



# Индексы архитектуры транспортных сетей в эпоху 5G и облачных технологий

Технический документ от IDC

## Содержание

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ .....	3
ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ .....	4
СТРАТЕГИИ ПЕРЕПРОЕКТИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ НА 5G И ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	8
СОЗДАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ДЛЯ ЭПОХИ 5G И ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ .....	9
ТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАТОРА PLDT: СОЗДАНИЕ СОВЕРШЕННО НОВОЙ СОВРЕМЕННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ С ПОДДЕРЖКОЙ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ СЕТИ.....	12
ПОДРОБНЫЕ ИНДЕКСЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НОВОВВЕДЕНИЯ.....	14
ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ОПЕРАТОРОВ .....	14
ГЛОССАРИЙ.....	14

---

О КОМПАНИИ IDC

## Техническое документ

# Индексы архитектуры транспортных сетей в эпоху 5G и облачных технологий

При поддержке Huawei Technologies

Хью Уйхази

Билл Рохас

Февраль 2020 года

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

### Использование технологий, способствующих цифровой трансформации, совместно с облачными технологиями открывает беспрецедентные возможности для бизнеса

По прогнозам, в следующие десять лет внедрение технологий, способствующих цифровой трансформации (среди них 5G, Интернет вещей (IoT) и искусственный интеллект (ИИ)), в связке с облачными технологиями существенно повлияет на все отрасли. Применение технологий, способствующих цифровой трансформации, открывает новые возможности для бизнеса, в частности, расширяет использование робототехники и дистанционного управления оборудованием, улучшает представление цепочек поставок и сбыта, а также взаимодействие с потребителями в сфере розничной торговли и индустрии развлечений. Основанный на технологиях машинного обучения и ИИ анализ данных, объем которых растет по экспоненте, поспособствует повышению бизнес-показателей в реальном времени.

Все эти изменения будут зависеть главным образом от возможностей, предоставляемых используемой транспортной сетью.

### Конкурентоспособные транспортные сети позволяют предоставлять сервисы нового поколения

Существующие транспортные сети развивались постепенно, в процессе перехода со стандарта 3G на 4G. В результате подобного поэтапного подхода накапливаются ограничения и риски производительности на каждом уровне сетевой топологии. Эти ограничения затрудняют развертывание высокоскоростных сетей 5G.

Целостная архитектура транспортной сети обеспечивает высокую пропускную способность, доступность и масштабируемость, а также низкую задержку, что сводит вероятность перегрузки к минимуму. Для достижения этой цели необходимо предельно сократить операционные и капитальные затраты, максимально повысить уровень автоматизации и самовосстановления, одновременно с этим поддерживая оптимальную эффективность работы.

### Модель ключевых показателей архитектуры (КПА) – это индексная модель транспортных сетей, созданная для эпохи 5G и облачных технологий

Для создания оптимальной транспортной сети IDC предлагает использовать целостную индексную модель, измеряющую пять параметров: **отсутствие перегрузок, масштабируемость, простота, бесперебойная работа и интеллектуальность**. Каждый из этих параметров оценивается на всех уровнях транспортной сети: на уровне физического оптического кабеля, протокола IP, оборудования DWDM, а также на уровне диспетчера, контроллера или анализатора.

Модель КПА классифицирует сетевые факторы как константы – трудно изменяемые, оказывающие долгосрочное влияние на качество и производительность сети – и отфильтровывает краткосрочные факторы, связанные с конфигурацией устройства – вроде сетевых переменных – с целью оптимизации стандартных операций. Таким образом, КПА описывают целостную, количественную и рациональную модель транспортной сети для 5G и облачных технологий, гарантирующую качество сети на ранней стадии проектирования и планирования, а также планомерно снижающую совокупную стоимость владения.

### Используйте КПА в качестве эталонной модели для планирования, построения и оптимизации транспортной сети

Для обеспечения полноты и практичности показателей модель КПА была разработана при поддержке PLDT, крупнейшего оператора на Филиппинах, который недавно завершил строительство полностью новой транспортной сети на основе самых передовых технологий. Кроме того, PLDT делился своими мыслями и соображениями, возникшими в процессе трансформации транспортной сети, что служит хорошим ориентиром для других операторов связи. Подробный анализ примера PLDT представлен в разделе ниже.

## ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

Четыре главные проблемы, с которыми сталкиваются операторы связи: увеличение объема трафика и числа подключений, отсутствие роста доходов, повышение операционных и капитальных затрат. Например, по прогнозам IDC, в Азиатско-Тихоокеанском регионе (за исключением Японии) количество IoT-подключений к сотовым сетям вырастет на 30%, а трафик сотовой связи увеличится на 122% по мере расширения вариантов использования HD и 4K-видео в рамках IoT. При этом доходы от сотовой связи вырастут лишь на 2%.

### Новые сервисы ставят перед бизнесом беспрецедентные задачи и открывают небывалые возможности

В эпоху расцвета 5G и облачных технологий, характеризующую широким внедрением Интернета вещей, цифровой трансформацией всех отраслей и миграцией сервисов в облако, будет постоянно появляться сотни миллионов новых соединений между пользователями и приложениями. Это, в свою очередь, вызовет более чем 10-кратный рост пропускной способности и ужесточит требования к обслуживанию. Операторы связи получают огромные бизнес-возможности, но крайне важно, чтобы создаваемые ими транспортные сети могли удовлетворять потребности в сервисах будущего.

## РИСУНОК 1

### 5G + облако + ИИ + экосистема, ускоряющая модернизацию широкого спектра предприятий и секторов



Источник: компания IDC, 2020 год

### Взаимодействие потребителей с сетями 5G и предоставление новых сервисов повышают требования к качеству

#### Потребители мобильной связи: расцвет технологий 5G, Интернета транспортных средств (IoV) и промышленного Интернета

В некоторых странах развертывание 5G-сетей началось в 2019 году, и первые данные показывают, что более 20% трафика приходится на сервисы дополненной и виртуальной реальности с низкой задержкой. По прогнозам IDC, к 2023 году к сетям 5G будет подключено свыше миллиарда глобальных соединений, а потребность в широкой полосе частот вырастет в среднем на 25-31%. В Азиатско-Тихоокеанском регионе (кроме Японии) будет насчитываться 9,3 миллиарда IoT-подключений, а среднегодовой темп роста достигнет 21,1%. В результате, по мере развития технологий видеонаблюдения 4K и интеллектуального распознавания изображений, будет генерироваться 5-10% общего сетевого трафика. Переход от сетей 4G к сетям 5G станет серьезной проблемой для операторов, стремящихся поддерживать и повышать качество обслуживания клиентов, особенно в сценариях с низкой задержкой, таких как дистанционное управление навигацией, для которого время задержки не должно превышать 3 мс.

#### Предприятия: технология 5G и облачные сервисы распространятся повсеместно благодаря максимально жестким условиям соглашений об уровне обслуживания

Стратегия Cloud-first («Облако прежде всего»), бизнес IoT и цифровая трансформация продолжают стимулировать создание инновационных бизнес-моделей, дающих импульс развитию корпоративных центров обработки данных, в частности региональных и периферийных ЦОД. Рост объемов трафика

на востоке и западе между этими ЦОД меняет унаследованную модель трафика транспортной сети, ориентированную на объем и направления. Интеграция и конвергенция между ЦОД и транспортными сетями обеспечивают открытость и интеллектуальность транспортных сетей. Предприятия нуждаются в соглашениях об уровне обслуживания с более жесткими условиями, чтобы выстраивать надежные и безопасные частные сети для соединения филиалов и клиентов и взаимодействия с ЦОД при подтверждении требований приложений.

### Домохозяйства: изобилие видеоформатов и контента (12K, 8K, UHD, AR, VR), а также новых сервисов для умного дома

Потоковое видео в рамках домашней сети развивается в направлении формата UHD, мгновенного взаимодействия, интерактивного ответа, восприятия в реальном времени и самогенерирующегося мультимедийного контента. В 2019-2021 гг. VR-видео с разрешением 8K получит широкое распространение в Южной Корее и Европе. Через 3-7 лет технология Home VR для виртуальной реальности в домашних условиях займет место телевидения и охватит такие области, как прямые VR-трансляции, кинотеатры IMAX, игры, образование и покупки. Масштабные услуги VR и AR в высоком качестве (например, 12K) должны предоставляться сервисами FTTH («Оптоволокно в дом», Fibre-to-Home) в рамках клиентоориентированных планов обслуживания. Коммерческое внедрение технологии WiFi 6 будет стимулировать рост не только пропускной способности до уровня в несколько гигабит, но и количества подключенных домашних устройств (смартфонов, планшетов, ПК и IoT-оборудования).

### Облако: встраивание периферийных вычислений в модели «Инфраструктура как услуга» (IaaS) и «Платформа как услуга» (PaaS)

Эпоха расцвета 5G и облачных технологий предполагает, что облачные вычисления, большие данные и ИИ будут интегрироваться с целью интеллектуальной модернизации предприятий и отраслей. 5G UPF (функция плоскости пользователя) и облако смещают обработку данных от центральных ЦОД к периферии, тем самым минимизируя время задержки. Это крайне важно для промышленных внедрений, предполагающих обработку в режиме реального времени, и для чувствительных ко времени критически важных систем. По прогнозам IDC, к 2024 году более 75% инфраструктуры периферийных точек будет эксплуатироваться в рамках модели «как услуга». Операторам связи потребуются транспортные сети для подготовки к любым новым развертываниям на ЦОД, предоставляющим межсоединения ЦОД.

