

Коммуникации в эпоху 6G

Часть 2

Хариш Вишванатан, Пребен Могенсен (Nokia Bell Labs)

В статье рассматриваются перспективы внедрения сети 6G, при этом внимание уделяется не только технологиям, но и человеческой трансформации, которая ожидается с приходом шестого поколения связи. Такой подход помогает получить представление о требованиях к производительности и принципах проектирования 6G.

В первой части статьи мы рассказали о свойствах сетей поколения 6G и о принципиально новых возможностях, которые откроются благодаря появлению этих сетей. Вторая часть статьи посвящена рассмотрению необходимых для создания сетей нового поколения технологий.

Шесть ключевых технологий для 6G

Развёртывание сети 6G ознаменуется появлением ряда новых важных технологий, которые формируют систему связи. По-настоящему фундаментальные новые технологии обычно внедряются через десять лет или больше с момента изобретения. Ввиду этого по-настоящему новые технологии, формирующие 6G, должны существовать сегодня хотя бы на уровне исследовательских концепций. Продолжая тему «шести» для 6G, авторы статьи определили шесть потенциальных технологических преобразований, которые станут частью системы:

1. проектирование и оптимизация радиоинтерфейса на основе искусственного интеллекта и машинного обучения;
2. расширение спектра и появление новых когнитивных методов совместного использования спектра;
3. интеграция систем локализации и зондирования;
4. достижение высоких требований к производительности по задержке и надёжности;
5. новые парадигмы сетевой архитектуры, включающие подсети и конвергенцию RAN-ядра;

6. новые схемы безопасности и конфиденциальности.

Каждый из пунктов описан в следующих подразделах.

Растущая роль искусственного интеллекта и машинного обучения

Методы искусственного интеллекта и машинного обучения (особенно глубокого обучения) быстро развиваются последнее десятилетие. Сегодня эти методы занимают центральное место в нескольких областях: классификации изображений, компьютерном зрении, поддержке социальных сетей и безопасности. Эти методы применяются в областях, где для обучения легко доступны значительные объёмы данных. Обучение с подкреплением сигналами от среды взаимодействия начинает применяться во множестве приложений для управления роботами после различных демонстраций возможностей в игровых средах, таких как AlphaGo (программа для игры в го, разработанная компанией Google DeepMind в 2015 году).

В последнее время появилась масса работ, исследующих применение методов глубокого обучения в беспроводных системах. В ближайшие несколько лет обучение беспроводных систем и машинное обучение будут применять-

ся к 5G как минимум тремя различными способами.

Во-первых, есть потенциал для замены некоторых из основанных на модели алгоритмов Уровня 1 и Уровня 2, таких как выбор канала, выделение пакета данных, балансирование и планирование пользователей сети. Во-вторых, эти способы, вероятно, будут широко применяться при оптимизации развёртывания, например для настройки оптимального подмножества лучей, с помощью которых будет обеспечиваться зона покрытия с учётом структуры трафика каждой отдельно взятой соты. Учитывая сложность систем 5G с точки зрения огромного количества параметров, которые необходимо настроить во время развёртывания, методы искусственного интеллекта и машинного обучения будут играть важную роль в оптимизации сети без вмешательства человека. Можно предположить и некоторые другие варианты использования, такие как повышение точности локализации конечных устройств внутри 5G методом машинного обучения.

В дополнение к использованию ИИ и МО в сетях радиодоступа эти инструменты станут необходимыми создания для беспроводной сетевой автоматизации 5G в случаях сложного взаимодействия между несколькими сетевыми доменами и уровнями. Это позволит динамично адаптировать сетевые и облачные ресурсы в соответствии с меняющимися требованиями: быстро развёртывать новые сервисы и устранять сбои, при этом значительно экономить на эксплуатационных расходах.

Системы 6G будут полагаться на ИИ и МО в намного большей степени, чем 5G. Должен произойти переход от ИИ как просто инструмента для автоматизации отдельных функций к ИИ как фундаменту для проектирования и оптимизации интерфейса, с возможностью самооптимизации передатчиков и приёмников, когнитивным использованием спектра и высокой контекстной осведомлённостью.

