

# ПОКОЛЕНИЯ СЕТЕЙ фиксированной связи F1G–F5G

Часть 2

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

УДК 621.391, DOI: 10.22184/2070-8963.2023.109.1.36.46

Во второй части статьи представлен краткий обзор материалов, разработанных исследовательской группой ETSI ISG F5G, в которых определены общие принципы построения сетей фиксированной связи пятого поколения F5G на ближайшую перспективу. Рассмотрены требования к сетям F5G и их базовые характеристики: расширенный фиксированный широкополосный доступ eFBB, сквозное оптоволоконное соединение FFC и гарантированное надежное предоставление услуг GRE. Приведена архитектура сетей F5G, включающая три плоскости, и перечислены типовые сценарии услуг, которые будет поддерживать новая сетевая инфраструктура на базе концепции "Волокно до всего и всюду" FTTE.

## ВВЕДЕНИЕ

Построение сетей мобильной связи 5G, а также реализация перспективных сетевых приложений (облачные вычисления ХааS, приложения дополненной/виртуальной реальности, голографические и тактильные коммуникации, Интернет вещей и др.) требуют соответствующего развития сетей фиксированной связи, так как они должны обеспечить высокоскоростную, качественную и надежную передачу разнообразного трафика. Поэтому в последние годы некоторые международные организации по стандартизации в области телекоммуникаций инициировали исследовательские работы по определению ближайших и отдаленных перспектив развития сетей фиксированной связи.

Так, МСЭ-Т в 2018–2020 годах провел исследование "Сеть 2030" (Network 2030) по изучению возможностей и принципов построения фиксированных сетей связи на период до 2030 года и позже [1–2]. В 2020 году под эгидой Европейского института телекоммуникационных стандартов (ETSI) была создана специальная исследовательская группа промышленных спецификаций

ISG F5G (Industry Specification Group Fixed 5G Networks), в состав которой вошли представители 20 организаций и компаний, в том числе ПАО "Ростелеком". Задачей данной группы является подготовка материалов для разработки стандартов перспективных сетей фиксированной связи [3]. В рамках первого этапа исследования (2020–2021 гг.) было проведено разграничение пяти поколений сетей фиксированной связи F1G–F5G с определением их отличительных количественных и качественных характеристик, которые рассмотрены в первой части статьи [4]. В данной ее части приведен краткий обзор других промежуточных результатов исследования [5–14], доступных на сайте группы ETSI ISG F5G [15], в которых определены архитектура и базовые принципы построения сетей фиксированной связи пятого поколения на ближайшую перспективу, а также представлен обширный набор типовых сценариев использования сетей F5G.

## ТРЕБОВАНИЯ К СЕТЯМ F5G

Для построения фиксированных сетей пятого поколения F5G необходимо определить и количественно

**Таблица 1.** Требования к сетям F5G (источник: ETSI)

Группа требований	Требование	Количественные и качественные метрики требования
Сети	Высокая скорость и пропускная способность коммуникаций	Скорость и пропускная способность фиксированных сетей доступа и локальных сетей будут увеличены примерно с 1 Гбит/с до как минимум 10 Гбит/с
	Большая зона покрытия	Расширение зоны покрытия сделает обслуживание доступным везде и для всего (любые смарт-вещи и устройства) и создаст новые зоны покрытия
	Высокая чувствительность (низкая задержка)	Для транспортных сегментов xHaul мобильных сетей 5G потребуются сквозные задержки E2E (End-To-End) величиной 1 мс или меньше. Коммуникации человека в реальном времени с очень низкой задержкой и сверхвысокой надежностью. Визуальные коммуникации – с задержкой до 10 мс, аудио – до 100 мс
	Большое количество плотных коммуникаций	Массовое и плотное подключение устройств, увеличение количества подключений пользователей к сети примерно в 10–100 раз: от FTTH/FTTO до FTTR/FTTD и FTTE
Услуги	Коммуникации с высокой надежностью	Гарантированное качество обслуживания и надежные коммуникации для критически важных услуг
	Коммуникации с высокой доступностью	Устойчивость и защита сети за счет сокращения или исключения времени простоя
	Коммуникации с высоким уровнем безопасности	Безопасность, приватность и конфиденциальность, а также целостность коммуникаций
Эксплуатация	Высокая операционная эффективность	Сквозное E2E-управление и поддержка автоматического развертывания услуг и операционной деятельности O&M
	Высокая энергетическая и экономическая эффективность	Низкое энергопотребление и снижение затрат на сетевые и оконечные устройства
	Высокое и эффективное использование спектра	Использование спектра и эффективность его использования в оптических сетях F5G будут в 10 раз превышать текущие значения

оценить требования, необходимые для реализации текущих и будущих сетевых услуг и приложений.

Все требования к сетям F5G исследовательская группа ETSI разделила на три группы: сети, услуги и эксплуатация (операционная деятельность) (табл.1). В каждой группе определен перечень требований, предъявляемых услугами и приложениями, и качественные и количественные показатели (метрики) этих требований. Следует учитывать, что не все требования должны выполняться одновременно и что для каждого приложения и варианта использования сетей F5G может потребоваться различная комбинация этих требований.

На рис.1 представлены основные проблемы перехода от сетей F4G к сетям F5G и их количественные оценки, определенные исследовательской группой ETSI.

