

## ПРАКТИКА10-13 Голографическое телеприсутствие

### Модельная сеть для тестирования передачи мультимедиа контента для приложений дополненной реальности на базе беспроводной сенсорной сети

В данном разделе представлена модельная сеть для тестирования передачи мультимедиа контента для приложений дополненной реальности на базе беспроводной сенсорной сети. В качестве технологии передачи данных в беспроводной сенсорной сети рассматриваются *IEEE 802.15.4* и протокол *ZigBee*, а также *IEEE 802.11 (Wi-Fi)*. Выбор данных технологий позволяет обеспечить взаимодействие устройств интернета вещей между собой с возможностью самоорганизации и доставки данных для приложений дополненной реальности путем ретрансляции через промежуточные узлы.

#### 3.5.1 Взаимодействие элементов модельной сети

Перед разработкой модельной сети опишем порядок взаимодействия элементов. Существующие на сегодняшний день решения для приложений дополненной реальности предполагают формирование запроса для вывода вспомогательного слоя информации на базе видеоаналитики. Это возможно благодаря наличию у смартфона или очков внешней камеры, которая делает снимок и в реальном времени формирует запрос в базу данных. Существующее решение имеет ряд существенных ограничений ввиду того что на удалении более 10 метров, а также в ночное время видеоаналитика работает как правило некорректно и не позволяет достоверно считывать информацию и производить видеоаналитику.

Предлагаемый ниже подход принципиально отличается от существующих решений тем, что для вывода информации об объекте используется непосредственное получение информации от этого объекта по сети.

1) *Клиент приложения дополненной реальности*: традиционно

приложения дополненной реальности разрабатываются для мобильных устройств (смартфона, смарт-очков и др.). В ситуации, когда приложение хочет получить информацию о том или ином объекте, оно формирует и отправляет запрос к ближайшему узлу обслуживания приложения (*Application Point*). Через беспроводную точку доступа на базе технологии *WiFi* мобильное устройство подключается к узлу обслуживания приложения.

- 2) *Узел обслуживания приложения дополненной реальности*: данный узел осуществляет взаимодействие с элементами системы и поддерживает протокольное взаимодействие. Узел обслуживается по принципу «издатель-подписчик», т.е. клиент как подписчик подписывается на каналы предоставления информации объектов, тогда клиент может получить данные от объектов, когда приложение дополненной реальности формирует запрос и ожидает данные для формирования слоя визуализации. Оконечные устройства беспроводной сенсорной сети, функционирующие как издатели, отправляют собираемые данные по этим каналам. Таким образом, информация об объектах может быть предоставлена клиенту (приложению дополненной реальности) так быстро, как это возможно.
- 3) *Беспроводная сенсорная сеть для сбора данных*: Как говорилось ранее, в качестве самоорганизующейся сети рассматривается сеть с поддержкой протокола *ZigBee*. Оконечные устройства *Zigbee* оснащены различными датчиками, а также содержат информацию о самом объекте. Собираемые данные с заданной периодичностью отправляются к шлюзу или по запросу клиента. После этого шлюз перенаправляет запросы к облачному сервису и узлу обслуживания приложения.

На рисунке 3.13. изображена модельная сеть.