### Число сетевых элементов будет быстро расти, что усложнит процессы эксплуатации и технического обслуживания

Доступ к сетям 5G и фиксированной широкополосной связи (10GPON) значительно увеличит число беспроводных базовых станций, сетевых элементов базовой сети и прикладных соединений. В рамках различных сценариев используются индивидуальные соглашения об уровне обслуживания. Это порождает новые сложности в сфере эксплуатации и ТО транспортной сети. Согласно статистике операторов, средняя доля ежегодных операционных затрат в телекоммуникационной отрасли с 2010 по 2019 годы превышала 70%, что стало огромной проблемой в плане расходов на эксплуатацию и ТО.

Опрос операторов по вопросам трансформации от IDC за 2019 год подтвердил, что автоматизация, трансформация систем OSS/BSS, сокращение операционных затрат, снижение капитальных затрат и улучшение качества обслуживания клиентов являются пятью главными приоритетами.

## РИСУНОК 2

### Операционные задачи операторов связи



Источник: «Опрос операторов связи Азиатско-Тихоокеанского региона (кроме Японии) по вопросам трансформации» от IDC за 2019 год (N = 200)

## СТРАТЕГИИ ПЕРЕПРОЕКТИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ НА 5G И ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Между тем, что может предложить 4G, и тем, что требуется для 5G и облачных технологий с точки зрения емкости, сложности топологии и защиты оптоволоконных каналов, существует технологический разрыв, выросший за последнее десятилетие в связи с исправлениями и стекированием станций. Операторам связи необходимо внедрить действующие на опережение стратегии на всех этапах жизненного цикла сети, включая планирование, построение и обслуживание. Это позволит повысить качество работы сети, ее масштабируемость и устойчивость, упростить структуру и процессы эксплуатации и ТО.

### Построение сети без перегрузок

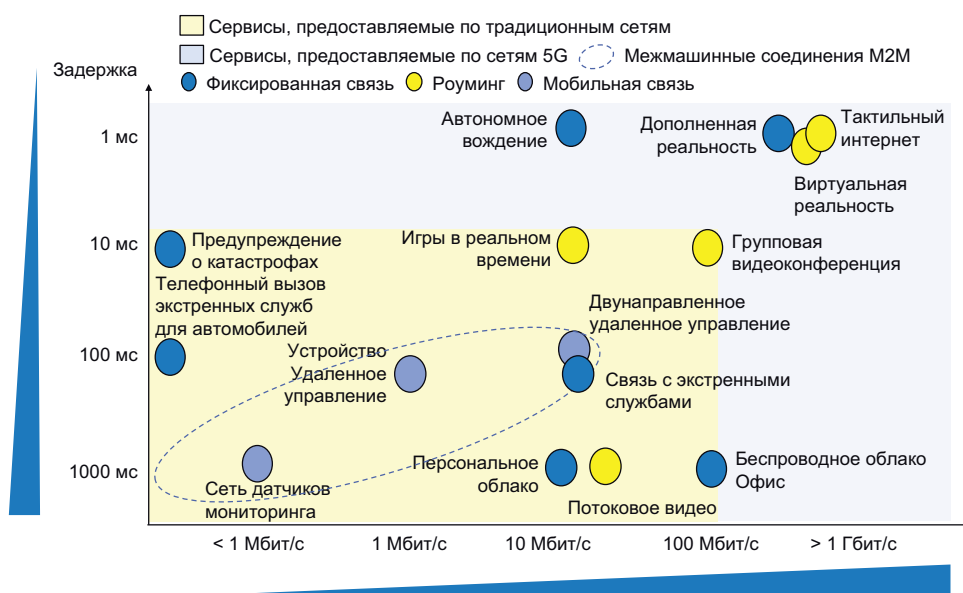
Отсутствие перегрузок должно быть основной целью при проектировании транспортной сети. Чем более перегружена сеть, тем ниже качество обслуживания клиентов. Например, на задержки видеосервисов Cloud VR негативно повлияет увеличение сетевого трафика при разных скоростях передачи. Операторам нужна сеть без перегрузок, чтобы обеспечивать высокую надежность, низкую задержку и повсеместное подключение для новых отраслей. Также сеть без перегрузок становится конкурентным отличием при заключении соглашений об уровне обслуживания с предприятиями и промышленными компаниями. Для решения проблемы перегрузки необходимо заменить как можно больше каналов миллиметрового диапазона на IP-сеть и оптимизировать существующие пути IP-трафика с помощью оптоволоконных соединений.

### Внедрение масштабируемой архитектуры

К 2023 году рост глобального трафика может превысить 35% в связи с распространением самогенерирующегося медиаконтента в высоком разрешении, потокового видео UHD, промышленных сценариев использования видео, виртуальной и дополненной реальности. Поэтому, чтобы защитить вложенные средства, транспортная сеть должна быть способна беспрепятственно расширять полосу пропускания в рамках одной и той же платформы, одновременно повышая интенсивность передачи трафика. Требования соглашений об уровне обслуживания для новых предприятий и приложений ставят серьезные задачи по обеспечению гибкости транспортных сетей.

## РИСУНОК 3

### Дифференцированные сетевые требования новых предприятий



Источник: GSMA Intelligence

### Упрощение архитектуры протокола IP

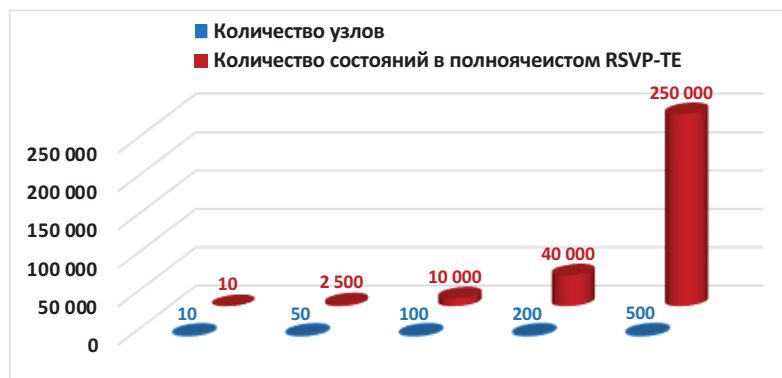
В настоящее время в современных сетях IP и MPLS существует слишком много типов протоколов IP, путь плоскости контроля сложен, а возможности масштабирования сетей ограничены. Кроме того, гарантированная полоса пропускания и балансировка нагрузки не поддерживаются должным образом из-за отсутствия централизованного управления. Это делает практически невозможным обслуживание растущих рабочих нагрузок и колоссального количества устройств, которые начнут подключаться в будущем. Сегментная маршрутизация – критически важная технология, упрощающая протоколы маршрутизации

и устройство маршрутизатора, а также снижающая сложность процессов эксплуатации и технического обслуживания.

Требования к низкой задержке подразумевают не только упрощение архитектуры, но и точный контроль показателя задержки в протоколе маршрутизации. Для содействия сервисным инновациям транспортная сеть также должна поддерживать гибкое программирование сервисов, сегментирование сетей и настройку сетей на основе облачных технологий.

## РИСУНОК 4

### Метки IP/MPLS на маршрутизаторе увеличиваются пропорционально квадрату числа узлов



Источник: компания IDC, 2020 год

### Реализация бесперебойной сети с высокой устойчивостью для поддержки облачных приложений и сервисов

По прогнозам IDC, к 2024 году 50% опрошенных организаций из рейтинга Global 2000 освоят принцип «будущее культуры», необходимый для реализации стратегии цифровой трансформации, которая вызовет сильную зависимость общества от интернета и повысит устойчивость сети. Согласно «Отчету о цифровых тенденциях» за 2019 год, опубликованному Центром исследований облачных технологий Alibaba, цифровизация в Китае расширяется с интернета на правительственный и финансовый сектора, розничную торговлю, сельское хозяйство, промышленность, транспорт, логистику и здравоохранение. По прогнозам IDC, к 2020 году 50% ведущих мировых компаний из рейтинга Global 2000 переведут свои ключевые услуги в цифровой формат.

## Таблица 1

### Варианты использования и требования к высоконадежной сети

Отрасль	Вариант использования	Задержка E2E	Колебание	Надежность
Автотранспорт	Координированное управление — формирование автоколонн	< 3 мс	1 мс	99,9999%
VR/AR	Критически важные приложения виртуальной реальности (удаленное управление движением — хирургия, дроны)	10–20 мс	5 мс	99,9999%
Умная сеть электроснабжения	Магистраль передачи/электросети (распределение электроэнергии — высокое напряжение)	< 5 мс	1 мс	99,9999%
Заводы	Автоматизация процессов (химикаты, бумага, газ и нефть) — удаленное управление	50 мс	20 мс	99,9999%
Здравоохранение	Управление в реальном времени и дистанционная хирургия	10 мс	1 мс	99,9999%
Умные города	Удаленное управление дроном (наблюдение за доставкой)	10–30 мс	1 мс	99,9999%

Источник: 3GPP, NGMN, 2019

### Внедрение автоматизированных и интеллектуальных процессов эксплуатации и ТО в целях упрощения

Чтобы непрерывно решать проблемы, возникающие из-за сложности, область эксплуатации и ТО сетей должна развиваться в сторону проактивных автоматизированных подходов на основе ИИ и аналитики. Для автоматизации и управления жизненным циклом всей сети на каждом уровне и участке используется платформа контроллера SDN-сетей. В типичной крупной телекоммуникационной сети каждый день

срабатывают миллионы аварийных сигналов. Программное обеспечение на основе ИИ поможет сократить количество аварийных сигналов и неисправностей в телекоммуникационных сетях на 90%. В результате устранение неполадок становится намного более эффективным, затраты на обслуживание уменьшаются.

## СОЗДАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ДЛЯ ЭПОХИ 5G И ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

### Архитектура транспортной сети имеет 4 уровня

Гармонизация частот, обеспечение покрытия оптоволоконна, доступности ширины полосы частот и защиты следует выполнять в комплексе. Транспортная сетевая структура в грядущих десятилетиях должна иметь следующие четыре уровня:

**Централизованное управление / контроллер / анализатор:** искусственный интеллект, основанный на программно-определяемой сети, полном цикле технического обслуживания и многоуровневой синергии.

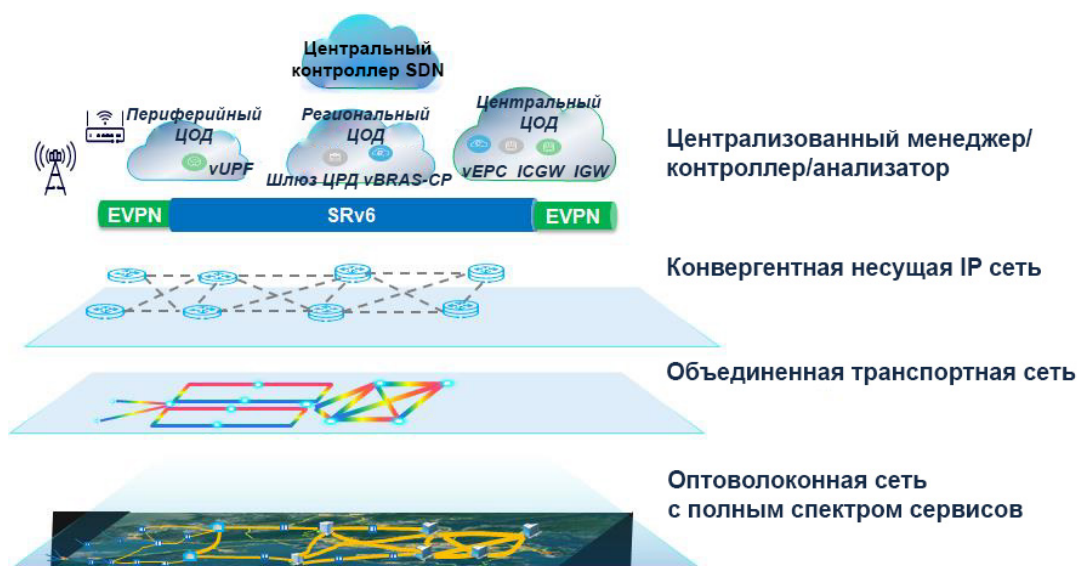
**Конвергентная IP-сеть:** упрощенный IP-протокол, включенный протокол E2E SRv6 / Metro с архитектурой Spine-Leaf, бесперебойные глобальная сеть и облачный сервис.

**Унифицированная оптическая транспортная сеть:** сетевой уровень OTN с защитой ASON для оптимизации побитовой стоимости.

**Опволоконная сеть с полным спектром сервисов:** унифицированная опволоконная сеть для всех сервисов, включая FTTH (домашнюю опволоконную сеть) / 2B / 4G / 5G

### РИСУНОК 5

Транспортная архитектура включает в себя четыре ключевых уровня



Источник: компания IDC, 2020 год

### КПА: модель индексной целевой сети

Чтобы разработать определяемую количественно модель ключевой архитектуры для оценки целевой сетевой архитектуры, компания IDC предлагает целостную индексную модель, включающую 5 категорий с 17 индексами: **отсутствие перегрузок, масштабируемость, простота, бесперебойная работа, интеллектуальность** – которые охватывают все уровни транспортной сети (физический уровень оптического кабеля, уровень IP-протокола, оборудования DWDM, а также уровень управления/ контроллера/анализатора). Модель определяет фундаментальные сетевые факторы как константы (трудно изменяемые), которые в долгосрочной перспективе влияют на качество и производительность сети, а также отфильтровывает краткосрочные факторы, связанные с конфигурацией устройства (сетевые переменные) с целью оптимизации стандартных операций.



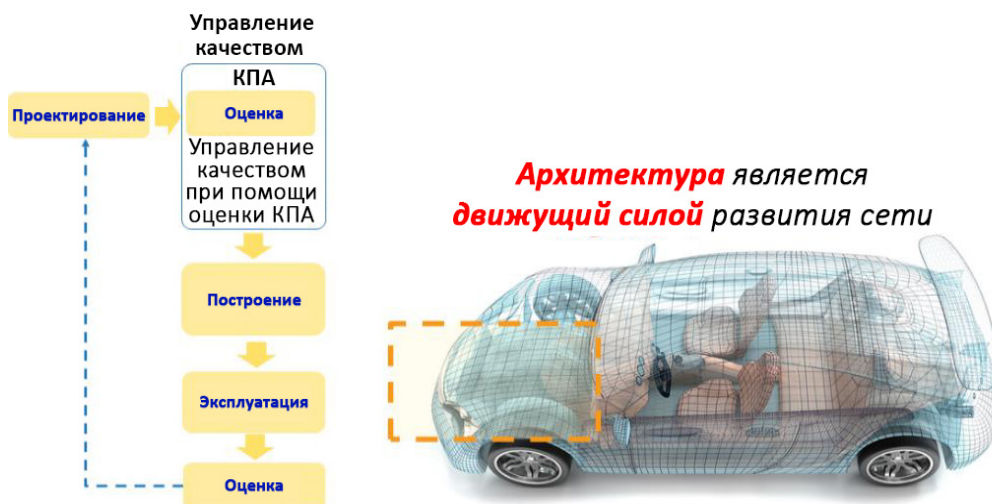
## Модель КПА определяет качество и стоимость транспортной сети, облегчая ее построение и управление ею.

Совершенная сетевая архитектура может обеспечить количественные целевые показатели качества обслуживания и обеспечить достаточную пропускную способность, но при этом оставаться масштабируемой в течение следующих 3-7 лет, что в конечном итоге поможет сократить совокупную стоимость владения. В настоящее время ключевые качества/показатели результативности (качества и эффективности сети/ключевые показатели эффективности), такие как полоса пропускания, задержка, небольшие искажения сигнала, не обеспечивают понимание базовых факторов, т. е. качества и эффективности сети (инфраструктуры оптоволоконной сети, топологии, технологии и возможности эксплуатации). Качество и эффективность сети/ключевые показатели эффективности – это действительно микропоказатели на уровне канала связи, но они не дают глубокого понимания всей транспортной сети. КПА анализирует качество и эффективность сети/ключевые показатели эффективности в рамках количественной методологии для оценки высокого качества обслуживания, надежности и возможностей самовосстановления транспортных сетей.

КПА можно использовать для точной количественной оценки, управления и контроля на всех стадиях развертывания сети, таких как планирование, проектирование, построение и эксплуатация

## РИСУНОК 6

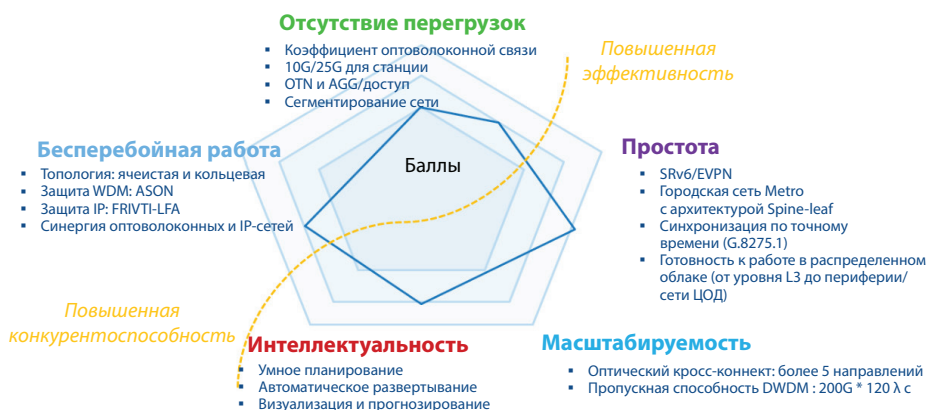
### Архитектура определяет возможности



Источник: компания IDC, 2020 год

## РИСУНОК 7

### Сетевая модель КПА (5 категорий с 17 индексами)



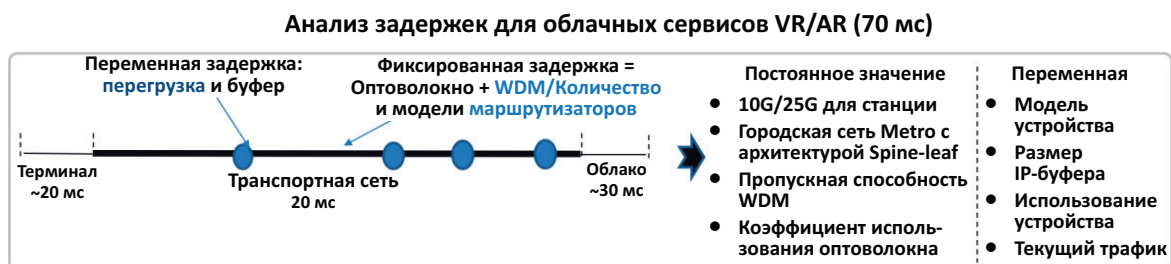
Источник: компания IDC, 2020 год

## Стандартизация: КПА строится путем анализа качества и эффективности сети (предложений операторов)

Анализируя качество и эффективность сети/ключевые показатели эффективности из предлагаемых операторами услуг, нормализуя факторы, отбрасывая легко изменяемые факторы, можно разделить относительно фиксированные и фундаментальные / базовые факторы (сетевые константы), определяющие уровень качества сети, на пять категорий. Далее эти пять категорий разлагаются на 17 составляющих, имеющих измеряемые индексы.