## Направления реализации сетей F5G

Решение указанных выше проблем перехода от сетей F4G к сетям F5G планируется реализовать в трех направлениях (рис.2):

### 1. Расширенный фиксированный широкополосный доступ eFBB (Enhanced Fixed Broadband)

eFBB позволит удовлетворить потребности в высокоскоростных и высокопроизводительных коммуникациях, а также в высокой спектральной эффективности. По сравнению с широкополосным оптическим доступом в сетях F4G, F5G дополнительно увеличивает пропускную способность более чем в 10 раз с использованием технологии доступа 10G-PON. Это позволит для каждого абонента иметь симметричную гигабитную пропускную способность восходящего и нисходящего потоков. Для улучшения покрытия в сетях

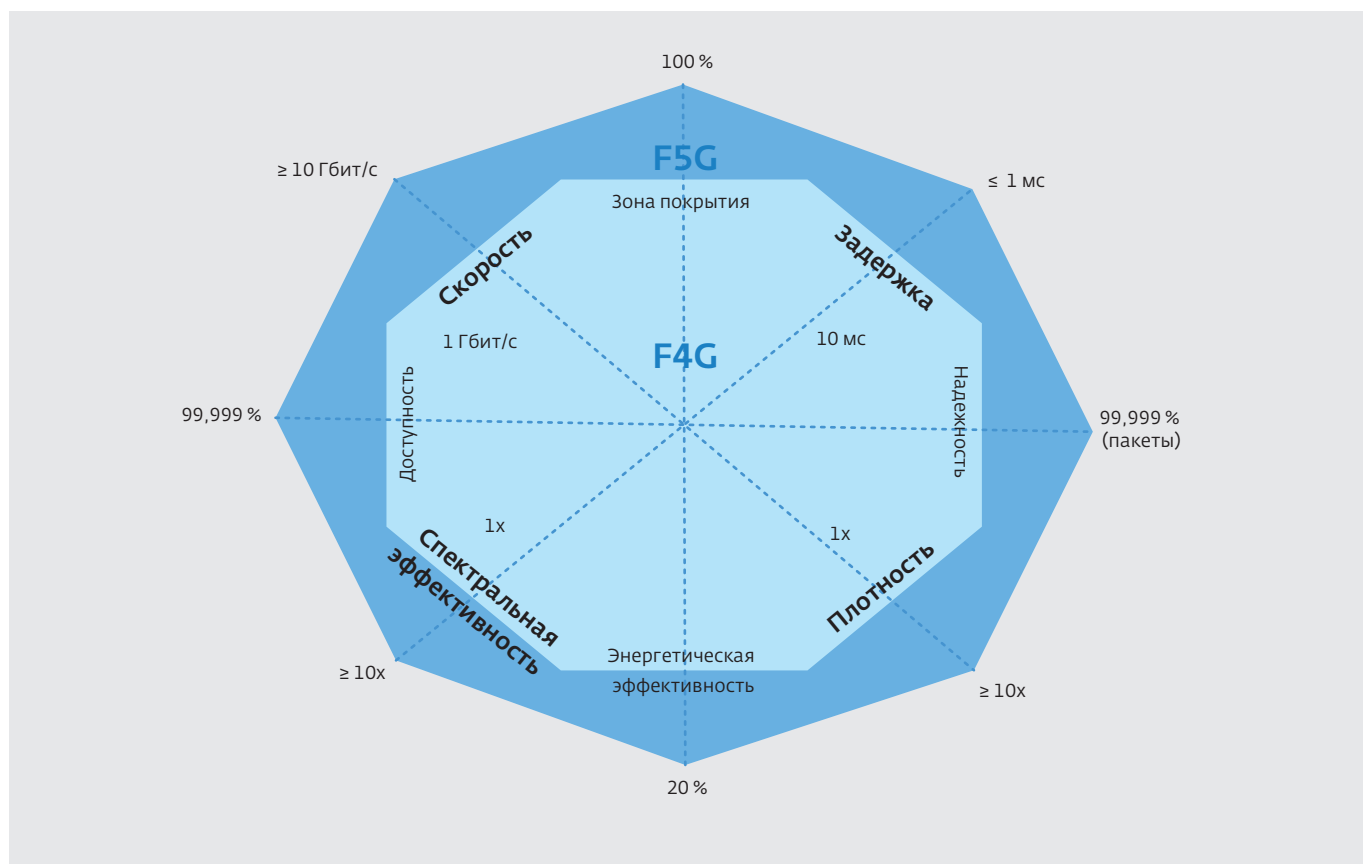


Рис.1. Проблемы на пути к сетям F5G и их количественные оценки (источник: ETSI)

помещений пользователей можно использовать новую беспроводную технологию Wi-Fi 6. В сочетании с технологией доведения волокна до комнаты FTTR (Fiber-To-The Room) как частные, так и бизнес-пользователи смогут получить гарантированный гигабитный широкополосный доступ. 10G-PON станет доминирующей технологией широкополосного доступа, она обеспечит полное покрытие гигабитным доступом до помещения клиента, а ее совместимость с технологией GPON обеспечит плавную миграцию сети.

Магистральные технологии с высокой пропускной способностью, такие как 100G Ethernet и оптические транспортные сети OTN (Optical Transport Network), развертываются на узлах доступа для реализации транзитного соединения с большой пропускной способностью для сетей доступа и обеспечения возможностей гигабитной полосы пропускания "из конца в конец" (E2E). Узлы оборудования со спектральным уплотнением каналов xWDM перемещаются из магистральной сети в узлы сети доступа и напрямую соединяются с оборудованием оптического линейного терминала OLT для реализации полностью оптоволоконных соединений E2E. Емкость сетей OTN постоянно расширяется. На базе

одной длины волны уже реализованы скорости 200 и 400 Гбит/с, а использование оптических C- и L-диапазонов позволяет реализовать передачу со скоростями более 40 Тбит/с через одно волокно. Таким образом, технология OTN обеспечит высокоскоростные подключения центров обработки данных и даже соединения между серверами внутри центра обработки данных.