Самооптимизирующиеся передатчики и приёмники

Сегодняшние исследования показывают, что системы глубокого обучения могут научиться общаться с использо-

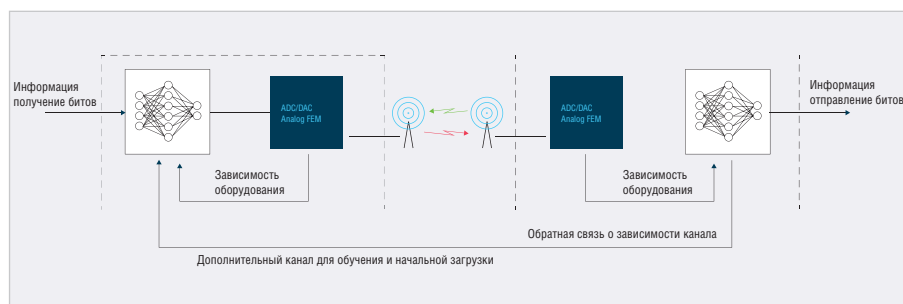


Рис. 5. Системы сквозного обучения, адаптирующиеся к оборудованию и каналам

ванием квазистатических связей более эффективно, чем основанные на моделях системы. Никаких волн специальной формы, последовательностей или опорных сигналов заранее конфигурировать не требуется. Благодаря интенсивной тренировке сеть глубокого обучения на передатчике и приёмнике учится выбирать метод настройки этих параметров самостоятельно (см. рис. 5). Хотя такой подход к сквозному обучению может оказаться невозможным для сложных, динамично изменяющихся многопользовательских сред, структура связи 6G будет спроектирована таким образом, чтобы позволять в реальных условиях автоматизировать некоторые инженерные решения. Это позволит оптимизировать характеристики радиointерфейса на основе выбора спектра, среды, развёрнутого оборудования и целевых требований.

Одним из важных достижений станет учёт возможностей оборудования при оптимизации инфраструктуры связи. При таком подходе радиointерфейс разработан с учётом некоторых практических ограничений на реализацию. Ожидается, что в будущем усовершенствованный интерфейс сможет адаптироваться к возможностям оборудования, а устройства получают необходимую функциональность для работы с радиointерфейсом.

Например, определённое устройство может иметь ограниченное разрешение аналого-цифрового (АЦП) или цифро-аналогового преобразования (ЦАП), которые могут быть приняты во внимание обучающими системами для определения оптимального сигнала.

Использование когнитивного спектра

Благодаря более высоким характеристикам распространения вне прямой видимости по сравнению с высокочастотными полосами низкочастотный спектр по-прежнему будет иметь первостепенное значение для покрытия большой площади. В течение следующего десятилетия значительная полоса нового спектра будет выделена под 5G. Это, вероятно, приведёт к исчерпанию спектра в полосах ниже 6 ГГц.

Таким образом, в эпоху 6G потребуются новые методы использования спектра частот даже в рамках лицензированного режима использования спектра, чтобы обеспечить лучший локальный доступ и сосуществование с другими пользователями. Операто-

рам может потребоваться разделение спектра вещания между собой и другими частными выделенными сетями. Несколько поколений технологий начнут сосуществовать и совместно использовать спектр внутри инфраструктуры одного оператора.

Благодаря достижениям в области радиотехнологий, позволяющим использовать многополосную работу, и методам машинного обучения, таким как глубокое обучение с подкреплением, значительно облегчится эффективное совместное использование спектра частот.

Передовые методы формирования и уплотнения направленного сигнала локализуют использование спектра. В этом есть свои плюсы: облегчается более широкое повторное использование спектра и, следовательно, можно добавить различные формы сосуществования между полезными когнитивными системами совместного использования.

Контекстная зависимость

Ещё одно важное развитие в рамках 6G – это бесшовная интеграция осведомлённости об окружающей среде, трафике, мобильности и местоположении для оптимизации схем связи с помощью новых методов ИИ и МО. Например, в производственных цехах видеокamеры смогут в реальном времени фиксировать присутствие, движение машин и устройств. Оптимизировать связь можно будет с помощью глубокого обучения, акцентированного на прогнозировании изменений в среде распространения.

По сути, новые методы сбора и обработки данных помогут снизить хаотичность в каналах связи. Шаблоны долгосрочной мобильности могут быть получены в и вне помещений, а затем использованы для оптимизации обслуживания. Ещё одним важным элементом будущих систем окажется использование пассивных элементов с цифровым управлением, таких как крупные мета-объекты. Эти объекты, вероятно, окажутся целыми производственными помещениями. Определение оптимального способа управления этими новыми элементами может оказаться трудозатратным. Например, будет сложно точно смоделировать распространение сигналов. Вероятнее всего, и эта проблема будет решена с помощью искусственного интеллекта и машинного обучения.

Семантические знания более высокого уровня о том, как используются коммуникации, например для игр, управления роботами или целыми фабриками с помощью дополненной реальности, будут извлекаться из шаблонов действий внутри трафика и характеристик устройств. Точная персонализация обслуживания вплоть до нижних уровней коммуникации будет обеспечиваться с помощью методов машинного обучения.

Трансферное и федеративное обучение начнут играть решающую роль. Системы сначала будут обучаться в автономном режиме в симуляционных средах так, чтобы можно было установить базовые коммуникации, затем начнётся обучение в реальных условиях для оптимизации производительности.

