

# ПОКОЛЕНИЯ СЕТЕЙ фиксированной связи F1G–F5G

Часть 1

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

УДК 621.391, DOI: 10.22184/2070-8963.2022.108.8.34.40

Представлен краткий обзор промежуточных результатов продолжающегося исследования Европейского института телекоммуникационных стандартов (ETSI) по изучению эволюции сетей фиксированной связи и определению их возможностей и принципов построения на ближайшую перспективу. По мнению ETSI эту эволюцию можно обозначить пятью поколениями F1G–F5G по аналогии с поколениями мобильных сетей. Показаны особенности реализации фиксированных сетей разных поколений, особое внимание уделено перспективному пятому поколению F5G.

## ВВЕДЕНИЕ

Начиная с 70-х годов прошлого века, когда появилась первая сотовая сеть, практически через каждые 10 лет создавались стандарты новых поколений мобильной связи, которые затем успешно реализовывались на практике в виде соответствующих сотовых сетей. Сегодня в ряде стран уже работают или строятся сети пятого поколения 5G, а мировое телекоммуникационное сообщество уже начало активные исследовательские работы по созданию стандартов нового поколения 6G.

Сети фиксированной связи за более чем вековую историю в меньшей степени, чем сети мобильной связи, претерпевали революционные изменения. Наиболее существенные изменения в фиксированных телефонных сетях произошли в начале 21 века в связи с бурным развитием интернета, переходом от коммутации каналов к коммутации пакетов и созданием мультисервисных сетей следующего поколения NGN для предоставления пакета услуг Triple Play по совместной передаче голоса, видео и данных [1]. Последняя сетевая концепция "Будущие сети" (Future Networks) [2, 3], предложенная

в Рекомендациях МСЭ-Т серии Y.3000, внесла определенные изменения в существующую парадигму сетей фиксированной связи (программно-конфигурируемые сети SDN, облачные технологии XaaS, технологии виртуализации NFV/VNF и др.).

Однако в последнее время стало очевидным, что без соответствующего развития сетей фиксированной связи невозможно успешное построение и функционирование сетей мобильной связи пятого и шестого поколений, так как весь огромный трафик этих сетей передается и будет передаваться в перспективе по транспортным фиксированным сетям.

В связи с этим возникла острая необходимость в разработке требований к новой архитектуре сетей фиксированной связи и создании необходимых технологий для ее реализации, а также в определении перечня сетевых услуг, которые будут востребованы в ближайшие годы и в отдаленной перспективе. Решение этих задач позволит добиться того, чтобы эти сети полностью отвечали требованиям мобильных сетей 5G, а в перспективе и 6G.

И такие исследования были начаты в последние годы рядом международных организаций по стандартизации в области телекоммуникаций [4]. Работы части исследовательских групп еще продолжают, но полученные результаты уже позволяют видеть в целом направление развития сетей фиксированной связи на ближайшее десятилетие и в более отдаленной перспективе.

В предыдущей статье [5] представлен анализ аналитических материалов МСЭ-Т, разработанных в процессе проведенного исследования "Сеть 2030" (Network 2030) по изучению возможностей и принципов построения фиксированных сетей связи на период до 2030 года и позже.

В данной статье дается краткий обзор промежуточных результатов продолжающегося исследования ETSI [6-8], которые посвящены определению поколений сетей фиксированной связи.

### Исследование ETSI по сетям F5G

В 2020 году в ETSI была сформирована новая исследовательская группа промышленных спецификаций – ISG F5G (Industry Specification Group Fixed 5G Networks), в компетенцию которой входит разработка стандартов перспективных сетей фиксированной связи, названных фиксированными сетями пятого поколения F5G [6]. В число членов группы вошли представители следующих организаций и компаний: Association eG4U, Altice Portugal, BOUYGUES Telecom, BTC, Cadzow Communications, CAICT, CATT, China Unicom, China Telecommunications, CICT, ECO, Fraunhofer HHI, Futurewei, Huawei Technologies, JSPRC Kryptonite, POST Luxembourg, "Ростелеком", TIM и Turk Telekomunikasyon. Группа ISG F5G проводит свои работы по пяти направлениям (рис.1).