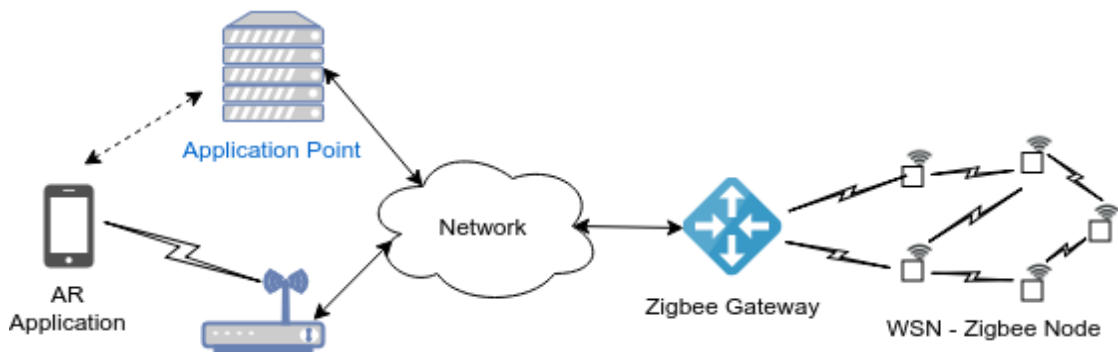


Рисунок 3.13 - Структура модельной сети

### 3.5.2 Аппаратное обеспечение

В качестве устройства дополненной реальности может быть использован смартфон *Xiaomi Redmi 6A/2 с Android 8.x*, который периодически формирует и отправляет запросы к узлу обслуживания приложения.

Узел обслуживания подключен к облачному сервису и шлюзу сети сбора данных.

В качестве маршрутизаторов и конечных устройств *ZigBee* использованы отладочные платы *EM35xx Development Kit*, представленные на рисунке 3.14. Оконечное устройство *ZigBee* может взаимодействовать с другим контроллером с использованием соединения *USB-UART*.

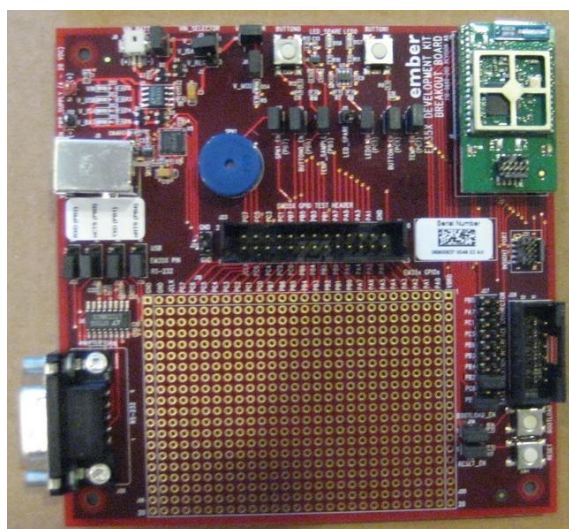


Рисунок 3.14 - Отладочная плата EM35xx

В качестве шлюза *ZigBee* используется *USB-шлюз ETRX3 Series ZigBee Module*, представленный на рисунке 3.14. Шлюз *Zigbee* подключается к узлу, который взаимодействует с основным облаком, а также с узлом обслуживания приложения дополненной реальности.



Рисунок 3.14 - *USB-шлюз ZigBee*

### 3.5.3 Программное обеспечение

На смартфоне запускается приложение дополненной реальности, разработанное для операционной системы *Android 8.x*. Приложение подключается к узлу обслуживания приложений через беспроводную точку доступа *WiFi* и периодически отправляет запрос для получения информации от объектов. Для исследования качества обслуживания предоставляемой услуги, приложение записывает моменты времени отправки запроса и получения ответа.

На узле обслуживания приложения запускается сервер, который работает по принципу «издатель-подписчик».

Для шлюза *ZigBee* используется программа, написанная на *Python*. Программа осуществляет управление *USB-шлюзом* на базе *AT-команд* через адаптер *USB-UART*. Принцип работы программы заключается в следующем: шлюз получает данные датчиков и перенаправляет их к облачному сервису и узлу обслуживания приложения. Шлюз получает запросы из узла обслуживания приложения (от клиента) и перенаправляет их к конечным узлам. После этого шлюз получает ответы конечных устройств и

перенаправляет их к узлу обслуживания приложения, чтобы предоставить их непосредственно клиенту.

Для окончного устройства запускается программа, разработанная на языке программирования *Python*. Программа управляет модулем *ZigBee* с помощью *AT*-команд через адаптер *USB-UART*. Программа работает с учетом того, что данные датчиков периодически генерируются и отправляются к шлюзу, однако окончное устройство отвечает на запросы, когда оно получает их от шлюза (т.е. из клиента).

