

Лекция №9: Перспективные направления развития инфокоммуникаций

За последние 5-7 лет инфокоммуникационные технологии претерпели значительные изменения и продолжают стремительно развиваться.

Ниже приведены ключевые направления движения инфокоммуникаций:

1) **5G и 6G:** *пятое поколение мобильной связи*, которое обеспечивает скорость передачи данных до 20 Гбит/с и уменьшает задержку до 1 мс. Это позволит пользователям использовать высококачественные видеоконференции, игры и другие приложения в реальном времени. Основное назначение 5G – межмашинное взаимодействие, требующее высоких скоростей и качества обслуживания. *Целью 6G* являются максимальные скорости передачи данных до 1 Тбит/с. Для достижения подобных скоростей требуется расширение полосы пропускания до 10 ГГц.

2) **Edge Computing:** технология, которая позволяет располагать обработку данных ближе к месту их возникновения, что уменьшает задержку и улучшает производительность. Это особенно полезно для приложений с низкой задержкой, таких как видеопрокат и онлайн-гейминг.

3) **SD-WAN:** *технология программного управления сети*, которая позволяет управлять сети в реальном времени и обеспечивать более высокую доступность и производительность.

4) **NFV** (англ. *Network Function Virtualization*): *виртуализация сетевых функций* – технология, которая позволяет виртуализировать функции сети, такие как маршрутизация и фильтрация трафика, что уменьшает затраты и упрощает управление сети.

5) **IoT** (англ. *Internet of Things*): *интернет вещей* – технология, которая позволяет устройствам обмениваться данными с помощью интернета. Это открывает новые возможности для мониторинга и управления устройствами в различных секторах, таких как промышленность, энергетика и транспорт.

6) **Artificial Intelligence (AI) и Machine Learning (ML):** *искусственный интеллект и машинное обучение* – технологии, которые позволяют анализировать и обрабатывать большие объёмы данных, что улучшает эффективность и производительность телекоммуникационных систем.

7) **Cloud Computing:** *облачные вычисления* – технология, которая позволяет хранить и обрабатывать данные в облаке, что уменьшает затраты и улучшает доступность данных.

8) **Quantum Communication:** *квантовая коммуникация* – технология, которая использует *квантовую криптографию* для обеспечения безопасной передачи данных. Это особенно важно в секторах, таких как финансы и государственная безопасность.

9) **Li-Fi**: технология, которая использует свет для передачи данных, что может быть более безопасным и быстрее, чем традиционные технологии Wi-Fi.

10) **Blockchain**: *высокозащищённая система записи данных* – технология, которая обеспечивает безопасность и прозрачность в передаче данных, что особенно важное в секторах, таких как финансы и платежи.

Все эти технологии имеют большие возможности для изменения телекоммуникационной индустрии и открывают новые пути для разработки инновационных приложений и услуг.

6G

Инновации беспроводных технологий, несомненно, продолжатся в течение ближайших 10 лет, и двумя основными катализаторами новых технологических прорывов станут рост ИИ, основанного на машинном обучении, и создание цифровых двойников (то есть проекций объектов физического мира на кибернетический). Возникшая в результате этого прогресса сеть 6G изменит правила игры как с точки зрения экономики, так и с точки зрения общества - она заложит прочную основу для будущего всеобъемлющего интеллекта.

Сеть 6G станет следующим поколением беспроводной связи, перейдя от эпохи подключённых людей и подключённых вещей к эпохе подключённого интеллекта. По мере того, как общество движется ко всеобъемлющему интеллекту, 6G станет ключевой технологией распространения ИИ, соединяя с распределённым интеллектом каждого человека, дом, автомобиль и бизнес.

Функционируя как *распределённая нейронная сеть с каналами связи*, 6G объединит физический и кибернетический миры. Это будет не просто канал для перекачки битов, а сеть, вобравшая в себя все сенсоры, все подключения и весь ИИ. Иными словами, 6G будет представлять из себя *машинообучаемую сеть* сенсоров, где центры обработки данных станут нейронными центрами с машинным обучением, распространяющимися по всей сети. Примерно так будет выглядеть кибермир для будущего всеобъемлющего интеллекта.

Сеть 6G станет ключевым фактором в достижении полномасштабной **цифровой трансформации** всех вертикальных предприятий. Обладая исключительными характеристиками, такими как скорость передачи данных в несколько Тбит/с, задержка менее миллисекунды и надёжность в семь девяток (99,99999 %), 6G обеспечит значительные улучшения с точки зрения ключевых показателей производительности KPI (англ. *Key Performance Indicators*) – в некоторых случаях рост более чем на порядок – по сравнению с 5G. Она обеспечит универсальную высокопроизводительную связь, сопоставимую с оптоволоконными кабелями по скорости и надёжности, за исключением того, что это будет беспроводная связь. Свободная от функциональных ограничений и ограничений производительности, 6G будет универсальной платформой, которая поддерживает создание любой службы и любого приложения.

