

## АРХИТЕКТУРА СЕТЕЙ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РАЗВИТИИ СЕТЕЙ СВЯЗИ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

© Юнусова Зулихан Умаровна

Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, Российская Федерация, г. Грозный

*Аннотация.* Беспроводная система 5G состоит из пользовательского терминала и ряда независимых технологий радиодоступа. Терминал пользователя играет в этой системе очень важную роль. Архитектура показывает, что это основанная на IP модель для взаимодействия беспроводных и мобильных сетей.

*Ключевые слова:* RAT, IP, Интернет- сокет, OFDM.

## FIFTH GENERATION NETWORKS ARCHITECTURE AND MAIN FUNDAMENTAL CHANGES IN THE FIFTH GENERATION COMMUNICATION NETWORKS DEVELOPMENT

© Yunusova Zulikhan Umarovna

Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Grozny

*Abstract.* The 5G wireless system consists of a user terminal and a number of independent radio access technologies. The user terminal plays a very important role in this system. The architecture shows that it is an IP-based model for interworking wireless and mobile networks.

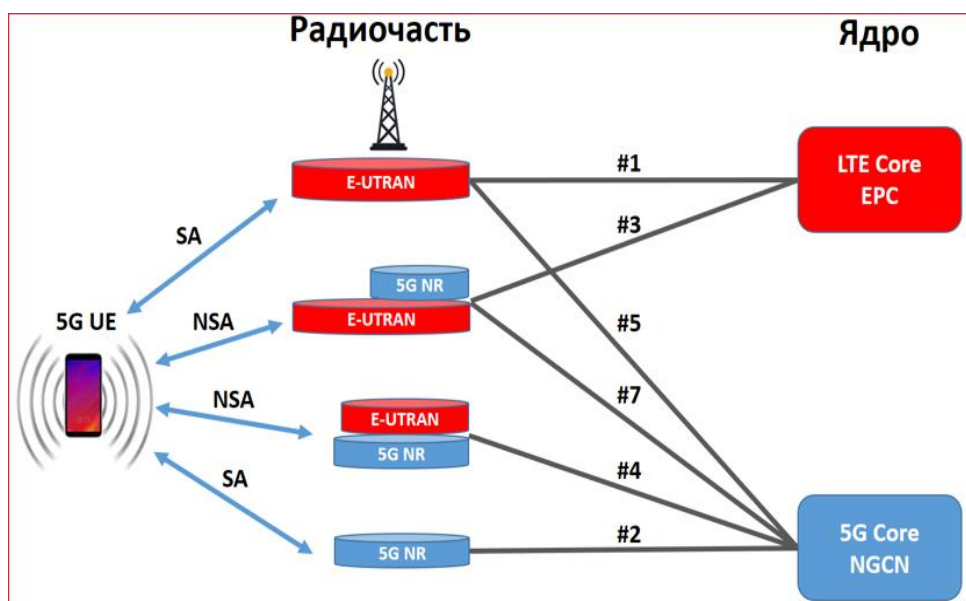
*Key words:* RAT, IP, Internet socket, OFDM.

Технология радиодоступа (RAT) означает метод физического соединения для сети радиосвязи. На рисунке показано, что в каждом из терминалов каждая RAT является IP-линией связи с внешним миром, а также в мобильном терминале должен быть свой радиointерфейс для каждой RAT. Если кто-то хочет получить доступ к четырем различным технологиям радиодоступа, то в мобильном терминале должны быть четыре разных интерфейса доступа, и все они должны быть активированы одновременно, чтобы архитектура функционировала. [1].

Она называется моделью на основе IP, и ее основная цель - обеспечить данные управления для правильной маршрутизации IP-пакетов, принадлежащих определенным соединениям приложений. Маршрутизация пакетов выполняется пользователями с определенными

политиками и правилами. Соединения приложений устанавливаются между клиентами и серверами в Интернете, то есть через сокет. Эти Интернет-сокеты являются конечными точками для потоков передачи данных, и каждый Интернет-сокет представляет собой уникальную комбинацию локального IP-адреса и соответствующего локального транспортного коммуникационного порта, целевого IP-адреса и целевого подходящего коммуникационного порта, а также типа транспортного протокола.