### 3.5.4 Сценарии тестирования

Для оценки качества обслуживания рассматривается время ожидания ответа после формирования и отправки запроса от приложения дополненной реальности. Процесс обслуживания изображен на рисунке 3.15. В начале приложение дополненной реальности отправляет запрос к узлу обслуживания, далее узел обслуживания передаёт этот запрос к шлюзу сети сбора данных, а шлюз перенаправляет запрос к окончному сенсорному узлу. После получения запроса, сенсорный узел посылает ответ к шлюзу, который направляет его к узлу обслуживания, а он, в свою очередь, передаёт этот ответ к клиенту приложения дополненной реальности.

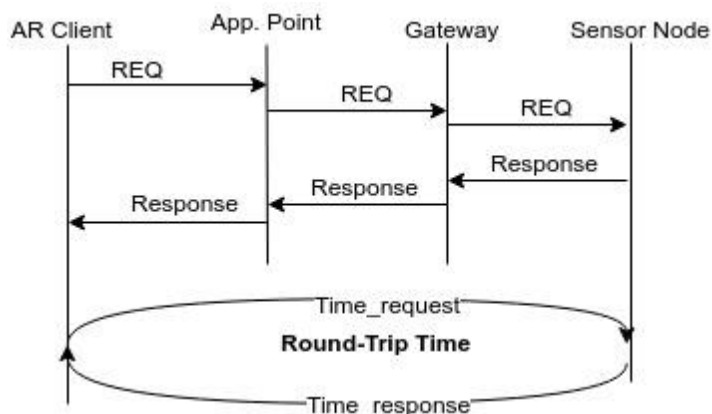


Рисунок 3.15 - Процедура запроса и ответа

Согласно структуре модельной сети можно наблюдать, что фрагмент беспроводной сенсорной сети имеет большое влияние на время предоставления данных к клиенту. Как было описано выше, ячеистая топология сети *ZigBee* вносит задержку и влияет на процесс передачи данных, поэтому при рассмотрении этого сценария необходимо учитывать характеристики сети, такие как плотности узлов и количество пройденных маршрутизаторов.

### **Сценарий 1 – влияние плотности сети на задержку для приложений ДР.**

Первый сценарий заключается в том, что рассматривается влияние плотности сети на круговую задержку доставки данных для приложений дополненной реальности. В этом сценарии количество узлов в сети увеличивается на каждой стадии эксперимента, при этом время формирования, отправки запроса и получения ответа фиксируется в соответствующий лог файл. Распределение узлов в сети изображено на рисунке 3.16.

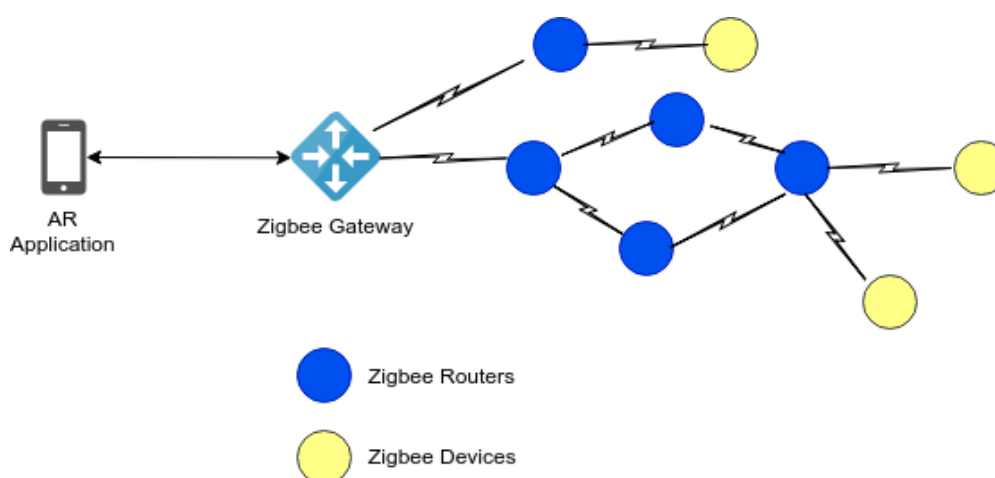


Рисунок 3.16 - Распределение узлов в сети (увеличение плотности сети)

### **Сценарий 2 – увеличение количества маршрутизаторов.**

Второй сценарий рассматривает увеличение количества маршрутизаторов между шлюзом и конечным узлом, т. е. количество переходов для каждого пакета увеличивается. Распределение маршрутизаторов в сети изображено на рисунке 3.17.

