управления навигацией, где задержка не должна превышать 3 мс.

Корпоративные пользователи: 5G/облачные услуги станут повсеместными с ужесточением требований к уровням обслуживания (SLA)

Стратегия перехода на облачные вычисления, технологии интернета вещей и цифровая трансформация продолжают стимулировать создание инновационных бизнес-моделей и развитие корпоративных центров обработки данных, особенно в регионах и на периферии. Рост горизонтального трафика, особенно между региональными и периферийными ЦОД, приводит к изменению традиционной модели потребления трафика (объем и направление передачи) в транспортных сетях. Интеграция и конвергенция ЦОД и транспортных сетей способствуют большей открытости и интеллектуальности таких сетей. Корпоративные пользователи ужесточают требования к уровням обслуживания (SLA) при создании надежных и безопасных частных линий для подключения к филиалам или к клиентским системам, а также согласовывают с ЦОД требования к приложениям.

Домашние пользователи: огромное количество видеоконтента в формате 12K VR/AR и 8K UHD, а также новых смарт-устройств

Сегмент домашних видео трансляций движется в сторону UHD, мгновенного опыта, интерактивного реагирования, восприятия в режиме реального времени, а также создания собственного контента. В 2019–2021 годах будет происходить повсеместное коммерческое распространение видео с дополненной реальностью с разрешением 8K. Через 3–7 лет домашняя виртуальная реальность придет на смену традиционному телевидению: VR-трансляции в реальном времени, IMAX-кинотеатры, игры, учебные материалы и торговля. Большой объем сервисов виртуальной/дополненной реальности с высоким разрешением (например, 12K) потребует внедрения сетей с полностью оптоволоконным доступом (FTTH) по приемлемой для абонентов цене. Коммерческое распространение технологии WiFi6 будет стимулировать развитие гигабитных сетей, а также увеличивать количество подключаемых домашних устройств (смартфоны, планшеты, ПК и системы домашнего интернета вещей.

Облачные технологии: периферийные вычисления и широкое распространение IaaS и PaaS

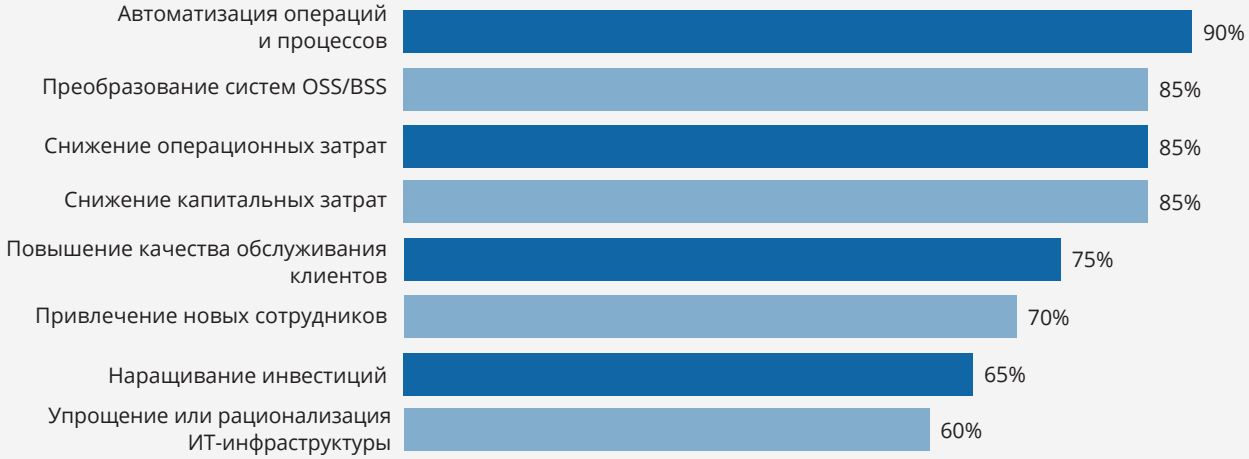
В эпоху технологий 5G и облачных систем облачные вычисления, большие данные и искусственный интеллект будут интегрированы для модернизации предприятий и отраслей. 5G UPF и облачные вычисления смещают обработку данных из ЦОД на периферию. Это позволяет уменьшать время отклика, что имеет решающее значение для промышленных систем обработки данных в реальном времени, а также для оперативного принятия ключевых решений. По прогнозам IDC, к 2024 году более 75% инфраструктуры на периферии будет работать по модели «как услуга». Для создания новых ЦОД и для организации взаимодействия между ЦОД операторам связи необходимо будет строить новые транспортные сети.

Количество сетевых элементов будет стремительно увеличиваться, что в свою очередь приведет к усложнению процессов эксплуатации и обслуживания

Доступ по технологии 5G и фиксированный ШПД (10GPON) будет приводить к увеличению количества беспроводных базовых станций, центральных сетевых элементов, также заметно возрастет количество подключаемых приложений. Разные сценарии использования выдвигают разные требования к уровням обслуживания (SLA). Все эти факторы создают новые сложности в эксплуатации и обслуживании транспортных сетей. Согласно предоставленной операторами статистике, средняя доля операционных затрат в период с 2010 по 2019 год превышает 70%, что влечет за собой существенное увеличение расходов на обслуживание и эксплуатацию сети.

Рисунок 2. Задачи, стоящие перед операторами связи

B.: Операционные изменения — какие операционные изменения уже внедрила или планирует внедрять ваша компания в поддержку принятых бизнес-решений? (Выберите все подходящие варианты)



Источник: IDC 2019 APeJ Carrier Transformation Survey (N=200)

В отчете «IDC 2019 Carrier Transformation Survey» выделены следующие 5 приоритетных направлений: автоматизация, трансформирование систем OSS/BSS, снижение операционных затрат и повышение качества обслуживания клиентов.

СТРАТЕГИИ ПЕРЕСМОТРА АРХИТЕКТУРЫ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ 5G/ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Технологии 4G и 5G/облачные вычисления предъявляют разные требования к пропускной способности, сложности топологии и уровню защиты оптоволоконной линии. Операторам связи необходимо внедрять упреждающие стратегии, охватывающие весь жизненный цикл сети – от планирования до создания и обслуживания. Задача таких стратегий – повышать качество сетей, улучшать показатели масштабируемости и устойчивости, упрощать их структуру и снижать уровень сложности при обслуживании и эксплуатации.

Создание сетей, исключающих перегрузки

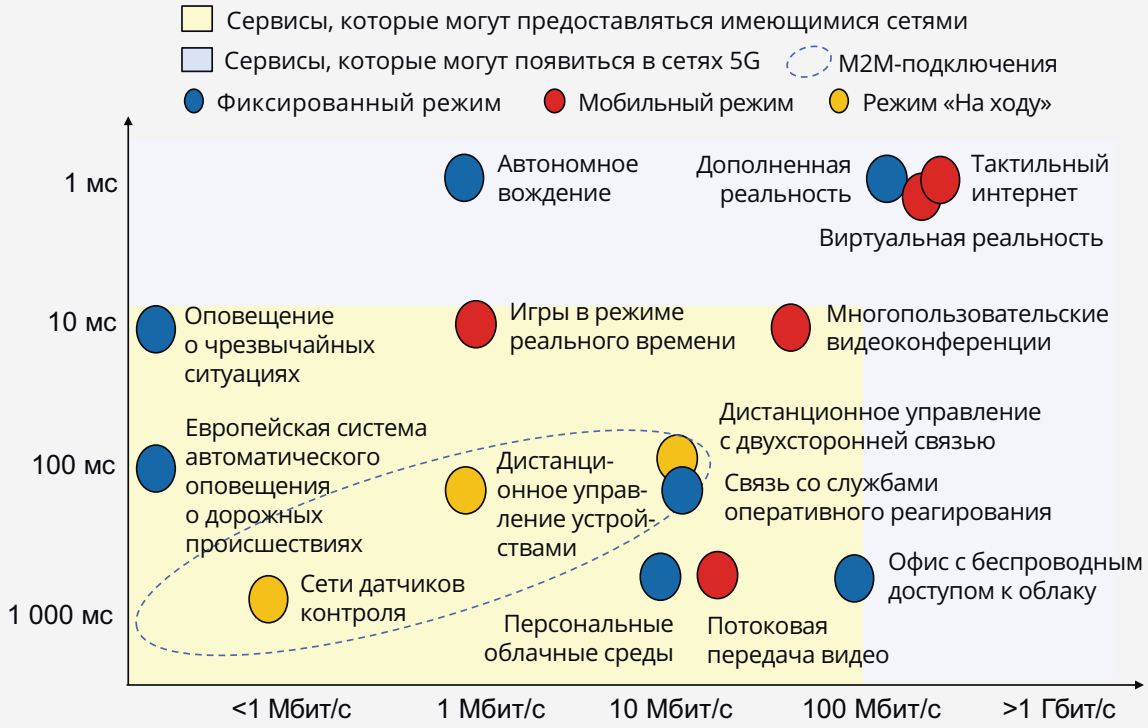
Отсутствие перегрузок – основная цель, которая должна преследоваться при создании новых транспортных сетей. Чем больше перегружена сеть, тем ниже качество обслуживания клиента. Например, увеличение сетевого трафика на портах с разными пропускными способностями на входе и выходе из оборудования вызывает переполнение буферов на нём и отрицательно влияет (что критически важно) на предоставление облачного сервиса виртуальной реальности. Операторы должны избегать перегрузок, чтобы обеспечивать высокую надежность, низкие задержки и возможность повсеместного подключения в новых отраслях. Отсутствие перегрузок также является конкурентным преимуществом при заключении соглашений об уровнях обслуживания (SLA) с промышленными и бизнес-пользователями. Для устранения перегрузок необходимо заменить как можно больше радиорелейных линий на IP-сети, а также оптимизировать текущие маршруты IP-трафика по оптоволоконному каналу.