## 2. Сквозное оптоволоконное соединение FFC (Full-Fiber Connection)

FFC позволит удовлетворить потребности пользователей сетевых услуг в расширении возможностей подключения со значительной зоной охвата территории, большим числом подключений и высоким трафиком на единицу площади. Оптическая сеть доступа F4G в основном решила проблему подключения помещений пользователя (многоквартирные здания или отдельные дома) по оптоволокну. F5G использует полное покрытие оптоволоконной инфраструктурой для поддержки повсеместных коммуникаций, включая домашние соединения, соединения машин и соединения между каждой комнатой, поддерживая различные вертикальные

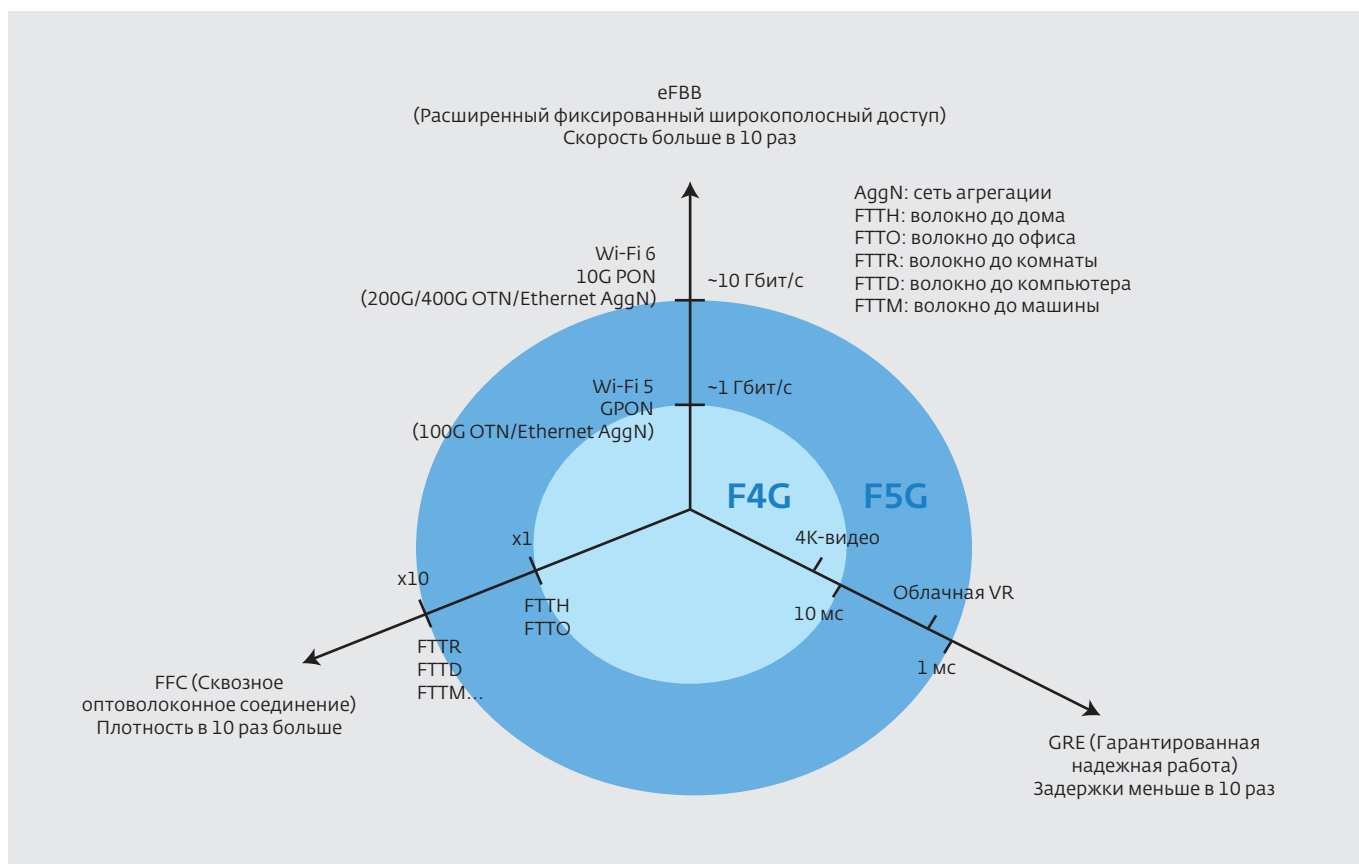


Рис.2. Направления реализации сетей F5G (источник: ETSI)

промышленные приложения. Количество подключений будет увеличено более чем в 100 раз, что позволит наступить эре подключения конечных устройств пользователя по оптическому кабелю. Это будет реализовано с использованием каскадных PON-систем для обеспечения максимально возможного оптического соединения с пользователем новых оптоволоконных инфраструктур.

В домене домашнего доступа F5G расширяет возможности традиционной технологии FTTH внедряя оптоволоконно в каждую комнату FTTR и обеспечивает полную оптическую инфраструктуру для приложений "умного дома" и "умной жизни". В сочетании с беспроводной технологией Wi-Fi 6 FTTR может покрыть домашнюю среду гигабитным широкополосным доступом без мертвых зон.

