

УЛУЧШЕННЫЕ СЕТИ ФИКСИРОВАННОЙ СВЯЗИ пятого поколения F5G Advanced

А.В.Росляков, д.т.н., заведующий кафедрой сетей и систем связи ПГУТИ / arosl@mail.ru

УДК 621.391, DOI: 10.22184/2070-8963.2023.116.8.40.50

По аналогии с сетями мобильной связи исследовательская группа ETSI ISG F5G, в состав которой входили от нашей страны специалисты "Ростелекома", предложила деление эволюции сетей фиксированной связи также на пять поколений F1G–F5G в зависимости от предоставляемых услуг и используемых сетевых технологий. Для перспективного пятого поколения F5G в 2020–2022 годах группой были разработаны технические спецификации, в которых представлены базовые принципы построения будущих сетей: архитектура, услуги, сценарии практической реализации и др. В последнее время был предложен ряд дополнений и расширений концепции сетей F5G, которые получили собирательное название F5G Advanced. В статье представлен краткий обзор движущих сил дальнейшей эволюции сетей F5G, проведен анализ базовых направлений развития сетей F5G Advanced и новых сетевых технологий в перспективе к 2030 году.

ВВЕДЕНИЕ

Важной особенностью сетей связи является их постоянное развитие и модернизация для удовлетворения спроса на существующие и новые услуги связи и сетевые приложения. В связи с этим многие сетевые концепции, разработанные на перспективу, начинают устаревать к моменту их практической реализации. Поэтому телекоммуникационному сообществу приходится постоянно проводить исследовательские работы по определению путей развития сетей связи на ближайшую и отдаленную перспективы, что часто выражается в определенной коррекции ранее разработанных планов и концепций.

Так, в 2020 году исследовательская группа по фиксированным сетям связи пятого поколения

Европейского института по стандартизации в области телекоммуникаций ETSI ISG F5G [1], в состав которой входили представители ПАО "Ростелеком", опубликовала технические спецификации по определению поколений фиксированных сетей F1G–F5G по аналогии с поколениями сетей мобильной связи. В рабочих материалах данной группы были определены базовые принципы реализации сетей фиксированной связи, которые должны появиться в ближайшей перспективе [2–4]. Однако по мере продолжения работы эти документы расширяются и пересматриваются для более полного описания сетей F5G. Поэтому настало время рассмотреть эволюцию этих сетей, которая должна привести в перспективе – к 2030 году – к улучшенным сетям F5G Advanced [5] (рис.1).

Исследовательская группа ETSI ISG F5G уже приступила к ранней стадии стандартизации сетей F5G Advanced. Применяемая методология исследований представляет собой нисходящий подход, начиная от определения поколения F5G Advanced с более подробным указанием функциональных и количественных характеристик, а затем разрабатывая варианты использования сетей для реализации потенциальных потребностей пользователей в перспективе. На основе этого определяются и проверяются технические требования для каждого варианта использования сетей F5G Advanced на соответствие доступным стандартам.

Недостающие функции будут определяться либо в группе ETSI ISG F5G, либо другими группами ETSI или организациями стандартизации, занимающимися соответствующими технологиями. В итоге будет разработана общая сквозная архитектура сетей фиксированной связи F5G Advanced, охватывающая все сетевые сегменты: от конечных систем, таких как машины, устройства, вещи, через сети в помещении клиента, сети доступа и агрегации, ядро сети и до облака.

ETSI ISG F5G приняла подход к стандартизации, основанный на отдельных наборах спецификаций (релизах) для соответствующего поколения сетей. Это обусловлено тем, что не все функции сетей F5G Advanced необходимы одновременно. На рис.2 показаны ожидаемые сроки разработки релизов сетей F5G Advanced в зависимости от результатов работы упомянутой исследовательской группы [6].

Ниже представлен краткий анализ основных аспектов концепции улучшенных сетей фиксированной связи пятого поколения, практическая реализация которых планируется в перспективе до 2030 года. Определены ключевые движущие силы эволюции сетей пятого поколения F5G, показаны новые направления развития улучшенных сетей F5G Advanced и планируемые новые технологии для их практической реализации.



Рис.1. Расширенная дорожная карта F5G (источник: ETSI)

Движущие силы эволюции сетей F5G

Имеется множество объективных факторов, которые мотивируют продвижение сетей F5G к их следующему эволюционному шагу – F5G Advanced. Эти факторы можно разделить на две большие категории. К первой относятся цифровизация (digitization) и облачная обработка информации для различных услуг и приложений, а вторая предполагает усовершенствования самой сетевой инфраструктуры для различных целей.

Ниже приведены важнейшие услуги и приложения, способствующие переходу к сетям F5G Advanced.