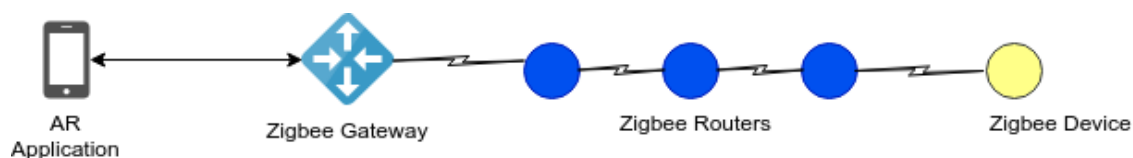


Рисунок 3.17 - Распределение узлов в сети (увеличение количества маршрутизаторов)

Для записи времени отправки запроса и получения соответствующего ответа, приложение дополненной реальности формирует и отправляет запрос с номером, например, «*Request 1*», и время отправки сохраняется в файле для дальнейшей обработки. Далее если сенсорный узел получает «*Request 1*», то он отвечает соответствующим ответом «*Response 1*». Когда приложение дополненной реальности получает ответ «*Response 1*», оно записывает время получения ответа в файл. После каждого эксперимента формируется два файла записи времени отправки и получения с сообщениями какого запроса и ответа. Таким образом, возможно вычислить круговую задержку между клиентом дополненной реальности и сенсорным узлом.

Наряду с технологией *ZigBee* для построения беспроводных сенсорных сетей могут быть использованы и другие технологии беспроводной связи. В частности, наибольшее распространение в настоящее время, получили стандарты *WiFi* и *Bluetooth*. Они также позволяют организовать сеть ячеистой структуры *mesh* или *ad hoc*. Их особенность состоит в потенциально большей полосе пропускания канала, по сравнению с технологией *ZigBee*. Это дает возможность существенно сократить время доставки сообщений. Использование этих технологий также привлекательно тем, что их поддерживает большинство современных пользовательских устройств. Это дает возможность взаимодействовать с терминалом дополненной реальности напрямую, минуя шлюз.

В данном разделе рассмотрены конфигурации модельных сетей и сценарии тестирования для различных классов услуг дополненной реальности.

## 4 Тенденции развития услуг дополненной реальности

Дополненная реальность в силу ряда своих преимуществ, одним из которых является наглядность предоставляемой информации, а другим удобство использования, проникла во многие сферы деятельности, но именно применения технологии ДР при создании «Умных городов» позволит ей выйти в широкие массы и стать частью повседневной жизни каждого горожанина. Сегодня уже известно несколько удачных проектов создания умных городов, среди них Сингапур, которому часто отдают лидерство в этом вопросе. В Сингапуре успешно внедрили систему датчиков, контролирующих энерго и водоснабжение, солнечные панели, вакуумные мусоросборники, а также систему мониторинга за пожилыми и больными людьми, которые живут одни и в случае изменения жизненно важных показателей информация немедленно поступает на пульт скорой помощи. До недавнего времени проекты создания умных городов в основном ориентировались на улучшение экологии большого города, однако, с появлением дополненной реальности стали расширять понятие «умного города» и включили в него удобство при пользовании общественными местами и транспортом и в целом повышение качества жизни. Отдельное направление развития дополненной реальности – это голографическое телеприсутствие и голографические сетевые приложения.

### 4.1 Голографическое телеприсутствие

Для повышения эффективности применения дополненная реальность все чаще применяется совместно с другими технологиями, например, с приложениями Интернета вещей, Тактильного интернета, виртуальной реальностью и голографическим телеприсутствием [101 - 103]. Голографическое присутствие делает дополненную реальность более зрелищной для пользователя и позволяет видеть виртуальные голограммы,



которые являются объемным цветным изображением. Современное оборудование позволяет создавать голограммы практически не отличающиеся от реальных вещей. В том числе такой эффект достигается за счет точного отслеживания положения пользователя в заданном пространстве и в зависимости от его расположения воспроизведения ему стереоскопического изображения.