Внедрение масштабируемой архитектуры

К 2023 году глобальные темпы роста трафика могут превысить 35% за счет активного распространения самостоятельно создаваемого контента с высоким разрешением, UHD-видеотрансляций, промышленных видеоприложений, а также технологий виртуальной/дополненной реальности. Таким образом, для защиты инвестиций транспортная сеть должна поддерживать бесшовное расширение пропускной способности в рамках существующей платформы параллельно с передачей все более «тяжелого» трафика. Требования к уровням

обслуживания (SLA) новых направлений бизнеса и приложений создают существенные сложности в плане обеспечения гибкости сетевых коммуникаций.

Рисунок 3. Дифференциация требований новых сервисов к сети



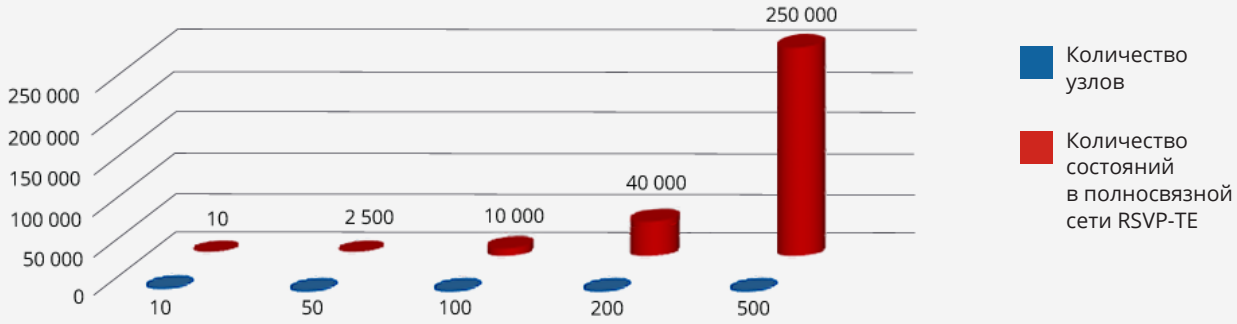
Источник: GSMA Intelligence

Упрощение архитектуры протокола IP

В современных сетях IP/MPLS используется слишком много разных протоколов, уровень управления сложный, а возможности масштабирования сети весьма ограничены. В дополнение к этому функции поддержания требуемой полосы пропускания и балансировки нагрузки работают слабо из-за отсутствия централизованного управления; это в свою очередь делает практически невозможным обслуживание увеличивающихся нагрузок и количества подключенных устройств. Сегментная маршрутизация (Segment Routing) – это ключевая технология, способная упростить протоколы и сложность маршрутизации, а также проблемы при эксплуатации и обслуживании сети.

Требования низкой задержки подразумевают аккуратный контроль на уровне протокола маршрутизации в дополнение к плоской архитектуре. Для внедрения инновационных сервисов транспортная сеть должна поддерживать гибкое программирование сервисов, сетевое сегментирование (network slicing) и настройку с учетом потребностей облака.

Рисунок 4. Количество IP/MPLS-меток на каждый маршрутизатор увеличивается в квадратичной зависимости от количества узлов.



Источник: IDC, 2020

Внедрение постоянно доступных (отказоустойчивых) сетей, ориентированных на работу облачных приложений/сервисов

По прогнозам IDC, к 2024 году 50% из всех опрошенных организаций, входящих в список Global 2000, уже освоят «культуру будущего», необходимую для реализации стратегии цифровой трансформации, предусматривающую высокую зависимость общества от сети Интернет и высокую отказоустойчивость сетей. Согласно отчету «2019 Digital Trends», подготовленному ис-

Таблица 1. Сети с высокими показателями надежности: сценарии использования и требования

Отрасль	Сценарий использования	Значение задержки (E2E)	Джиттер	Уровень надежности
Автомобиле-строение	Скоординированное управление – формирование автоколонн	<3 мс	1 мс	99,9999%
Виртуальная/ дополненная реальность	Критически важные приложения виртуальной реальности (дистанционное управление движением – хирургия, дроны)	10–20 мс	5 мс	99,9999%
Умные электросети	Управление электромагистралями (распределение электроэнергии – высоковольтные ЛЭП)	<5 мс	1 мс	99,9999%
Производство	Автоматизация технологических процессов (химические производства, производство бумаги, нефтегазовая отрасль – дистанционное управление)	50 мс	20 мс	99,9999%
Здравоохранение	Управление в реальном времени для дистанционной хирургии	10 мс	1 мс	99,9999%
Умные города	Дистанционное управление дронами (контроль доставки)	10–30 мс	1 мс	99,9999%

Источник: 3GPP, NGMN, 2019

следовательским центром «Alibaba Cloud Research Center», в Китае переход на цифровые технологии помимо собственно интернет-сегмента распространяется и на другие сферы, такие как государственное управление, финансы, розничная торговля, сельское хозяйство, промышленность, транспорт, логистика и здравоохранение. По прогнозам IDC, к 2020 году 50% компаний, входящих в список Global 2000, уже переведут свои ключевые сервисы на цифровые технологии.

Внедрение автоматизированных и интеллектуальных процессов эксплуатации и обслуживания для снижения уровня сложности

Чтобы эффективно справляться с постоянно возрастающей сложностью систем процессы эксплуатации и обслуживания сетей должны двигаться в сторону автоматизированных превентивных платформенных решений на базе искусственного интеллекта и аналитики. Контроль на базе платформы программно-определяемых сетей (SDN) позволит обеспечить автоматизацию и управление жизненным циклом на всех уровнях и участках сети. В обычной крупной сети связи ежедневно возникают миллионы сигналов об отказах. Программное обеспечение на основе искусственного интеллекта способно уменьшить количество таких сигналов и ошибок в сетях связи на 90%. Это позволит существенно повысить эффективность поиска и устранения неисправностей, а также снизить затраты на техническое обслуживание.

СОЗДАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ В ЭПОХУ 5G И ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Архитектура транспортной сети состоит из 4 уровней

Организация взаимодействия, оптоволоконное покрытие, доступность полосы пропускания и защита должны рассматриваться комплексно. Транспортная сеть, учитывающая потребности следующего десятилетия, должна охватывать следующие четыре уровня:

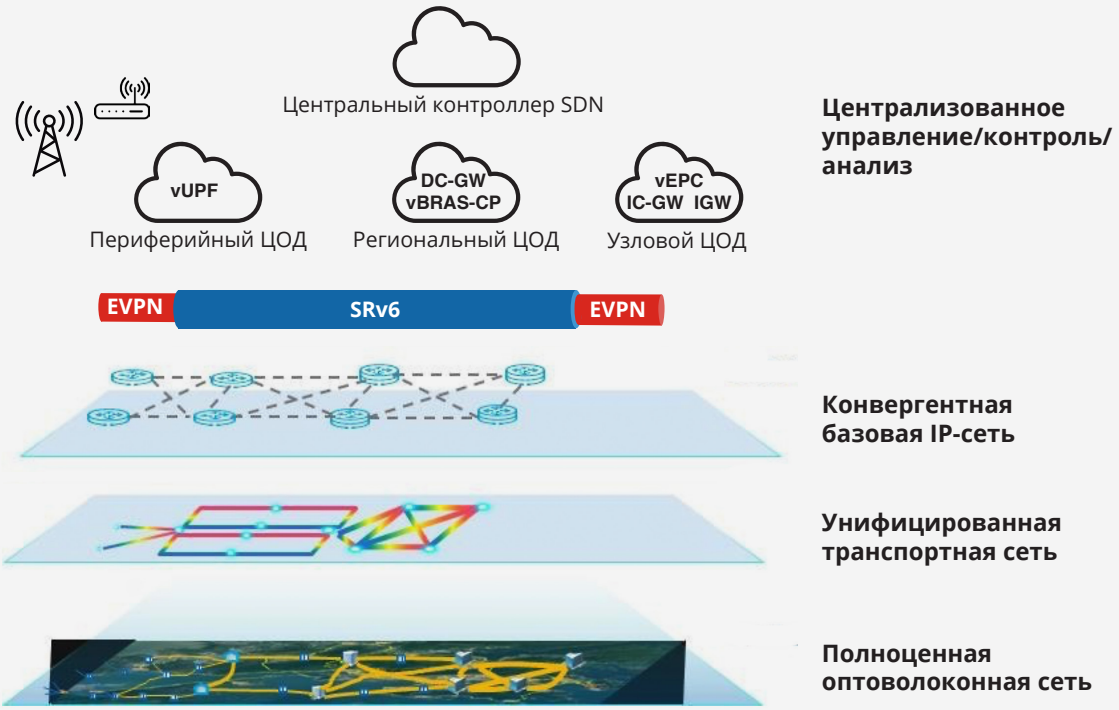
1. **Централизованное управление/контроль/анализ:** использование SDN, охват процессов эксплуатации и обслуживания в течение всего жизненного цикла, синергия между разными уровнями, искусственный интеллект.

2. **Конвергентная IP-сеть:** упрощение IP-архитектуры за счет внедрения технологий E2E SRv6/Metro Spine-Leaf, Seamless WAN & Cloud.

3. **Унифицированная оптическая транспортная сеть:** сетевой уровень OTN с системой защиты ASON для снижения стоимости в расчете на бит.