Первое из них посвящено разработке набора услуг для индивидуальных и корпоративных пользователей с учетом новых технических возможностей сетей F5G. Второе направление связано с анализом имеющихся недостатков и проблем существующих сетевых технологий, на основе которого планируется разработать новые технологии и стандарты сетей F5G. Определению поколений сетей фиксированной связи и путей развития сетей разного уровня (транспортных, доступа и локальных) посвящено третье направление. Предусматривалось определить основные технические характеристики, разграничивающие разные поколения фиксированных сетей.

В рамках четвертого направления группа разрабатывает архитектуру сетей F5G, в которой будут определены основные требования к сквозным сетевым архитектурам, функциям и соответствующим сетевым устройствам/элементам для реализации

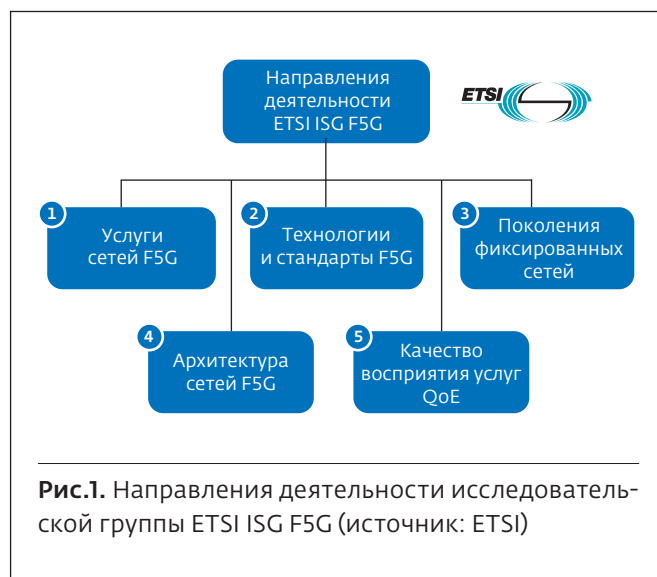


Рис.1. Направления деятельности исследовательской группы ETSI ISG F5G (источник: ETSI)

перспективных фиксированных сетей. Наконец, в рамках пятого направления группа исследует факторы, характеризующие степень удовлетворенности пользователей (качество восприятия QoE) новыми широкополосными услугами сетей F5G. Планируется проанализировать общие факторы, влияющие на качество услуг QoS, и определить соответствующие параметры восприятия QoE для каждой услуги.

Работа ETSI ISG F5G направлена на предварительную стандартизацию, включая выявление пробелов в технологиях и стандартах. Полученные результаты исследований будут переданы в соответствующую группу ETSI по стандартизации и/или в организации, которые затем могут дополнительно усовершенствовать или разработать соответствующие технологические спецификации. Группа ISG F5G не намеревается дублировать работы, которые уже ведутся в других международных организациях по стандартизации телекоммуникаций (МСЭ-Т, IETF, IEEE и др.), а планирует определять перспективы развития фиксированных сетей в тесном сотрудничестве с ними и соответствующими заинтересованными компаниями телекоммуникационной отрасли.

По результатам первого периода исследования (2020 и 2021 годы) группа опубликовала Релиз 1 F5G, состоящий из семи спецификаций, в которых определены пять поколений сетей фиксированной связи F1G–F5G и указаны их отличительные количественные и качественные характеристики, разработана базовая архитектура сетей F5G, представлены 32 типовых сценария оказания сетевых услуг, обсуждаются ключевые показатели качества восприятия QoE и способы измерения качества обслуживания QoS для различных приложений F5G, а также