## РИСУНОК 8

### Пример преобразования латентных КРЭ в соответствующие КПА



Источник: компания IDC, 2020 год

## Цифровизация: количественный анализ КПА как показателей для оценки полного жизненного цикла

Затем каждый индекс разбивается на составляющие, измеримые показатели (например: коэффициент оптоволоконной связи в коэффициент доступа к оптоволоконной связи радиоузлов), так что индекс может быть количественно определен объективным и подлинным способом.

## Оценка и взвешивание: установление критериев для общей оценки возможностей

Можно устанавливать веса индексов в зависимости от важности (веса) показателей. Пример: наиболее важным является взаимодействие с пользователями, которое имеет больший вес для отсутствия перегрузок, затем прогресс в разработках (простота, масштабируемость, защита) и удобство для внутреннего технического обслуживания (интеллектуальность). Оценка каждого индекса основана на целевом значении транспортной сети, присвоенном на основе ее требований к обслуживанию и передовых практик. Наконец, можно разработать общую оценку для транспортной сети. Чем выше оценка, тем больше возможностей и выше эффективность в рамках требований сетей 5G и облачных технологий.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАТОРА PLDT: СОЗДАНИЕ СОВЕРШЕННО НОВОЙ СОВРЕМЕННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ С ПОДДЕРЖКОЙ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ СЕТИ

Для того чтобы разработать модель КПА на основе реальной сети, компания IDC опросила специалистов кросс-функциональной группы Transformation CFT филиппинского оператора PLDT. Компания PLDT, ранее известная как Philippine Long Distance Telephone Company, – старейший и крупнейший поставщик телекоммуникационных услуг на Филиппинах с точки зрения активов и доходов, который управляет мобильными и фиксированными услугами, обслуживая как физических лиц, так и предприятия. В рамках модернизации своей транспортной сети, в отличие от многих других операторов связи, компания PLDT приняла смелое решение построить совершенно новую транспортную сеть рядом с устаревшей сетью, вместо того чтобы проводить типичные поэтапные постепенные обновления. Ниже приведены ключевые цели, стоящие за дальновидным решением компании PLDT:

**Отсутствие рисков или влияния на существующие услуги** – будучи крупнейшим поставщиком услуг передачи данных для предприятий на Филиппинах, компания PLDT хотела сохранить соглашения об уровне обслуживания для обеспечения высокой доступности. Если бы вместо этого компания PLDT выбрала инкрементное обновление существующей сети, например, обновление аппаратного и программного обеспечения, изменение конфигурации с LDP (протокола распределения меток) на сегментную маршрутизацию, изменение с сервиса VPLS (виртуальной частной сети) на EVPN (расширенная виртуальная частная сеть) и т. д., это неизменно приводило бы к перебоям в работе сети и периодическим простоям. Тем не менее, если компания PLDT решит построить полностью новую сеть, она сможет предоставлять в этой новой сети новые услуги, и при этом будет располагать достаточным запасом времени, чтобы планировать и мигрировать существующие услуги постепенно, схема за схемой, обеспечивая минимальное воздействие на их выполнение.

**Реализация всего потенциала программно-определяемой сети:** если PLDT выбрала бы обновление на базе существующей сети, это заняло бы 3 ~ 5 лет, и в течение этого времени были бы установлены сетевые элементы с поддержкой программно-определяемой сети, но устаревшие элементы не удалось бы интегрировать в систему контроллера программно-определяемой сети. Такой гибридный результат не позволил бы компании PLDT воспользоваться экономическими и эксплуатационными преимуществами программно-определяемой сети. Вместо этого, создав новую сеть, компания PLDT с самого начала может использовать новейшие технологии и протоколы, такие как сегментная маршрутизация, EVPN (расширенная виртуальная частная сеть), TI-LFA (независимая от топологии петлевая альтернатива), PCER (протокол элементов расчета пути), чтобы в полной мере использовать гармонизацию частот и автоматизацию программно-определяемой сети. Компания PLDT также может повысить гибкость сети с помощью автоматизации и гармонизации частот и предложить очень конкурентоспособную услугу с динамическим выделением полосы пропускания.

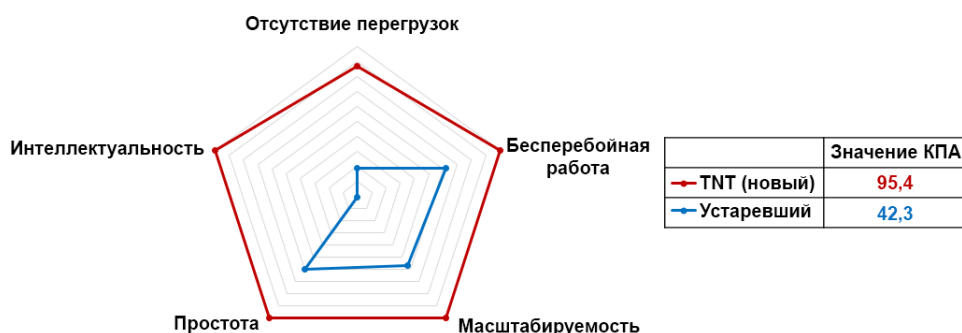
**Оптимизация побитовых затрат и совокупной стоимости владения:** компания PLDT понимает, что после переговоров с поставщиками и их сравнительного анализа в процессе закупок можно немного снизить затраты. Однако более эффективные и долгосрочные возможности сокращения затрат связаны с использованием оптимизированной масштабируемой архитектуры. Например, в существующей устаревшей транспортной сети компании PLDT есть сайты с тремя отдельными и совместно расположенными маршрутизаторами: первый маршрутизатор – это устройство NPE (сетевой провайдер Edge) из CEN (фиксированной сети Ethernet оператора), вторая группа выступает в качестве PE (провайдер Edge) устройства для магистрали IP, а третьей группой является узел агрегации для мобильной сети Ethernet оператора CEN. Решив построить совершенно новую сеть, компания PLDT смогла выполнить более целостное планирование и объединить эти группы маршрутизаторов в одну. Это могло бы принести прямую экономию на уровне 66% без учета других преимуществ, таких как проектирование трафика на основе программно-определяемой сети, которое позволило бы гораздо эффективнее использовать сетевые ресурсы, что также снизило бы побитовую стоимость.

Компания PLDT, стремясь обеспечить максимально возможное качество обслуживания клиентов, приняла план агрессивного развертывания. Он был запущен в начале 2019 г., а его первый этап завершился в декабре 2019 г. Новая транспортная сеть теперь объявлена готовой к эксплуатации.

Компания IDC опросила специалистов Центра финансовых технологий трансформации транспорта (группа Transport Transformation CFT) оператора PLDT и применила модель КПА для оценки этой новой архитектуры транспорта, а также унаследованной сети. Результат оценки составил 95,4 и 42,3 соответственно, что отражает разумность технологического выбора, сделанного компанией PLDT для такого поразительного достижения.

## РИСУНОК 9

### Оценка КПА транспортной сети компании PLDT



Источник: компания IDC, 2020 год

**Бесперебойная работа.** Транспортная сеть компании PLDT получила превосходную оценку в категории «Бесперебойная работа» КПА. Это связано с тем, что компания PLDT развернула систему ASON (автоматически коммутируемой оптической сети) 1+1+PR (непрерывное восстановление) на уровне OTN (оптической транспортной сети) и TI-LFA (независимая от топологии петлевая альтернатива) технологии на уровне IP, которая гарантирует способность сети способна выдерживать многократные сбои оптоволоконной связи, и каждое переключательное занимает до 50 мс. Устойчивость сети особенно важна на Филиппинах из-за частых стихийных бедствий в этой стране, таких как тайфуны, наводнения и землетрясения. Кроме того, Филиппины – одна из наиболее быстро растущих азиатских экономик, где строится множество объектов. Обрывы наземных и подводных оптоволоконных кабелей происходят регулярно.

**Простота.** Компания PLDT получила отличную оценку в категории КПА «Простота». Это связано с тем, что компания PLDT внедрила новейшие протоколы сегментной маршрутизации и EVPN (расширенная виртуальная частная сеть), которые предоставляют оператору возможность организации трафика и улучшают защиту. Компания PLDT также применила топологию Spine-Leaf в своей сети Metro. Это превосходная топология с точки зрения масштабируемости и доступности. Компания PLDT также до предела интегрировала L3 переадресацию, что обеспечивает ее готовность к работе в распределенном облачном ядре.

**Интеллектуальность.** Компания PLDT также получила отличную оценку в категории КПА «Интеллектуальность» благодаря тому, что новая сеть включает в себя уровень программно-определяемой сети с иерархической архитектурой: один главный контроллер и несколько контроллеров домена. Также включены функции автоматизации полного цикла обслуживания – предоставление услуг, планирование, визуализация, моделирование и прогнозирование.