4. **Полноценная оптоволоконная сеть:** унифицированная оптоволоконная сеть для всех сервисов, включая FTTH/2B/4G/5G.

Рисунок 5. Транспортная архитектура охватывает четыре основных уровня



Источник: IDC, 2020

KAI: индексная модель оценки целевых сетей

Для разработки исчислимой ключевой модели, которая бы позволила оценивать архитектуру целевых сетей, IDC предлагает использовать комплексную модель индексирования, оценивающую 17 показателей для 5 ключевых характеристик сетей: отсутствие перегрузок, масштабируемость, простота, постоянная готовность к работе и интеллектуальность. Такая модель учитывает все уровни транспортной сети: физический уровень оптического кабеля, уровень IP и DWDM, а также уровень управления/контроля/анализа. Модель относит фундаментальные сетевые факторы к одной из следующих категорий: постоянные факторы (сложно поддающиеся изменению), которые будут влиять на качество и производительность сетей в течение длительного периода времени, или краткосрочные факторы (переменные сетевые факторы), связанные с конфигурацией устройств, которые поддаются текущей оптимизации.

Модель KAI позволяет оценить качество и себестоимость транспортной сети, упрощает создание сетей и управление ими

Идеальная сетевая архитектура должна обеспечивать требуемое качество сети (выраженное в количественных показателях), пропускную способность, при этом сохраняя возможности для масштабирования в течение следующих 3–7 лет; в итоге совокупная стоимость владения сетью должна снижаться. Текущие ключевые показатели качества/производительности (KQI/KPI), например, пропускная способность, задержки и джиттер, не позволяют анализировать базовые факторы, влияющие на ключевые показатели качества: оптоволоконную инфраструктуру, топологию, технологии и эксплуатационную готовность. Скорее такие KQI/KPI можно назвать микро показателями на уровне канала связи. Однако они не позволяют сформировать углубленное представление о транспортной сети. Использование модели KAI вместо KQI/KPI даст возможность применять количественную методику для оценки качества обслуживания, надежности и функций самовосстановления транспортных сетей.

Модель KAI позволит выполнять точную количественную оценку, управление и контроль на всех этапах цикла разработки сети: планирования, проектирования, создания и эксплуатации.

Рисунок 6. **Архитектура определяет возможности**

Источник: IDC, 2020

Рисунок 7. Модель KAI для оценки сетей (5 ключевых характеристик сетей и 17 показателей)

Источник: IDC, 2020

Стандартизация: модель KAI создана путем деконструирования ключевых показателей качества (KQI) (с учетом сервисов, предлагаемых операторами)

Деконструирование показателей KQI/KPI с учетом предлагаемых операторами сервисов, приведение к норме используемых факторов, отсеивание легко меняющихся факторов — такие подходы позволяют получить на выходе относительно стабильные фундаментальные/базовые факторы (сетевые константы), определяющие качество сети по 5 различным направлениям. Эти пять ключевых характеристик сетей в свою очередь детализируются на 17 поддающихся измерению показателей.

Рисунок 8. **Пример деконструирования KQI задержки в соответствующие индексы KAI**

Источник: IDC, 2020

Переход на цифровые технологии: количественное выражение индексов KAI для оценки всего жизненного цикла

Каждый индекс подразделяется на составные показатели, поддающиеся измерению (например, из коэффициента охвата оптоволоконными линиями вычленяется коэффициент оптоволоконного доступа к объектам радиосвязи), что позволяет выполнить объективную количественную оценку индекса.

Подсчет показателей и определение взвешенного значения: установка критериев для общей оценки возможностей

Взвешенные значения индекса можно определить в зависимости от степени важности показателей. Пример: самый важный показатель – это качество обслуживания клиентов, а значит весовой коэффициент отсутствия перегрузок будет выше, затем следует будущее развитие (упрощение, масштабирование, защита), а также удобство эксплуатации и обслуживания внутри организации (интеллектуальность). Результат по каждому индексу зависит от целевых значений транспортной сети, которые задаются в зависимости от эксплуатационных требований и с учетом передового опыта. В итоге можно определить совокупный результат для всей транспортной сети. Чем выше результат, тем больше подходит анализируемая сеть для развертывания технологий 5G и облачных технологий.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ПРИМЕР КОМПАНИИ PLDT: СОЗДАНИЕ СОВЕРШЕННО НОВОЙ, ВЫСОКОСОВРЕМЕННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ С ПОДДЕРЖКОЙ SDN

Чтобы понять применимость модели KAI к реальным сетям, специалисты IDC провели опрос среди сотрудников межфункциональной группы по преобразованию транспортной системы в филиппинской компании PLDT. PLDT (пре-

дыдущее название Philippine Long Distance Telephone Company) – самый старый и самый крупный оператор связи на Филиппинах (по размеру активов и прибыли), компания предлагает услуги фиксированной и мобильной связи как для частных абонентов, так и для предприятий. В рамках модернизации своей транспортной системы компания PLDT, в отличие от многих других операторов связи, приняла смелое решение: построить полностью новую транспортную сеть, а не заниматься точечной модернизацией имеющейся сети. Основные задачи, преследуемые компанией PLDT в связи с принятием такого дальновидного решения:

Отсутствие рисков или влияния на текущие услуги – как крупнейший поставщик услуг связи для корпоративных пользователей на Филиппинах, компания PLDT хотела сохранить высокие уровни обслуживания (SLA), в частности в отношении показателей доступности. Если бы в PLDT выбрали вариант с точечной модернизацией существующей сети, например, через обновление аппаратной и программной части, изменение конфигурации (сегментная маршрутизация вместо LDP, переход от VPLS к EVPN и т. д.), то реализация указанных проектов неизбежно привела бы к отказам сети и периодическим простоям. Тогда как принятое PLDT решение о создании полностью новой сети позволяет предоставлять новые услуги сразу на базе создаваемой сети, а уже имеющиеся услуги переводить на новую инфраструктуру постепенно, систему за системой, минимизируя перебои в предоставлении услуг.

Использование полного потенциала SDN – если бы в PLDT приняли решение модернизировать существующую сеть, то весь процесс занял бы от 3 до 5 лет. В течение этого периода устанавливались бы сетевые элементы на основе SDN, однако интеграция устаревших элементов с системой SDN-контроллеров была бы невозможной. Такой гибридный подход помешал бы компании PLDT полноценно использовать все экономические и эксплуатационные преимущества SDN. Создав новую сеть, PLDT может сразу внедрять новейшие технологии и протоколы, включая сегментную маршрутизацию, EVPN, TI–LFA и PCEP (Path Computation Element Protocol), чтобы в полной мере воспользоваться преимуществами SDN, связанными с оркестрацией и автоматизацией. За счет использования этих преимуществ SDN PLTD сможет повысить гибкость сети и предложить более конкурентоспособные услуги за счет динамического выделения полосы пропускания.

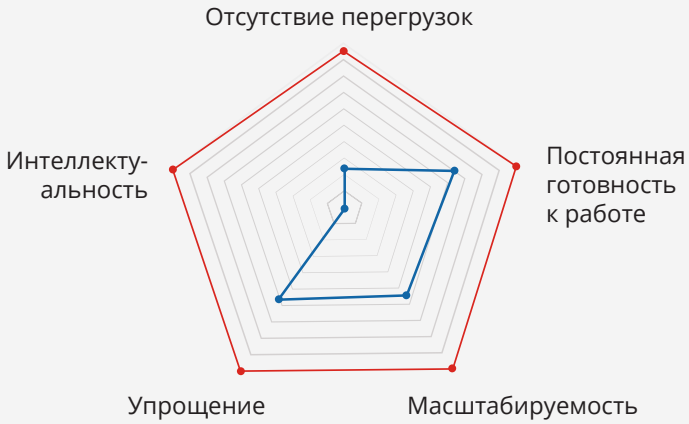
Стоимость в расчете на бит и оптимизация совокупной стоимости владения – PLDT понимает, что переговоры с поставщиками и сравнение вариантов в процессе закупок может обеспечить некоторое снижение затрат, однако еще более значительные возможности для экономии обеспечит внедрение оптимизированной масштабируемой архитектуры. Например, в су-

ществующей транспортной сети PLDT имеются объекты с 3 отдельными и совмещенными маршрутизаторами: первый маршрутизатор относится к типу NPE (Network Provider Edge) и обслуживает фиксированную сеть Carrier Ethernet Network (CEN), вторая группа маршрутизаторов используется как устройство PE (Provider Edge) для IP-магистрали, а третья группа служит в качестве узла агрегирования для мобильной сети CEN. Выбрав вариант с созданием совершенно новой сети, PLDT может проводить более комплексное планирование и конвергировать эти группы маршрутизаторов в единую группу. Таким образом будет достигнута прямая экономия в размере 66% без учета других преимуществ, таких как обработка трафика на базе SDN для существенно более эффективного использования сетевых ресурсов и снижения стоимости в расчете на бит.

PLDT стремится к достижению максимального качества обслуживания клиентов и приняла амбициозный план развертывания: процесс был запущен в начале 2019 года, а в декабре 2019 первый этап уже был завершен. Новая транспортная сеть сейчас находится в стадии готовности к эксплуатации.

Специалисты IDC провели опрос среди сотрудников межфункциональной группы по преобразованию транспортной системы в компании PLDT и применили модель KAI, чтоб оценить новую сетевую транспортную архитектуру и устаревшую сеть. В итоге были получены результаты 95,4 и 42,3 балла соответственно. Это еще раз подчеркивает, что в PLDT сделали правильный технологический выбор, позволивший достичь такого заметного улучшения.