Иммерсивные услуги с ультравысоким разрешением UHD

Иммерсивность (immersive – создающий эффект присутствия, погружения) обычно определяют как погружение в определенные, искусственно сформированные условия. Она включает в себя различные виды расширенной реальности XR (Extended Reality) – дополненную AR (Augmented Reality), виртуальную VR (Virtual Reality) и смешанную MR (Mixed Reality), а также искусственный интеллект (ИИ). В сетях F5G Advanced такие иммерсивные услуги, вероятно, будут

Создание ISG F5G	Релиз 1 F5G	Релиз 2 F5G	Релиз 3 F5G Advanced	Релиз 4 F5G Advanced	Релиз 5 F5G Advanced Прообраз	Релиз 6 F5G Advanced 6			
2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028

Рис.2. Планируемый график стандартизации сетей F5G Advanced (Источник: ETSI)

Таблица 1. Требования промышленных сетей

Характеристика сети	Тип промышленной сети		
	Полевая шина производственной линии	Промышленная кампусная сеть	Промышленная глобальная сеть для связи кампусов/доступа к облаку
Задержки	1 мкс	100 мкс	1 мс
Джиттер	20 нс	1 мкс	1 мкс
Потери пакетов, %	0	0	0
Коэффициент готовности, %	99,9999	99,999	99,999

самыми крупными потребителями полосы пропускания, и эта полоса должна предоставляться с малой задержкой, чтобы услуги были качественными.

Цифровизация предприятий и облачные услуги

Интегрирование вычислительных и сетевых ресурсов позволяет операторам связи предлагать новые услуги и ресурсы по модели ХааS (X as a Service – X как услуга), включая услуги виртуальных сетей – сеть как услуга NaaS [7]. Это означает, что для удовлетворения требований конкретного потребителя необходимы более гибкие способы предоставления коммуникаций, хранения данных и вычислений как услуги. При использовании модели ХааS требуется больше интеллектуальных возможностей от сетей F5G Advanced для создания услуг и взаимодействия с клиентами. Это позволит операторам связи увеличить доход за счет расширения бизнеса и повысить эффективность функционирования сетей за счет автономного управления.

Промышленные сети

Реализация "Индустрии 4.0" приведет к внедрению большого количества систем машинного зрения, промышленных сенсорных сетей и удаленных интерактивных приложений. Оптоволоконные сети обеспечивают уникальную широкую полосу пропускания, высокую надежность и высокую устойчивость к электромагнитным помехам. Они становятся основным решением для построения промышленных производственных сетей и могут обеспечить до 10 млрд подключений FTTM (Fiber-To-The Machine – "волокно до машины"). Однако цифровизация в промышленности требует высокой скорости передачи информации, высокой производительности

в реальном времени и высокой надежности, поэтому требования к сетям F5G Advanced со стороны различных промышленных сетей ужесточаются (см. табл.1) [5].

Метавселенная как драйвер новых возможностей сетей

Концепция метавселенной описывает кибермир, параллельный реальному миру, где у всех людей есть свой цифровой аватар, и они живут и взаимодействуют друг с другом посредством этих аватаров. Основная идея метавселенной заключается в постоянной оптимизации цифрового жизненного опыта пользователей с помощью расширенной реальности. Цифровые сервисы на основе XR будут постепенно проникать в различные сферы жизни человека и способствовать революционному переходу к эре метавселенной. Инфокоммуникационная инфраструктура для таких приложений метавселенной и представляет собой сеть F5G-Advanced.

Улучшения существующей сетевой инфраструктуры F5G необходимы в следующих направлениях:

1. Оцифровка сетевых операций. Необходимо упростить эксплуатационное обслуживание будущих сетей, поскольку в сетях F5G Advanced при интеграции с вычислительными системами увеличится количество контролируемых и управляемых элементов. Таким образом, упрощение функций OAM (Operation, Administration, Maintenance) с помощью подходов автономного функционирования сетей имеет важное значение для облегчения процедур эксплуатации и снижения эксплуатационных расходов. Ключевые технологии, такие как эксплуатация с использованием намерений, осведомленность о предыдущем опыте

эксплуатации и адаптивная настройка сети, могут использоваться для реализации управления сетью в виде автономной сети AN (Autonomous Network). Это позволит достичь почти нулевого времени ожидания приактивации услуг, полного отсутствия вмешательства для текущего обслуживания сети и отсутствия проблем при предоставлении услуг. Автономные сети могут привести к значительному сокращению эксплуатационных расходов и уменьшить количество людей и оборудования, необходимых для обслуживания и ремонта сетевой инфраструктуры. Конечная цель такого подхода – самовосстанавливающаяся сеть связи.

2. Оптоволоконная инфраструктура до всего и всюду FTTE (Fibre to the Everywhere and Everything). Сети на основе волоконной оптики становятся повсеместными, что приводит к созданию сетей, способных предлагать расширенные услуги, лучше разгружать мобильные и другие беспроводные сети (например, Wi-Fi) и быть более энергоэффективными. Оптические волокна имеют очевидные преимущества перед медными линиями с точки зрения стоимости, безопасности и надежности, устойчивости к электромагнитным помехам и возможности передачи на большие расстояния. Однако оптоволоконные линии являются пассивными инфраструктурными элементами и их эксплуатация сталкивается с трудностями управления, разграничения и локализации неисправностей. Поэтому необходимо внедрять новые технологии для визуализации пассивных ресурсов, топологии и состояния соединений в оптоволоконной распределительной сети ODN (Optical Distribution Network). Это может повысить общую эффективность эксплуатации и обслуживания волоконно-оптической инфраструктуры. В то же время оптические волокна можно использовать в качестве "датчиков" для захвата и сбора информации об окружающей среде, такой как вибрация, деформация и изменения температуры.
3. Интеллектуальная сетевая инфраструктура для умного общества. Одним из аспектов цифровой трансформации является переход к услугам и приложениям, в большей степени ориентированным на искусственный