**Отсутствие перегрузок.** Компания PLDT получила высокий балл в этой категории. Новая сеть использует строго интерфейс 100GE, а пропускная способность оборудования составляет 4 Тбит/с. Ее пропускная способность в 20 раз больше по сравнению с традиционной сетью, которая использует в основном 10GE для магистральных линий и имеет максимальную пропускную способность только 200 Гбит/с/слот. Сверхвысокая пропускная способность и коммутационная емкость исключают перегрузки транспортной сети.

**Масштабируемость.** Компания PLDT внедрила самую современную систему: 96 каналов по 200 Гбит/с в качестве оптической системы в своей магистральной сети. На сегодняшний день это одна из самых передовых оптических транспортных систем не только на Филиппинах, но и в мире.

## ПОДРОБНЫЕ ИНДЕКСЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НОВОВВЕДЕНИЯ

---

### Отсутствие перегрузок

#### *Коэффициент оптоволоконной связи*

Оптоволоконная инфраструктура стала ключевой частью развития национальной экономики, поскольку широкополосный доступ в домах, на предприятиях (и в школах) поможет преодолеть цифровой разрыв и обеспечить процветание цифровой экономики. ЕС недавно выпустил брошюру «Связь для создания конкурентного единого цифрового рынка – на пути к европейскому гигабитному обществу», подчеркивая стратегическую важность волоконной инфраструктуры.

#### **Для полноты сервисных предложений оператора (5G, облачное хранилище и FTTH (домашняя оптоволоконная сеть)) требуется оптоволокно для обеспечения доступа и ретрансляции**

Пропускная способность базовой станции 5G NR в 3-15 раз выше, чем у 4G LTE, с более сложными задачами определения местоположения и оптимизации. Более того, MEC (передовая вычислительная сеть с множественным доступом), IIoT (Промышленный Интернет вещей), C-RAN (централизованный RAN) и eCPRI (интерфейс связи между радиопередающим блоком RRU и блоком управления BBU) обязательно нуждаются в оптоволоконном доступе. Интерфейсы eCPRI обеспечивают пропускную способность до 22 Гбит/с и требуют задержки в диапазоне от 25 до 150 пс.

По состоянию на конец 2019 года коэффициент оптоволоконной сети ведущих операторов Кореи и Японии превышал 90%.

#### **10GE / 25GE на узел**

Ширина полосы частот беспроводного узла обычно определяется шириной полосы его спектра и спектральной эффективностью. Кроме того, она зависит от совместного расположения нескольких базовых станций, каналов передачи данных предприятия и сайтов доступа FTTH. Компания IDC считает, что независимо от сценария, рассматриваемого на период 2020-2023 гг., узлам доступа потребуются как минимум порты 10GE/25GE на узел, кольцевые точки доступа 50GE/100GE, а также порты 400GE на уровне агрегации/ядра. Кроме того, нужно оптимизировать планирование прохождения трафика IP-сети в целях устранения несбалансированной перегрузки.

## ТАБЛИЦА 2

### Требования к ширине полосы частот транспортной сети в месте установки соты 5G

Параметр	Средняя ширина полосы частот сети 5G (С-диапазон)	Большая ширина полосы частот сети 5G (миллиметровый диапазон)
Спектральные ресурсы	3,4-3,5 ГГц, ширина полосы частот 100 МГц	Спектр 28 ГГц и выше, ширина полосы частот 400/800 МГц
Конфигурация базовой станции	3 сектора, 64Т64R	3 канала, 4Т4R
Пиковое значение на одну соту	4 Гбит/с	12 Гбит/с
Среднее значение на одну соту	0,78 Гбит/с	2,08 Гбит/с
Пиковое значение на одну станцию	5,56 Гбит/с	16,16 Гбит/с
Среднее значение на одну станцию	2,34 Гбит/с	6,24 Гбит/с
Пиковое значение для кольца доступа (8 станций С-диапазона + 4 станций миллиметрового диапазона на кольцо)	21,94 Гбит/с	56,82 Гбит/с
Пиковое значение для агрегированного кольца	131,64 Гбит/с	340,92 Гбит/с

Источник: компания IDC, 2019 год

### OTN для агрегации/доступа

По мере перехода к конвергентным сетям с поддержкой многооблачных структур будут появляться все новые и новые услуги, чувствительные к задержкам, такие как сервисы автоматизации производства и облачные VR-сервисы.

### OTN будет играть центральную роль в снижении стоимости доставки (доллар США на Гбит/с).

Трафик сайта будет быстро расти с развертыванием сетей 5G/10GPON. OTN можно спроектировать таким образом, чтобы снизить побитовую стоимость и при этом передавать огромные объемы трафика с меньшей задержкой.

### OTN предоставляет безопасные линии аренды премиум-класса для VIP-клиентов (банков, правительственных учреждений и т. д.).

OTN обеспечивает физическую изоляцию конечных пользователей с доступностью канала не менее 99,99%, сверхнизкую сквозную задержку и малые искажения сигнала.

### OTN позволяет экономить оптоволоконный кабель.

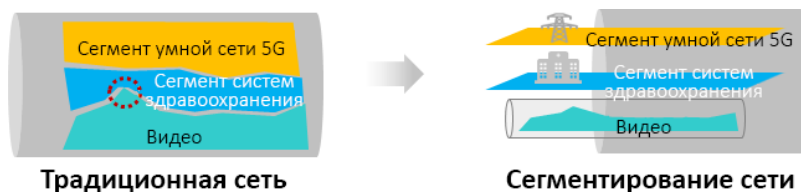
Для предоставления полного спектра сервисов, работы Fronthaul-решений 5G, многоуровневой беспроводной сети (2G / 3G / 4G), защиты кольца и выравнивания сети требуется большое количество оптоволоконных кабелей, что делает необходимым развертывание OTN.

### Сегментирование сети

Некоторые сервисы uRLLC (сверхнадежной связи с малой задержкой) могут требовать гарантированную ширину полосы частот, даже если сеть перегружена. Например, для работы удаленной службы скорой помощи нужна сеть с пропускной способностью на уровне 50 Мбит/с, по которой видеозаписи пациентов будут передаваться в больницу. В традиционной сети полоса частот обычно используется совместно, и ее ширину невозможно гарантировать. Поэтому консорциум 3GPP предлагает сквозное сегментирование для разделения физической сети на изолированные сегменты. Таким образом, транспортная сеть должна поддерживать сегментированную полосу частот. Гранулярная сегментация означает поддержку большего числа приложений для разных отраслей.

## РИСУНОК 10

### Совместное использование сетевых ресурсов в сравнении с сегментированием сети



Источник: 3GPP, NGMN, 2019

### Масштабируемость

Сеть WDM должна гарантировать долгосрочную стабильность, снижение совокупной стоимости владения, масштабируемость, а также внедрение новых и инновационных сервисов. Грамотно реализованная сеть WDM должна быть масштабируемой с точки зрения ширины полосы частот, местоположения и степени использования оптоволоконна, чтобы поддерживать различные сценарии расширения.

### Оптический кросс-коннект (ОКС): число направлений > 5

Для межсоединений ЦОД и магистральной сети 3D требуется несколько траекторий прокладки оптоволоконна на объект

Чтобы уменьшить задержку, транспортную сеть следует сократить путем установления прямых оптоволоконных соединений между несмежными участками. Кроме того, узлы WDM и новые периферийные вычислительные узлы с высокими рабочими сетевыми нагрузками можно фактически подключать по новой схеме.

## РИСУНОК 11

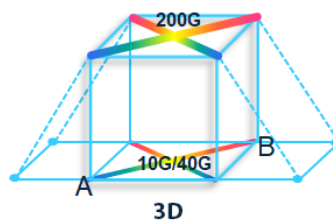
### Сокращенная сеть между А и В



Ячеистая сеть

Одно промежуточное звено для высококачественных сервисов с новыми направлениями прокладки оптоволоконных кабелей

### Новая схема соединения А и В



3D

Равномерная реконструкция существующих сетей, новые технологии 200G, удвоенная пропускная способность и быстрое распределение трафика

Источник: компания IDC, 2020 год

### Высокоинтегрированный ОКС сокращает пространство в аппаратном помещении, энергопотребление и количество человеко-часов на разработку

Улучшенный ОКС использует высокоинтегрированную, полностью оптическую объединительную панель для экономии оптоволоконных соединительных кабелей в местах разводки в разных направлениях. По сравнению с традиционным ROADM (реконфигурируемым оптическим мультиплексором с вводом-выводом), оптический кросс-коннект уменьшает занимаемую оборудованием площадь на 75%, число силовых терминалов на 80% и энергопотребление на 45%. Более того, длительность инженерных работ по расширению оптоволоконной сети можно сократить с нескольких недель до часов. В настоящее время, согласно передовым практикам, ОКС будет необходим для узлов WDM, имеющих более 5 направлений прокладки оптоволоконного канала, а технологию ROADM подходит при наличии менее пяти таких направлений.

Примечание. Масштабируемость IP включает в себя топологии Metro Spine-Leaf, SR (протокол сегментной маршрутизации) и масштабирование сети постоянного тока – это упрощенная часть.

