

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА
“Разработка рекомендаций по тестированию услуг дополненной реальности
на модельных сетях региональных лабораторий”

МОСКВА

2020

Содержание

Содержание	2
Введение	5
1 Анализ существующих и перспективных услуг дополненной реальности ...	6
1.1 Анализ областей применения дополненной реальности	10
1.1.1 Медицина в Умных городах	10
1.1.2 Образование	11
1.1.3 Рекламный бизнес	13
1.1.4 Туризм	13
1.1.5 Экология	15
1.1.6 Ремонт техники	15
1.1.7 Игры и развлечения	16
1.2 Классификация услуг дополненной реальности	17
1.2.1 По типу представления информации	18
1.2.2 По способу распознавания объекта	20
1.2.3 По способу взаимодействия с пользователем	21
1.2.4 По типу мобильности	22
1.2.5 По целевому назначению услуги	23
1.2.6 По типу безопасности	27
1.2.7 По степени воздействия на окружающую среду	28
2 Анализ рекомендации МСЭ-Т по тестированию услуг дополненной реальности Q.4060	32
2.1 Классификация приложений дополненной реальности для тестирования	32
2.2 Базовая архитектура модельной сети для тестирования	35
2.2.1 Модель услуги	35
2.2.2 Модель взаимодействия основных элементов при предоставлении услуг ДР	36
2.2.3 Качество предоставления услуги ДР	38

2.2.4 Модель сети для тестирования приложений ДР	39
2.3 Набор типовых сценариев тестирования приложений дополненной реальности	40
3 Конфигурации модельных сетей для тестирования дополненной реальности	46
3.1. Модельная сеть для тестирования облачных сервисов	46
3.1.1 Структура реализации услуги	47
3.1.2 Модель услуги	49
3.1.3 Модельная сеть для тестирования ДР и облачных сервисов	50
3.2 Модельная сеть для тестирования ДР и летающих сенсорных сетей	55
3.2.1 Особенности передачи данных при управлении БПЛА	57
3.2.2 Модельная сеть для тестирования ДР и БПЛА	58
3.3 Модельная сеть для тестирования ДР и Интернета вещей.....	60
3.3.1 Классификация приложений ИВ для технологии ДР	62
3.3.2 Классификация устройств ИВ для реализации систем идентификации объектов.....	64
3.3.3 Модельная сеть для тестирования ДР и мониторинга устройств ИВ в области сельского хозяйства	65
3.4 Модельная сеть для тестирования ДР в музейном пространстве	68
3.4.1 Анализ работы системы	72
3.4.2 Блок мониторинга сохранности музейных экспонатов	72
3.4.3 Блок ДР для помощи посетителям.....	73
3.5 Модельная сеть для тестирования передачи мультимедиа контента для приложений дополненной реальности на базе беспроводной сенсорной сети	75
3.5.1 Взаимодействие элементов модельной сети.....	75
3.5.2 Аппаратное обеспечение	77
3.5.3 Программное обеспечение	78
3.5.4 Сценарии тестирования	79
4 Тенденции развития услуг дополненной реальности	83

4.1 Голографическое телеприсутствие	83
4.2 Голографические сетевые приложения	87
Заключение	90
Список литературы	93

Введение

В отчете по научно-исследовательской работе “Разработка рекомендаций по тестированию услуг дополненной реальности на модельных сетях региональных лабораторий” на основе анализа рекомендаций и проектов рекомендаций Сектора стандартизации телекоммуникаций Международного союза электросвязи (МСЭ-Т), а также научно-исследовательских достижений, отраженных в публикациях в журналах и на конференциях высокого уровня за последние пять лет, разработаны рекомендации по тестированию услуг дополненной реальности на модельных сетях региональных лабораторий.

Для достижения указанной цели был проведен анализ существующих и перспективных услуг дополненной реальности, а также разработана классификация услуг дополненной реальности с точки зрения требований к их тестированию.

В процессе выполнения научно-исследовательской работы была подробно проанализирована базовая рекомендация МСЭ-Т по тестированию услуг дополненной реальности Q.4060 “Testing procedures of Augmented Reality applications” и даны рекомендации по ее использованию на модельных сетях региональных лабораторий.

На основе анализа существующих услуг дополненной реальности и базовой рекомендации МСЭ-Т Q.4060 в отчете предложены конфигурации модельных сетей и сценарии тестирования для различных классов услуг дополненной реальности на модельных сетях региональных лабораторий. В их число входят рекомендации по конфигурациям модельных сетей и сценариям тестирования для облачных сервисов услуг дополненной реальности, услуг дополненной реальности при взаимодействии с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), услуг дополненной реальности для мониторинга Интернета Вещей. Кроме того, разработаны конфигурации модельных сетей и сценарии тестирования для приложений дополненной реальности в музеях и при использовании беспроводных сенсорных сетей при передаче мультимедиа контента.