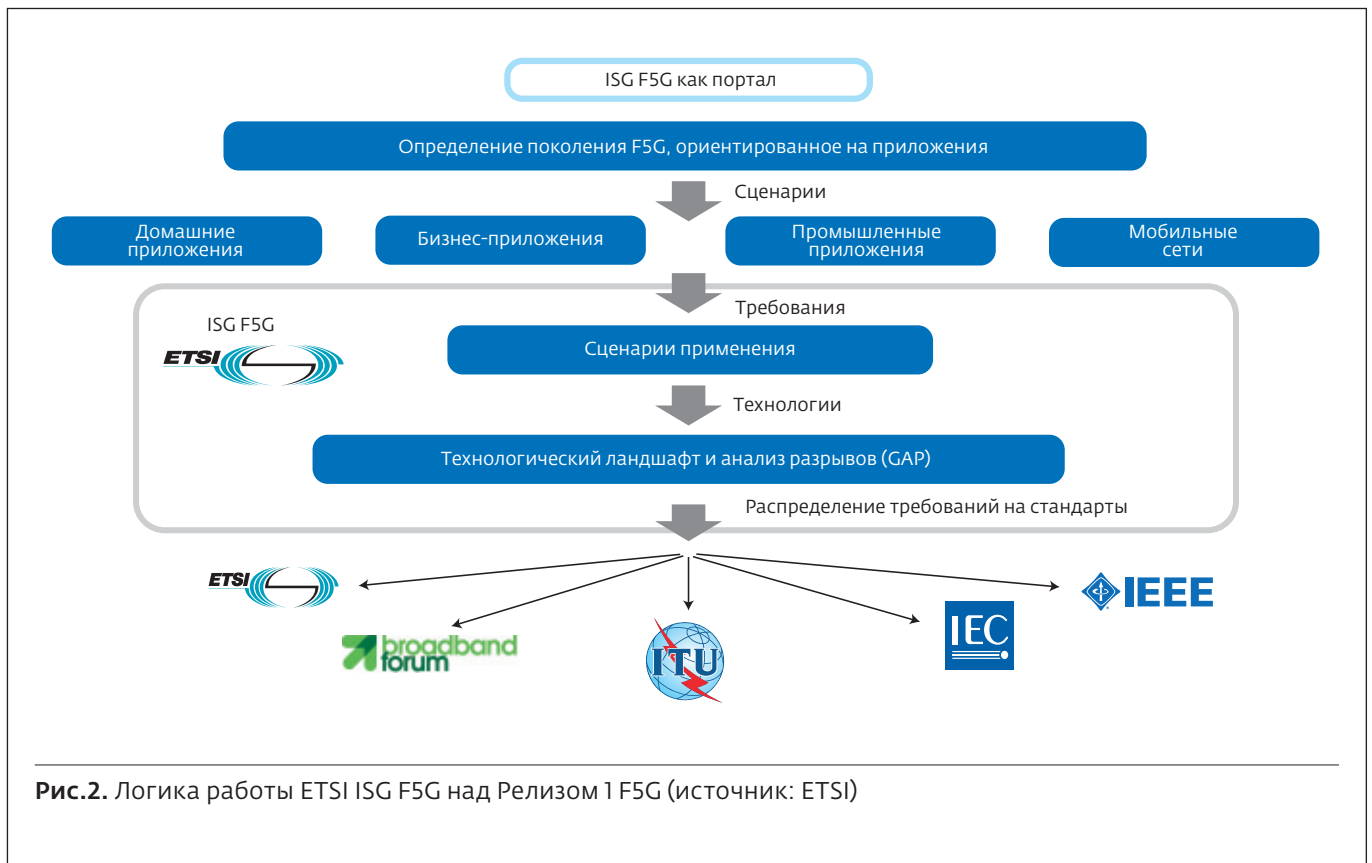


Рис.2. Логика работы ETSI ISG F5G над Релизом 1 F5G (источник: ETSI)

выполнен анализ сетевой архитектуры с точки зрения безопасности и рисков. Основное внимание в спецификациях уделяется сетям, полностью состоящим из волоконно-оптических элементов вплоть до конечных точек соединения (пользователь, комната в квартире, дом, офис, базовая станция и т.д.). При этом соединение с некоторыми терминалами по-прежнему можно поддерживать с помощью беспроводных технологий (например, Wi-Fi). Логика работы исследовательской группы ETSI над Релизом 1 F5G показана на рис.2.