В сфере бизнес-услуг сквозные оптические соединения на базе технологии OTN обеспечат услуги высококачественных частных линий. Технология OTN может в дальнейшем сочетаться с сетями PON для реализации широкого охвата частными линиями через оптоволоконно с конфигурацией "точка – множество точек", обеспечивая высококачественные услуги премиум-класса частных линий

для малых и средних предприятий и офисов (SOHO) с быстрой инсталляцией.

Полномасштабное развертывание сетей 5G увеличит количество мобильных площадок (базовых станций и малых сот) на порядок. Транспортные сегменты xHaul мобильных сетей 5G требуют большой пропускной способности, широкого покрытия и низкой задержки, которые можно обеспечить только за счет доступа и транспортировки трафика по оптоволокону. Распределение мобильных сайтов 5G будет накладываться на оптическую распределительную сеть ODN (Optical Distribution Network) на базе технологии FTTH. Следовательно, архитектуры распределенной (DRAN – Distributed RAN) и облачной (CRAN – Cloud RAN) сетей радиодоступа RAN (Radio Access Network) в 5G и развертывание макро-, микро- и опорных сайтов могут использовать сети ODN для переднего (Front) или заднего (Back) сегментов xHaul.

В области корпоративного доступа F5G заменят традиционные "медные" локальные сети Ethernet на PON. Внедрение LAN с использованием PON (POL) может снизить затраты на кабель и обслуживание, поскольку ODN дешевле и не требует обслуживания по сравнению с обычной сетью Ethernet.

Оптический доступ в дальнейшем проникнет и в производственные системы промышленных предприятий, соединяя машины и промышленных роботов по технологии "волокно до машины" FTTH (Fiber-To-The Machine). Благодаря характеристикам оптических сетей с высокой пропускной способностью, высокой надежностью, малой задержкой, защитой от помех и высокой конфиденциальностью можно создать сети, чувствительные ко времени, – TSN (Time Sensitive Networking) [16] для реализации промышленной цифровой трансформации.

Переход к полностью оптической сети приведет к значительному сокращению необходимого количества точек агрегации в сети, что позволит операторам связи уменьшить количество фактических узлов связи и значительно упростить свои сети. При переходе к полностью оптическому соединению граница между сетями доступа и транспортными сетями будет размываться и в сетях F5G ожидается более тесная координация между этими уровнями.

### 3. Гарантированное надежное предоставление услуг GRE (Guaranteed Reliable Experience)

GRE позволит удовлетворить потребности пользователей в высококачественных услугах с низкой задержкой, высокими надежностью и доступностью связи, а также обеспечить оператору связи высокую эксплуатационную (операционную) эффективность сети. С учетом возможности высококачественной передачи информации в оптических волокнах сеть F5G обеспечит практически нулевые потери пакетов, микросекундную задержку и джиттер, а также работу с интеллектуальными функциями эксплуатации и техобслуживания (O&M), реализуемыми искусственным интеллектом и технологиями больших данных (Big Data), для удовлетворения требований пользователей к максимальному качеству обслуживания.

Так, в сценариях бытового широкополосного доступа для высокоскоростных услуг, чувствительных к задержкам и потере пакетов, таких как HD-видео, облачная виртуальная реальность и крупномасштабные облачные игры, требуется передача данных с малой задержкой миллисекундного уровня через сети OTN, POL и Wi-Fi. В сетях F5G необходима интеллектуальная идентификация услуг и выделение высококачественных сетевых ресурсов в реальном масштабе времени. Должна автоматически определяться и корректироваться политика обеспечения безопасности широкополосной сети, чтобы адаптироваться к изменениям в пользовательских приложениях.

Услуги частных линий и другие промышленные прикладные услуги требуют постоянной и надежной полосы пропускания, задержек на уровне единиц миллисекунд и высокой доступности для поддержки требований соглашения о качестве обслуживания SLA. Следовательно, сети F5G должны иметь гибкие возможности резервирования и изоляции сквозной полосы пропускания.

Услуги мобильной связи 5G также требуют высокой пропускной способности, малой задержки, высоконадежных коммуникаций и технологий высокоточной тактовой синхронизации для обеспечения качества различных услуг мобильного широкополосного доступа.

### АРХИТЕКТУРА СЕТЕЙ F5G

Предлагаемая ETSI ISG F5G архитектура сетей F5G включает три плоскости, показанные на рис.3.

#### 1. Базовая плоскость (Underlay Plane)

Базовая плоскость, по сути, это физическая сеть, которая включает сетевые узлы и оптоволоконные линии связи. Она обеспечивает физические соединения и динамический программируемый выбор маршрута передачи трафика под управлением контроллера в плоскости управления сетью MSA. Базовая плоскость состоит из четырех сегментов: клиентской сети CPN (Customer Premises Network), сети доступа AN (Access Network), сети агрегации (Aggregation Network) и ядра сети (Core Network).

В CPN используются различные технологии в зависимости от требований конечного пользователя. Например, в домашнем сегменте в качестве новых технологий могут быть использованы Wi-Fi 6 и FTTR, а в корпоративном сегменте можно использовать POL для упрощения развертывания и обеспечения высокой пропускной способности. OTN также может быть развернута в CPN для клиентов, которым требуется высококачественный VPN-сервис.

Сеть доступа должна быть основана на технологиях XGS-PON и OTN в зависимости от типа клиента и предоставляемой услуги.