## РИСУНОК 12

Решения ОХС позволяют значительно экономить пространство, занимаемое оборудованием постоянного тока



Источник: компания IDC, 2020 год

### Пропускная способность DWDM: 200G \* 120 λs

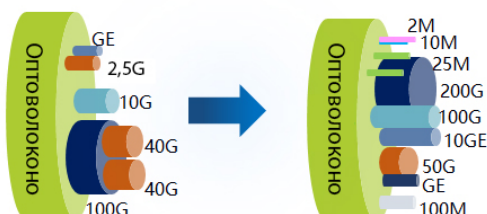
Один из лучших способов снизить капитальные расходы в транспортной сети – использовать решения, которые максимально повышают скорость передачи данных (Гбит/с), поскольку прокладка оптоволоконного кабеля стоит очень дорого. Стоимость прокладки оптоволоконных кабелей (включая стоимость траншей) иногда составляет до 50% от общей стоимости развертывания сети WDM. В настоящее время передовой отраслевой практикой увеличения пропускной способности оптоволоконного канала является развертывание 120 λs на одном оптоволоконном кабеле с пропускной способностью 200 Гбит/λ.

### Имеет смысл применять оптические блоки данных (ODU) с меньшей гранулярностью для оптимального использования ширины полосы частот.

Поскольку премиальные частные каналы (MPLS, VPN) постепенно мигрируют в сеть WDM, при использовании традиционных высокопроизводительных ODUk (ODU0 / ODU1 / ODU2 / ODU4) зачастую происходит потеря ресурсов. Например, если в частной линии 150 Мбит/с используется традиционный ODU0 (1,244 Гбит/с), в результате может быть задействовано лишь менее 15% пропускной способности. Поэтому OTN с гибким ODUk работает в диапазоне от 2 Мбит/с до 200 Гбит/с с шагом 2 Мбит/с, что улучшает использование длины волны почти до 100%.

## РИСУНОК 13

Традиционная сеть WDM в сравнении с OTN с грумингом



Источник: компания IDC, 2020 год

## Простота

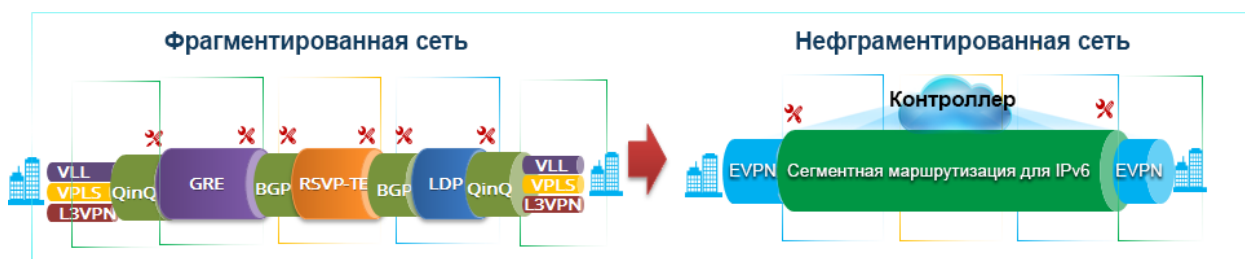
### Маршрутизация сегмента IPv6 (SRv6) / EVPN

Протокол сегментной маршрутизации SR заменяет различные протоколы IP / MPLS и обеспечивает гибкость обслуживания

Он позволяет уменьшить количество протоколов, работающих в сети IP / MPLS, упрощая тем самым эксплуатацию и техническое обслуживание. Благодаря контроллеру SDN-сети протокол SR поддерживает оптимальные пути, быструю перемаршрутизацию, предсказуемость глобальных ресурсов, оптимизацию путей трафика в крупномасштабной сети. Кроме того, SR упрощает плоскость управления, снижает требования к маршрутизаторам, разъединяет VPN и туннели для обеспечения гибкого расширения IP-сети.

## РИСУНОК 14

### SRv6 с EVPN в сравнении с различными протоколами фрагментированной VPN



Источник: компания IDC, 2020 год

## РИСУНОК 15

### Сравнение времени, необходимого для предоставления сервисов в IP/MPLS и SR

	IP/MPLS	SR/SRv6
Количество протоколов	10+	2
Точки конфигурации	6+	2
Время предоставления	Недели	Минуты

Источник: компания IDC, 2020 год

### SRv6 идеально подходит для крупномасштабных и облачных развертываний

Пока промежуточная сеть готова к использованию IPv6, можно быстро и без проблем развернуть крупномасштабные сервисы VPN с возможностью поддержки будущих сервисов 5G и IoT. SRv6 поддерживает программирование приложений и развертывание E2E VPN от участка доступа до бэкэнд-сервера ЦОД и внешних облачных хранилищ.

### EVPN объединяет транспорт различных сервисов L2VPN и L3VPN и упрощает техническое обслуживание

EVPN (Ethernet VPN) унифицированным способом объединяет традиционные сервисы E-Line, E-LAN, E-Tree и L3VPN. Дополнительное преимущество EVPN – упрощении процессов эксплуатации и технического обслуживания.

### Городская сеть Metro с архитектурой Spine-leaf

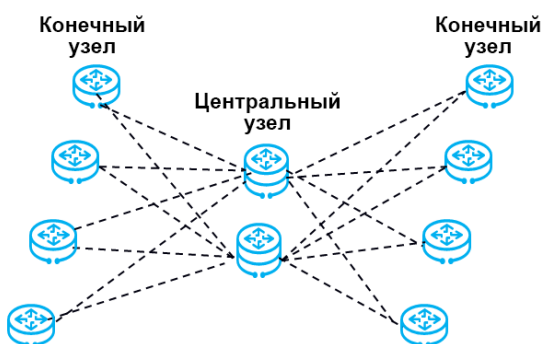
Традиционная топология уровня агрегации на основе кольца не подходит для сервисов с интенсивным трафиком, сервисов с низкой задержкой и периферийными ЦОД. Двухуровневая топология Spine-Leaf решает многие проблемы в работе сети, такие как узкие места в полосе пропускания, дисбаланс нагрузки, потеря пакетов и высокая задержка, вызванные многоуровневой агрегацией трафика.



Кроме того, она также снижает требования к комплексным возможностям некоторых центральных узлов (конечные узлы по-прежнему необходимы для поддержки FMC (фиксированной мобильной конвергенции) и доступа к облачным сервисам).

## РИСУНОК 16

### Топология Spine-Leaf



Источник: компания IDC, 2020 год

Топология Spine-Leaf поддерживает масштабирование с нулевым воздействием. Добавление новых узлов не влияет на функционирование существующих сервисов. Это предотвращает частую настройку физической архитектуры и поддерживает долгосрочное равномерное развитие сети.

### **Синхронизация точного времени (G.8275.1)**

Точность синхронизации между gNodeB 5G TDD NR должна быть менее 3 мкс. Поскольку получение сигнала GPS затруднено в некоторых местах, например в глубине помещения или в подвале, хорошим вариантом будет использование ITU-T G.8275.1 + SynE, передаваемого по оптоволоконному каналу. Точность синхронизации на переход должна составлять менее 20 нс, и даже менее 10 нс в некоторых сценариях, таких как высокоточное позиционирование. Чтобы повысить эффективность эксплуатации и технического обслуживания синхронизации времени и часов критически важно использовать автоматическое планирование, подготовку к вводу в эксплуатацию и обнаружение неисправностей.

## РИСУНОК 17

### Высокоточная синхронизация времени по точкам



Источник: компания IDC, 2020 год

### **Готовность к использованию в распределенном облаке (L3 – периферия/сеть ЦОД)**

Предложение полного спектра сервисов (мобильных, корпоративных и домашних) обязательно будет включать в себя каналы L2VPN, L3VPN и многоадресную рассылку. При появлении приложений для различных промышленных отраслей будут развертываться периферийные ЦОД (включая ЦОД кампусов) для ядра 5G (UFC) и RAN (CU). Например, операторы Японии выделяют один периферийный ЦОД для каждых десяти мест установки сот 5G.

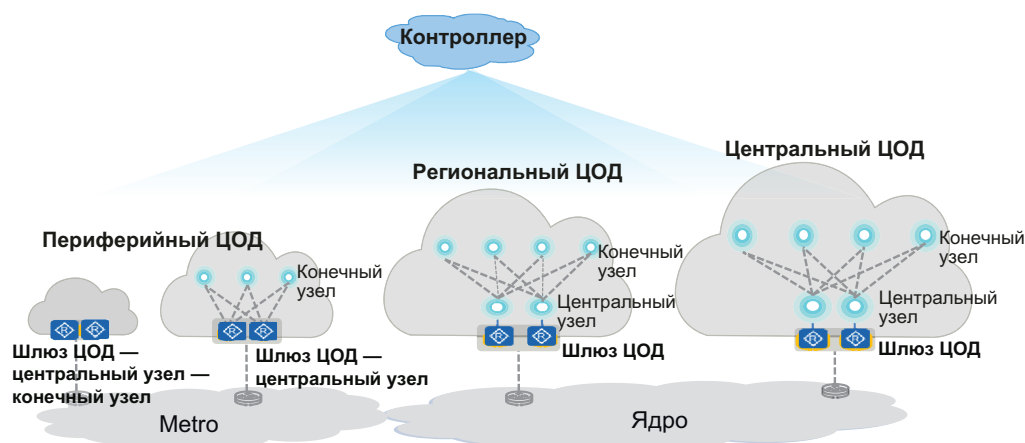
В сетях 5G NSA управляющие сигналы передаются при помощи 4G eNodeBs (в качестве основной системы для сигналов управления), а данные – посредством 5G NR gNodeBs. Чтобы уменьшить задержки и обходной трафик в сетях 5G и облачных соединениях, обеспечивая доступ в любом месте и в любое время, транспортные сети должны поддерживать функции уровня L3 в соответствующих радиоузлах.