Таким образом, обучение перенесётся из симуляции в реальность. Чтобы проводить сквозные операции, устройства и сетевая инфраструктура должны взаимообучаться, и здесь федеративное обучение имеет огромное значение. Вместо разделения больших массивов данных между различными устройствами и сетью будут совместно использоваться готовые модели. На более высоких уровнях потребуется глубокое обучение для оптимизации распределения ресурсов и контроля различных параметров. Иерархическое и мультиагентное обучение с подкреплением необходимо будет использовать на разных узлах.

Использование новых диапазонов спектра

Потребность в более высоких пиковых скоростях и пропускной способности постоянно подталкивают системы мобильной связи к использованию спектра более высоких частот. Для 5G в различных регионах уже были выделены новые полосы спектра от 3 до 6 ГГц и от 24 до 50 ГГц. В рамках очень гибкой структуры 5G возможны совершенно новые конструкции физического уровня с переходом на сигналы с одной несущей. Основной проблемой при использовании диапазонов высоких частот является стоимость устройств с высокой выходной мощностью. В передатчиках с узким лучом для увеличения эквивалентной изотропноизлучаемой мощности (ЭИИМ) и дальности действия используются массивные антенные решётки. Распространение высокочастотного сигнала также представляет проблему, поскольку сиг-

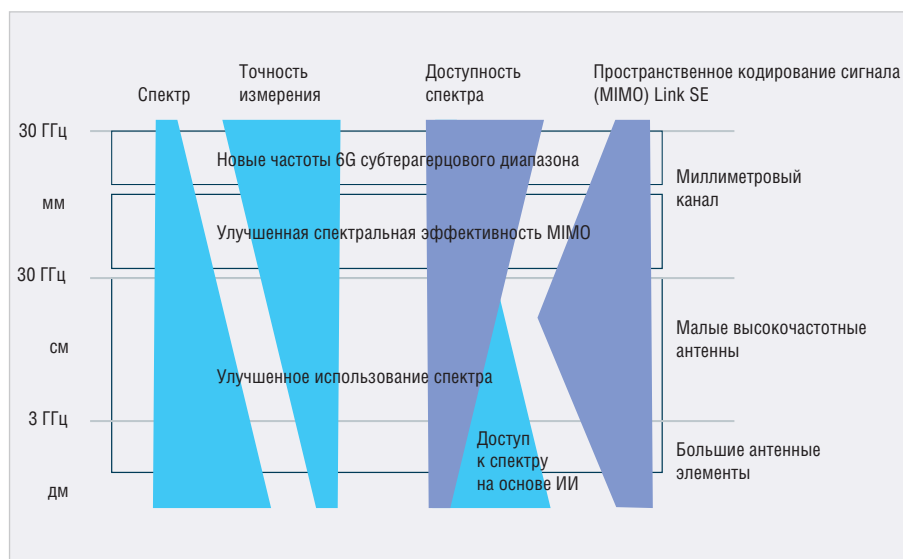


Рис. 6. Варианты спектра для 6G

нал легко экранируется из-за небольшой длины излучаемой волны. Дифракция высокочастотных радиоволн вокруг препятствий незначительна, а их поглощение водой – существенно. С другой стороны, в плотной городской среде отражения от зданий обеспечивают покрытие вне прямой видимости вдоль той же улицы или коридора, где находится точка доступа.

Тенденция к использованию всё более широких полос спектра будет продолжаться. С появлением 6G субтерагерцовые диапазоны от 114 до 300 ГГц (см. рис. 6) станут доступными и будут использоваться в сотовых системах. Очевидным вариантом использования субтерагерцового спектра является магистральная связь в интегрированных сетях доступа и транспортных сетях. Узконаправленная двухточечная связь может освободить спектр для доступа в миллиметровых диапазонах. Другие возможные варианты использования – связь на малых расстояниях между дисплеями и вычислительными устройствами, между стойками в быстро развёртываемых периферийных центрах обработки данных.

Значительный объём текущих исследований по совершенствованию систем миллиметрового диапазона также будет полезен для развития систем субтерагерцового диапазона. Первоначальная разработка устройств для работы в этих диапазонах будет следовать подходу, установленному сегодня в системах миллиметровых волн (mmWave). Будут реализованы новые радиочастотные интегральные схемы (РЧ-ИС) со встроенными или бортовыми антен-

ными решётками и фазовращателями, способными формировать узкий пучок лучей. Могут появиться снижающие стоимость устройств новые компонентные технологии, такие как антенна-на-стекле.

Гибридное формирование диаграммы направленности потребуется для получения огромных мощностей с использованием однопользовательского или многопользовательского многоканального интерфейса (MIMO). Могут появиться новые архитектуры приёмников с предварительной гребенчатой фильтрацией. Чтобы снизить энергопотребление, исследуются новые формы сигналов для однобитовых преобразователей, разработанные с использованием методов ИИ и МО.