Рисунок 9. Количество баллов, полученных в результате оценки транспортной сети PLDT по методике KAI



	Итоговый результат KAI
TNT (новая сеть)	95,4
Старая сеть	43,3

Источник: IDC, 2020

Постоянная готовность к работе. Сеть PLDT показала отличные результаты в категории «Постоянная готовность к работе». Это объясняется развертыванием ASON 1+1+PR (Permanent Restoration) на уровне OTN, а также технологии TI–LFA (Topology Independent Loop-Free Alternate) на уровне IP, что позволяет сети работать даже в случае повреждения нескольких оптических волокон, при этом аварийное переключение занимает меньше 50 мс. Устойчивость сети имеет особое значение на Филиппинах, поскольку здесь нередко случаются природные бедствия, например, тайфуны, наводнения и землетрясения. Кроме того, филиппинская экономика – одна из самых динамично развивающихся в Азии, здесь реализуется множество строительных проектов. Повреждения подземных и подводных кабелей в этих условиях происходят регулярно.

Упрощение. Сеть PLDT показала отличные результаты и в категории «Упрощение». Это стало возможным благодаря внедрению в PLDT новой технологии сегментной маршрутизации и протоколов EVPN для управления потоками данных и усиленной защиты. Кроме того, в своей metro-сети PLDT внедрила топологию распределенного ядра (Spine-Leaf). Такая топология обеспечивает преимущества в плане масштабируемости и повышения доступности. Также была внедрена технология периферийной коммутации L3, позволяющая работать с распределенными облачными средами.

Интеллектуальность. Сеть PLDT получила высокий балл и в категории «Интеллектуальность». Новая сеть содержит уровень SDN с иерархической архитектурой: один главный контроллер и несколько контроллеров доменов. Внедрены функции для автоматизации процессов на протяжении всего жизненного цикла: подготовка сервисов, планирование, визуализация, моделирование и прогнозирование.

Отсутствие перегрузок. В этой категории сеть PLDT также продемонстрировала высокие результаты. Новая сеть использует только интерфейс 100GE, а оборудование поддерживает скорость передачи до 4 Тбит/сек на каждый слот. В сравнении с предыдущей сетью, где для организации магистральных линий использовался преимущественно интерфейс 10GE, а максимальная скорость передачи составляла всего 200 Гбит/с на каждый слот, пропускную способность удалось увеличить в 20 раз. Максимальная пропускная способность транспортной сети означает, что в ней будут отсутствовать перегрузки.

Масштабируемость. В PLDT внедрили самую современную систему: наличие базовой оптической магистрали с показателями 200 Гбит/с*96 λs означает, что на текущий момент их оптическая транспортная инфраструктура является одной из самых совершенных не только на Филиппинах, но и во всем мире.

ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ 5G И ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В РОССИИ

Согласно данным IDC, мобильная голосовая связь сегодня является наиболее прибыльным видом услуг у всех телекоммуникационных компаний, работающих в России. Но с 2020 года ожидается снижение доходов от неё, и такая тенденция будет наблюдаться в течение следующих трёх лет. Вместе с тем IDC прогнозирует, что на протяжении этого же периода времени до 2023 года объемы мобильного трафика будут постоянно увеличиваться со среднегодовым темпом роста 25,5%. Иными словами, потребность в качественном и быстром доступе в сеть среди российских мобильных пользователей будет постоянно расти. Помимо этого, эпидемия COVID-19 оказала меньше негативного влияния на телекоммуникационный сектор по сравнению с некоторыми другими отраслями экономики. Стоит отметить, что нагрузка на сети операторов существенно выросла, так как из-за пандемии увеличился спрос на реализацию сценариев, связанных с удаленным доступом в сеть, например, удаленная работа, телемедицина, передача контента и другое. Телеком-операторы России понимают, что повсеместное внедрение 5G – это и есть способ удовлетворения потребности в сверхбыстрой и качественной связи.

В конце июля 2020 года продолжились обсуждение и разработка регуляционных документов о применении 5G в России. Во-первых, «Ростелеком» и «Ростех» разработали дорожную карту по развитию технологии 5G в России. За разделы, касающиеся развития, разработки и продвижения отечественных технологий, а также формирования рынка и стимулирования спроса на российские решения и оборудование, отвечал «Ростех». За разделы, относящиеся к развертыванию инфраструктуры для внедрения мобильных сетей 5G преимущественно с использованием отечественных решений и технологий, а также формированию рынка и стимулированию спроса на сервисы и услуги на базе 5G, отвечал «Ростелеком». Во-вторых, Роскомнадзор начал выдавать лицензии на сети 5G, и первым получившим лицензию оператором стал МТС. Она была выдана сроком до 16 июля 2025 года на частоты в диапазоне 24,25–24,65 ГГц по стандарту 5G/IMT-2020. По информации оператора, первыми пользователями сети 5G станут корпоративные клиенты и крупные производственные предприятия. Оператор также разрабатывает и тестирует сценарии использования технологии 5G в выделенном диапазоне для промышленности, сельского хозяйства, нефтегазовой отрасли, медицины, розничной торговли и логистики.

Безусловно, у сетей 5G обязательно должно быть место в программе развития цифровой экономики России, но телеком-операторы также заявляют, что без

поддержки государства развитие таких сетей практически нереально. Особенно это касается регулирования частотного спектра, где некоторые необходимые частоты уже заняты силовыми ведомствами и спутниковыми операторами, которые не готовы передавать их операторам сотовой связи.

Также следует отметить, что рабочая группа АНО «Цифровая экономика», в которой представлены операторы связи, не согласилась с предложением Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций о создании сетей 5G на российском оборудовании. До этого Минкомсвязи уже выдвигало инициативу с обязательством использования российскими операторами преимущественно отечественного оборудования 5G. По оценкам специалистов, инициатива министерства перенесет глобальный запуск сетей 5G в России на 2025 год.

Сети 5G будут строиться по модели облачных сетей с распределенными основными функциями и возможностью размещения в любом облаке или ЦОД. Как следствие, транспортная сеть телеком-оператора должна будет стыковать эти функции с каждым ЦОДом, WAN и интерфейсом доступа, потенциально имеющими разные протоколы, а также должна будет управлять соглашениями об уровне обслуживания (SLA) по приложениям и по сегментам. Это в свою очередь потребует автоматизации работы транспортной сети. При решении этой задачи ключевую роль будут играть программно-определяемые сети (SDN), а сегментная маршрутизация (SR), вероятно, заменит MPLS для обеспечения сквозного управления трафиком, бесшовного соединения ЦОД и объединения сервисных функций.

Рынок публичных облачных услуг в России продолжает расти. В 2019 году его объем достиг почти 900 млн. долларов США. Кризис, вызванный пандемией COVID-19, сказался на рынке скорее положительно, чем отрицательно. IDC считает, что по окончании 2020 года общий объем этого рынка превысит 1 млрд. долларов США, а среднегодовой темп роста до 2023 года составит 18,1%. Стоит отметить, что в первую очередь вырос спрос на комплексные облачные решения, а не на отдельные продукты или услуги. Что касается вертикальных рынков, то наибольшая потребность в новых облачных технологиях возникла у логистических компаний, предприятий розничной торговли и организаций, занимающихся электронной коммерцией. Если говорить о сегментах, то для крупного бизнеса облачные технологии в кризисной ситуации оказались спасительными, так как с их помощью удалось не только оптимизировать текущие затраты и переформатировать работу, но и в некоторых случаях увеличить прибыль и открыть новые возможности ведения бизнеса. Те компании малого и среднего бизнесов, которым удастся пережить кризис, начнут переходить в облака сразу после того, как восстановятся от его последствий.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИНДЕКСОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Отсутствие перегрузок

Коэффициент охвата оптоволоконными линиями

Оптоволоконная инфраструктура стала важной частью экономического развития страны, поскольку широкополосный доступ в домашнем и корпоративном сегменте (а также в сегменте образовательных учреждений) помогает ликвидировать «цифровой разрыв» и обеспечивает успешное развитие цифровой экономики. В недавно опубликованном документе ЕС «Connectivity for a Competitive Digital Single Market-Towards a European Gigabit Society» подчеркивается стратегическая важность оптоволоконной инфраструктуры.

Чтобы предлагать полноценные услуги (5G, облако и FTTH), оператору требуются оптоволоконные линии для доступа и бэкхоулинга

Пропускная способность базовой станции 5G NR в 3–15 раз превышает пропускную способность 4G LTE, при этом используется более сложная структура размещения объектов и процессы оптимизации. Кроме того, архитектура мультисервисного доступа (MEC), технологии промышленного интернета вещей (IIoT), C-RAN и eCPRI обязательно требуют оптоволоконных линий связи. Интерфейсы eCPRI поддерживают пропускную способность до 22 Гбит/с, а задержки для них находится в диапазоне от 25 до 150 мкс.

По состоянию на конец 2019 года ведущие операторы в Корее и Японии демонстрировали коэффициент охвата оптоволоконными линиями на уровне >90%.

Пропускная способность 10GE/25GE на каждый объект

Полоса пропускания объекта с беспроводным доступом обычно зависит от полосы пропускания используемого спектра и от спектральной эффективности. Кроме того, она может зависеть от совмещения нескольких базовых станций, корпоративных каналов передачи данных и наличия объектов с FTTH-доступом. По мнению IDC, независимо от сценария, который будет реализован в период с 2020 по 2023 год, на объектах доступа потребуется наличие портов со скоростью не менее 10GE/25GE на каждый объект (50GE/100GE для объектов доступа с кольцевой топологией), а также наличие портов 400GE на уровне агрегирования/базовом уровне. Кроме того, необходимо оптимизировать планирование маршрута трафика, чтобы избежать перегрузок, связанных с дисбалансом.