Основное отличие 6G от предыдущих поколений заключается в сочетании прорывных технологий и инноваций. Далее мы рассмотрим лишь некоторые из

ключевых особенностей 6G, которые окажут огромное влияние на технологии и общество в течение ближайших десятилетий:

- сеть 6G изначально подразумевает наличие собственного **распределённого искусственного интеллекта**, а сетевая архитектура будет включать возможности машинного обучения, в частности распределённое машинное обучение. Проще говоря, 6G – это сеть, предназначенная для поддержки ИИ, или сеть, включающая ИИ, в которой многие элементы сети будут выполнять функции ИИ и машинного обучения;

- **беспроводное сканирование** (англ. *Wireless Sensing*), основанное на естественных механизмах распространения радиоволн, станет ключевой прорывной технологией в 6G, использующей радиоволны и эхо для сканирования (или ощущения) физического мира. Предыдущие поколения беспроводных систем использовали радиоволны в основном для передачи информации. Однако для поддержки ИИ и машинного обучения нам необходимо собирать чрезвычайно большие объёмы данных из физического мира; базовые станции 6G могут работать для этой цели как сенсоры. В частности, за счёт использования более высоких частот, таких как миллиметровые волны и терагерцовый (ТГц) спектр, 6G обеспечит сканирование с высоким разрешением;

- важной отличительной чертой 6G станет **интеграция спутниковых группировок VLEO с наземными сетями**. Плотнo размещённые небольшие спутники позволят создать «беспроводную сеть в небе» для покрытия всей земной поверхности. Это стало экономически выгодным благодаря достижениям Space-X в передовых технологиях запуска спутников, что значительно снизило стоимость создания массивных спутниковых группировок. Эта новая неназемная беспроводная инфраструктура будет полностью интегрирована с существующей наземной системой мобильной связи, что станет ещё одним ключевым фактором 6G;

- **сетевая архитектура** 6G будет значительно отличаться от предыдущих поколений. В основе 6G лежат данные, а также полученные на их основе сведения и знания. Сетевая архитектура будет спроектирована таким образом, чтобы обеспечить надёжность с учётом достижений в области технологий безопасности, сохранения конфиденциальности и управления данными. Фактически архитектуру сети 6G нужно разработать заново, чтобы в ней нашлось место для всеобщего интеллекта. Кроме того, 6G будет использовать новые права собственности на данные, модели доверия и конструкции безопасности, устойчивые к атакам на основе квантовых вычислений;

- **устойчивость** является центральной темой для 6G, особенно с точки зрения энергопотребления всей сети и связанной с ней инфраструктуры и устройств ИКТ. Устройство сети 6G должно соответствовать строгим требованиям в этом отношении. В частности, общее энергопотребление инфраструктуры 6G должно быть намного ниже, чем у предыдущих поколений, и в приоритете должна быть реализация архитектуры E2E, которая является

одновременно устойчивой и энергоэффективной. Как глобальная инфраструктура ICT, сеть 6G будет ориентирована на достижение социальной, экологической и экономической устойчивости. Будущее интеллекта должно соответствовать нашей общей цели – сделать нашу планету лучше для жизни.

БПЛА

В *перечне профильных национальных проектов технологического лидерства* присутствует пункт «Беспилотные авиационные системы».

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА или БЛА) – это летательный аппарат, который управляется без экипажа на борту. В разговорной речи также используется понятие *дрон*. БПЛА могут обладать разной степенью автономности – от управляемых дистанционно до полностью автоматических, а также различаться по конструкции, назначению и множеству других параметров (рис. 9.1).

БПЛА трудно классифицировать, так как они имеют очень разные характеристики. Производители пока не ограничены никакими стандартами.



Рис. 9.1. Беспилотный летательный аппарат

Сфера применения БПЛА достаточно широка, и превосходит даже возможности традиционных пилотируемых аппаратов.

С помощью БПЛА можно:

- производить аэрофотосъемку;
- производить мониторинг объектов;
- исследовать крупные объекты и территорию, в том числе со сложным ландшафтом;

- осуществлять разметку территории и измерение различных параметров: от температуры до расстояний;
- транспортировать лёгкие грузы.

Все беспилотники делятся на две разновидности:

- *самолётного* типа;
- *квадрокоптеры*.

Самолётные – это приборы, которые оснащены несущими крыльями, а **квадрокоптеры** – это аппараты, которые имеют вертикальные роторные приводы.

Самолётная разновидность БПЛА будет незаменимым помощником при аэрофотосъёмке больших объектов, площадей, протяжённых территорий или измерений на большой высоте.

Способность зависать в воздухе делает винтовые беспилотники пригодными для более тонкой работы, нежели самолётные аппараты. Компактные размеры, высокая манёвренность и способность зависать в воздухе позволяет с помощью квадрокоптеров исследовать сложные крупноразмерные объекты, ландшафты и даже тесные пространства пещер и промышленных сооружений. Также винтовым беспилотникам с камерой доступно более высокое качество снимков и видеозаписей. Для посадки квадрокоптеру достаточно небольшого пространства, что делает его более адаптивным.