Задержка распространения сигнала по антенной решётке становится сравнимой с длительностью символа кода, следовательно, потребуются новые схемы обработки сигналов. Для доступа в этих диапазонах спектра потребуются новые модели использования.

Помимо освоения полос субтерагерцового спектра, более дешёвые методы массового MIMO позволят гораздо лучше использовать спектр в миллиметровых и сантиметровых диапазонах. Ранние системы mmWave основывались на аналоговом формировании луча и, следовательно, ограничивалось количество пользователей, которых можно было одновременно обслуживать одной станцией. По мере увеличения плотности сети и снижения затрат на массовые технологии MIMO многопользовательский MIMO будет широко применяться в миллиметровых диапазонах.

Сегодняшние высокие частоты во времена 6G станут средними. В диапазонах самых низких частот для 6G, а именно в нижней границе сантиметрового диапазона, массовое использование MIMO постепенно ограничится большими габаритами антенных элементов. У субгигагерцовых частот основные характеристики затухания сигнала и его проникновения в материал намного лучше. Во времена 6G низкочастотные диапазоны останутся важными для покрытия больших площадей.

Так как доступность спектра ограничена, важны исследования по увеличению эффективности использования спектра для нижних частотных диапазонов. Определение спектра перейдёт от статического разделения между операторами и услугами к гораздо более динамичному доступу к спектру на основе ИИ с учётом времени, частоты и пространства (см. рис. 6).

Сеть с шестым чувством

Одно из важнейших требований к промышленной автоматизации – высокая точность позиционирования. Глобальная навигационная спутниковая система с кинематикой в реальном времени (RTK GNSS) может обеспечить высокоточную локализацию в условиях хорошей видимости со спутника. Но многие сценарии автоматизации будут использоваться в помещениях, в которых раньше автоматизацию было невозможно реализовать.

Текущий подход к решению проблемы позиционирования заключается в использовании специализированных систем, основанных на сверхширокополосной (UWB) или Bluetooth Low Energy (BLE) технологиях, и требует установки дополнительных точек доступа и специальных устройств. Отдельная система для позиционирования в дополнение к системе связи влечёт за собой дополнительные же расходы на инфраструктуру и обслуживание, которых можно избежать, если точную локализацию будет способна выполнять сама система связи. Технология 5G включает возможности для повышения точности позиционирования и может стать единой системой как для сверхнадёжной связи с малой задержкой (URLLC), так и для локализации в средах промышленной автоматизации.

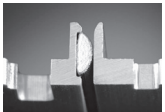
По мере приближения к технологиям 6G, в дополнение к высокоточной



CompactPCI - Компьютеры специального назначения


Блочные корпуса с различными механическими характеристиками, в том числе с ударопрочностью до **25g**

Эффективное электромагнитное экранирование

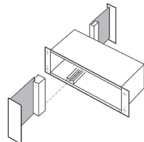


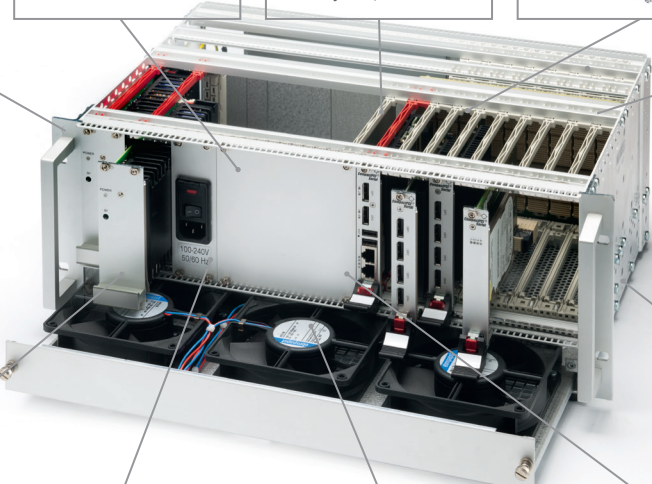
Процессорные модули PICMG 2.0, 2.16, 2.30; CPCI-S.0 (Serial) на различных процессорных платформах AMD и Intel для работы в жёстких условиях эксплуатации

Кросс-платы и модули расширения PICMG 2.0, 2.16, 2.30, CPCI-S.0 (Serial)




Подключение модулей тыльного ввода-вывода

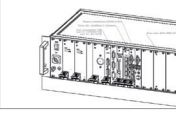





Источники питания одинарные или резервированные: встраиваемые или в виде сменных блоков



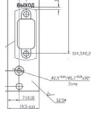
Панели ввода с клеммами заземления и разъёмами питания разных типов



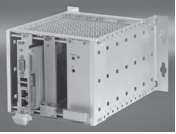
Вентиляторы с возможностью «горячей» замены. Система охлаждения, в том числе с кондуктивным отводом тепла



Лицевые панели универсальные и заказные для вставных блоков



Различные габариты и варианты компоновки





локализации, сети научатся выполнять различные задачи обнаружения. Решения по локализации будут усовершенствованы для достижения точности локализации на сантиметровом уровне в помещениях с большой площадью, в которых для большинства точек доступа ограничена прямая видимость. Новые методы построения диаграмм каналов, основанные на ИИ и МО, будут применяться в построении больших систем антенных решёток, а также для объединения данных по радиочастотам, камерам и датчикам на роботах. Всё это улучшит точность обнаружения даже при ограниченном количестве видимых точек доступа.