Технологии ДР позволяют проецировать статические или анимированные объекты в реальные среды, расширяя тем самым физический мир. Более ранние разработки голограмм для ДР основываются на так называемых дисплеях в воздухе, иногда также называемых дисплеями в свободном пространстве. В воздухе отображаются проецируемые графические объекты на свободных проекционных поверхностях, таких как плохо видимая стена тумана («экран тумана»), создаваемая установленным вентилятором [104].

Одним из популярных является оборудование *Hololens* от *Microsoft* [105]. Поскольку и *Microsoft HoloLens*, и очки ДР способны отслеживать движения головы, они позволяют создавать впечатление постоянного присутствия голографических геопространственных объектов в окружении пользователя. Даже если пользователь ходит в определенной области, обычно внутри помещения, голограммы остаются и адаптируются к местоположению пользователя и перспективе просмотра. Эта постоянная и адаптируемая голографическая проекция может привести к подходам визуализации, которые приносят дополнительные преимущества для когнитивной обработки.

Представленный как «первый автономный голографический компьютер», *Hololens* объединяет физический и цифровой миры, позволяет пользователям взаимодействовать с цифровым контентом и взаимодействовать с голограммами в смешанной реальности. Работа [106] посвящена технической оценке использования *Hololens* для реализации мультимедийных приложений.

Как было сказано ранее в умных городах планируется внедрение голографических помощников, что обеспечивается взаимодействием технологий дополненной реальности и искусственного интеллекта. Японские разработчики из компании *Gatebox Labs* предлагают пользователям приобрести виртуальную подругу. Физически покупатель приобретает коробку, или «*Gatebox*», содержащую голограмму молодой леди с голубыми волосами, которую зовут Азума Хикари [107]. В коробку также встроены датчики температуры, движения, освещенности и т.д., которые передают информацию приложению ДР. Голограмма Азума в основном была разработана для ведения беседы, программа подгружает данные о погоде, и девушка рекомендует захватить сегодня зонтик. Программа также анализирует информацию с других датчиков, расположенных в доме, может регулировать свет, будить утром на работу, отправлять сообщения на телефон владельца о состоянии некоторых устройств в квартире. Разработка компании *Gatebox Labs* представлена на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Разработка компании *Gatebox Labs*

Французские разработчики из компании *Vivoka* предложили голограмму в виде енота и назвали свою программу *Zac* [108]. Она также контролирует устройства в доме, понимает о чем её спрашивают и может общаться. Это некий вариант реализации умного дома, в котором помощник обладает искусственным интеллектом и управляется голосом. Таким образом, управление устройствами в умном доме осуществляется через голосовые команды. *Zac* оснащен датчиками движения, присутствия и имеет доступ к камерам видеонаблюдения, что повышает безопасность. Удобной функцией является отслеживание энергопотребления устройств и автоматическая их регулировка, что позволяет экономить электроэнергию. Умный енот *Zac* владеет и медицинскими навыками, он подключается к интеллектуальному дозатору таблеток и напоминает о необходимости принять лекарство пожилым людям, а также может снимать их медицинские показатели.

Не менее зрелищным представляется использование голограмм и в спорте. Компания *Orange* первой провела живую теннисный матч с использованием голограмм и назвала этот эксперимент *Holotennis*. Идея заключалась в том, что игроки находятся далеко друг от друга, каждый на своем корте, видят голограмму соперника и отбивают мячи. В 2018 году с помощью дополненной реальности зрители уже могли наблюдать такой матч, т.е. была организована голографическая трансляция.

Также можно встретить голограммы и в сфере образования, так развитие технологических инструментов позволило повысить качество телеприсутствия в классе. В университете *Tec de Monterrey* в Мексике в период 2013-2015 годов был проведен ряд экспериментов с преподавателем, представляющим собой голограмму [109]. Этот формат проведения занятия позволяет студентам «чувствовать» присутствие профессора в классе через человеческое голографическое изображение, двунаправленное аудио и видео и автономные движения робота с дистанционным управлением.