В конструкции беспилотного аппарата есть спутниковый навигатор и программируемый модуль. Если БПЛА используется для получения, сохранения и передачи информации на пульт оператора, в нем дополнительно устанавливаются карта памяти и передатчик.

Конструкция и функциональность меняются в зависимости от назначения аппарата. Есть модели дронов, которые умеют принимать команды человека и реагировать на них. В таких устройствах установлены специальные модули-приёмники команд.

Основными проблемами на пути создания систем связи дальнего действия являются:

- обеспечение радиовидимости между летательным аппаратом (ЛА) и наземным комплексом управления;
- компенсация большого затухания сигнала на трассе.

Прямая видимость между БПЛА и наземным комплексом управления может быть достигнута за счёт увеличения высоты полёта ЛА и увеличением высоты подъёма наземной антенны. Передача информации с высокой скоростью на расстояния более 300 км возможна с использованием ретрансляционного оборудования, спутниковых систем связи, стационарных систем передачи информации.

Для компенсации большого затухания сигнала на трассе могут быть предприняты следующие меры:

- увеличение выходной мощности передатчика;
- увеличение коэффициентов усиления антенного оборудования.

Для повышения коэффициента усиления бортового антенно-фидерного оборудования предлагается использование опорно-поворотного устройства на борту летательного аппарата

Многие задачи, решаемые современными комплексами беспилотных летательных аппаратов, требуют наличия высокоскоростных линий передачи информации между БПЛА и наземным комплексом управления (НКУ). Например, задачи оперативного мониторинга или разведки с помощью технологий БПЛА предполагают получение на борту и доставку на НКУ растровых изображений разного разрешения, получаемых с датчиков различных диапазонов длин волн. Наиболее распространённая на сегодняшний день технология передачи информации заключается в непрерывной трансляции изображения по мере его получения в цифровом или аналоговом формате, структура которого не меняется в течение всего полета. Необходимо учесть, что непрерывная трансляция изображений имеет следующие особенности:

- значительная часть визуальной информации может не иметь искоемых признаков;
- отсутствует гарантия достоверной доставки информации;
- требуется постоянное излучение сигнала передатчиком, что позволяет легко обнаружить БПЛА и установить его координаты.

Существующая технология доставки изображения неэффективно использует ресурсы радиоканала. В этой связи становится актуальным решение следующих задач:

- реализация функции гарантированной доставки (особенно для изображений высокого пространственного разрешения);
- реализация адаптивного снижения разрешения видеопотока в зависимости от актуального бюджета канала связи;
- реализация возможности получения прошлого снимка в полном разрешении с целью уточнения деталей изображения;
- создание адаптивной системы передачи информации, способной эффективно использовать энергетический и спектральный ресурс канала связи.

Как правило, на борту БПЛА размещаются не менее двух систем связи: дуплексная/полудуплексная аппаратура передачи командно-телеметрической информации и симплексная система передачи информации полезной нагрузки.

Аппаратура передачи командно-телеметрической информации предназначена для низкоскоростной передачи командной информации с НКУ на борт БПЛА и низкоскоростной передачи телеметрической информации с борта БПЛА на НКУ.

Аппаратура передачи информации полезной нагрузки предназначена для односторонней высокоскоростной передачи информации полезной нагрузки с борта БПЛА на НКУ.

Прямая связь между БПЛА и НКУ в диапазонах СВЧ возможна только в пределах прямой видимости. Для повышения надёжности комплекса БПЛА на

борту устанавливаются несколько приёмопередатчиков различных диапазонов длин волн.

Передача телеметрической информации при полётах на большие расстояния может осуществляться с помощью спутниковых систем связи (Iridium, Globalstar и др.).

Высокоскоростная передача информации полезной нагрузки может также осуществляться через малоразмерные спутниковые терминалы, что требует установки на борт БПЛА высоконаправленной антенны с возможностью сканирования. В простейшем случае это параболическая антенна на опорно-поворотном устройстве.

Перспективным направлением в развитии систем связи с БПЛА является использование частотных диапазонов выше 5 ГГц. При этом становится возможной передача большого объёма данных полезной нагрузки в режиме реального времени (например, это могут быть изображения с датчиков излучения различного диапазона длин волн).

Факторами, резко ограничивающими радиус действия радиосистемы связи при использовании данных диапазонов, являются сильная зависимость условий распространения электромагнитных волн от погодных условий, необходимость прямой видимости и влияние многолучевости.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЛЕКЦИИ 9

- 1) В чём заключается разница между технологиями 5G и 6G?
- 2) Чем сети Li-Fi отличаются от сетей Wi-Fi?
- 3) Как искусственный интеллект влияет на развитие телекоммуникаций?
- 4) Охарактеризуйте ключевые особенности сетей 6G.
- 5) Где применяются БПЛА?
- 6) Дайте краткую характеристику технологии NFV.