Таблица 2. Требования к полосе пропускания транспортной сети для базовой станции 5G

Параметр	5G, средние частоты (C-Band)	5G, высокие частоты (mmWave)
Ресурсы спектра	3,4 ГГц-3,5 ГГц, полоса пропускания 100 МГц	Спектр от 28 ГГц и выше, полоса пропускания 400/800 МГц
Конфигурация базовой станции	3 сектора, 64T64R	3 соты, 4T4R
Пиковое значение для одной соты	4 Гбит/с	12 Гбит/с
Среднее значение для одной соты	0,78 Гбит/с	2,08 Гбит/с
Пиковое значение для базовой станции	5,56 Гбит/с	16,16 Гбит/с
Среднее значение для базовой станции	2,34 Гбит/с	6,24 Гбит/с
Пиковое значение кольца доступа (8 станций C- band + 4 станции mmWave в каждом кольце)	21,94 Гбит/с	56,82 Гбит/с
Пиковое значение кольца агрегирования	131,64 Гбит/с	340,92 Гбит/с

Источник: IDC, 2019

Технология OTN для уровня агрегирования/доступа

С развитием полностью облачных конвергентных сетей на рынок выводится все больше сервисов, требовательных к задержкам — системы автоматизации производственных процессов, облачные системы виртуальной реальности и т. д.

Технология OTN будет играть ключевую роль для снижения затрат на трафик ($/Гбит/с)

По мере распространения технологий 5G/10GPON интенсивность трафика будет быстро увеличиваться. Технология OTN поможет снизить затраты в расчете на бит, обеспечить передачу больших объемов трафика и снизить задержки.

Технология OTN позволяет создавать высококачественные выделенные линии для VIP-клиентов (банки, государственные учреждения и т. д.)

OTN обеспечивает физическое изолирование конечных пользователей, а также показатель доступности соединения не менее 99,99%, добавьте к этому чрезвычайно низкую сквозную задержку и низкий джиттер.

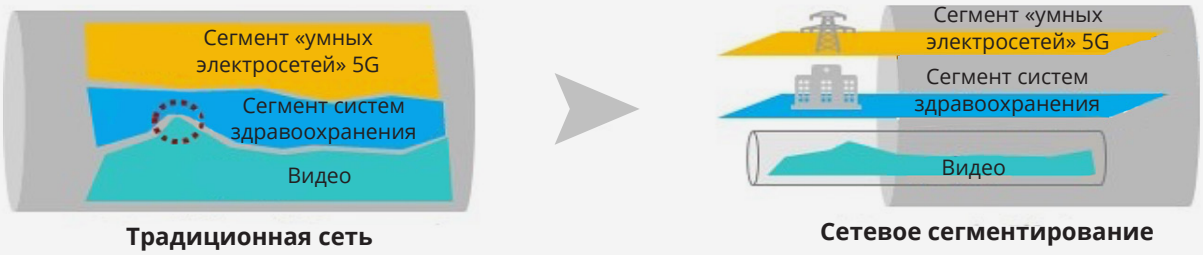
Технология OTN помогает экономить ресурсы оптоволоконной линии

Комплексные услуги, фронтхол 5G, наличие нескольких беспроводных сетей (2G/3G/4G), защита кольца и уплощение сетей — все эти факторы создают высокую нагрузку на оптоволоконные линии. Для решения этой проблемы потребуется развертывание OTN.

Сетевое сегментирование

Для некоторых сервисов uRLLC может потребоваться гарантированная полоса пропускания даже в перегруженных сетях. Например, для работы удаленной службы неотложной медицинской помощи требуется канал 50 Мбит/с для передачи видеоизображения с пациентом в больницу. В традиционной сети полоса пропускания обычно используется совместно без гарантированного выделения. 3GPP предлагает сквозное сегментирование, позволяющее разделить физическую сеть на изолированные сегменты. Таким образом, транспортная сеть должна поддерживать выделенное сегментирование полосы пропускания. Сегментирование позволяет увеличить количество поддерживаемых специализированных приложений.

Рисунок 10. Совместное использование сетевых ресурсов в сравнении с сетевым сегментированием



Источник: IDC, 2019

Масштабируемость

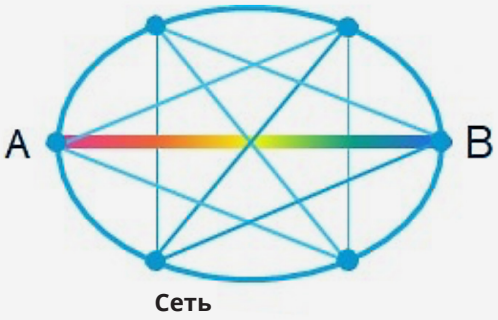
Сеть WDM должна обеспечивать стабильную работу в долгосрочной перспективе, низкую совокупную стоимость владения наряду с масштабируемостью, а также должна поддерживать внедрение новых и инновационных сервисов. Правильно реализованная сеть WDM должна быть масштабируемой в плане полосы пропускания, количества станций и доли оптических каналов, также она должна поддерживать диверсифицированные сценарии расширения.

Оптический кросс-коннект (OXC): количество направлений >5

Для создания распределенных центров обработки данных (DCI) и 3D-магистралей каждая станция должна использовать несколько оптоволоконных направлений

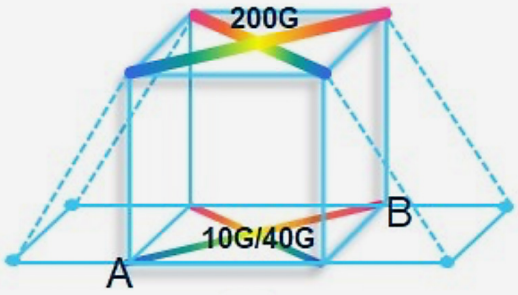
Чтобы уменьшить задержки, требуется уплощение транспортной сети за счет установления прямого оптоволоконного/спектрального соединения между двумя несмежными станциями. Кроме того, станции WDM и новые периферийные станции с высокими сетевыми нагрузками могут использовать виртуальное подключение в новой плоскости.

Рисунок 11. Плоская сеть между станциями A-B. Подключение между станциями A и B в новой плоскости



Сеть

Соединение с одним оптическим пролётом для предоставления высококачественных сервисов по новым направлениям оптоволоконных линий



3D

Поэтапная модернизация существующих сетей, новые технологии 200G, увеличение пропускной способности в два раза, быстрое наращивание пропускной способности

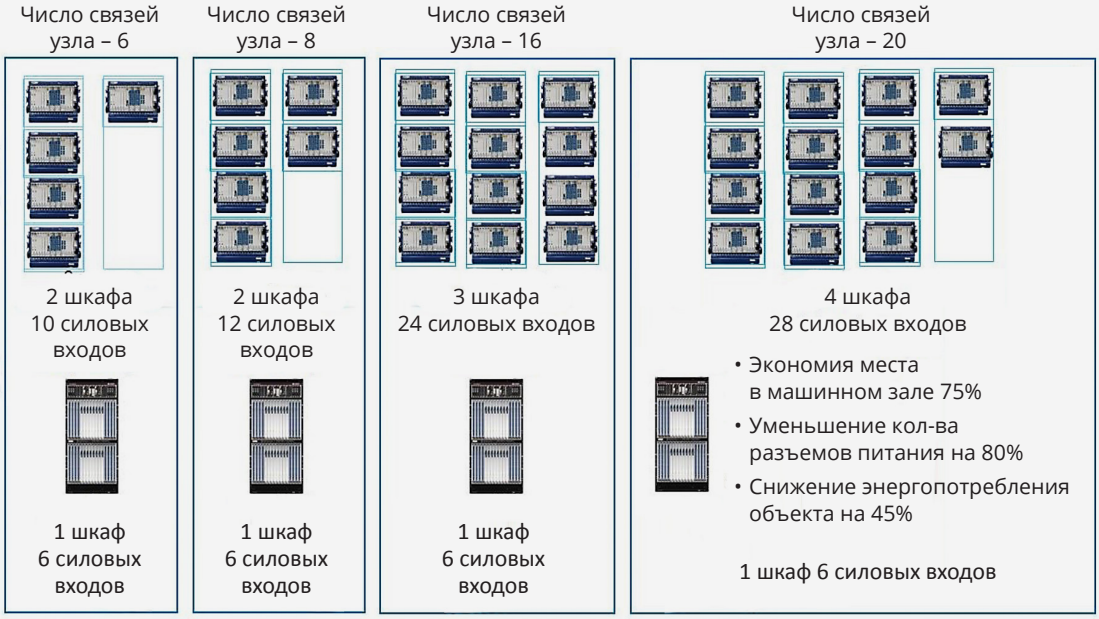
Источник: IDC, 2020

Максимально интегрированный оптический кросс-коннект (OXC) позволяет уменьшать место на установку оборудования, снижать энергопотребление и трудозатраты на разработку

В современных системах OXC используется интегрированная полностью оптическая магистраль, позволяющая уменьшать количество оптических перемычек на станциях с большим количеством направлений. В сравнении с традиционной технологией ROADM, система OXC позволяет уменьшить площади, занимаемые оборудованием, на 75%, сократить число разъемов питания на 80% и снизить энергопотребление на 45%. Кроме того, длительность развертывания новых оптоволоконных сетей сокращается с нескольких недель до нескольких часов. Передовые методики предполагают внедрение технологии OXC на станциях WDM, использующих >5 оптоволоконных направлений. Тогда как ROADM подходит для станций с количеством направлений меньше 5.