интеллект. Интеграция вычислительных ресурсов, ресурсов хранения данных и сетевых ресурсов требует согласования различных ресурсов и компонентов инфраструктуры. Для этого необходимо сделать следующий шаг к автономной работе сетевой инфраструктуры и требуется определенный уровень интеллекта. В частности, динамическое масштабирование каждого компонента и функциональности сетевого ресурса F5G Advanced должно реагировать на изменения спроса и местоположения пользователей услуг.

4. Снижение воздействия сетей связи на природу. "Зеленые" технологии, обеспечивающие сокращение энергопотребления, являются ключевыми факторами снижения воздействия индустрии связи на окружающую среду. В связи с этим энергопотребление самой сети F5G Advanced должно управляться и сокращаться, когда это возможно. Помимо прямого энергопотребления сети, широкая доступность коммуникационной инфраструктуры окажет важное влияние на общее энергосбережение в обществе. Так, замена личных встреч на онлайн значительно сокращает энергопотребление из-за отказа от поездок. Однако для реализации этой возможности необходимо соответствующее качество передачи видео- и аудиоинформации, низкая задержка, высокие надежность и пропускная способность сетей.

Направления улучшения сетей F5G

Направления развития сетей F5G на пути к F5G Advanced можно описать с помощью шести векторов, как показано на рис.3 [5]. Три из них являются прямыми улучшениями определенных ранее целей построения сетей F5G [3, 4]: расширенный фиксированный широкополосный доступ eFBB (enhanced Fixed Broadband) должен стать более скоростным, гарантированная надежная эксплуатация GRE (Guaranteed Reliable Experience) должна быть более автономной, а сквозные оптоволоконные соединения FFC (Full Fibre Connection) должны иметь более широкий охват. Другие три вектора – это новые направления развития сетей F5G Advanced: они должны стать более экологичными GAO (Green Agile Optical-network), иметь меньшую задержку RRL (Real-time Resilient Link) и обеспечивать оптическую сенсористику и визуализацию OSV (Optical Sensing and Visualization). Кроме того, основополагающим принципом любых сетей является высокая