Сеть агрегации состоит из двух параллельных структур: IP/Ethernet и OTN. Структура IP/Ethernet состоит из корневых коммутаторов, а структура OTN – из узлов OTN. Для фактического развертывания структур IP/Ethernet или OTN в одной сети может сосуществовать несколько физических структур одного типа. Обе структуры имеют общую точку передачи трафика на границе агрегации (Aggregation Edge) в ядро сети.

Между сетью доступа и границей агрегации может быть несколько сетевых туннелей, которые проходят через структуры IP/Ethernet или OTN. Для разных

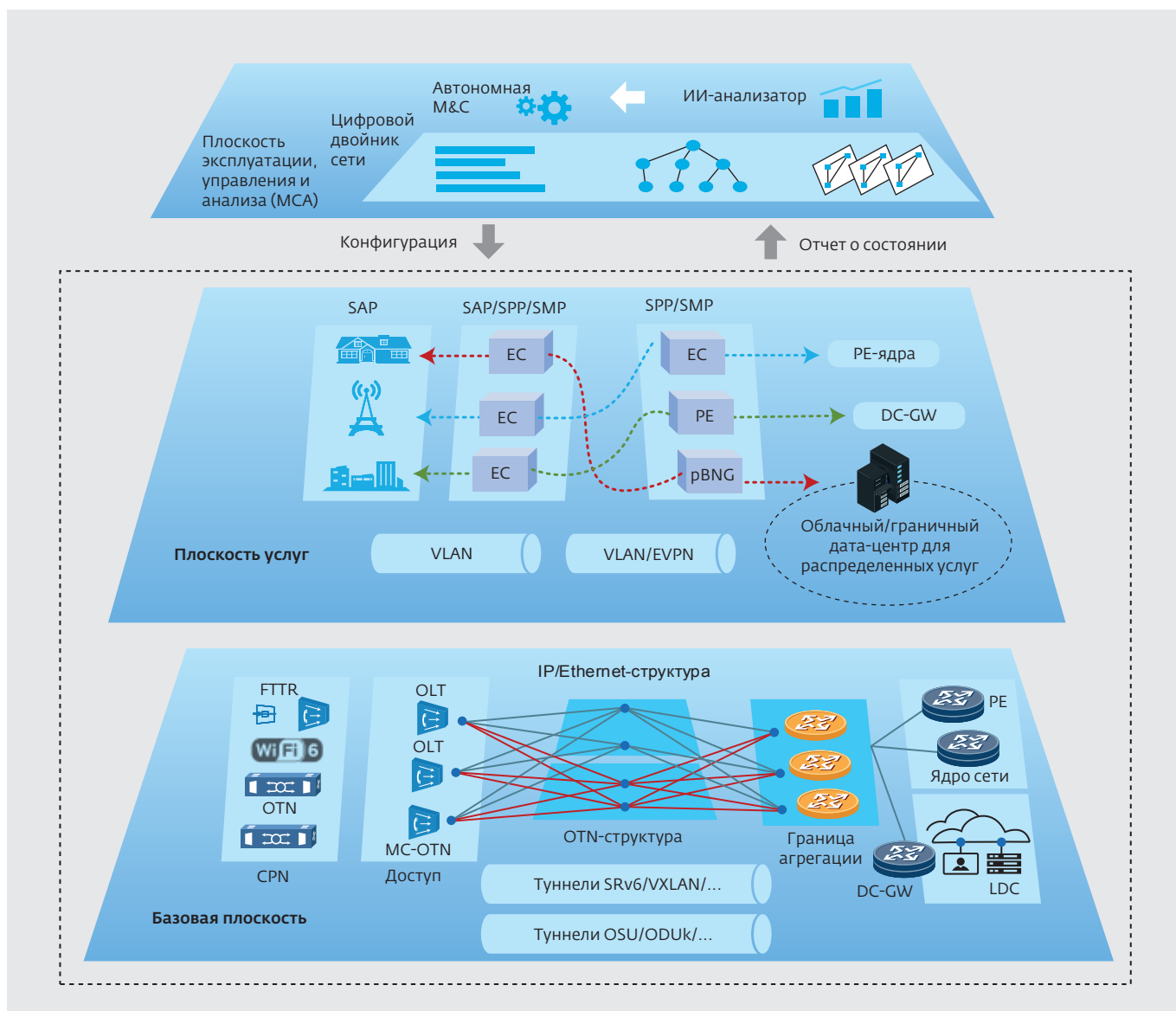


Рис.3. Сетевая архитектура F5G (источник: ETSI)

экземпляров туннелей SLA может быть несколько путей через разные узлы в одной структуре. Как правило, для определенного соглашения SLA существует только один экземпляр сетевого туннеля. Сеть доступа подключается как к структуре IP/Ethernet, так и к OTN. Базовая плоскость и связанные с ней сетевые узлы должны поддерживать сетевые слои (slicing).

## 2. Плоскость услуг (Service Plane)

Эта плоскость обеспечивает сетевые соединения для реализации услуг клиентам и услуг широкополосной связи. По сравнению с туннелями с грубой гранулярностью на уровне базовой сети соединения на уровне услуг могут создаваться динамически с помощью активации протоколами, например

PPPoE, или конфигурироваться на уровне управления сетью MCA.

Точка доступа к услуге SAP (Service Access Point) обеспечивает доступ клиента к услуге. Точка обработки услуги SPP (Service Processing Point) выполняет обработку услуг уровней L1/L2/L3, которая может быть улучшена за счет граничных вычислений. Точка сопоставления услуги SMP (Service Mapping Point) – это место, где трафик направляется в соответствующую базовую структуру IP/Ethernet или OTN и каналы.