Системы 6G будут использоваться для визуализации пассивных объектов. Системы оптимизируют не только для связи, но и для обнаружения объектов. Например, сигналы формы, подходящей для локации положения объектов, такие как сигналы с линейной частотной модуляцией, могут быть мультиплексированы с сигналами, оптимизированными для связи.

Большие антенные решётки, развёрнутые для массовой связи ММО, могут формировать узкие диаграммы направленности и их можно использовать для определения положения объектов. Несколько передатчиков и приёмников смогут координироваться и тем самым улучшать возможности распознавания в сети. Переход к субтерагерцовому и терагерцовому диапазонам с соответствующей широкой полосой пропускания сигналов увеличивает возможности для точного зондирования.

Получение изображений с точностью до миллиметра с использованием инфраструктуры терагерцового диапазона откроет множество новых вариантов использования в промышленной автоматизации и здравоохранении. Например, можно будет находить дефекты в процессе экструзионного производства или обнаруживать раковые новообразования в полости рта.

Существует множество приложений, которые выиграют от превращения радиоточек в датчики. Легче будет контролировать качество продуктов в супермаркетах, можно будет разместить невидимые металлоискатели или заменить системы ворот безопасности на предприятиях.

Сочетание возможностей мультимодального восприятия с когнитивными

технологиями, доступными на платформе 6G, позволит анализировать поведенческие модели, предпочтения и даже эмоции людей, тем самым создавая «шестое чувство», превосходящее потребности пользователей. Это позволит интуитивно взаимодействовать с физическим миром.

Работа сетей в экстремальных условиях

Новые сценарии использования промышленного Интернета вещей (IIoT), нацеленные на 5G, основываются на достижении сверхнизкой задержки в 1 мс с надёжностью «пять девяток» (то есть 99,999%). Основной метод достижения целевых показателей производительности – использование мини-слотов и более быстрого доступа к каналу, а также применение многосвязных каналов, для надёжности использующих несколько точек доступа и дублирование передаваемых пакетов.

Для многих случаев использования задержка в радиоканале в 1 мс неприемлема. Для замены традиционных промышленных решений проводной связи, таких как Sercos или EtherCAT, требуются существенно более низкие задержки при радиопередаче (порядка 100 мкс) в сочетании с высокой скоростью передачи данных (гигабит в секунду). Более того, фактические требования к надёжности основаны на времени простоя оборудования, который вызван множественными потерями пакетов данных. Целевой показатель надёжности для некоторых сценариев использования промышленной автоматизации должен составлять порядка «девяти девяток».

6G будет спроектирован для экономичного удовлетворения экстремальным требованиям. Недавние исследования показывают, что, вопреки общепринятому мнению, экранирование сигналов в миллиметровом диапазоне в производственных цехах не так существенно.

Опираясь на более широкую полосу пропускания, доступную в спектре миллиметровых волн, можно будет достичь чрезвычайно низких задержек при высокой скорости передачи данных. Надёжность можно повысить за счёт одновременной передачи информации по нескольким путям, представляющим собой несколько отражённых от препятствий радиосигналов. Для создания отдельных путей от сети к конкретному устройству может использо-

ваться ретрансляция через соединения «устройство-устройство». Прогнозирующее управление лучом с использованием методов прогнозирования ИИ и МО также может существенно снизить неопределённость в оценке качества канала связи.

В рамках 4G с помощью технологии Narrowband IoT (NB-IoT) был реализован беспроводной доступ с низким энергопотреблением. В эпоху 6G произойдёт переход от устройств с низким энергопотреблением к устройствам с нулевым потреблением энергии для Интернета вещей. Беспроводные устройства с нулевым энергопотреблением сегодня хорошо известны. К таким устройствам относятся метки с пассивной радиочастотной идентификацией (RFID) с недорогими активными датчиками и батареями со сроком службы от трёх до пяти лет. Единственный минус RFID-меток – их действие обычно ограничивается очень малыми расстояниями. Существует несколько сценариев использования, при исполнении которых требуются устойчивые сенсорные устройства и чрезвычайно долгое время работы.