В случае взаимодействия между гетерогенными сетями и для вертикальной передачи обслуживания между соответствующими радиотехнологиями локальный адрес Интернет-протокола и адрес Интернет-протокола пункта назначения должны быть фиксированными и неизменными. Установка этих двух параметров должна обеспечить прозрачность сквозного хэндовера к Интернет-соединению, когда есть пользователь мобильного телефона хотя бы на одном конце такого соединения. Чтобы сохранить правильную структуру пакетов и уменьшить или предотвратить потери пакетов, путь к целевому месту назначения и наоборот должен быть уникальным и должен использоваться по одному и тому же пути. [2].



**Рис. 1.1.** Сценарии построения сети 5G начального и промежуточного периодов

Каждая технология радиодоступа, доступная пользователю для обеспечения возможности соединения с соответствующим радиодоступом, представлена с соответствующим интерфейсом Интернет-протокола или средой. Каждый канал Интернет-протокола (IP) или интерфейс в терминале характеризуется своим IP-адресом, сетевой маской и параметрами, связанными с маршрутизацией IP-пакетов по сети. При единообразном межсистемном переключении изменение технологии доступа (т. Е. Вертикальное переключение) будет означать изменение локального адреса Интернет-протокола. Тогда изменение некоторых параметров сокета означает изменение сокета, то есть закрытие и открытие нового сокета. Этот подход нельзя изменить, и он основан на сегодняшней беспроводной связи.

Чтобы включить функции используемой прозрачности и контроля или прямой маршрутизации пакетов с помощью наиболее подходящей технологии радиодоступа, в

предлагаемой архитектуре необходимо ввести систему управления в функциональную архитектуру сетей, которая работает в полной координации или эффективно работает вместе с пользовательским терминалом и обеспечивает функции абстракции сети и маршрутизацию пакетов на основе определенных правил или политик. В то же время эта система управления является важным элементом, с помощью которого она может определять качество обслуживания для каждой технологии передачи.

Сетевая концепция или идея может быть обеспечена путем создания IP-туннелей через IP-интерфейсы, получаемые при подключении к терминалу через технологии доступа, доступные терминалу (то есть мобильному пользователю). Фактически, туннели будут установлены между пользовательским терминалом и системой управления, названной здесь как Policy Router или blueprint router, которая выполняет маршрутизацию на основе заданных политик или некоторых стратегий. Таким образом, на стороне клиента будет сгенерировано соответствующее количество туннелей, связанных с рядом технологий радиодоступа, а клиент поместит локальный адрес Интернет-протокола, который будет сформирован с помощью сокетов Интернет-связи клиентских приложений с Интернет-серверами. Как пакеты Интернет-протокола выбирают правильный туннель, будут работать с политиками или стратегиями, правила которых будут обмениваться через протокол виртуального сетевого уровня.

Таким образом, мы достигаем необходимого представления о сети для клиентских приложений на мобильном терминале. Процесс инициирования туннеля к маршруту политики или маршрутизатору стратегии для маршрутизации на основе заданных стратегий завершается сразу после инициирования IP-соединения по технологии радиодоступа, и он запускается из виртуальной сети мобильного терминала, уровень протокола. Формирование туннельных каналов, а также их обслуживание представляют собой базовые функции уровня виртуальной сети для маршрутизации, основанной на данных стратегиях, удаляются сразу после инициирования IP-соединения по технологии радиодоступа, и он запускается из протокола уровня виртуальной сети мобильного терминала.

Пользователи беспроводной связи обычно остаются в помещении 80% всего времени и остаются на улице только 20%. Наружные базовые станции используются в текущей сотовой архитектуре для связи с мобильными пользователями. Неважно, останутся ли они в помещении или на улице. Когда внутренние пользователи общаются с внешней базовой станцией, сигналы проникают через стены здания. Из-за этого возникают потери при проникновении, и помимо этой скорости передачи данных также ухудшаются спектральная эффективность и энергоэффективность. Чтобы избежать этих недостатков, в настоящее время используются определенные технологии, такие как распределенная антенная система (DAS) и технология MIMO.