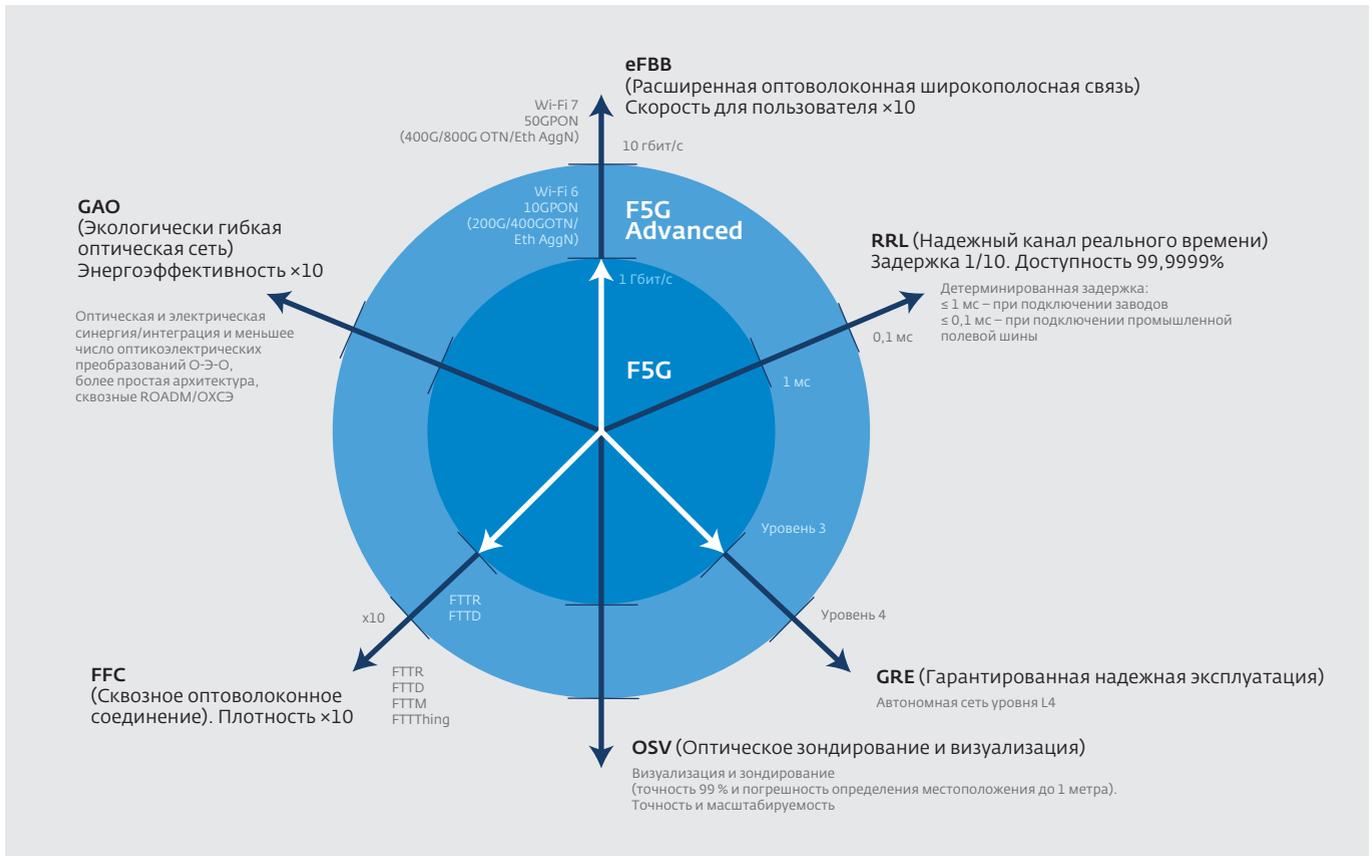


Рис.3. Шесть направлений построения сетей F5G Advanced (Источник: ETSI)

надежность их работы, которую обязательно необходимо учитывать при реализации сетей будущего.

Эти направления развития приведут к следующим возможностям сетей F5G Advanced по сравнению с сетями F5G:

1. Более скоростные. По данным компании Cisco, требуемая пропускная способность приложений росла со скоростью около 40% в год и ожидается, что эта тенденция продолжится в ближайшей перспективе. Источники этого роста включают увеличение количества конечных точек, распространение все большего числа новых приложений (услуг метавселенной и иммерсивных услуг) и расширение использования существующих приложений. Фиксированная сеть должна идти в ногу с этим ростом, а это подразумевает модернизацию транспортных сетей, сетей доступа и домашних/локальных сетей для увеличения их пропускной способности.
2. С меньшей задержкой. Появление видеослужб с разрешением UHD и эффектом погружения (иммерсивность) является основным фактором сокращения задержек в сетях. Для

тактильных интернет-приложений пользователям также нужны очень быстрые ответы. Еще одним важным фактором являются отраслевые приложения, в которых связь осуществляется в основном между машинами, что обычно требует немедленного реагирования.

3. Более масштабные. В F5G-Advanced ожидается увеличение охвата сетей и количества конечных точек для поддержки большего количества услуг и значительных территорий, а также продолжающейся синергии облачной сети, построенной на базовой сети.
4. Более энергоэффективные. Переход к "зеленой" энергетике – это глобальная задача. ИКТ и, в частности, передовые технологии сетей F5G могут внести значительный вклад в решение этой задачи. Прямой вклад принесет повышение энергоэффективности за счет перехода к более передовым оптическим сетям в системах связи и ЦОДах. Косвенный вклад заключается в том, что сеть F5G обеспечивает новые способы жизни, работы и коммуникаций, что снижает потребность в мобильности

пользователей и повышает энергоэффективность в других секторах экономики.

5. Более "умные". Интеграция вычислений в сеть F5G Advanced имеет ряд преимуществ и возможных направлений применения. Одним из них является ИИ для повышения эффективности работы интегрированной вычислительной сети и организации различных услуг для клиентов. Кроме того, ИИ в сети может предоставляться как услуга, что ставит перед коммуникационной сетью ряд новых задач. Однако, чтобы управлять такими вычислительными интегрированными сетями, необходимо иметь у сети уровень "высокой автономности" (уровень 4 согласно классификации автономных систем в документах форума TMF). Это позволит выполнять самонастройку, самовосстановление и самооптимизацию в работе сети, что, в свою очередь, улучшает взаимодействие с пользователем и качество его обслуживания.
6. Более осведомленные. Оптические кабели, являясь пассивными сетевыми ресурсами, могут предоставлять свои возможности оптического обнаружения (зондирования) для улучшения управления линейной инфраструктурой. Среди них – точная визуализация топологии волоконно-оптической инфраструктуры и состояния подключения терминала доступа к кабелю, точное выявление ухудшения состояния оптических волокон в режиме реального времени и прогнозирование работоспособности, заблаговременное предупреждение о возможном возникновении повреждения волокна и др.
7. Более безопасные. Безопасность сети в основном включает два аспекта: безопасность пользовательских данных и безопасность транспортной сети. Пользовательские данные содержат конфиденциальные личные данные, национальные данные и производственные данные предприятия. С точки зрения безопасности транспортной сети сетевое планирование, ориентированное на вычисления, требует сбора большого количества информации о сети и информации о вычислительной мощности. Централизация сетевых данных увеличивает потребность в защите конфиденциальной информации. Осведомленность о вычислительных возможностях и транспорте также увеличивает потребность в безопасности сети в межсистемных, междоменных или трансграничных сетевых соединениях.