Для осуществления технического контроля при производстве мостов или туннелей, например, желательно иметь беспроводные сенсорные устройства, которые могут встраиваться в конструкцию и работать порядка 100 лет без вмешательства человека. Будущие решения в этой области, вероятно, будут совмещать возможности связи с низким энергопотреблением, чрезвычайно мало потреблять ток в спящем режиме и аккумулировать энергию (возможно, с помощью сети связи или доступного накопителя энергии).

Концепции сетевой архитектуры 6G Подсети

Архитектура сотовой сети предыдущих поколений была разработана в первую очередь для передачи голосовых сообщений и данных в Интернете на отдельные мобильные конечные точки. 5G – первая система, ориентированная на промышленную среду и при этом отвечающая сложным требованиям. Соответствие высоким требованиям достигается благодаря принципиально новым архитектурным решениям, таким как поддержка передачи данных в реальном масштабе времени (TSN).

Чтобы по-настоящему закрепить-ся в промышленной среде и повсюду заменить проводную связь, 6G должна обеспечивать детерминированную надёжность проводного уровня для различных сценариев подключения (см. рис. 7). От статических, изолированных устройств до взаимосвязанных устройств с локальным сообщением, быстро движущихся групп роботов и дронов, которым необходимо не только общаться между собой, но и подключаться напрямую к Сети при отключении от группы.

Для обеспечения высокой надёжности и детерминирования как во временной, так и в пространственной области имеется необходимость в полуавтономных подсетях 6G. По крайней мере, наиболее важные сервисы в подсети будут продолжать работать без перебоев, несмотря на плохое или полное отсутствие подключения к сети высшего уровня.

Для обеспечения сверхнадёжности потребуется возможность подключения через множество путей с использованием инфраструктуры и гибких соединений между устройствами. Последнее может привести к созданию настоящей бессотовой архитектуры. Интеграция подсетей 6G в единую целостную архитектуру имеет ряд преимуществ:

- подсеть 6G обеспечит высокую скорость передачи данных, чрезвычайно низкую задержку, надёжность и отказоустойчивость;
- функции безопасности и отказоустойчивости 6G распространяются на устройства самого низкого уровня в подсети;
- нагрузка по реализации сервисов 6G может динамически перераспределяться между облаком и устройством, являющимся частью подсети.

Чувствительная к задержкам связь (TSC) благодаря интеграции чувствительных ко времени сетей (TSN) и сети 5G, действующей в качестве моста TSN, эволюционирует до 6G, чтобы обеспечить собственную синхронизируемую по времени сеть, в том числе в более широких областях, связанных с мобильными приложениями.

Гиперспециализированная передача сигнала в пределах двух точек его амплитуды

Помимо разделения традиционной архитектуры подключения на различные подсети и сценарии со множе-

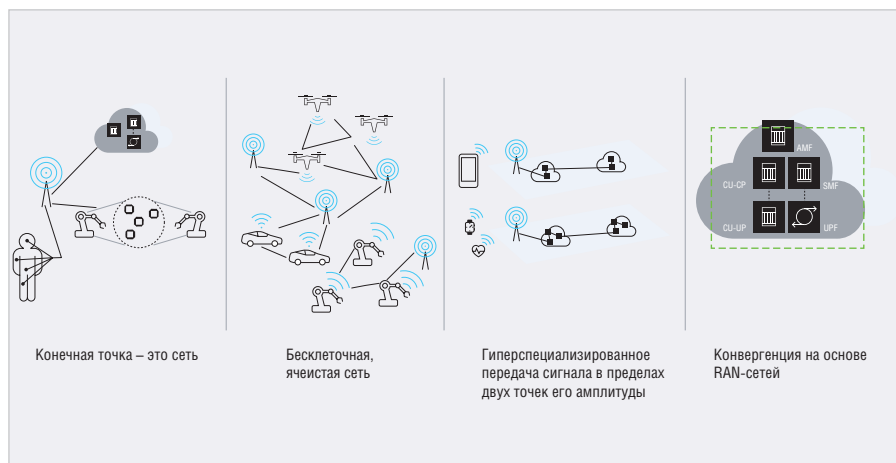


Рис. 7. Темы архитектуры 6G

ством подключений, ожидается усиление направления сегментирования и виртуализации. Слайсы могут стать узкоспециализированными, потенциально с отдельными программными стеками для различной функциональной обработки потоков (см. рис. 7). Текущая тенденция к виртуализации более высоких уровней RAN приведёт к дальнейшему разделению функций на модульные микросервисы, гибко объединяющиеся в рамках конкретных сегментов. Например, можно представить специализацию слайсов для предоставления видеослужб, включающую определённые необязательные для других слайсов микросервисы, помогающие оптимизировать видео.

Слайсы для Интернета вещей с низкой пропускной способностью могут включать функции, обеспечивающие доступ без установления соединения, в то время как другие слайсы будут всё так же предоставлять традиционное соединение. Кроме того, можно ожидать появления гибкого размещения функций для конкретных слайсов в шлюзовых устройствах, ретрансляторах, сотовых узлах, удалённых устройствах и региональных облаках на множестве различных аппаратных платформ в соответствии с потребностями конкретного слайса. Для создания таких узкоспециализированных слайсов и управления ими необходимы инновации в механизмах управления и сервисов.