Когнитивная радиотехнология - одна из ключевых концепций 5G. Технология когнитивного радио, также известная как интеллектуальное радио: дает возможность разным радиотехнологиям результативно применять один и тот же спектр за счет адаптивного поиска неиспользуемого спектра и адаптации схемы передачи к требованиям технологий, которые в настоящее время используют этот спектр. Это мощное управление радиоресурсами осуществляется распределенным образом и основывается на программно определяемом коэффициенте. [3].

Основные фундаментальные изменения в развитии сетей связи пятого поколения.

5G - это сеть мобильной связи пятого поколения, и при полном ее развертывании она обеспечит чрезвычайно надежную связь, повысит скорость до 100 раз по сравнению с текущими сетями 4G и одновременно обслуживает еще больше пользователей и устройств. Также можно будет получить маршрутизатор 5 G, который позволит получить беспроводной доступ в Интернет в доме полностью без настенных установок или других проводных подключений.

Технология 5G - это больше, чем просто сверхбыстрая сеть для загрузки и использования мультимедиа. Потому что 5G обещает стать основой сегмента IoT (Интернета вещей). Это еще больше расширит возможности технологии и поможет объединить всех и каждого в обществе. К сети можно подключать мобильные устройства, датчики оборудования, *дроны*, или другое интеллектуальное устройство.

Широкий спектр возможностей, предлагаемых 5G, является первым в отрасли. Это обеспечит межмашинную связь и окажет огромное влияние на каждый сегмент отрасли от банковского дела до здравоохранения.

Значение 5G в телекоммуникациях - это технологический стандарт пятого поколения для широкополосных сотовых сетей. Пятое поколение сети является преемником сети четвертого поколения, которая в настоящее время обеспечивает подключение к большинству мобильных телефонов. Эта технология 5G поддерживается в нескольких последних мобильных операционных системах, например, Samsung Galaxy S21, Oppo Reno5, Xiaomi Mi 10T, Huawei Mate 40 Pro и многих других.

Использование сети 5G дает несколько преимуществ. Среди них 5G имеет большую пропускную способность, чем предыдущие сети, имеет меньшую задержку и обеспечивает более высокую скорость загрузки. Благодаря предлагаемым преимуществам пользователи могут смотреть видео без буферизации, загружать фильмы за считанные секунды, и даже считается, что 5G поддерживает технологию дополненной реальности.

Однако технология 5G не ограничивается этим, она также может быть программно определяемой платформой. Другими словами, управление сетевыми функциями осуществляется с помощью программного обеспечения, а не оборудования. Эта технология также улучшает цифровой опыт за счет автоматизации, которая поддерживает обучающую машину (машинное обучение), отклик в триллионную долю секунды как самостоятельное вождение автомобиля до искусственного интеллекта (искусственный интеллект).

В сетях 5G используется кодирование OFDM (мультиплексирование с ортогональным частотным разделением), которое аналогично кодированию, используемому в предыдущих сетях (4G LTE). Однако технология 5G разработана для гораздо меньшей задержки и большей гибкости, чем LTE.

В телекоммуникациях 5G- это аббревиатура, используемая для обозначения пятого поколения технологий мобильных телефонов. Это преемник технологии 4G, которая обеспечивает подключение к большинству современных мобильных телефонов. По данным Ассоциации GSM, к 2025 году ожидается, что сети 5G будут иметь более 1,7 миллиарда абонентов по всему миру. Как и его предшественник, сети 5G представляют собой сети ячеек, зона обслуживания которых разделена на небольшие географические регионы, которые называются *сотами*. Все беспроводные устройства 5G в ячейке подключены к Интернету и телефонной сети с помощью радиоволн через антенну в ячейке.