Рис.4. Ключевые технологии сетей F5G Advanced (Источник: ETSI)

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕТЕЙ F5G ADVANCED

Для реализации сетей F5G Advanced потребуются новые технологии, которые можно отнести к следующим восьми классам (рис.4) [5].

1. Новые сетевые технологии

Для перехода к сетям F5G Advanced при реализации трех основных видов сетей: транспортных, доступа и локальных – могут использоваться следующие сетевые технологии:

- оптические транспортные сети OTN со скоростью 800 Гбит/с и выше;
- оптический сервисный блок OSU-OTN sub-IG для предоставления услуг со скоростью ниже 1 Гбит/с, что позволит поддерживать гораздо большее количество услуг (например, 4000 услуг на базе 100G), чем традиционная OTN;
- оптические кросс-коммутаторы ОХС для достижения низкого энергопотребления и низкой транспортной задержки в полностью оптической сети большой пропускной способности;
- технология пассивных оптических сетей 50G-PON со скоростью 50 Гбит/с и многоканальной работой;
- новое функциональное разделение PON, когда данные подчиненной сети могут быть инкапсулированы внутри PON более высокого

уровня, что обеспечит централизацию функций в плоскости пользователя, сигнализации и управления и значительно упростит подключение абонентских устройств ONU/ONT;

- беспроводная технология Wi-Fi 7, обеспечивающая пиковую пропускную способность 30 Гбит/с, меньшую задержку, а также поддержку многоканальной работы, которая позволяет одновременно использовать несколько частотных диапазонов.

2. Доведение оптоволокна до терминала FTTH

Концепция "волокно до всего и всюду" FTTE предполагает, что волоконная оптика проникнет в жилые дома, кампусы и производственные помещения для подключения различных терминалов пользователя с использованием следующих оптических технологий:

- волокно до комнаты FTTRoom – создает полностью оптическую основу для "умных" домов, малых и микропредприятий, что позволит объединить домашнюю/корпоративную сеть и периферийные вычисления для реализации общедомовых возможностей подключения, управления, контента и граничных вычислений. Кроме того, конвергенция FTTR и Wi-Fi 7 обеспечит задержки обслуживания на уровне миллисекунд, сквозной роуминг, скорость доступа от 5 до 10 Гбит/с и более 512 одновременных подключений;
- волокно до машины FTTRMachine – при промышленном применении максимально используются преимущества оптических волокон, так как они обеспечивают высокую надежность сети и позволяют реализовать промышленные взрывозащищенные, пыленепроницаемые, ударопрочные и антикоррозионные возможности;
- волокно до кампуса/офиса FTTRCampus – позволяет подключить оптоволокно к рабочему столу и обеспечивает такие преимущества, как высокая пропускная способность, простота развития, жесткая изоляция трафика и простота эксплуатации и техобслуживания сети.

3. Управление сетевой задержкой

Требования к пропускной способности, задержке и джиттеру в сети F5G Advanced повышаются для обеспечения необходимого качества предоставления перспективных высокоскоростных услуг. Кроме того, чтобы максимизировать эффективность сети, она должна иметь дифференцированные

возможности для передачи трафика услуг с различными гарантиями качества обслуживания SLA. Это можно обеспечить с помощью следующих технологий:

- Детерминированная сеть. В оптической сети доступа может быть реализована двухплоскостная архитектура пересылки, которая добавляет плоскость пересылки TDM к существующей плоскости пересылки пакетов. Трафик, который обрабатывается плоскостью TDM, может быть легко передан сетью OTN, что еще больше снижает задержку. Механизмы компенсации джиттера, технологии однокадровой мультипакетной передачи, независимого канала регистрации и совместного динамического распределения полосы пропускания обеспечат пересылку пакетов с малой задержкой и джиттером на уровне микросекунд. В оптической транспортной сети задержка в оптоволокне вносит основной вклад в задержку сквозного соединения. Выбор оптимального (кратчайшего) физического пути с учетом направления передачи трафика может значительно сократить задержку. Кроме того, контейнерная технология OTN следующего поколения с малой степенью гранулярности скорости передачи значительно сократит задержку в узлах за счет сокращения уровней мультиплексирования на основе технологии виртуального канала.
- Технология сетевых срезов. Сеть можно разделить на независимо управляемые, контролируемые и настраиваемые сквозные сетевые срезы (network slicing), которые позволяют реализовать на базе одной сетевой инфраструктуры несколько виртуальных сетей для отдельных услуг, каждая из которых требует обеспечения необходимых параметров SLA (задержка, пропускная способность, надежность, безопасность и т.п.). Чтобы обеспечить точное и быстрое предоставление сквозного сетевого среза, сети F5G Advanced должны иметь возможность гибко настраивать и объединять ресурсы сетевой инфраструктуры, а также иметь возможность анализировать и контролировать сетевые срезы.

4. Технологии обеспечения энергоэффективности сети

Энергоэффективность сетей F5G можно оптимизировать на трех уровнях:

- Энергосберегающие технологии сетевого уровня. За счет оптимизации оптической

сетевой архитектуры можно организовать сквозную передачу через промежуточные узлы на одной длине волны, что снизит энергопотребление промежуточных узлов, вызванное оптоэлектрической регенерацией. Возможна также реализация коммутации/маршрутизации трафика с учетом энергопотребления, когда для эффективного использования энергии можно отключать малонагруженные световые пути и активировать новые световые пути в случае перегрузок.