Конвергенция на основе RAN-сетей

В 5G базовая станция состоит из распределённого (DU) и централизованного блоков (CU). DU включает в себя нижние уровни стека протоколов пользователя и управления, то есть физический уровень 1 и уровень реально-

го времени 2, CU включает уровень не реального времени 2 и функциональный уровень 3.

Далее CU делится на плоскости управления и пользователя с чётко определённым интерфейсом между ними. CU обычно реализуется как виртуализированная функция в периферийных или городских облаках и может обслуживать несколько DU. С другой стороны, основные функции 5G становятся всё более децентрализованными, поскольку объём трафика через ядро существенно увеличивается. Различные основные функции также виртуализируются и реализуются в периферийных или городских облаках, а порой для этого используются периферийные облака с малой задержкой.

По мере увеличения централизации функций RAN более высокого уровня и распределения основных функций, упрощение может быть достигнуто путём объединения некоторых RAN и основных функций в отдельные объекты. Таким образом, во временных рамках 6G появится сокращённый набор функциональных блоков, реализующих комбинацию 5G RAN и ядра, что приведёт к созданию «безъядерной» RAN, особенно актуальной на пользовательском уровне.

Новые парадигмы безопасности, конфиденциальности и доверия

Надёжность проводного уровня также подразумевает, что сеть спроектирована с учётом новых мер безопасности и конфиденциальности. Появление преднамеренных помех в промышленных сетях – новая угроза, от которой придётся защищать сети. Злоумышленники могут попытаться заблокировать сети за пределами промышленного объекта, поэтому физической безопасности будет недо-



Рис. 8. Иллюстрация 6G как модели платформы решений

статочно. В будущем глушение сетей может также принимать форму простой задержки доставки пакетов данных, время от времени создавать помехи. Это может серьёзно повлиять на промышленные операции, использующие чувствительные ко времени сети. Технологии 6G будут иметь механизмы защиты от таких угроз.

Определение подсетей требует изменения стратегии авторизации. Это уже авторизация не по сети, а по подсети. Если рассмотреть компьютерную сеть натального устройства (BAN), её активы принадлежат ей полностью, и поэтому авторизация и управление активами осуществляются в пределах доверительной границы.

6G будет объединять подсети, и на сетевом уровне может потребоваться второй уровень авторизации. Различные подсети могут принадлежать ненадёжным объектам, что требует более чёткого разделения между подсетями, а также непосредственно между сетью и подсетями. Крайне важно, чтобы подсети действовали как независимая сеть, наделённая полномочиями разрешительного органа и отвечающая за управление собственными активами. Из-за динамического поведения устройств подсети, сохранение конфиденциальности подсети и анонимности пользователей станет сложной задачей, которую необходимо решить в архитектуре 6G.

После появления миров смешанной реальности, сочетающих цифровые представления реальных и виртуальных объектов, сегодняшних решений по обеспечению конфиденциальности вряд ли будет достаточно. Наряду с тем, что мультисенсорные системы позволят обнаруживать практически всё, что находится вокруг них, пользователи

захотят регулировать распространение полученного контента, которым они делятся. Пользователи должны иметь возможность простым способом устанавливать предпочтения в отношении того, чем они хотят поделиться, и обработка данных в этом смысле должна стать автоматической. Механизмы безопасности физического уровня обычно зависят от уникальности беспроводного канала для установления аутентификации, конфиденциальности и обмена ключами. Эти механизмы могут стать более «зрелыми» в период 6G, они начнут решать новые проблемы, в том числе и отстраиваться от преднамеренно создаваемых помех. Доверие к сети имеет решающее значение для успеха внедрения 6G.

6G как открытая платформа для создания высокоэффективных специализированных решений

Одним из важных факторов огромного успеха мобильной связи стали глобальные открытые стандарты. До недавнего времени в перечне услуг мобильной связи преобладали услуги, ориентированные на человека, такие как голосовая связь, служба коротких сообщений (SMS) и широкополосная передача данных с максимальной эффективностью. Сегодня в мире работает более миллиарда смартфонов, развёрнуты десятки миллионов базовых станций мобильной сети.

За последние пять лет услуги мобильной связи расширились и теперь включают промышленный Интернет вещей. Были стандартизированы энергоэффективные сети дальнего радиуса действия (LPWA), такие как NB-IoT и Cat-M. Затем возникла технология сотовой связи V2X для автомобилей. Разработа-

ны стандарты подключения беспилотников и дронов. Совсем недавно в 5G были стандартизованы ультра-надёжные коммуникации с малым временем задержки (URLLC) и протокол TSC для управления в реальном времени. Число устройств при подключении LPWA и C-V2X потенциально может достигать миллиардов единиц.