В течение текущего исследовательского периода (2022 и 2023 годы) ISG F5G планирует опубликовать Релиз 2 F5G, который будет содержать расширения и улучшения Релиза 1. Новые области исследования включают телеметрию для сетей доступа, качество обслуживания в жилых помещениях, промышленные сети PON, расширение архитектуры F5G, включая архитектуру управления и структуру безопасности.

## ПОКОЛЕНИЯ СЕТЕЙ ФИКСИРОВАННОЙ СВЯЗИ

Сети фиксированной связи включают решения как на основе медножильных, так и оптических кабелей, и даже беспроводных технологий, когда

конечные пользователи не перемещаются в пространстве и остаются на одном месте для получения услуг, предоставляемых сетью. Начиная с 19 века фиксированная связь развивалась от отдельных сетей для каждого вида услуг (голос, данные, текст) до эпохи цифровых технологий, которая позволила объединить множество услуг в одной сети. За последние 40 лет оптоволоконные технологии сыграли важнейшую роль в этой эволюции, увеличивая пропускную способность и возможности сетей. По мнению ETSI, эту эволюцию фиксированных сетей можно обозначить пятью поколениями F1G–F5G по аналогии с поколениями мобильных сетей и сетей кабельного телевидения (рис.3) [7].

Услуги и сетевые приложения являются фундаментальной движущей силой развития любых сетей связи. Из истории развития сетей фиксированной связи можно увидеть, что каждое поколение в их эволюции обусловлено необходимостью решать проблемы, связанные с новыми услугами. Когда существующая сеть не может удовлетворить потребности новых услуг, возникает сеть нового поколения. Следовательно, услуги – это первый принцип разграничения поколений сетей.

Чтобы соответствовать требованиям, предъявляемым сервисами и приложениями, сетевые

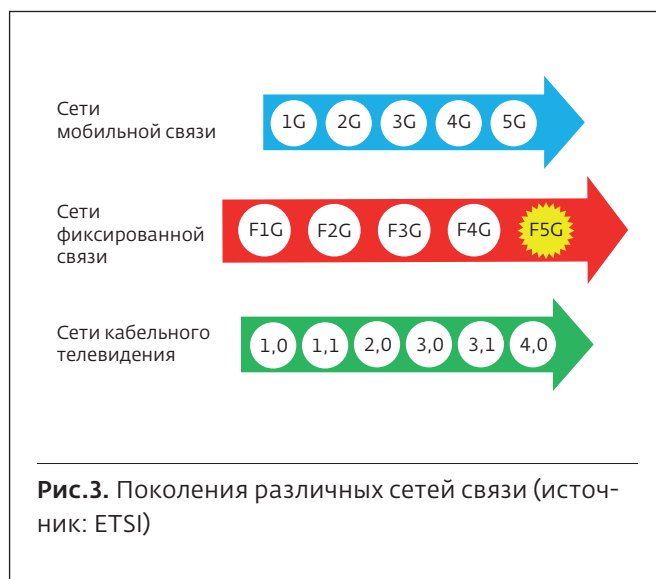
технологии должны постоянно улучшаться и развиваться. Развитие технологий сетей фиксированной связи напрямую отражается в трех аспектах: пропускная способность, количество подключений и качество обслуживания. Эти аспекты также нашли свое выражение в характерных технологиях каждого поколения.

Во-первых, обновление технологий фиксированного доступа каждого поколения – это увеличение пропускной способности, которая росла от поколения к поколению практически на порядок: 64 кбит/с, 2 Мбит/с, 10 Мбит/с, 100 Мбит/с и 1 Гбит/с. Наряду с развитием технологий доступа, транспортные технологии также развиваются, чтобы улучшить пропускную способность магистральных сетей: 2, 155, 622 Мбит/с; 2,5, 10, 100 Гбит/с и 200/400 Гбит/с. В настоящее время полоса пропускания на одной длине волны достигла 800 Гбит/с, а пропускная способность по одному волокну превышает 40 Тбит/с. Таким образом, от поколения к поколению она увеличивалась в 4–10 раз.