В сети ЦОД можно использовать топологию Spine-Leaf, чтобы реализовать неблокируемое телекоммуникационное облако для распределенных вычислений, поддерживающее гибкое масштабирование в большую/меньшую сторону и передачу трафика по оптимальному маршруту. Сети ЦОД должны обладать гибкостью. Например, трехуровневая архитектура «шлюз ЦОД – конечный узел – центральный узел» используется для центрального ЦОД и региональных ЦОД, обеспечивая выполнение требований к поддержке различных сервисов и передаче больших объемов трафика. Однако для периферийных ЦОД применяется трех-, двух- (шлюз ЦОД объединяется с центральным узлом) или одноуровневая архитектура (развертывается только шлюз ЦОД), в зависимости от доступного свободного пространства.

Сеть ЦОД использует маршрутизаторы в качестве шлюзов ЦОД, разграничивая процессы эксплуатации и технического обслуживания для быстрого развертывания новых сервисов и в целях поддержки межсоединений ЦОД. Чтобы предотвратить конфликты за ресурсы, в сетях ЦОД необходимо реализовать разграничение и изоляцию (применительно к процессам эксплуатации и технического обслуживания) от внешних транспортных сетей. Для этих целей подходят маршрутизаторы, поддерживающие сегментирование сетей SRv6 E2E и автоматизированное предоставление сервисов, поскольку это упрощает организацию межсоединений ЦОД и ввод в эксплуатацию новых сервисов.

## РИСУНОК 18

### Сети ЦОД для распределенных центров обработки данных



Источник: компания IDC, 2020 год

### Бесперебойная работа

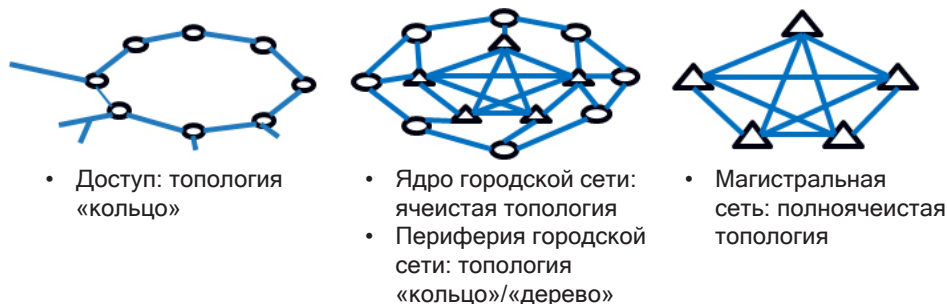
Бесперебойные транспортные сети должны иметь определенное количество механизмов защиты как на уровне 1, так и на уровнях 2-3. Компания IDC проанализировала различные технологии и выбрала три показателя, связанных с обеспечением бесперебойной работы.

#### Топология: ячеистая и кольцевая

Обеспечение избыточности для мест установки и оптоволоконных кабелей – основной фактор, определяющий надежность. Для узлов, относящихся к ядру сети, необходимо предусмотреть избыточность для оптоволоконных кабелей: это гарантирует бесперебойную работу предоставляемых сервисов и отсутствие единых точек отказа. Для магистральной сети WDM и уровня ядра городских сетей следует использовать сеть с ячеистой топологией, с тремя и более оптоволоконными каналами. Это позволит предотвратить два и более одновременных отказа, а также обеспечить соединения ЦОД с одним промежуточным звеном. На уровнях агрегации и доступа WDM целесообразно использовать сеть с кольцевой топологией, чтобы реализовать защиту 1+1 всех узлов сети и добавление по запросу прямых соединений между важными сетевыми узлами.

## РИСУНОК 19

### Топология высоконадежной транспортной сети



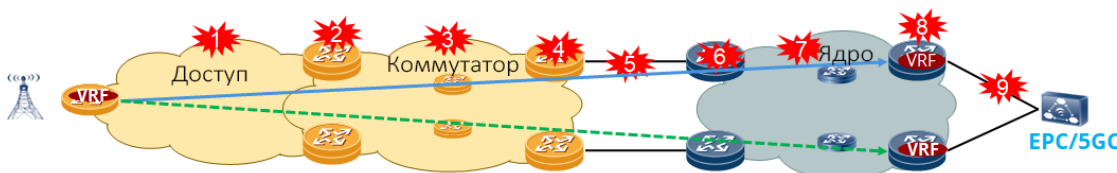
Источник: компания IDC, 2020 год

### Защита IP: FRR/TI-LFA (FRR/независимый от технологии беспетельный резерв)

Защита на уровне IP также обеспечивает защиту на уровне обслуживания и уровне пользователя. В эпоху облачных технологий подобная защита является обязательной для управления неисправностями сети и обеспечения высокой надежности предоставляемых сервисов. Технологии защиты (IP, MPLS и SR) можно применять для резервирования на канальном уровне, диагностики неисправностей и быстрого восстановления сети. Используя предварительное обеспечение избыточности маршрутов для передачи данных (маршрут для предоставления основных сервисов, резервный маршрут, маршрут типа «лучшее из возможного»), а также технологии быстрого обнаружения неисправностей, например FRR (быстрая перемаршрутизация), сети IP должны реализовывать мгновенную защиту от сбоев, срабатываемую в течение 50 мс, чтобы обеспечить безопасность передачи обычных голосовых сигналов и сессий передачи данных.

## РИСУНОК 20

### Мгновенная защита от сбоев, срабатываемая в течение 50 мс, при отказе любого узла или соединения



Источник: компания IDC, 2020 год

### TI-LFA не зависит от топологии и количества каналов

По мере роста числа соединений IoT, а также требований к объемам данных со стороны пользователей, телекоммуникационные операторы должны быть готовы к непрерывному расширению сети либо к развертыванию новых мощностей для передачи IP-трафика, что чрезвычайно усложняет планирование и развертывание системы сетевой защиты. Для этого в сетях IP необходимо использовать протоколы диагностики неисправностей и защиты соединений, например, протокол TI-LFA на основе SRv6 – простой в развертывании и не зависящий от топологии и числа соединений.

### Защита WDM: ASON (оптическая сеть с автоматической коммутацией)

Протяженность оптоволоконной магистральной сети может составлять сотни или тысячи километров, в связи с чем она подвергается воздействию как природных катаклизмов, так и обычных дорожных работ. В некоторых странах Южной и Юго-Восточной Азии порой случается более 10 случаев обрыва оптоволоконного кабеля в день, а средняя продолжительность ликвидации такой аварии превышает 8 часов. В таких странах уровень доступности оптоволоконных сетей падает значительно ниже 99%.

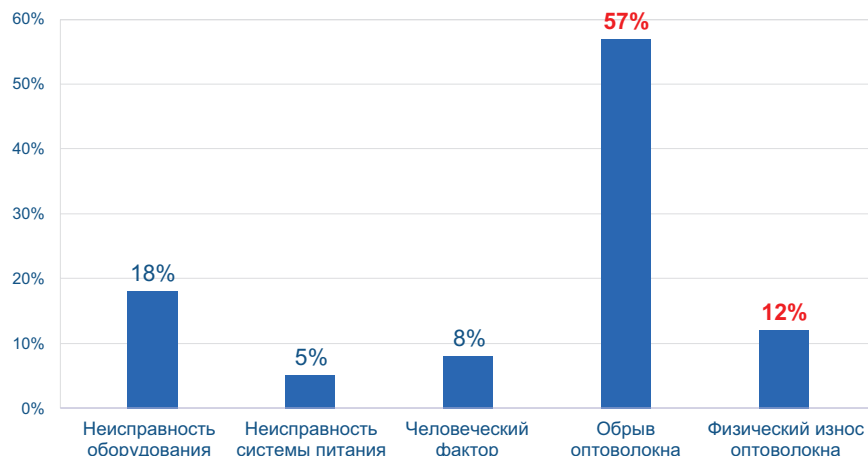
### Технология ASON обеспечивает защиту в случае массовых обрывов оптоволоконных кабелей, обеспечивая доступность каналов WDM на уровне 99,999%.

Для узлов сети 5G с высоким приоритетом, узлов магистральной сети, а также премиальных частных сетей для банков, правительственных учреждений и важнейших предприятий необходимо обеспечить чрезвычайно высокий уровень доступности. Технология ASON устанавливает несколько уровней защиты

(«Золотой», «Серебряный», «Медный») в зависимости от роли данного объекта сети WDM (тип сетевого уровня, место расположения, сценарий использования), гарантируя предоставление сервисов в случае двух-трех и более обрывов оптоволоконных кабелей. Благодаря этому уровень доступности повышается до 99,99% или 99,999%, предотвращая срабатывание защиты сетей IP в случае обрыва оптоволоконной линии, которое зачастую приводит к образованию петель и перемаршрутизации в сетях IP.