Наиболее заметным преимуществом этой технологии является то, что она будет поддерживать более высокую пропускную способность, что приведет к более высокой скорости загрузки которая может превышать 10 гигабит в секунду (Гбит / с). В связи с вышеупомянутым увеличением ожидается, что эти сети будут использоваться не только телефонами, как в случае с существующими телефонными сетями, но они также могут быть использованы для общего использования в настольных или портативных компьютерах. По этой же причине, новые приложения, как ожидается, в таких областях, как Интернет вещей (IoT) и машина-машина. Сотовые телефоны 4G не будут поддерживать новые сети, которым потребуется поддержка 5G.

Благодаря использованию высокочастотных радиоволн достигается значительное увеличение скорости. Однако при их использовании есть недостаток, а именно то, что они имеют очень небольшой физический диапазон, что делает необходимым использование большего количества ячеек по сравнению с тем, что требуется в 4G. Сети 5G работают в 3-х диапазонах частот: низком, среднем и высоком. Сеть 5G будет состоять из 3 типов ячеек, каждая с разным типом антенны. Эти антенны будут обеспечивать различное соотношение между скоростью загрузки в зависимости от расстояния и зоны обслуживания.

Нижний диапазон 5G использует тот же частотный диапазон, что и терминал 4G, то есть 600-850 МГц, что гарантирует скорость выше 4G: 30-250 мегабит в секунду (Мбит / с). Как и следовало ожидать, вышка сотовой связи нижнего диапазона имеет такой же диапазон и покрытие, что и вышка 4G. С другой стороны, средний диапазон 5G, наиболее широко используемый уровень обслуживания, использует радиоволны от 2,5 до 3,7 ГГц, обеспечивая скорость 100-900 Мбит / с, где каждая вышка сотовой связи обеспечивает обслуживание в нескольких километрах от своего радиуса. Наконец, высокочастотный диапазон 5G, который, как ожидается, будет использоваться в ближайшем будущем, работает с частотами от 25 до 39 ГГц, чтобы обеспечить скорость загрузки в диапазоне гигабит в секунду (Гбит / с), что является сопоставимой суммой к тому, что достигается с помощью кабельного Интернета. Недостатком этой полосы является ее предел диапазона, а это означает, что требуется гораздо больше ячеек, чтобы гарантировать качество обслуживания. Недостатком высокочастотных волн является то, что они испытывают проблемы с прохождением через некоторые материалы, такие как стены или окна. По причинам стоимости планируется использовать эти ячейки в местах массового скопления людей, таких как стадионы или арены, а также в густонаселенных городских условиях.

Отраслевой консорциум, отвечающий за стандарты 5G, - это проект ассоциации третьего поколения (3GPP), который определяет любую систему, использующую программное обеспечение 5G NR, как «5G», определение, которое стало популярным в конце 2018 года. Эффективность технологии 5G требует наличия высокопроизводительной сети межсетевого взаимодействия мобильных сайтов, которая обеспечивает эту технологическую эволюцию; только инфраструктура полностью в оптическом волокне, широко распространенном в широко распространенном образе, может адекватно удовлетворить эту потребность, гарантируя скорость не мегабит, но гигабит в секунду. Медных или смешанных оптоволоконных сетей недостаточно, они представляют собой узкое место для сети 5G.

Пятое поколение мобильных сетей (5G) позиционирует себя, вместе с сетями полного волокна, как наиболее передовые технологии когда - либо сделал доступными для передачи данных. 5G - это инновационная платформа, которая объединит новые отрасли с

высокой производительностью, эффективностью и доступностью, а также расширит мобильные сети, поддерживающие широкий спектр услуг и устройств, в дополнение к расширению современных широкополосных мобильных услуг. 5G преобразует широкий спектр областей, от розничной торговли до образования, от транспорта до развлечений и сопутствующих услуг.