Примечание: для масштабирования IP требуется топология Metro Spine-Leaf, протокол сегментной маршрутизации (SR), тогда как упрощение достигается за счет горизонтального масштабирования сети ЦОД.

Рисунок 12. Использование OXC может дать существенную экономию пространства в центрах обработки данных



Источник: IDC, 2020

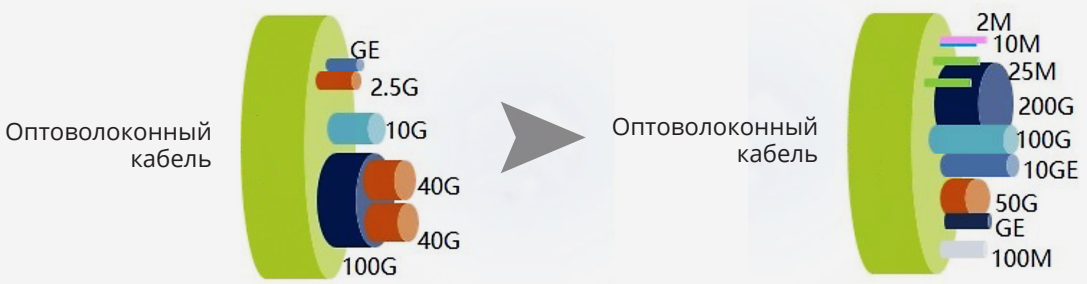
Пропускная способность DWDM: 200G*120λs

Один из лучших способов снижения капитальных затрат на транспортные сети — использование решений с максимальным значением Гбит/с на каждый кабель, поскольку строительство оптоволоконных сетей обходится довольно дорого. Затраты на прокладку оптических кабелей (в том числе на устройство траншей) могут составлять не менее 50% от общих затрат на создание сети WDM. Передовые методики по увеличению пропускной способности оптоволоконной линии предполагают использование 120 λs на каждую оптоволоконную жилу с пропускной способностью 200 Гбит/с λ.

Увеличение гранулярности ODU для более эффективного использования полосы пропускания

Поскольку премиальные частные линии (MPLS, VPN) постепенно переходят на сети WDM, традиционные ODUk (ODU0/ODU1/ODU2/ODU4) с высокой пропускной способностью зачастую приводят к неэффективному использованию ресурсов. Например, если частная линия 150 Мбит/с использует традиционный ODU0 (1,244 Гбит/с), то эффективность использования полосы пропускания может быть ниже 15%. Таким образом, OTN с гибким ODUk будет варьироваться в диапазоне от 2 Мбит/с до 200 Гбит/с с шагом 2 Мбит/с, что повысит эффективность использования спектра почти до 100%.

Рисунок 13. Традиционная технология WDM по сравнению с технологией OTN с сортировкой



Источник: IDC, 2020

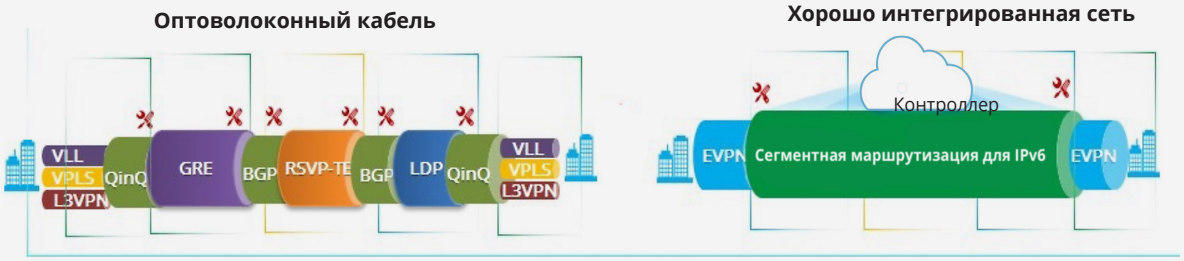
Упрощение

Сегментная маршрутизация IPv6 (SRv6)/EVPN

SR приходит на смену различным протоколам IP/MPLS и повышает гибкость работы с сервисами

SR может сократить количество протоколов в сети IP/MPLS, а также упростить эксплуатацию и обслуживание. Используя SDN-контроллер, SR выбирает оптимальные каналы, обеспечивает быструю перемаршрутизацию, глобальное прогнозирование ресурсов, оптимизацию маршрутов трафика в крупных сетях. Также SR упрощает уровень управления, снижает требования к маршрутизаторам, выполняет разделение VPN и туннелей для гибкого расширения IP-сети.

Рисунок 14. SRv6 с различными протоколами EVPN VS и фрагментацией VPN



Источник: IDC, 2020

Рисунок 15. Сравнение времени, затрачиваемого на организацию предоставления услуг в IP/MPLS и SR

Источник: IDC, 2020

SRv6 хорошо подходит для крупных и облачных развертываний

Если промежуточная сеть поддерживает IPv6, то масштабные VPN-сервисы можно развертывать быстро и гибко. Также они будут поддерживать будущие сервисы 5G и интернета вещей. SRv6 позволяет использовать прикладное программирование и поддерживает развертывание E2E VPN в среде, включающей место установки приложения, внутренние ИТ ресурсы ЦОД и внешние облака.

EVPN унифицирует транспортный уровень различных сервисов L2VPN и L3VPN, а также упрощает эксплуатацию и обслуживание

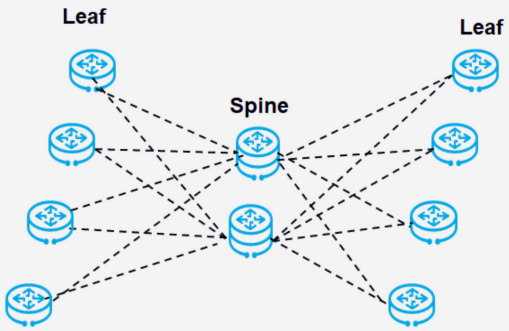
EVPN (Ethernet VPN) объединяет традиционные сервисы E-Line, E-LAN, E-Tree и L3VPN, а также помогает упростить процессы эксплуатации и обслуживания.

Топология распределенного ядра Metro Spine-Leaf

Традиционная кольцевая топология уровня агрегирования не подходит для сервисов с высоким трафиком и низкими задержками, а также для периферийных ЦОД. Двухуровневая топология распределенного ядра Spine-Leaf помогает снизить количество проблем в сети, таких как узкие места, несбалансированная нагрузка, потеря пакетов и высокие задержки, вызванные агрегированием трафика на нескольких уровнях.

Кроме того, такая топология упрощает требования, выдвигаемые к «стволовым» узлами (Spine) по функционалу и к «листовым» узлам (Leaf) по мощности, поскольку эти узлы перестают быть транзитными для других узлов («листовые» узлы (Leaf) по-прежнему должны поддерживать FMC (Fixed Mobile Convergence) и доступ к облачным сервисам).

Рисунок 16. Топология распределенного ядра Spine-Leaf



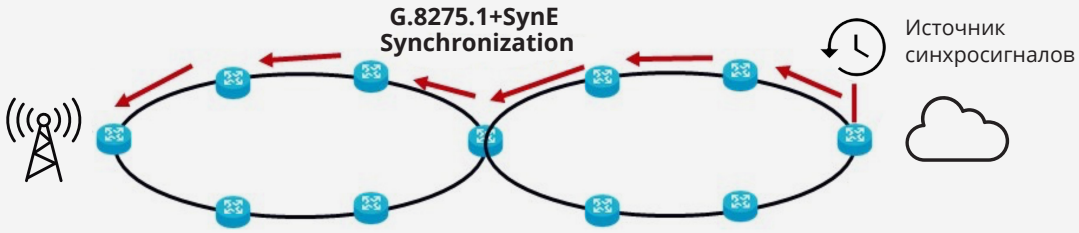
Источник: IDC, 2020

Топология распределенного ядра Spine-Leaf поддерживает масштабирование с нулевым воздействием. Новые узлы можно добавлять без ущерба для существующих сервисов. Это избавляет от необходимости частых корректировок физической архитектуры и обеспечивает гармоничное развитие сети в долгосрочной перспективе.

Технология Precise Time Synchronization (G.8275.1)

Время синхронизации для 5G TDD NR gNodeBs не должно превышать 3 мкс. Поскольку прием сигнала GPS в некоторых местах может быть затруднен (например, в помещениях или под землей), синхронизация ITU-T G.8275.1 + SynE по оптоволоконному кабелю может стать хорошим решением. Время синхронизации не должно превышать 20 нс по каждому сетевому сегменту. А в некоторых случаях, например, в системах высокоточного позиционирования, даже 10 нс. Для повышения эффективности синхронизации и оптимизации процессов эксплуатации и обслуживания важное значение имеет также внедрение автоматического планирования, выделения ресурсов и локализация отказов.