Во-вторых, растет количество сетевых подключений. С развитием услуг фиксированных сетей появляется все больше и больше пользователей сервисов широкополосной связи, а устройства доступа в сеть постепенно расширяются от таких традиционных устройств коммуникаций, как проводные телефоны, мобильные телефоны и компьютеры, до различных бытовых и промышленных устройств, таких как телевизоры, игровые плееры, видеотерминалы, датчики/сенсоры/актуаторы, офисные устройства и промышленные системы. В связи с постоянным ростом количества подключенных устройств (особенно с появлением Интернета вещей) необходимо увеличивать плотность и эффективность подключения к сетям, а также повышать уровень интеграции и пропускную способность сетевых устройств.

Средства подключения к фиксированным сетям также меняются. Сначала пользователи применяли для доступа телефонные кабели. С расширением спектра сетевых услуг появились и развились такие средства и технологии подключения, как коаксиальные кабели, кабели Ethernet, силовые кабели, оптические кабели и беспроводные технологии.

В-третьих, постоянно расширяются требования к качеству обслуживания сетевого трафика. Новые услуги увеличивают возможности пользователей и предъявляют новые требования к транспортным сетям, выходящие за рамки просто увеличения пропускной способности сети. Требования к задержке в сети и джиттеру становятся все более



**Рис.3.** Поколения различных сетей связи (источник: ETSI)

строгими: от секунд до миллисекунд и микросекунд, чтобы соответствовать условиям развертывания таких приложений, как облачная виртуальная реальность VR, облачные игры, большие данные, искусственный интеллект и транспортные сегменты сетей 5G (xHauling). Коэффициент готовности соединения повышается с 99,99% до 99,9999%, что соответствует требованиям таких критичных приложений, как финансы, образование, здравоохранение, энергетика, транспорт и т.д.

Характеристики различных поколений сетей фиксированной связи FxG с учетом вышеперечисленных разграничений приведены в табл.1 [7].

### Первое поколение F1G

К первому поколению сетей фиксированной связи F1G относятся телефонные сети, которые предоставляли потребителям только голосовые услуги через медножильные кабели. Этот период длился более века от зарождения телефонной связи до конца 20 века. Со второй половины 20 века началась эра глобальных телекоммуникаций. В течение этого периода услуги передачи данных делали свои первые шаги с использованием коммутируемого доступа и цифровой сети с интеграцией служб ISDN, однако сетевая технология по-прежнему оставалась в основном переносчиком голосового спектра (канал ТЧ), и в целом прогресс был очень медленным.

### Второе поколение F2G

С 1990-х по 2000-е годы сети фиксированной связи вошли во второе поколение, что было прелюдией к сверхширокополосной эре и периоду быстрого

**Таблица 1.** Характеристики поколений сетей фиксированной связи FxG (источник: ETSI)

Поколение	F1G	F2G	F3G	F4G	F5G
Скорость потока к пользователю	< 2 Мбит/с	2–30 Мбит/с	30–100 Мбит/с	0,1–1 Гбит/с	1–10 Гбит/с
Скорость потока в сеть	< 2 Мбит/с	1 / 2 Мбит/с	15–100 Мбит/с	50–500 Мбит/с	1–10 Гбит/с
Услуги	Голос (ТфОП/ISDN), Dial-up интернет	Высокоскорост. интернет, SD-видео	HD-видео	UHD 4K видео	VR-видео, облачные игры, умный город
Общая характеристика	Narrowband (NB)	Basic Broadband (BBB)	Fast Broadband (FBB)	Ultra Fast Broadband (UFBB)	Gigabit Broadband (GBB)
Архитектура	ATC	ATC DSLAM	FTTC/FTTB	FTTH/FTTdp	FTTH/FTTR
Сеть доступа	ТфОП/ISDN	ADSL/ADSL2+	VDSL2	GPON/G.fast	10GPON
Стандарты	I.100–I.699	G.992.x	G.993.x	G.984.x, G.9701	G.987.x (XG-PON), G.9807.x (XGS-PON)
Подключение к сети	RJ11/RJ45	FE+Wi-Fi/Wi-Fi2 (802.11b/802.11a)	FE+Wi-Fi3 (802.11g)	FE/GE+Wi-Fi4/Wi-Fi5 (802.11n/802.11ac)	GE/10G+Wi-Fi6 (802.11ax)
Радиочастотное видео по волокну	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Время стандартизации	1988–1993	1999 (ADSL), 2003 (ADSL2+)	2006	2006 (GPON), 2014 (G.fast)	2017
Время внедрения	1990	2000	2007	2010–2012(GPON) 2016 (G.fast)	2018