- Энергоэффективные технологии уровня оборудования. Энергопотребление сети снижается вместе с развитием сетевых технологий. Например, при переходе скорости передачи на одну длину волны с 200/400 на 800 Гбит/с потребление энергии на бит уменьшится более чем на 40%. Аналогичных результатов в сети доступа можно ожидать при переходе на технологию 50G PON. Возможны схемы работы, основанные на мониторинге нагрузки сетевого трафика и доступности ресурсов в режиме реального времени. Они динамически настраивают сетевую маршрутизацию, перемещение трафика/ресурсов или режимы энергосбережения для дальнейшего снижения энергопотребления. Интеллектуальное управление сетью F5G Advanced должно динамически переводить часть или всю сеть в режим энергосбережения или выходить из него в зависимости от условий трафика в реальном времени.
- Энергосбережение на уровне проектирования сети. При проектировании сетей F5G Advanced можно экономить энергию за счет динамического размещения энергоемких задач ближе к источникам энергии, предпочтительно к экологически чистым, или в места с низкой температурой окружающей среды. Возможно также использование остаточной мощности существующих оптических маршрутов, а также сосуществование различных технологий/поколений оптических сетей, что может снизить общее энергопотребление.

5. Технологии высококачественных распределенных вычислительных сетей

Вычислительные сети по своей природе распределенные и они меняют модель использования с ресурсно-ориентированной на основанную на

задачах. Для обеспечения высокого качества распределенных вычислительных сетей необходимо повысить возможности системы с точки зрения эластичности, гибкости и интеллектуального планирования для предоставления сетевых ресурсов по требованию.

Технологии для высококачественных вычислений, интегрированные в сеть, включают эластичную объединенную сеть, масштабирование вычислительных ресурсов и диспетчеризацию процессов с учетом задержек. Сквозной сетевой путь от клиентского устройства к устройству обработки может включать в себя локальные сети, сети доступа, агрегации, ядра и центры обработки данных и должен быть высококачественным. Все элементы сети должны поддерживать распределение ресурсов для гарантированных услуг, а устройство обработки должно гарантировать высокое качество вычислений. При этом вычислительные мощности могут быть интегрированы в узлы сети или быть независимыми. Для услуг, критичных к задержке, система управления сетью может разместить рабочую нагрузку на границе сети на расстоянии, обеспечивающем гарантированную задержку и при наличии достаточного количества вычислительных ресурсов.

6. Технологии управления автономной сетью

Форум по управлению телекоммуникациями TMF предлагает четырехуровневую архитектуру автономной сети AN (Autonomous Network), в которой посредством взаимодействия и сотрудничества между уровнем сетевых элементов, сетевым уровнем, уровнем услуг и бизнес-уровнем может быть реализован замкнутый цикл управления ресурсами, услугами и бизнесом сетей F5G Advanced. AN обеспечивает услуги без ожидания, оптимизацию обслуживания пользователей без вмешательства человека и эксплуатацию сети без проблем.

Автоматизация управления автономной сетью может быть реализована с помощью следующих интеллектуальных технологий:

- Управление на основе намерений. Намерение определяется как набор операционных целей, которым должна соответствовать сеть, и результатов, которые сеть должна предоставить, определенных декларативным образом, без указания того, как они должны быть достигнуты или реализованы. Управление с помощью намерений, по сути, отражает взгляд на людей

как на внешних наблюдателей автономных систем. Они хотят, чтобы система соответствовала их ожиданиям, и намерение является выражением их потребностей. В АН намерение является естественным и эффективным способом взаимодействия между людьми и машинами и между машинами. Сеть на основе намерений скрывает техническую сложность базовой сети, позволяет персоналу О&М сосредоточиться на ценности сети и упрощает взаимодействие между доменами обслуживания.

- Граф знаний для устранения неисправностей. Наиболее часто используемым и эффективным методом автоматического определения первопричины технических неисправностей является экспертная система на основе правил. Технологию графов знаний можно использовать для создания онлайн-экспертной системы О&М, основанной на знаниях и выводах. Взаимосвязанная с машинными данными экспертная онлайн-система О&М может обрабатывать данные о неисправностях, собранные и переданные системой управления сетью, для автоматического выявления неисправностей и определения причин их возникновения. Она может интеллектуально отвечать на запросы персонала по эксплуатации и техническому обслуживанию сети через интерфейсы взаимодействия человек-машина и предоставлять точную информацию о неисправностях и методах их исправления в графическом виде. После того, как граф знаний сформирован, он может взаимодействовать с различными технологиями реляционного вывода, такими как искусственный интеллект на основе графа, для дальнейшего поиска правил вывода для самообновления, а также для реализации автоматической идентификации ошибок и определения первопричины в соответствии с правилами вывода.
- Улучшенный сбор сетевой информации. Автономная сеть требует оцифровки сетей оптического уровня, включая преобразование аналоговых сигналов исходной оптической системы в определенные и видимые цифровые сигналы. Это требует создания сенсорной системы на четырех уровнях: оптического волокна, оптического канала, оптической компоненты и услуги сети. Цель состоит в том, чтобы создать

всеобъемлющую, точную систему массового сбора данных о ресурсах оптической автономной сети в режиме реального времени.