Беспроводная технология пятого поколения обещает молниеносную скорость, невероятно низкую задержку и возможность подключения несколько раз одновременно. Высокая скорость, минимальная задержка и большая емкость, позволит использовать широкий спектр видео сверхвысокого качества, виртуальную реальность и другие продвинутое приложения. Кроме того, запуск 5G увеличит потенциал Интернета вещей (IoT) с минимальным энергопотреблением и большим количеством одновременных подключений (до 1 миллиона на квадратный километр). 5G - это пятое поколение мобильной сети и дальнейшее развитие технологии беспроводных соединений. Это технология, которая позволяет выходить в Интернет по телефону и использовать мобильный широкополосный доступ без кабелей. 5G будет предлагать молниеносную скорость и минимальную задержку, поэтому вы можете отправлять и получать данные по мобильной сети на чрезвычайно высоких скоростях. Это откроет множество новых возможностей в самых разных областях, так что вы сможете начать радоваться.[4].

Мобильная сеть пятого поколения имеет следующие характеристики:

- Чрезвычайно низкая задержка (менее 1 мс)
- Чрезвычайная емкость трафика данных (минимум 10 Гбит / с на соединение)
- Чрезвычайно много подключений (не менее 1 000 000 единиц на км<sup>2</sup> / 1 на м<sup>2</sup>).
- Чрезвычайно мобильный
- Возможность разделить сеть и, таким образом, выделить ее части, например, аварийным службам или беспилотным автомобилям.

Яркими направлениями концепции «интернета вещей» являются взаимодействие M2M (межмашинное взаимодействие, англ. Machine-to-Machine, M2M) и D2D (устройство-устройство, англ. Device to Device). Технология M2M необходима для взаимодействия устройств между собой без непосредственного участия человека, т. е. для автоматизации процессов. Сфера применения M2M достаточно широка. Например, в платежных терминалах, системах безопасности, в системах координации транспортных средств. Новые технологии удешевят процессы, а также минимизируют их зависимость от человеческого фактора, позволят оперативно реагировать на сбои в работе систем связи и управления (таблица 1.2.).

Таблица 1.2.

### Эффективные технологии для сетей 5G

№	Технология	Функции
1	Novel Multiple Access	- технология доступа
2	Filter Bank Multicarrier Universal Filter Multi-Carrier	-улучшение спектральной эффективности; оптимизация канальной селективности; применение 5G в "когнитивном радио"
3	Advanced Coding and Modulation	-применение совокупности улучшенных технологий модуляций и кодирования
4	Low latency & high reliability	-уменьшение задержки сети; - повышение надежности сети

5	Flexibel Duplex	- гибкая передача трафика по линиям вверх и вниз
6	Ultra-dense networking	- организация сверхплотных сетей за счет технологии виртуализации; - обслуживание большего количества абонентов; - организация одновременного взаимодействия сот между собой
7	New Full Duplex	- использование одной частоты для разных задач
8	Spectrum sharing	-организация совместного использования частотного спектра на разных уровнях разными технологиями доступа

Системы связи поколения 5G требуют значительно больше передающих устройств, чем системы мобильной связи предыдущих поколений. Это ведет к необходимости создания плотной инфраструктуры, где станции, башни и базы планируется разместить практически повсеместно на расстоянии менее 100 метров друг от друга. Результат такого уплотнения может быть катастрофическим для всех живых существ, находящихся в зоне их действия. Передатчики систем 5G кроме того владеют необходимой мощностью, для того чтобы формировать 3D-карты внутренней планировки жилых домов, промышленных и офисных зданий, нарушая конфиденциальность и право на тайну личной жизни граждан.

*Основные фундаментальные изменения в развитии сетей связи:*

1. Сверхплотные сети. Сверхплотность сетей является одним из признаков не только сетей 5G/IMT-2020, но и всех последующих сетей. Прогнозируется около 1 млн устройств на 1 кв. м и в соответствии с прогнозами, предельное число Интернет Вещей составляет 50 триллионов, что может быть достигнуто как раз ближе к 2030 году. Поэтому понятие сверхплотности будет только подтверждаться в процессе развития сетей и услуг к 2030 году.

2. Сети связи с ультрамалыми задержками. Тактильный Интернет привел к еще более значительным изменениям в области построения сетей связи, поскольку в этом случае потребовалось передавать информацию с задержкой в 1 мс, что на данный момент в 100 раз меньше, чем в существующих сетях. Таким образом, стоит отметить, что концепция тактильного Интернета приводит к децентрализации сети, поскольку фундаментальные ограничения по скорости передачи света, естественно – непреодолимо. Такого рода сети имеют следующее название – «сети с ультрамалыми задержками».