развития фиксированной связи. С широким распространением персональных компьютеров и веб-браузеров в эту эпоху стремительно и глобально развивался интернет. Просмотр веб-страниц, электронная почта и поисковые системы стали важными приложениями в сети фиксированной связи. Технология асимметричной цифровой абонентской линии ADSL также оживила телефонную сеть и обеспечила скорость доступа в интернет 2–20 Мбит/с через модемную связь. Строительство широкополосных сетей на основе технологии ADSL в глобальном масштабе длилось примерно с 1998 по 2008 год.

### Третье поколение F3G

Интернет-приложения и широкополосные сети привели к появлению третьего поколения фиксированных сетей. С 2005 года ведущие операторы связи

начали предоставлять услуги Triple-play, объединяющие телефонную связь, доступ в интернет и видеоприложения на основе широкополосных пакетных сетей передачи данных. Видеослужбы операторского класса стали важной движущей силой развития широкополосных сетей. Из-за ограниченной полосы пропускания сети на базе технологии ADSL на начальном этапе поддерживались видеослужбы только со стандартным разрешением.

В 2008 году Федеральная комиссия по связи США (FCC) официально изменила определение "широкополосного доступа" на 25 Мбит/с или выше. В 2010 году Европа объявила о планах EU2020 и Digital Europe Plan, которые определили цель полного покрытия доступом со скоростью 30 Мбит/с для широкополосной сети. Мир официально вступил в третье поколение фиксированных сетей, которое было названо эрой сетей доступа нового поколения NGA (Next Generation Access network).



В этот период как услуги фиксированной сети, так и сетевая архитектура претерпели значительные изменения. Пакетное телевидение IPTV стало для операторов мощным инструментом увеличения доли рынка и дифференциации услуг. Что касается сетевой архитектуры, то традиционная технология ADSL, использующая базовую телефонную сеть, не могла поддерживать "новую широкополосную" услугу со скоростью более 25 Мбит/с. Поэтому операторы должны были использовать сетевую архитектуру с "глубоким проникновением волокна" (fibre-deep) или внедрить новую технологию высокоскоростной абонентской линии VDSL на телефонном кабеле для достижения более высокой скорости.

Технология оптоволоконной связи, появившаяся в 1970-х годах, была впервые применена в сети доступа для реализации сетевой архитектуры "оптическое волокно до точки X" FTTx (Fiber-to-the X), например "оптоволоконно до микрорайона" FTTC (Fiber-to-the Curb) и "оптоволоконно до здания" FTTB (Fiber-to-the-Building). Традиционный узел связи с доступом по телефонным линиям был постепенно преобразован в узел связи с доступом по оптоволоконным линиям. Наряду с технологиями FTTC и FTTB зарубежные операторы связи также использовали усовершенствованные технологии на базе медных кабелей, такие как VDSL2 и векторизация VDSL, для повторного использования телефонной витой пары на последней миле и обеспечения пропускной способности доступа до 100 Мбит/с. Это обеспечило баланс между более высокой потребностью в пропускной способности и стоимостью реализации сетевой архитектуры на основе оптического кабеля. В России эти технологии не использовались ввиду больших расстояний от абонентов до телефонных станций и невысокого качества телефонных линий на ГТС.