Рисунок 17. Высокоточная синхронизация по времени между сетевыми сегментами



Источник: IDC, 2020

Поддержка распределенных облачных сред — L3 для периферийных сетей и сетей ЦОД

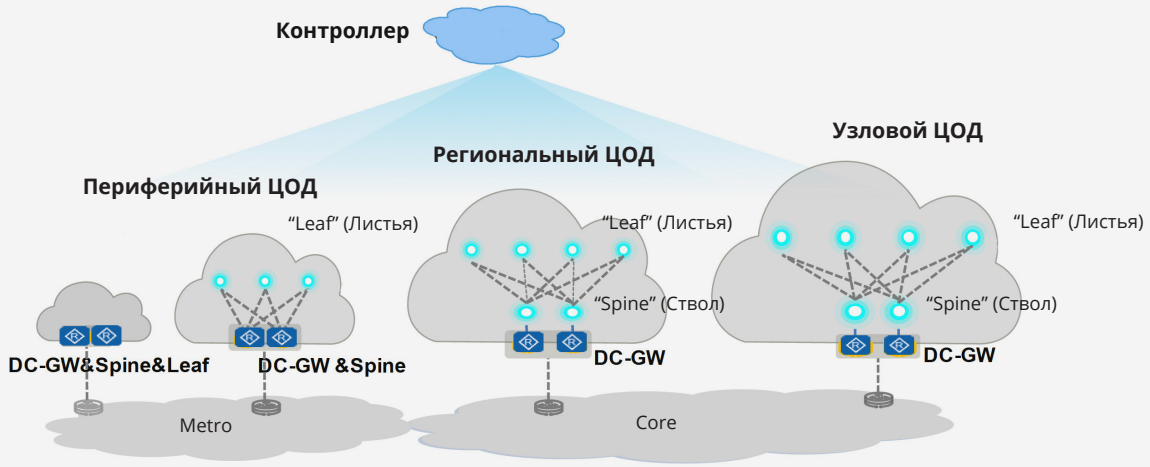
Чтобы предлагать полноценные комплексные услуги (мобильная связь, услуги для корпоративных и домашних пользователей), необходимо внедрять L2VPN, L3VPN, а также многопотоковую передачу. По мере развертывания вертикальных отраслевых решений будут создаваться периферийные ЦОД (в том числе кампусные ЦОД) с поддержкой 5G (UFC) и RAN (CU). Например, японские операторы используют один периферийный ЦОД на каждые десять базовых станций 5G.

В сетях 5G NSA управляющий сигнал передается посредством 4G eNodeBs, а трафик данных – посредством 5G NR gNodeBs. Для уменьшения задержек и объема обходного трафика в сетях 5G и в облачных системах, а также для предоставления доступа в любом месте и независимо от типа канала транспортная сеть должна поддерживать функцию L3 на станциях с радиосвязью.

Сети ЦОД могут использовать архитектуру Spine-Leaf для бесперебойного функционирования облака, для организации распределенных вычислений и эластичного масштабирования. Также это позволит распределять трафик по оптимальным маршрутам. Сети ЦОД должны быть гибкими. Например,

в узловом ЦОД и в региональных ЦОД может использоваться архитектура Gateway-Spine-Leaf (трехуровневая) для поддержки сервисов различных типов и интенсивного трафика. Однако в периферийных ЦОД используемую архитектуру выбирают в зависимости от доступного пространства. Это может быть как трехуровневая, так и двухуровневая (шлюз ЦОД и узел «Spine») или одноуровневая архитектура (только шлюз ЦОД). В сети ЦОД маршрутизаторы выполняют функцию шлюзов. Также используется демаркация эксплуатации и обслуживания для быстрого развертывания новых сервисов и создания распределенных центров обработки данных (DCI). Сети ЦОД должны быть разделены и изолированы (в плане эксплуатации и обслуживания) от внешних транспортных сетей, это позволит избежать конфликта ресурсов. Здесь рекомендуется использовать маршрутизаторы, поддерживающие сетевое сегментирование SRv6 E2E и автоматическое предоставление сервисов, что облегчит создание распределенных центров обработки данных (DCI) и запуск новых сервисов.

Рисунок 18. Сети для распределенных ЦОД



Источник: IDC, 2020

Постоянная готовность к работе

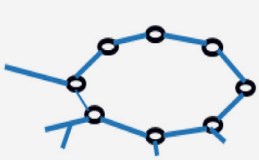
Для постоянной готовности транспортных сетей к работе необходимо развернуть ряд защитных механизмов как на уровне 1, так и на уровнях 2 и 3. Специалисты IDC проанализировали ряд технологий и выбрали три индикатора для категории «Постоянная готовность к работе».

Топология: сеть и кольцо

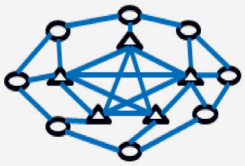
Резервирование на уровне объектов и на уровне оптоволоконного канала – ключевой фактор, влияющий на показатели надежности. Для высокой надежности обслуживания и для исключения «единых точек отказа» на узловых

объектах требуется организовать резервирование на уровне оптоволоконного канала. Для магистрали WDM и для базовых уровней metro-сети нужна сетчатая топология сети, предусматривающая три и более оптических кабеля для защиты от двух и более одновременных сбоев, а также для обеспечения **однопролетных** подключений между ЦОД. Для уровня агрегирования и уровня доступа WDM требуется кольцевая топология для организации защиты по схеме 1+1 на всех узлах, а также для создания прямых подключений между важными узлами (при необходимости).

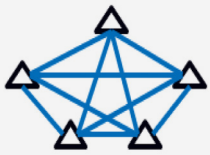
Рисунок 19. Сети для распределенных ЦОД



- Уровень доступа: кольцо



- Ядро Metro-системы: сеть
- Периферия Metro-системы: кольцо/дерево



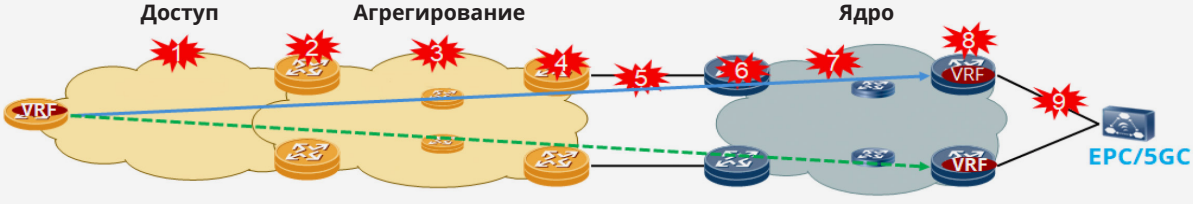
- Магистраль: полноячеистая сеть

Источник: IDC, 2020

IP-защита: FRR/TI-LFA (FRR/Topology Independent Loop Free Alternative)

Защита на уровне IP позволяет обеспечить защиту на уровне сервисов и на уровне пользователей. В эпоху облачных технологий IP-защита становится обязательным элементом восстановления сетей и обеспечения высокой надежности предоставляемых сервисов. Такие технологии защиты как IP, MPLS и SR помогут организовать резервирование на уровне сегментов, обнаружение сбоев и быстрое восстановление. Для защиты типовых сеансов голосовой связи и передачи данных IP-сети должны выполнять быстрое аварийное переключение в течение 50 мс, используя предварительно заданное резервирование каналов, в том числе резервирование основного канала, вспомогательного канала, а также оптимального канала, плюс технологии быстрого обнаружения, такие как FRR (Fast Re-Route).

Рисунок 20. Быстрое переключение в течение 50 мс при возникновении сбоя в любом узле или сегменте



Источник: IDC, 2020

Технология TI-LFA независима от используемой топологии и количества каналов связи

С учетом увеличения количества подключаемых устройств интернета вещей и роста объемов данных операторам связи необходимо будет организовать постоянное расширение/строительство IP-сетей для транспортировки данных, что в свою очередь существенно усложнит планирование и развертывание защиты сетей. Чтобы справиться с этой проблемой, в IP-сети необходимо внедрять протоколы обнаружения ошибок и аварийного переключения каналов, такие как протокол Topology Independent-Loop Free Alternative (TI–LFA) на базе SRv6. Этот простой в реализации протокол устраняет зависимость от используемой топологии и количества каналов связи.

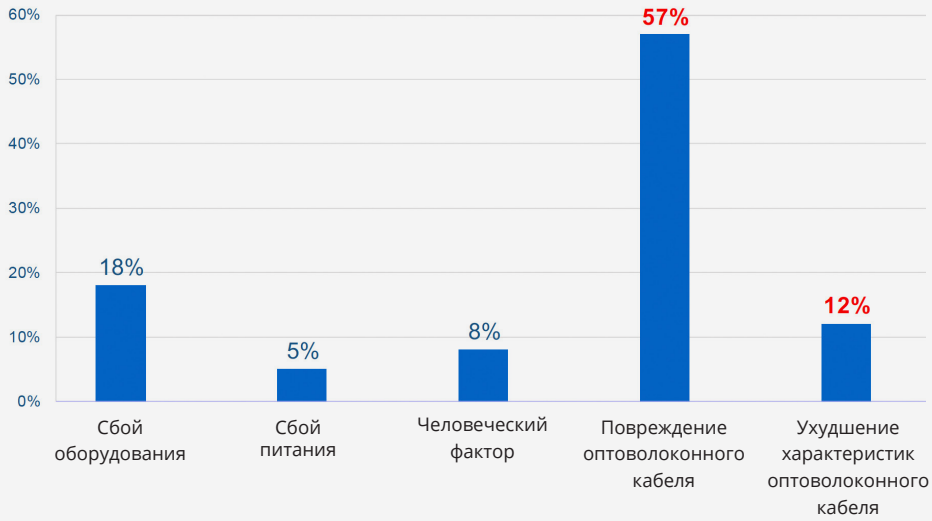
Защита на уровне WDM: ASON (Automatically Switched Optical Network)

Длина кабелей в магистральной оптической сети может достигать сотен и тысяч километров. Эти кабели могут быть повреждены в результате воздействия природных факторов или в ходе строительных работ. В некоторых странах на юге и юго-востоке Азии ежедневно регистрируется более 10 случаев повреждения оптоволоконных кабелей, при этом среднее время ремонта на каждый случай превышает 8 часов. В этих странах уровень доступности оптических сетей будет значительно ниже, чем 99%.