В отчете рассмотрены также перспективы развития услуг дополненной реальности в рамках работ по сетям связи шестого поколения и сетям 2030 в направлении создания и развития голографических приложений и разработаны предложения по эволюции модельных сетей региональных лабораторий.

1 Анализ существующих и перспективных услуг дополненной реальности

Последние десятилетие ознаменовалось не только повсеместным внедрением концепции Интернета вещей [1, 2], но и развитием таких направлений как Промышленный Интернет вещей, медицинские сети, Тактильный интернет, интернет нановещей и интернет навыков [3 - 8], что привело к созданию сетей нового класса, а именно летающих сенсорных сетей, сверхплотных сетей, высоконадежных сетей с ультрамалыми задержками [9 - 11], активно ведутся работы в области создания сетей связи пятого поколения [12, 13]. Дальнейшее масштабное ни многообещающее развитие сетей связи видится в направлении дополненной реальности. Основной целью услуг дополненной реальности является усиление ощущений пользователя от знакомых вещей. В задачи дополненной реальности не входит создание нового мира, а работа с реальными объектами, и улучшение существующей среды за счет таких усиления таких ощущений пользователя как слух, зрение, обоняние, знание и т.д. [14]. Согласно Рекомендации J.301 Международного союза электросвязи (МСЭ) [15] под дополненной реальностью понимают тип смешанной реальности, где графические элементы интегрированы в реальный мир, чтобы улучшить пользовательский опыт и обогатить информацию. Под смешанной реальностью понимают интеграцию виртуальной и дополненной реальности, которые являются принципиально разными понятиями. Виртуальная реальность полностью заменяет существующий мир искусственно созданной средой, где все объекты синтетические, находясь внутри этого мира, человек не слышит и не видит, что происходит вокруг него

в реальном мире, он полностью погружен в другой мир. В это же время дополненная реальность не создает новые миры, с новыми объектами и взаимосвязями, а лишь дополняет существующую действительность. Она объединяет виртуальные и реальные объекты и позволяет видеть физическую вещь с наложенными поверх неё виртуальными данными, что расширяет возможность восприятия информации о данной вещи [16, 17]. Дополненная реальность доступна каждому, независимо от профессии, социального статуса, пола и вероисповедания, будь то учитель или нефтяник, оказавшись в большом городе, в поисках нужной остановки общественного транспорта, пользователь сразу ощутит все преимущества данной технологии, которая позволяет наложить компьютерную графику на окружающие объекты, находящиеся в поле зрения и как бы заглянуть внутрь здания или даже посмотреть сквозь него и увидеть искомую остановку за домом. Так прогуливаясь по городу в очках дополненной реальности, которые внешне практически не отличаются от обычных очков, любой турист может получать информацию об архитектурных и исторических объектах, поворачивая голову в разных направлениях. При повороте головы туристу будет воспроизводиться информация о том предмете, на который он смотрит, причем это может быть любой формат данных: графика, текст, аудио, видео и т.д.

Таким образом, основная идея дополненной реальности состоит в наложении текста, графики, аудио, видео, сенсорных данных и ощущений поверх существующих объектов окружающего мира в режиме реального времени [18]. Поэтому отличительной чертой дополненной реальности является сочетание реальных и виртуальных объектов в едином пространстве, что часто называют новым понятием «смешанная» реальность, под которым понимают трехмерное восприятие объектов и наличие интерактивности, что приводит к высоким требованиям к задержке передачи по сети связи.

В настоящее время современные технологии предоставляют человеку целый спектр новых возможностей, которые еще десятилетия назад были недоступны, и их реализация казалась невозможной [19, 20]. Однако уже

сейчас они постепенно внедряются в нашу повседневную жизнь и становятся её неотъемлемой частью [21]. С каждым годом разработки выходят на совершенно новый уровень, делая массу полезных вещей: они способны распознавать лицо человека, его голос, мимику и жесты, а также определять эмоции и настроение. Например, существующие на данный момент устройства 3D-сканирования (так называемое биометрическое сканирование), используемые в различных областях медицины, могут просканировать лицо и тело человека, при этом используя все его анатомические особенности, что широко применяется для пластической хирургии [2 - 24].

Большинство технологий ориентировано не только на развлекательную сторону жизни, но и, прежде всего, на принесение пользы людям и упрощение их деятельности. В последнее время дополненная реальность всё больше интересует экспертов в *IT*-области, создателей игр и приложений на платформах *Android* и *iOS*, а также маркетологов [25, 26]. Данная технология позволяет человеку получать информацию совершенно новыми способами, совмещая в себе и виртуальное и реальное, и делает это простыми и наглядными способами. Она преобразует объекты реального мира в ином качестве, раскрывая их, пользователю с другой стороны.