#### Четвертое поколение F4G

Видео с высоким разрешением 4K HD и оптоволоконный широкополосный доступ ознаменовали появление фиксированных сетей четвертого поколения. Примерно в 2010 году медножильные кабели в сетях доступа были заменены оптическими волокнами. Технология оптического широкополосного доступа GPON достигла большого прогресса (в мире было развернуто более 100 млн линий). Повсеместное строительство сетей доступа по архитектуре "волокно до дома" FTTH (Fiber-to-the Home) является хорошим примером такого развития.

Непрерывное развитие широкополосных услуг снова стало важной движущей силой развития широкополосных сетей. Технология видео 4K HD предоставила пользователям широкополосного доступа

беспрецедентные возможности просмотра, а также поставила новые задачи перед сетями операторского класса – они должны были обеспечивать стабильный доступ со скоростью 100 Мбит/с или выше.

Оптическая сеть доступа с ее преимуществами высокой пропускной способности, стабильности, упрощенной архитектуры и долгосрочного развития стала наиболее конкурентоспособной целевой сетью в глазах операторов связи. К 2014 году количество пользователей FTTH в мире достигло 200 млн.

Между тем, в качестве дополнения к FTTH, технология медной витой пары сделала еще один шаг вперед. Супер-векторизация и технология G.fast могут обеспечить пропускную способность доступа до 500 Мбит/с по витой паре с обычным компромиссом между скоростью и расстоянием.

#### Пятое поколение F5G

Предыдущие поколения фиксированной широкополосной связи развивались нестабильными темпами. Сетевая инфраструктура и необходимость ее модернизации стали серьезным препятствием на пути развития широкополосной связи. Например, первое поколение с голосовыми услугами просуществовало более века, а ADSL – всего десять лет. Основываясь на инфраструктуре телефонной сети с медножильными линиями, созданной в первом поколении, фиксированная сеть второго поколения смогла осуществить переход от узкополосной к широкополосной связи путем замены только сетевого оборудования и оборудования в помещениях клиентов, что было экономичным и быстрым. В начале 20 века крупнейшие мировые операторы связи внедрили фиксированные широкополосные сети всего за четыре или пять лет.

Первоначальная телефонная сеть с медножильными линиями уже не могла поддерживать системы 3-го поколения. И третье поколение, "оптоволоконное", и четвертое поколение, "полностью оптическая широкополосная связь", потребовали серьезной корректировки сетевой инфраструктуры. Большое количество оптических волокон доступа необходимо было проложить в существующей инфраструктуре вместо медножильных кабелей. Эти два поколения фиксированных сетей развивались от 8 до 10 лет.

Во времена сетей 3-го поколения оптическими были только магистральные сегменты сети, в то время как в сетях 4-го поколения используют уже оптические распределительные и конечные (drop) сегменты. Операторы связи столкнулись с множеством экономических проблем, окупаемость инвестиций была недостаточной, а период окупаемости –

слишком долгим. Поэтому развитие фиксированных сетей во всем мире происходит осознанными темпами. Хорошая новость заключается в том, что как только сеть связи будет полностью оптической, можно ожидать следующего столетия использования этой инфраструктуры.

Фиксированная сеть 5-го поколения основана на широкополосном оптоволоконном соединении 4-го поколения со скоростью 100 Мбит/с. Сегодня оптические волокна начинают широко использоваться в домах, широкополосные приложения постоянно расширяются, а качество контента неуклонно повышается. Потребности в развитии информационных технологий в различных отраслях резко возросли. Сетевая инфраструктура либо уже есть, либо требует незначительного расширения. Специально для домашнего широкополосного доступа требуется только обновление сетевого устройства, чтобы значительно улучшить качество обслуживания.

Очевидно, что путь к сетям F5G потребует не только изменений в технологиях доступа, но также в сети агрегации и локальной сети в помещениях клиентов. Тот факт, что эта эволюция будет основана на сквозной полностью оптической связи, открывает новые возможности для увеличения взаимодействия между сетями доступа и агрегации.

Таким образом, в перспективе распространение оптических технологий на как можно большее число сетевых секторов позволит реализовать концепцию "волокно ко всему и везде" FTTE (Fibre-to-the-Everything/Everywhere) [6].