Сеть доступа обычно содержит точки SAP, SPP и SMP. Помимо предоставления функции доступа, она также идентифицирует услуги, добавляет или удаляет инкапсуляции и направляет трафик в соответствующую базовую структуру и каналы. Граница

агрегации обычно содержит точки SPP и SMP, потому что они должны выполнять специфичную для услуги обработку и сопоставление исходящего/входящего трафика с соответствующими туннелями в базовой плоскости.

Под соединением услуги (service connection) понимается канал услуги между SAP в сети доступа и SPP на границе агрегации. Примерами SPP на границе агрегации являются сетевой широкополосный шлюз pBNG (provider Broadband Network Gateway), корпоративный шлюз, граничный маршрутизатор провайдера VPN PE и функция сетевой виртуализации VNF для услуг с добавленной стоимостью. Интернет-каналы услуг между оптическим терминалом пользователя ONU и pBNG являются типичными соединениями услуг. Плоскость услуг также обеспечивает соединения услуг между SPP, например цепочку услуги между экземпляром виртуального оборудования пользователя vCPE и экземпляром виртуального межсетевого экрана vFirewall, VPN от OLT до границы агрегации. Для услуг на основе базовой структуры IP/Ethernet точка SPP в сети доступа может выполнять аутентификацию абонента, в то время как pBNG в основном терминирует услуги PPPoE. Определяя новые SPP, можно легко создавать новые услуги путем программирования цепочек услуги из SPP.

Плоскость услуг отделена от базовой плоскости, поэтому базовая плоскость не знает об изменениях в плоскости услуг, например о добавлении, удалении и направлении трафика услуг в SAP и SPP. Точки SAP и SPP можно масштабировать независимо. Плоскость услуг может поддерживать несколько услуг с разными SLA. Требования для развертывания услуг в плоскости услуг включают соединения конечных точек с гарантированными SLA. Плоскость услуг должна согласовывать требования к ресурсам с базовой плоскостью, которая координируется плоскостью MCA, в то же время плоскости услуг не нужно знать о создании путей через сетевые узлы, организации защиты информации и т.д.

### 3. Плоскость эксплуатации, управления и аналитики MCA (Management, Control & Analytics Plane)

Плоскость MCA – это интеллектуальное ядро сети F5G, отвечающее за эксплуатацию, управление и аналитику всей сети. Она состоит из трех логических компонентов, которые могут быть реализованы в распределенном, централизованном или гибридном режиме:

1. Цифровой двойник сети (DigitalTwin) – это эквивалентная модель работающей сети, включающая текущее состояние, доступные ресурсы и конфигурацию сети. Цифровой двойник

сети создается путем непрерывного сбора данных о состоянии сети в режиме реального времени и их объединения с данными о сетевых ресурсах и конфигурациях. Эта информация является входными данными для автономной эксплуатации и анализа сети на основе искусственного интеллекта;

2. Автономные эксплуатация и управление (Autonomous Management and Control) – это основные функции плоскости MCA для конфигурации сети, развертывания услуг и эксплуатации сети. Помимо контроллеров для плоскости услуг и базовой плоскости, она также содержит два механизма:

- ▶ механизм намерений (Intent Engine) – предоставляет прикладной программный интерфейс API (Application Programming Interface) намерений для системы эксплуатационной поддержки OSS (Operation Support System), похожий на естественный язык, описывающий "то, что я хочу". Он абстрактен и не связан с конкретными сетевыми конфигурациями. Механизм намерений может переводить и понимать намерение из интерфейса и управлять соответствующей операцией, проверкой и обратной связью;

- ▶ автономный механизм (Autonomous Engine) – реализует такие операции, как управление ресурсами и устройствами, развертывание услуг и выбор туннелей в базовой плоскости, а также реализует управление ресурсами и устройствами и развертывание услуг в плоскости услуг. Одной из важных функций автономного механизма является скоординированная конфигурация плоскостей, которая позволяет подключать сетевые узлы по принципу "подключи и работай" (plug and play), а также программировать как базовые туннели, так и услуги.

3. Анализатор на основе искусственного интеллекта (AI analyser) – анализирует сетевые данные, идентифицирует, находит и прогнозирует сбои в сети, предоставляет инструменты управления для качества восприятия услуг QoE (Quality of Experience) и инструменты анализа для сетевых операций. Он включает в себя два механизма:

- ▶ механизм анализа (Analysis Engine) – платформа управления данными и алгоритмы для аналитики. Анализ цифрового двойника сети позволяет выбрать оптимальный туннель в базовой плоскости, выявляет

и анализирует сбои в сети, а также обеспечивает замкнутый цикл управления с помощью автономного механизма;

- ▶ механизм искусственного интеллекта (AI Engine) – выполняет правила и обучение с использованием искусственного интеллекта, он используется механизмом анализа, чтобы прогнозировать сбои и использование сети, а также выявлять и анализировать неисправности в сети.