Недавно голографические разработки в совокупности с дополненной реальностью планировали реализовать на Токийских Олимпийских играх,

которые должны были состояться в 2020 году. Токио хотел удивить весь мир новейшими разработками и провести игры 2020 под эгидой инновационных решений. Предполагается трансляция некоторых спортивных событий в виде голограмм, за реализацию данного проекта отвечает крупный японский телекоммуникационный оператор *NTT DoCoMo*. В помещении будет установлено специальное оборудование в виде большого куба с прозрачными гранями. Спортсмены в натуральную величину будут проецироваться внутри куба и можно будет наблюдать весь соревновательный процесс. К сожалению, пока возможно развернуть такую систему только в помещении, однако в качестве преимущества можно назвать отсутствие необходимости использовать дополнительное оборудования, такое как очки или смартфон.

## 4.2 Голографические сетевые приложения

Одним из видов голографических сетевых приложений является НТС (Holographic Type Communications) или голографическая коммуникация. Планируется, что к 2030 году понимание технологии построения качественных голограмм уже придет к инженерам, и встанет вопрос о возможности качественной трансляции этих голограмм с различных удаленных ресурсов, а также повседневной коммуникации с помощью них. Коммуникация с помощью голограмм выдвинет новые, куда более серьезные требования к сетям, нежели чем те, что существуют сейчас. Таким образом, сетям будущего придется колоссально нарастить пропускную способность в связи с очень больших объемом передаваемой информации. Достаточно привести в пример современные стриминговые сервисы, такие как Netflix, в которых есть отдельные тарифные планы, ранжируемые в зависимости от максимального качества видео, которое доступно пользователю. Из-за низкой пропускной способности сети пользователь далеко не всегда может воспользоваться (это важно) уже приобретенным контентом высокого разрешения. При этом речь идет всего лишь о видео 2-4К. Теперь представим,

что речь идет о 4К Голограмме. Для начала, стоит отметить, что 1 секунда 4 к видео с разрешением  $3840 \times 2160$ , которое имеет 50 Мбит/с и 30 кадров в секунду весит около 6,01 Мб, если же рассматривать идеальный вариант (60 к/с), то это 12,02 Мб. Теперь представим, что помимо видео, нужно еще передавать пространственные данные, данные о точке наблюдения, угол и позицию наблюдения, а также около 43 различных перспектив для каждой точки изображения, именно такие требования к сетям связи предъявят голографические коммуникации в будущем.

Таким образом, голограммы создают более интересные, увлекательные и исследовательские визуализации в области образования, информации и секторов, в которых используются методы проектирования и моделирования, такие как архитектура, чертежи, планы этажей, медицинские изображения, навигационные карты и т. д. путем визуализации информационных объектов в 3D с более точным освещением, интенсивностью, формой и текстурой. Таким образом, голографические аватары представляют собой многомерные информационные копии реальной сцены или реальных объектов в ней, или виртуализированных объектов, которые будут визуализироваться на удаленном конце. Внедрение таких аватаров ожидается сначала в сфере развлечений, затем в личных коммуникациях, а затем в автоматизации промышленности и удаленных операциях. Однако представление голографической информации, особенно для объектов, передающих движение, является проблемой, которая расширяет возможности современных технологий. Задача голографической связи в сетях 2030 остается в определении того, как сети могут поддерживать высококачественную интерактивную передачу видеоголограмм в реальном времени для приложений видеоконференцсвязи в реальном времени.

Голографические приложения дополненной реальности, в первую очередь, голографические копии человека, окажут существенное влияние на характеристики модельной сети вследствие новых требований как по скорости передачи информации (Тб/с), так и по надежности. В соответствии с

перспективными характеристиками сетей связи шестого поколения и сетей связи 2030 требования к коэффициенту готовности сети составят 0,999999, что на два порядка выше, чем в существующих сетях.

Это приведет к необходимости замены ядра модельной сети не только на более производительное, но и на более надежное. В соответствии с последними достижениями в этой области эволюционирующее пакетное ядро EPC (Evolutionary Packet Core) должно быть заменено на мульти контроллерную программно-конфигурируемую сеть. При этом системы передачи на модельных сетях должны быть также модернизированы до уровня систем, позволяющих обеспечить скорость передачи в несколько Тб/с.