Сотовая сеть используется в промышленном Интернете вещей, но в будущем она станет частью домашних и корпоративных сред. Здесь вполне можно предположить появление потребности в гораздо более специализированных решениях для подключения. Естественными последствиями этих процессов являются значительно меньшие объёмы использования каждого специализированного решения.

Чтобы эффективно поддерживать распространение новых решений для беспроводной связи, необходимо определять и внедрять спецификацию мобильной сети как платформы с несколькими базовыми возможностями на нижних уровнях. Это потребует для различных сценариев, которые затем будут использоваться несколькими различными группами для определения спецификаций более высокого уровня и создания собственного семейства сценариев использования. Последнее может в некоторых случаях быть реализовано посредством совместной разработки программного обеспечения в рамках группы интересов или программного обеспечения с открытым исходным кодом. Это проиллюстрировано на рисунке 8. Основным преимуществом платформенного подхода являются открытые интерфейсы от платформы к специализированным уровням связи.

Чтобы обеспечить экономическую целесообразность и сосуществование служб связи, протоколы связи нижнего уровня, обычно реализуемые на аппаратном уровне, должны быть определены глобальным органом по стандартизации.

Нынешняя тенденция к развёртыванию открытых сетей радиодоступа с несколькими поставщиками, предоставляющими доступ к разным частям сети, будет дополнительно поддерживаться сетью 6G с платформенным подходом. Радиопередача и некоторые функции, требующие интенсивной обработки, останутся для реализации в специализированном оборудовании. Остальные функ-

ции будут реализованы программно, их можно будет выполнить на любом коммерческом компьютере. При этом спецификации интерфейса станут открытыми.

Таким образом, интеллектуальные уровни управления мобильной сети оптимизируются в соответствии с потребностями конкретного варианта использования и будут независимы от любого поставщика. Это также соответствует понятию следующего поколения сегментации сети, которое было описано ранее: каждый слайс сможет иметь собственную специализированную функциональность.

Мобильные сети и терминалы как таковые не являются частью технологии 6G, а, скорее, представляют новый способ эффективного и быстрого создания коммуникационных решений для промышленных и других вариантов использования внутри помещений.

Вывод

Развёртывание сотовой связи нового поколения примерно каждые десять лет будет продолжаться и в будущем. Сеть

6G станет актуальной в 2030-х годах. 6G оптимизирует и удешевит новые варианты использования, представленные в 5G, что будет способствовать масштабному внедрению новой технологии. В то же время сеть шестого поколения откроет возможности, которые трудно даже представить и тем более – подробно описать.

Вертикальное развитие мобильной сотовой связи, начавшееся с внедрения недорогих технологий Интернета вещей в 4G и сверхнадёжного Интернета вещей с малой задержкой в 5G, будет продолжаться, становясь в 6G ещё масштабнее. Быстрое развитие технологий искусственного интеллекта и машинного обучения повысят скорость решения проблем во многих областях. Система 6G будет в основном использовать ИИ и МО для повышения производительности за счёт лучшей адаптации к операционной среде.

Растущий спрос на более высокую ёмкость и пиковые скорости указывает на технологии, использующие всё более высокие частоты. По мере увеличения плотности инфраструктуры в сочетании с использованием сигнала

с более широкой полосой пропускания в высокочастотном спектре, новые возможности для определения местоположения и зондирования будут способствовать созданию модели, оптимизированной не только для связи, но и для определения положения.

В настоящей статье были определены ключевые технологические преобразования системы 6G, имеющие наибольший потенциал:

1. разработка и оптимизация радиointерфейса на основе искусственного интеллекта и машинного обучения;
2. расширение спектра и новые когнитивные методы совместного использования;
3. интеграция систем локализации и зондирования;
4. достижение высочайших требований к производительности по задержке и надёжности;
5. новые парадигмы сетевой архитектуры, включающие подсети и конвергенцию RAN-ядра;
6. новые схемы безопасности и конфиденциальности.



Москвичка

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ДОСТУПА В ЗОНУ ЗАЩИЩЕННУЮ ОТ ESD

Обеспечивает ежедневную проверку обуви/браслетов на соответствие стандартам

Полностью Российская разработка и производство

Контроль правильности работы браслетов и обуви

Короткие сроки поставки

Возможность ознакомиться с работой оборудования перед покупкой

Возможность интеграции с Вашей СКУД;

Система антипаника

Встроенный гидромеханический доводчик

Световая и звуковая индикация

Корпус турникета из нержавеющей стали



НПО ДиОД - официальный дистрибьютор «Москвичка» в России
г. Москва, ул. Новгородская д. 1, к. Г, оф. 211 / +7 (495) 150-53-17

www.npo-diod.com

emslab