7. Технологии сетевого зондирования

Для сбора данных о сетевой инфраструктуре и об окружающей среде в сетях F5G могут использоваться мультимодальные сенсорные технологии, такие как оптические и Wi-Fi. В сочетании с технологиями цифровых двойников они могут реализовать совместное планирование ресурсов коммуникаций и восприятия. Тогда появляются новые возможности для предоставления конвергентных информационных услуг для сетей и различных отраслей. Эти возможности могут быть реализованы следующими технологиями:

- Цифровизация оптического кабеля. Проблема управления пассивными сетевыми ресурсами: оптическими волокнами и кабелями – эффективно решается с использованием нескольких технологий обнаружения оптических сигналов, основанных на передовой пассивной фотонике и интегрированных фотоэлектрических устройствах обнаружения в сочетании с алгоритмами распознавания событий на базе спектрального сигнала и распознавания изображений на базе компьютерного зрения.
- Технологии распределенного оптоволоконного зондирования включают распределенный мониторинг вибрации и деформации оптического волокна, а также распределенное измерение температуры оптического волокна. Технологии характеризуются защитой от электромагнитных помех и коррозии, простотой интеграции, естественной безопасностью, возможностью работы на больших расстояниях и высокой точностью.
- Обнаружение местоположения различных объектов с помощью технологии Wi-Fi 7. Она имеет более высокую точность измерения за счет использования миллиметровых волн, технологии MIMO и антенн с формированием луча.

8. Технологии повышения надежности сети

Надежность оптической сети может быть повышена на уровне управления, транспортном уровне и уровне оптоволоконной инфраструктуры. На уровне управления централизованная архитектура управления программно-конфигурируемой сетью SDN предъявляет более высокие требования к безопасности системы управления

XV Федеральная конференция

12 апреля 2024

отель Continental
г. Москва,
ул. Тверская, д. 22



t.me/comnews_conferences
vk.com/comnews_conferences

TransNet

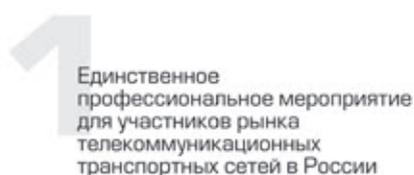
Магистральные сети связи СНГ

Конференция Transport Networks за последние 15 лет стала основным местом встреч регуляторов и первых лиц операторского бизнеса, трибуной компаний – двигателей технологического прогресса и главных визионеров ИКТ-отрасли.

Организатор:



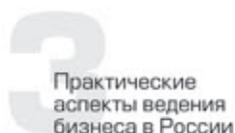
5 причин посетить конференцию TransNet 2024



1 Единственное профессиональное мероприятие для участников рынка телекоммуникационных транспортных сетей в России



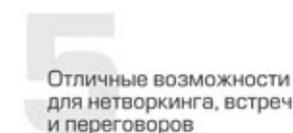
2 Акцент конференции на актуальные проблемы рынка транзитных сетей



3 Практические аспекты ведения бизнеса в России



4 Презентация новейших решений и технологий в области строительства транзитных сетей, их интеграции и виртуализации



5 Отличные возможности для нетворкинга, встреч и переговоров



www.comnews-conferences.ru/tn2024

сетью, и требуются дополнительные меры обеспечения безопасности. Сеть ЦОДа DCN должна быть изолирована от интернета, кроме того для снижения рисков внешних атак следует использовать инструменты O&M. Механизм безопасности IP-сети следует внедрить для защиты сети DCN.

На оптическом транспортном уровне технологии сегментации сети используются для изоляции важных промышленных клиентов, производственных служб предприятия и обычных пользователей. Технологии шифрования каналов уровня 1, 2 и 3 также могут быть приняты для шифрования сетевых данных и повышения безопасности транспортной сети. На уровне волоконно-оптической инфраструктуры можно также использовать распределенное зондирование волокна и технологию искусственного интеллекта для точного мониторинга рабочего состояния оптоволоконной инфраструктуры и для обеспечения раннего оповещения о любых отклонениях от нормы, тем самым повышая надежность сети.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Во время написания статьи был опубликован проект "Стратегии развития отрасли связи Российской Федерации на период до 2035 года" [8], подготовленный Минцифры России совместно с заинтересованными участниками отрасли связи. Общественное обсуждение проекта проходило в августе-сентябре 2023 года и в ближайшее время планируется принятие соответствующего постановления Правительства РФ. Документ направлен на формирование перспективного и конкурентоспособного облика отрасли связи в России на период до 2035 года.