3. Интернет навыков. Стоит еще отметить концепцию Интернета навыков, которая появилась в 2017 году и также требуется для своей реализации наличия сетей с ультрамалыми задержками. Интернет навыков, как концепция позволяет реализовать в сетях с ультрамалыми задержками новые виды услуг. Данные услуги смогут позволить использовать сеть для приобретения людьми и робототехническими устройствами новых навыков.

4. Летающие сети. Еще одним фундаментальным изменением в развитии сетей связи стало объединение летающего и наземного сегментов сетей в единую сеть. Стоит отметить, что при небольшой высоте пролета БПЛА в таких сетях, измеряемая десятками метров, делает их пригодными для использования в сетях связи с ультрамалыми задержками.

На основе анализа тех фундаментальных изменений в развитии сетей связи, можно утверждать, что сети связи 2030 будут являться сверхплотными сетями с ультрамалыми задержками, стремящихся к децентрализованной структуре сети, а также это поколение сетей приобретет ряд новых характеристик за счет развития технологий в области сетей и систем связи и в смежных отраслях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vishnevsky V.V. Encyclopedia of Wi-Max. Way to 4G / V.V. Vishnevsky, S.L. Portnoy, I.V. Shakhnovich. Moscow: Technosphere, 2018. 56 p. URL:<https://dzen.ru/media/exhortru/chto-takoe-rat-malware-i-pochemu-on-tak-opasen-5cebbed799144700b4c12586>. (дата обращения: 15.11.2022).
2. Garkusha S.V. Model of subchannel distribution in a wireless mesh network of the IEEE 802.16 standard, presented in the form of a hypergraph // Cybernetics and Systems Analysis. 2017. 32 p. URL:<https://lecturesnet.readthedocs.io/net/low-level/ipc/socket/intro.html> (дата обращения: 15.11.2022).
3. Legkov K.E., Donchenko A.A. Special purpose wireless mesh networks // T-Comm - Telecommunications and Transport. 2017. 172 p URL: <https://skillbox.ru/media/code/chto-takoe-ipadres-i-mask-podseti-i-zachem-oni-nuzhny/> (дата обращения: 15.11.2022).
4. Lemeshko A.V. Model of structural self-organization of a multichannel mesh-network of the IEEE 802.11 standard // Electronic scientific specialized edition - journal "Problems of Telecommunications". 2019, № 1. Pp. 83-105. URL:<https://ru.wikipedia.org/wiki/OFDM> (дата обращения: 15.11.2022).

REFERENCES

1. Vishnevsky V.V. Encyclopedia of Wi-Max. Way to 4G / V.V. Vishnevsky, S.L. Portnoy, I.V. Shakhnovich. Moscow: Technosphere, 2018. 56 p. URL: <https://dzen.ru/media/exhortru/chto-takoe-rat-malware-i-pochemu-on-tak-opasen-5cebbed799144700b4c12586>. (accessed:11.15.2022).
2. Garkusha S.V. Model of subchannel distribution in a wireless mesh network of the IEEE 802.16 standard, presented in the form of a hypergraph // Cybernetics and Systems Analysis. 2017. 32 p. URL: <https://lecturesnet.readthedocs.io/net/low-level/ipc/socket/intro.html> (accessed 11.15.2022).
3. Legkov K.E., Donchenko A.A. Special purpose wireless mesh networks // T-Comm - Telecommunications and Transport. 2017. 172 p URL: <https://skillbox.ru/media/code/chto-takoe-ipadres-i-mask-podseti-i-zachem-oni-nuzhny/> (accessed: 11.15.2022).
4. Lemeshko A.V. Model of structural self-organization of a multichannel mesh-network of the IEEE 802.11 standard // Electronic scientific specialized edition - journal "Problems of Telecommunications". 2019, № 1. Pp. 83-105. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OFDM> (accessed:11.15.2022).