- иммерсивные (обеспечивающие полный эффект присутствия) услуги определяют потребности использования виртуальной/дополненной реальности (VR/AR) в средах интерактивного общения человека и машины, таких как здравоохранение, облачные игры и социальные сети;
- чувствительные ко времени приложения определяют потребности обеспечения критичных ко времени, малой задержке и требований к мощности обработки данных в таких областях, как потоковая передача/обработка аудио и видео, промышленная автоматизация и телемедицина;
- надежные коммуникации определяют потребности строгих требований к качеству обслуживания, таких как высокая доступность и целостность данных, в областях общественных услуг, здравоохранения, банковского обслуживания в реальном времени и критически важных приложений;
- конечные точки доступа с высокой плотностью подключения определяют потребности увеличения плотности PON в таких сферах, как общественные места, центры обработки данных, административные и жилые здания;

### СЦЕНАРИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕТЕЙ F5G

Возможные сценарии использования сетей F5G определяются на основе следующих услуг и потребностей:

- типичным примером широкополосных сетей является использование услуг широкополосной связи с гигабитным подключением в таких областях, как онлайн-образование, умный дом, корпоративные облака, совместная работа и социальные сети;
- сети в помещениях пользователя определяют потребности использования гигабитных подключений абонентских устройств и включают беспроводной и проводной доступы, расширенные услуги широкополосного доступа и умный дом/предприятие;

XIV Международная конференция

23 марта 2023 года

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

[t.me/comnews\\_conferences](https://t.me/comnews_conferences)

[vk.com/comnews\\_conferences](https://vk.com/comnews_conferences)

TransNet

Russia

[www.comnews-conferences.ru/tn2023](http://www.comnews-conferences.ru/tn2023)

## Transport Networks Russia

5

Причин посетить конференцию TransNet 2023

- 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

Организатор: **COMNEWS CONFERENCES**

Официальный партнер: **ТТК.ТрансТелеКом**

Партнер регистрации: **СУПЕРТЕЛ**

Партнеры сессий: **GT**, **ТТК**, **п3.com**

При участии: **раском**, **СМАРТС**, **МКФ**



Таблица 2. Типовые сценарии использования сетей F5G (источник: ETSI)

№ сценария	Сценарий использования сетей F5G	Ключевое направление	Ключевой сегмент					Ключевой фокус		
			Домашние приложения	Бизнес-приложения	Мобильные сети	Промышленные приложения	Сетевые функции	Услуги	Сеть	Эксплуатация
1	Облачная виртуальная реальность	GRE	×	×		×		×		
2	Высококачественная частная линия	GRE		×				×		
3	Высококачественная недорогая частная линия для малых и средних предприятий	eFBB		×				×		
4	Локальная сеть PON	eFBB, FFC	×	×					×	
5	Пассивная оптическая LAN	eFBB, FFC		×					×	
6	PON для индустриального производства	eFBB, FFC, GRE				×			×	
7	PON для городских публичных услуг	FFC				×			×	
8	Агрегированный множественный доступ через PON	eFBB, FFC			×		×		×	
9	Расширение PON до стандартного восходящего канала Ethernet	eFBB, FFC					×		×	
10	Широкополосный доступ	eFBB, FFC					×		×	
11	Расширенный мониторинг трафика и сетевое управление в интеллектуальной сети доступа	FFC, GRE					×		×	
12	Высококачественная передача по требованию для приложений реального времени	GRE					×			×
13	Удаленная аттестация защищенных сетевых элементов	GRE					×			×
14	Цифровизация эксплуатационной документации сетей ODN/FTTx	eFBB					×			×
15	Виртуальное присутствие на базе XR	eFBB, GRE	×	×				×		
16	Частная корпоративная линия для подключения к множеству облаков	GRE		×				×		
17	Премиум домашнее широкополосное подключение к множеству облаков	FFC, GRE	×					×		

№ сценария	Сценарий использования сетей F5G	Ключевое направление	Ключевой сегмент					Ключевой фокус		
			Домашние приложения	Бизнес-приложения	Мобильные сети	Промышленные приложения	Сетевые функции	Услуги	Сеть	Эксплуатация
18	Виртуальная музыка	eFBB, GRE	×	×				×		
19	Цифровые двойники следующего поколения	eFBB, GRE				×		×		
20	Транспортировка медиа	eFBB, GRE	×	×		×	×	×		
21	Визуальный контроль на базе граничных/облачных вычислений для автоматической оценки качества на производстве	FFC, GRE				×		×		
22	Управление промышленными автоматизированными транспортными средствами на базе граничных/облачных вычислений	GRE				×		×		
23	Облачная медицинская визуализация	eFBB, GRE		×				×		
24	F5G для интеллектуальной шахты	FFC, GRE				×		×		
25	Усовершенствованная оптическая транспортная сеть для соединений центров обработки данных	eFBB, GRE					×		×	
26	Улучшенный оптический доступ "точка – точка"	FFC			×		×		×	
27	Сельские сценарии	eFBB, FFC							×	
28	Высокоскоростное пассивное агрегирование сетевого трафика "точка – много точек" (P2MP)	eFBB, FFC					×		×	
29	Оркестрация B2B-услуг в сетях xPON	eFBB, GRE							×	×
30	Полоса пропускания по требованию	GRE	×	×		×				×
31	Интеллектуальное техническое обслуживание оптических кабелей	FFC, GRE					×			×
32	Диагностика оптической трассы PON на основе искусственного интеллекта	GRE					×			×

- промышленные экосистемы определяют потребности использования аналитики и интеллектуальных устройств в таких областях, как умное производство в вертикальных секторах и промышленных отраслях;
- автономные сети определяют потребности использования искусственного интеллекта и методов автоматизации в таких областях, как сети связи, Интернет вещей, периферийные вычисления и приложения для "умных" городов.