Технология ASON позволяет защитить систему даже в случае повреждения нескольких кабелей, обеспечивая показатель доступности WDM на уровне 99,999%

Для важных базовых станций 5G, ключевых магистральных объектов и выделенных линий банков, правительственных учреждений и VIP-компаний необходимо обеспечить максимально высокий уровень доступности. Технология ASON предполагает использование нескольких уровней защиты (Gold, Silver и Copper) в зависимости от важности объекта WDM (тип сетевого уровня, регион размещения, сценарий использования) для организации непрерывного предоставления услуг даже в случае повреждения двух или нескольких оптоволоконных кабелей одновременно. Такой подход дает возможность повысить уровень доступности до 99,99% или 99,999%, чтобы избежать срабатывания механизмов защиты IP-сети, вызванных повреждением оптоволокна, приводящим к закольцовыванию трафика и активирующих частые пересчёты маршрутов и перемаршрутизацию.

Рисунок 21. 70% сбоев в работе оптоволоконных сетей вызваны повреждением кабеля



Источник: реальные данные, полученные от одного из операторов связи (южная часть тихоокеанского региона)

Синергия IP-сетей и оптических сетей

Комплексное планирование IP и WDM, а также регулирование трафика в реальном времени позволяют повысить эффективность использования сетевых ресурсов

В прошлом планирование сетей IP и WDM выполнялось разрозненно, их обслуживание также происходило на разных уровнях. В результате быстрое планирование каналов связи с учетом фактического трафика было затруднено. Соответственно, балансирование нагрузок в каналах WDM не проводилось. Для устранения этой проблемы и для более эффективного использования канала связи можно применять комплексный подход к эксплуатации и обслуживанию сетей IP и WDM.

Рисунок 22. Обход сети IP на оптическом уровне для трафика с большой гранулярностью

Источник: IDC, 2020

Интегрированная защита сетей IP и WDM повышает уровень доступности

Без интегрированной защиты сети IP и WDM не могут оценивать сервисные приоритеты друг друга. В случае сбоя сети IP и WDM по отдельности выделяют собственные резервные ресурсы для восстановления работы, такой подход может привести к сбоям в предоставлении приоритетных сервисов. Синергия IP-сетей и оптических сетей предполагает использование многоуровневого интегрированного восстановления для динамичного планирования и защиты E2E-сервисов. В некоторых случаях подобная методика также помогает снизить затраты на организацию защиты за счет гибкого комбинирования.

Многоуровневые интегрированные решения IP и WDM используют унифицированный контроллер для визуализации каналов, относящихся к разным уровням, а также для унификации управления этими каналами. Такой подход позволяет выполнять автоматизированное развертывание сервисов (период подготовки сервисов сокращается с нескольких недель до нескольких часов), диагностировать ошибки, выполнять моделирование ошибок, анализ рисков, а также упрощает эксплуатацию и обслуживание.

Интеллектуальность

Умное планирование

В последние двадцать лет при развертывании сетей мы наблюдаем постепенный отход от стремления обеспечить максимальное покрытие, теперь основной упор делается на оптимизацию затрат и обеспечение качественного обслуживания клиентов. Для планирования сети требуется тщательный анализ целого ряда параметров, включая информацию о географическом размещении населения, тенденции по предоставляемым сервисам, а также детальное исследование сетевых ресурсов. Цифровые инструменты E2E-планирования на базе GIS-систем могут повышать эффективность планирования в эру облачных вычислений и больших данных. Эти инструменты также помогут моделировать тенденции по услугам, выявлять зоны с высоким потенциалом на основе исторических данных, а также точно оценивать сетевые ресурсы и повышать окупаемость инвестиций.

Автоматическое развертывание

Традиционно развертывание сервисов является довольно сложным процессом. Требуется определить параметры конфигурации каждого сетевого элемента с учетом конкретных требований (полоса пропускания, тип сервиса). Централизованная платформа развертывания сервисов позволяет использовать настраиваемые шаблоны и новые протоколы конфигурации, с ее помощью транспортную сеть можно планировать с учетом ее предназначения,

а затем выводить конкретные параметры конфигурации сети для автоматической подготовки сервисов. Информацию о предназначении сервиса можно использовать для выявления требуемых уровней обслуживания (SLA) в режиме реального времени и для внесения нужных изменений в конфигурацию.

SDN-контроллер также может выполнять автоматическое выделение ресурсов на разных уровнях сети и для устройств разных производителей в течение всего жизненного цикла эксплуатации и обслуживания (устройства и сети «plug-and-play», самостоятельный заказ сервисов).

Визуализация и прогнозирование

Главный контроллер SDN можно использовать для визуализации маршрутизации и качества обслуживания, для прогнозирования трафика и сетевых сбоев, а также для выявления первопричин и выработки рекомендованных политик устранения неисправностей. Обнаружение в потоке позволяет непосредственно маркировать пакеты один за одним, в режиме реального времени для большей аккуратности. Стандартные протоколы телеметрии позволяют осуществлять автоматический и эффективный сбор массива данных о сети для анализа сетевой ситуации в реальном времени. Такой упреждающий подход дает возможность предотвращать проблемы еще до того, как начнут поступать жалобы от клиентов. Для удобства программирования SDN-контроллер должен использовать API с открытым исходным кодом. В процессе эволюции к будущим автономным сетям контроллер SDN будет интегрироваться со множеством сетей, систем поддержки деятельности (OSS) и приложений различных вендоров и при этом обеспечивать возможности программирования по северному и южному интерфейсам.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ СВЯЗИ

Новые сервисы, возникающие в результате внедрения облачных систем, интернета вещей и технологий 5G, открывают новые возможности для бизнеса. Вместе с этим они вызовут сложности для существующей инфраструктуры транспортных сетей IP и приведут к увеличению совокупной стоимости владения. Операционные и капитальные затраты можно снижать еще на этапе проектирования, используя индексы KAI как часть эталонной модели для развития систем.

По мнению IDC, все операторы должны устанавливать целевые показатели для своих транспортных сетей на базе индексной модели, аналогичной описанной в этом документе. IDC признает, что операторы находятся на разных

этапах цифровой трансформации, и рекомендует им внедрять систематические глобальные методики и подходы в масштабах всей сети, контролировать качество и в итоге повышать свою конкурентоспособность и эффективность для успешной работы в будущем. Это достигается за счет:

- внедрения модели KAI для планирования и создания, а также для интеллектуального подхода к ее эксплуатации и обслуживанию;
- (операторам, которые ведут бизнес в нескольких странах) корректирования целевых показателей, например, коэффициента охвата оптоволоконными линиями с учетом уровня развития их инфраструктуры на каждом из рынков;
- использования цифровых ИТ-инструментов планирования и измерения для более эффективного планирования, создания, эксплуатации и обслуживания сетей.

ГЛОССАРИЙ

Термин/акроним	Значение
5G NR	Стандарт 5G New Radio
ASON	Оптические сети с автоматической коммутацией
BSS	Система поддержки бизнеса
DWDM	Плотное волновое мультиплексирование
DU	Распределенный объект
CU	Централизованный объект
EPC	Развитое ядро пакетной коммутации
EVPN	Ethernet VPN
FN5G	Фиксированные сети с пользовательским опытом сети 5G
FRR	Модель Fast Re-Route
ITU-T	Международный телекоммуникационный союз-бюро стандартизации телекоммуникаций
mMIMO	Massive MIMO
MIMO	Многоканальная система с большим числом входов и выходов
mmWave	Диапазон 24-100 ГГц, миллиметровый диапазон
MTC	Связь машинного типа
NFV	Виртуализация сетевых функций
NSA	Неавтономный
OSS	Система поддержки эксплуатации
OTN	Оптическая транспортная сеть
OXC	Оптический кросс-коннект
PCEP	Протокол Path Computation Element Protocol
ROADM	Переконфигурируемый мультиплексор с функцией вставки/извлечения
RSVP-TE	Протокол резервирования ресурсов – управление потоками данных
SDN	Программно-определяемые сети
SR	Сегментная маршрутизация
TI-LFA	Резервные маршруты не зависящие от топологии
UPF	Функция пользовательской плоскости
URLLC	Сверхнадежная межмашинная связь с низкими задержками
WDM	Множественный доступ с разделением по длине волны

О компании IDC

International Data Corporation (IDC) – ведущий поставщик информации, консультационных услуг и организатор мероприятий на рынках информационных технологий, телекоммуникаций и потребительской техники. IDC помогает профессионалам ИТ, руководителям и инвесторам принимать обоснованные решения о закупке техники и выборе бизнес-стратегии. Более 1100 аналитиков IDC в 110 странах изучают технологии, тенденции и возможности отрасли на мировом, региональном и местном уровнях. Уже 50 лет IDC помогает своим клиентам в решении важнейших задач. IDC – дочернее предприятие IDG, компании, лидирующей на мировом рынке ИТ-изданий, исследований и специализированных мероприятий.

IDC Russia и СНГ

127422, Москва,
ул. Тимирязевская, д. 1
+7 495 9 747 747
www.idc.com/cis

Уведомление об авторском праве

Открытая публикация информации и данных IDC – для использования любой информации IDC в рекламе, пресс-релизах или маркетинговых материалах требуется предварительное письменное разрешение вице-президента или регионального менеджера IDC. Запрос такого разрешения должен сопровождаться проектом предлагаемого документа. IDC оставляет за собой право отказать третьим сторонам в разрешении на использование информации по любой причине.