## РИСУНОК 21

### 70% неисправностей оптических сетей связаны с обрывом кабеля



Источник: данные одного из телекоммуникационных операторов в южной части Тихоокеанского региона

### Синергия оптоволоконных и IP-сетей

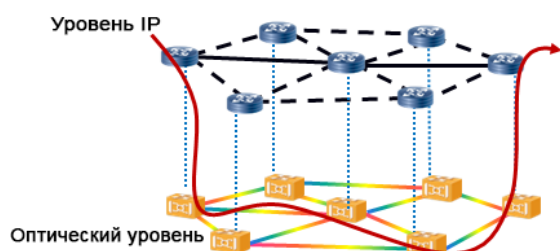
**Совместное планирование сетей IP и WDM, а также регулирование трафика в режиме реального времени улучшает использование сетевых ресурсов.**

В прошлом планирование и техническое обслуживание сетей IP и WDM осуществлялось независимо на различных уровнях, что затрудняло быстрое распределение каналов на основании текущего трафика. В результате в сетях WDM не осуществлялась балансировка нагрузки. При объединении сетей IP и WDM достигается синергетический эффект в сфере эксплуатации и технического обслуживания, что позволяет решить данную проблему и оптимизировать использования каналов.

## РИСУНОК 22

### Обходная IP-сеть с трафиком, имеющим высокую гранулярность

#### Интеллектуальная интеграция оптоволоконной и IP-сети



Высокая гранулярность на электрическом уровне и меньшая гранулярность на оптическом позволяют эффективнее использовать ресурсы оптоволоконной и IP-сети и снизить затраты

Источник: компания IDC, 2020 год

### Интегрированная защита сетей IP и WDM повышает уровень доступности сервисов

Если подобная защита отсутствует, то сети IP и WDM не могут получать информацию о приоритете сервиса в другой сети. В случае возникновения неисправности сети IP и WDM будут выделять для восстановления собственные свободные ресурсы по отдельности, что чревато сбоями в предоставлении сервисов с высоким приоритетом. Синергия оптоволоконных и IP-сетей позволит реализовать многоуровневое

интегрированное восстановление для динамического планирования и защиты сервисов E2E. В ряде сценариев, благодаря гибкому объединению, также может быть уменьшена стоимость разворачиваемых механизмов защиты.

Решения на основе многоуровневой интеграции сетей IP и WDM используют объединенный контроллер, что обеспечивает многоуровневую визуализацию соединения и единое управление, автоматизированное предоставления сервисов (при этом срок их ввода в эксплуатацию сокращается с недель до нескольких часов), диагностику неисправностей, моделирование возникновения сбоев и анализ рисков. Благодаря этому упрощается эксплуатация и техническое обслуживание.

## **Интеллектуальность**

### **Умное планирование**

При построение сетей в течение последних двух десятилетий постепенно произошел переход от размещения на основе требований к зоне покрытия к размещению на основе оптимальной монетизации и уровня обслуживания клиентов. Планирование сети сопряжено с огромными трудозатратами по анализу множества различных аспектов, таких как актуальная географическая информация о населении, тенденции в сфере разработки сервисов, а также подробных данные о действующих сетях. Цифровые инструменты планирования E2E на основе ГИС повышают эффективность планирования благодаря использованию облачных вычислений и больших данных. Эти инструменты можно также использовать для моделирования тенденций развития сервисов, профилей высокоприбыльных областей на основе накопленных данных, а также для более точной оценки ресурсов сети и повышения рентабельности инвестиций.

### **Автоматическое развертывание**

Стандартное развертывание сервиса всегда представляло собой сложный процесс, поскольку нужно было задавать параметры конфигурации для каждой единицы сетевого оборудования согласно действующим для каждого сервиса требованиям (обычно – требованиям к ширине полосы частот и типу сервиса). При использовании же централизованной платформы и новых протоколов конфигурации транспортная сеть получает возможность определять намерения сервиса (требования сервиса) и затем конвертировать их в параметры конфигурации сети. Таким образом выполняется автоматическое развертывание сервиса. Используя намерения сервиса, можно в режиме реального времени определять условия необходимого соглашения об уровне обслуживания и соответствующим образом изменять конфигурацию.

Также контроллер SDN может выполнять автоматическое развертывание устройств с функциями автоматического подключения, сетей с функциями автоматического подключения, а также оборудования с функциями самообслуживания на различных уровнях сети и для различных поставщиков на протяжении всего цикла эксплуатации и технического обслуживания.

### **Визуализация и прогнозирование**

Основной контроллер SDN можно использовать для визуализации путей маршрутов сервисов и качества обслуживания, для прогнозирования трафика и сбоев сети, а также для анализа основных причин и определения мер по устранению неисправностей. Система обнаружения входящего трафика осуществляет непосредственную маркировку пакетов и обрабатывает отдельные потоки и последовательные маршруты в режиме реального времени для обеспечения необходимой точности. Можно использовать стандартные протоколы телеметрии для эффективного автоматического сбора больших объемов сетевых данных, которые обеспечивают в режиме реального времени осведомленность о состоянии сети. Благодаря такому проактивному подходу можно решать проблемы с эксплуатацией и техническим обслуживанием до того, как будут получены претензии от клиентов. Чтобы обеспечить удобство при программировании, контроллер SDN должен использовать интерфейсы прикладного программирования (API) с открытым кодом. В процессе эволюции будущих автономных сетей, контроллер SDN будет объединять сети от различных производителей, OSS и приложения, обеспечивая возможность программирования как внешних, так и внутренних систем.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ОПЕРАТОРОВ**

Новые сервисы на основе облачных технологий, IoT и 5G открывают новые возможности для бизнеса. Но при этом они бросают вызов существующей инфраструктуре транспортных IP-сетей (сетей передачи данных), а также повышают совокупную стоимость владения. Капитальные и операционные расходы можно уменьшить начиная со стадии проектирования, если использовать систему КПА (ключевых показателей архитектуры) в качестве эталонного стандарта для дальнейшего развития сети.

Компания IDC считает, что все операторы должны задавать целевые показатели для своих транспортных сетей с использованием индексной модели, схожей с предложенной в данном техническом документе. Компания IDC понимает, что телекоммуникационные операторы находятся на различных этапах цифровой трансформации. Поэтому мы рекомендуем им использовать системные, единые в масштабе всей сети

концепции и методы для проектирования, управления, контроля качества. Это позволит построить более конкурентоспособный бизнес, повысить эффективность работы и подготовиться к будущему:

- благодаря применению модели КПА для планирования и построения сетей, а также для реализации интеллектуальных процессов эксплуатации и технического обслуживания;
- для операторов, осуществляющих свою деятельность в разных странах: благодаря адаптации целевых показателей (например, степени использования оптоволокна) с учетом уровня развития рынка с точки зрения зрелости его инфраструктуры;
- благодаря использованию цифровых методов планирования IT и средств измерения, повышающих эффективность планирования и построения сети, а также ее эксплуатации и технического обслуживания.

## ГЛОССАРИЙ

Термин/сокращение	Значение
5G NR	Стандарт «5G Новое радио»
ASON	Автоматически коммутируемая оптическая сеть
BSS	Система поддержки бизнеса
DWDM	Плотное мультиплексирование с разделением по длине волны
DU	Распределенное устройство
CU	Централизованное устройство
EPC	Ядро пакетной сети нового поколения
EVPN	Виртуальная защищенная сеть Ethernet
FRR	Быстрая перемаршрутизация
ITU-T	Сектор по стандартизации телекоммуникаций в составе ITU
mMIMO	Массированное MIMO
MIMO	Технология множественного ввода/вывода
mmWave	Миллиметровый диапазон 24–100 ГГц
MTC	Машинные коммуникации
NFV	Виртуализация сетевых функций
NSA	Неавтономный
OSS	Система поддержки операционной деятельности
OTN	Оптическая транспортная сеть
OXC	Оптический кросс-коннект
PCEP	Протокол расчета элемента пути
ROADM	Реконфигурируемый мультиплексор ввода-вывода
RSVP-TE	Протокол резервирования ресурсов — управление трафиком
SDN	Программно-определяемая сеть
SR	Сегментная маршрутизация
TI-LFA	Независимый от технологии беспетельный резерв
URLLC	Сверхнадежная связь с малой задержкой
WDM	Мультиплексирование с разделением по длине волны

## О компании IDC

Компания International Data Corporation (IDC) – ведущий мировой поставщик аналитической информации о рынках, консультационных услугах и событиях в сфере ИТ, телекоммуникаций и потребительских технологий. Компания IDC помогает ИТ-профессионалам, руководителям предприятий и инвестиционному сообществу принимать основанные на фактах решения по приобретению технологий и выработке бизнес-стратегии. В компании IDC работают более 1100 аналитиков, которые предоставляют на глобальном, региональном и локальном уровнях экспертные знания о технологиях и возможностях в различных отраслях для более чем 110 стран. На протяжении 50 лет компания IDC предоставляла стратегически важную информацию, которая призвана помочь нашим клиентам в решении их ключевых бизнес-задач. Компания IDC – подразделение IDG, ведущей в мире компании в сегменте медиаресурсов, исследований и событий в области технологий.

## IDC Hong Kong

Unit 801A, Tower B, Manulife Finance Centre  
223-231 Wai Yip Street, Kwun Tong  
Kowloon, Hong Kong  
852.2530.3831  
Twitter: @IDC  
idc-community.com  
www.idc.com

---

### Сведения об авторских правах

Внешняя публикация информации и данных IDC: на любую информацию компании IDC, которую предполагается использовать в рекламе, пресс-релизах или маркетинговых материалах, необходимо предварительно получить письменное согласие от соответствующего вице-президента или регионального менеджера компании IDC. К такому запросу следует прилагать проект предлагаемого документа. Компания IDC оставляет за собой право отказать в праве внешней публикации по произвольной причине.

Copyright 2020 IDC. Воспроизведение без письменного одобрения полностью запрещено.