По мнению исследовательской группы ETSI, сети F5G используют оптические технологии в пяти ключевых сегментах применения: домашние приложения, бизнес-приложения, внутренние задачи сети, такие как оптимизация сети, реализация транспортных сегментов xHaul мобильных сетей 5G, а также варианты использования, ориентированные на различные промышленные отрасли.

Первоначально в спецификации Релиза 1 были представлены 14 сценариев использования сетей F5G, в дальнейшем в Релизе 2 они были расширены до 32. Для каждого сценария в табл.2 указаны ключевые направления реализации (eFBB, FFC и GRE), сегменты применения и фокус (услуги, сеть или эксплуатация).

## Выводы

Основное внимание исследовательской группы ETSI ISG F5G уделено разработке новой концепции применения оптических сетей – "Волокно до всего и повсюду" (FTTE – Fiber-To-The Everywhere and Everything). ETSI видит построение перспективных сетей пятого поколения F5G в трех направлениях: расширенная фиксированная широкополосная связь eFBB, полностью оптоволоконные соединения FFC и гарантированное надежное предоставление услуг GRE. В качестве практической реализации концепции FTTE предложены 32 типовых сценария использования оптоволоконных сетей для четырех основных потребителей сетевых услуг: домашних пользователей, бизнеса, различных отраслей промышленности и мобильных сетей, а также для нужд операторов связи.

Работа группы ETSI ISG F5G продолжается и в текущий исследовательский период (2022–23 гг.) будут разработаны спецификации Релиза 2, в которых планируется рассмотреть расширение архитектуры F5G, включая архитектуру управления и структуру безопасности, организацию телеметрии сетей доступа, обеспечение качества обслуживания в жилых помещениях, промышленные PON

и др. Очевидно что для этого потребуются новые сетевые технологии, для которых должны быть разработаны соответствующие международные стандарты. Только при их наличии возможна полноценная реализация на практике концепции FTTE, когда оптоволокно дойдет до всех точек предоставления сетевых услуг (пользователь, дом, офис, базовая станция и др.).

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Росляков А.В.** Сеть 2030: архитектура, технологии, услуги. М.: ИКЦ "Колос-с", 2022.
2. **Росляков А.** "СЕТЬ-2030": взгляд МСЭ-Т на будущее сетей фиксированной связи // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2021. № 4. С. 50–59.
3. **Росляков А.** Стандартизация сетей фиксированной связи // Стандарты и качество. 2023. № 1.
4. **Росляков А.В.** Поколения сетей фиксированной связи F1G–F5G. Ч. 1 // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2022. № 8. С. 34–40.
5. Fifth Generation Fixed Network (F5G); Bringing Fibre to Everywhere and Everything. ETSI White Paper No. 41, 2020.
6. ETSI GR F5G 001. Fifth Generation Fixed Network (F5G); F5G Generation Definition Release No 1. 2020.
7. ETSI GR F5G 002. Fifth Generation Fixed Network (F5G); F5G Use Cases. Release No 1. 2021.
8. ETSI GS F5G 003. Fifth Generation Fixed Network (F5G); F5G Technology Landscape. 2021.
9. ETSI GS F5G 004. Fifth Generation Fixed Network (F5G); F5G Network Architecture. 2022.
10. ETSI GS F5G 005. Fifth Generation Fixed Network (F5G); F5G High-Quality Service Experience Factors. Release No 1. 2022.
11. ETSI GR F5G 006. Fifth Generation Fixed Network (F5G); End-to-End Management and Control; Release No 1. 2022.
12. ETSI GR F5G 008. Fifth Generation Fixed Network (F5G); F5G Use Cases Release No 2. 2022.
13. ETSI GS F5G 009 V1.1.1. Fifth Generation Fixed Network (F5G); Proof of Concept Framework. 2021.
14. ETSI GS F5G 010. Fifth Generation Fixed Network (F5G); Security; Threat Vulnerability Risk Analysis and countermeasure recommendations for F5G. 2022.
15. Industry specification group (ISG) fifth generation fixed network (F5G) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.etsi.org/committee/1696-f5g> (дата обращения 19.12.2022).
16. **Росляков А.В., Сударева М.Е., Мамошина Ю.С., Герасимов В.В.** TSN – сети Ethernet, чувствительные ко времени // Инфокоммуникационные технологии. 2021. Т. 19. № 2. С. 187–201.

АВТОРИТЕТНАЯ ПЛОЩАДКА  
ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
ЛИДЕРОВ ТЭК

18–20 АПРЕЛЯ 2023



РОССИЙСКИЙ  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
**РМЭФ**  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ  
ФОРУМ

XXX МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА



**ЭНЕРГЕТИКА И  
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

ОДНОВРЕМЕННО С РМЭФ-2023 ПРОЙДУТ ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРОЕКТЫ:  
**ВЫСТАВКА «ЖКХ РОССИИ», ВЫСТАВКА «СВАРКА/WELDING»,  
ВЫСТАВКА-КОНГРЕСС «ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ»**



**@ENERGYFORUMSPB** САМАЯ АКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О РМЭФ В НАШЕМ TELEGRAM-КАНАЛЕ!

18+

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР  
**ЭКСПОФОРУМ**  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

ENERGYFORUM.RU  
rief@expoforum.ru  
+7 (812) 240 40 40, доб.2626

**EXPOFORUM**

ENERGETIKA-RETEC.RU  
energo@restec.ru  
+7 (812) 303 88 68

**РЕСТЭК®**  
ВЫСТАВОЧНОЕ ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