В основе Стратегии – построение современной и безопасной телекоммуникационной инфраструктуры, внедрение новых технологических направлений, развитие научного и кадрового потенциала, совершенствование нормативной правовой базы для предоставления гражданам, бизнесу и государству качественных, современных и конкурентоспособных услуг связи. Так в проекте отмечены следующие мировые тенденции развития фиксированной связи:

- рост инвестиций в развитие сетей фиксированного широкополосного доступа с целью удовлетворения требований к скорости пользователей услуг связи более 1 Гбит/с;
- совместное развитие и использование телекоммуникационной инфраструктуры несколькими операторами, что позволяет

сократить их издержки и повысить скорость развертывания сетей связи;

- регулирование совместного строительства и использования операторами связи инфраструктуры других отраслей, таких как транспорт, энергетика, ЖКХ и др.

В то же время в проекте Стратегии указаны и такие вызовы в сфере развития фиксированной связи в Российской Федерации, как ограниченные инвестиционные возможности операторов связи; рост инфраструктурных издержек и регуляторных требований; отсутствие межотраслевой координации развития пространственно-протяженных линейных инфраструктур и, как следствие, невозможности достижения синергетических эффектов и снижение экономической привлекательности развития инфраструктуры связи.

В целом, с точки зрения общего видения перспектив развития сетей фиксированной связи в России Стратегия во многом согласуется с концепцией сетей F5G Advanced, но учитывает национальную специфику обслуживания, поддержания и развития фиксированных сетей для удовлетворения растущих потребностей в услугах связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Industry specification group (ISG) fifth generation fixed network (F5G). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.etsi.org/committee/1696-f5g> (дата обращения 10.09.2023).
2. **Росляков А.** Поколения сетей фиксированной связи F1G–F5G. Ч. 1 // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2022. № 8. С. 34–40.
3. **Росляков А.В.** Поколения сетей фиксированной связи F1G–F5G. Ч. 2 // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2023. № 1. С. 36–46.
4. **Росляков А.** Стандартизация сетей фиксированной связи // Стандарты и качество. 2023. № 8. С. 44–48.
5. Fixed 5th Generation Advanced and Beyond. ETSI White Paper. 2022. No. 50.
6. **Brunner M.** The Evolution of Broadband to F5G Advanced // ComSoc Technology News. 2023. March Issue.
7. **Росляков А.В., Марыков М.В.** Сеть связи как облачная услуга NaaS // Инфокоммуникационные технологии. 2022. Т. 20. № 1. С. 70–82.
8. Проект Стратегии развития отрасли связи Российской Федерации на период до 2035 года [Электронный ресурс]. URL: <https://gasu.gov.ru/sp/passport/files/version/463415093> (дата обращения 10.09.2023).



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



В.О. Тихвинский,
С.В. Терентьев,
В.А. Коваль,
Е.Е. Девяткин

Развитие сетей мобильной связи от 5G Advanced к 6G: проекты, технологии, архитектура

Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2023. – 528 с.
ISBN 978-5-94836-662-3

Цена 1960 руб.

В книге рассмотрены перспективы эволюционного развития и стандартизации технологий мобильной связи пятого поколения 5G Advanced/IMT-2020 на пути к 6G/IMT-2030 международными организациями связи, представлены планы развития технологий 5G Advanced партнерским проектом 3GPP в релизах 17 и 18, проанализированы основные бизнес-модели услуг и промышленные приложения в сетях 5G Advanced/IMT-2020, рассмотрены цепочки создания стоимости услуг 5G. Проведена оценка возможностей выделения частотных диапазонов для развития сетей 5G и 6G с учетом повестки дня ВКР-23, рассмотрены особенности построения и архитектура сети радиодоступа 5G RAN фазы 3 (релиз 17), виды сигналов, нумерология их формирования и частотные каналы, используемые в сетях радиодоступа 5G Advanced.

Показаны будущие изменения сценариев архитектуры и функций базовой сети 5G Core, технологии программно определяемых сетей SDN сети 5G и технологии виртуализации сетевых функций NFV, реализуемые в базовой сети 5G Core для управления и оркестрирования. Приведены технические и ЭМС-характеристики радиооборудования (базового и абонентского) сети радиодоступа 5G RAN для новой фазы эволюции технологий 5G Advanced. Рассмотрены вопросы построения сети синхронизации в 5G Advanced.

Рассмотрены возможности построения фрагмента сетей 5G и 6G на спутниках и высокоподнятых летающих платформах HAPS, железнодорожной сети FRMCS на базе 5G Advanced, их архитектура, использование алгоритмов и технологий искусственного интеллекта в сетевых элементах 5G Advanced.

Представлено видение и будущий облик мобильной связи поколения 6G/IMT-2030, его ключевые услуги, перспективы освоения 6G терагерцевого диапазона волн в интересах внедрения голографической связи, виртуальной реальности, человекоцентричных приложений и Интернета вещей.

Для специалистов, студентов и магистрантов инфокоммуникационных специальностей университетов.

Как заказать наши книги?

По почте: 125319, Москва, а/я 91
По факсу: (495) 956-33-46
E-mail: knigi@technosfera.ru
sales@technosfera.ru

ИНФОРМАЦИЯ О НОВИНКАХ
www.technosfera.ru