## Выводы

Успех развертывания мобильных сетей и сетей кабельного телевидения, поддерживаемый четкими спецификациями, относящимися к конкретным технологическим поколениям, показал, насколько важно определение этих поколений. Отсутствие четких определений поколений сетей фиксированной связи препятствует более широкому внедрению технологических стандартов и созданию и использованию оборудования для массового рынка на глобальном уровне.

Для определения ближайших и отдаленных перспектив развития фиксированных сетей ETSI провело разграничение поколений фиксированной связи на основе разработанных принципов и видит построение перспективных сетей пятого поколения F5G в расширении спектра использования оптоволоконных сетей на базе новой концепции – "Волокно до всего и повсюду" (FTTE) для четырех основных потребителей сетевых услуг: домашних пользователей, бизнеса, различных отраслей промышленности и мобильных сетей.

Работа исследовательской группы ETSI продолжается и в ее последних материалах [8] представлены шесть основных направлений, по которым будет происходить развитие возможностей сетей F5G в перспективе к 2030 году и далее:

- сети станут производительнее, увеличив пропускную способность для поддержки большего количества услуг;
- они станут более быстрыми, сократив задержку настолько, насколько это физически возможно, чтобы поддерживать новые приложения;
- сети станут масштабнее за счет увеличения их размеров и количества конечных точек, а также станут более экологичными за счет повышения энергоэффективности различными способами;
- информационные системы станут умнее за счет интеграции вычислительной мощности в сеть на всех уровнях;
- сети станут более "осведомленными", чтобы помочь оператору улучшить их эксплуатацию и техническое обслуживание;
- учитывая всеобъемлющий характер фиксированных сетей, надежность будущих сетей также очень важна.

Все это позволит, по мнению исследовательской группы ETSI ISG F5G, в перспективе после 2030 года перейти к новому, шестому поколению фиксированных сетей F6G [8].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Росляков А.В., Ваняшин С.В., Самсонов М.Ю. и др. Сети следующего поколения NGN / Под ред. А.В. Рослякова. М.: Эко-Трендз, 2008.
2. Росляков А.В., Ваняшин С.В. Будущие сети (Future Networks). Самара: ПГУТИ, 2015.
3. Пшеничников А.П., Росляков А.В. Будущие сети. Учебник для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2022.
4. Росляков А.В. Сеть 2030: архитектура, технологии, услуги. М.: ИКЦ "Колос-с", 2022.
5. Росляков А. "СЕТЬ-2030": взгляд МСЭ-Т на будущее сетей фиксированной связи // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2021. № 4. С. 50–59.
6. Fifth Generation Fixed Network (F5G); Bringing Fibre to Everywhere and Everything. ETSI White Paper No. 41, 2020.
7. ETSI GR F5G 001. Fifth Generation Fixed Network (F5G); F5G Generation Definition Release No. 1. 2020.
8. Fixed 5th Generation Advanced and Beyond. ETSI White Paper No. 50, 2022.



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ И УЧАСТИИ:

- Правительство Омской области
- Администрация города Омска
- ОРО ООО «Союз машиностроителей России»
- Омская Ассоциация промышленников и предпринимателей Омской области
- Представительство ГК «Ростех» в Омской области
- Союз «Омская Торгово-промышленная палата»

 **ИнтерСиб**  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР

**ОМСК-ЭКСПО**  
ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ

**21-22 марта**  
**ОМСК**  
**2023**

**XXII СИБИРСКИЙ ПРОМЫШЛЕННО-  
ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ**

**ПРОМТЕХЭКСПО**

**МАШИНОСТРОЕНИЕ**

**СВЯЗЬ • IT - ТЕХНОЛОГИИ**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРОНИКА, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ**

**ИЗМЕРЕНИЯ • СВАРКА • ОМСКГАЗНЕФТЕХИМ**

**ВАКУУМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ • ИНЭКСПО ЭНЕРГОСИБ, СИБМАШТЭК**



(3812) 23-23-30



e-mail: [expoomsk@yandex.ru](mailto:expoomsk@yandex.ru), [gd.intersib@yandex.ru](mailto:gd.intersib@yandex.ru)