Интерес пользователя к услугам дополненной реальности ставит новые задачи перед операторами, которые предоставляют данный вид услуг. Они должны поддерживать работу сети на должном уровне и обеспечивать требуемые значения показателей *QoS* и *QoE*. Для реализации таких услуг необходимо пересмотреть подходы к построению сетей связи, так есть ряд работ, которые рассматривают новый вид коммуникаций - *D2D* и новый принцип организации сетей – *SDN* сети [27 - 33].

Предположим пользователь идет по улице в очках дополненной реальности (ДР) [34]. Очки подключены к смартфону, например, через технологию *Bluetooth*. Когда пользователь смотрит в какую-либо сторону, очки ДР считывают маркеры с объектов находящихся в поле зрения. Очки, например, *Epson Moverio BT 200* управляются специальным пультом *Moverio*

BT 200 (контроллер) версии *Android 4.0.4*, с помощью которого пользователь дает очкам команду визуализировать перед ним дополнительную информацию о выбранном объекте. На смартфоне пользователя установлено приложение для взаимодействия с очками ДР. Таким образом очки ДР через смартфон обращаются к базе данных сервера ДР. База данных хранит всю информацию об объектах в разных форматах. После того, как в базе данных успешно был определен объект, сервер извлекает о нем информацию и через сеть отправляет ее приложению. Оно, получив утвердительный ответ, накладывает слой на в виде текста, описывающего название и назначение объекта. Схема предоставления данной услуги представлена на рисунке 1.1.

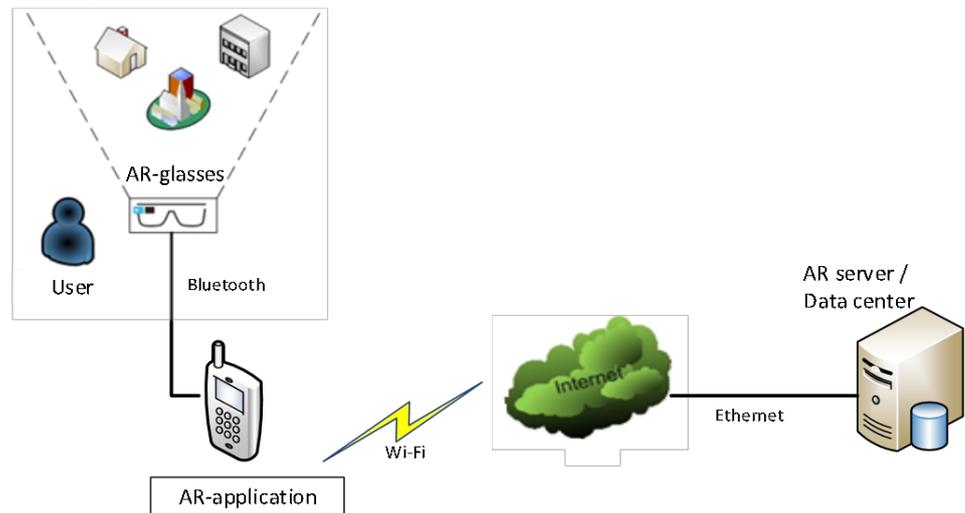


Рисунок 1.1 – Схема предоставления услуги ДР в очках ДР

Помимо описанного выше сценария, объекты, находящиеся в радиусе обзора пользователя, могут напрямую передавать информацию о себе. Это может быть расписание движения автобусов, если пользователь выбрал объект «автобусная остановка» или часы работы магазина. Для этого могут использоваться различные технологии, такие как *Wi-Fi* и *D2D* коммуникации. Также следует учесть, что данные могут поступать от объектов без участия пользователя. Т.е. пользователь не выбирает объект, о котором хочет получить информацию, а просто смотрит по сторонам и очки считывают данные со всех

окружающих объектов. В любом случае возникает вопрос о том, какое количество информации может воспринять пользователь за определенный период времени. Пользователь может находиться вместе с большой плотностью объектов дополненной реальности или двигаться с большой скоростью, и тогда часть полученной информации человек просто не успеет прочесть или осознать.

1.1 Анализ областей применения дополненной реальности

В данном разделе рассмотрены наиболее популярные области применения дополненной реальности.

1.1.1 Медицина в Умных городах

В настоящее время развитые города во всех частях планеты пытаются воплотить в жизнь концепцию создания умных городов. Основной целью создания умных городов является предоставление одинакового уровня удобств всем гражданам. Следовательно, есть ряд исследований, посвященных использованию технологии ДР для облегчения жизни инвалидов в умных городах. Так в статье [35] предлагается навигационная система, которая рассчитывает и облегчает выбор маршрута передвижения для инвалидов. В исследовании [36] утверждается, что дизайн торговых и библиотечных полок не позволяет инвалидам свободно взаимодействовать с предметами, и на основе данного анализа предложена система с технологией *RFID*, которая позволяет инвалидам определять наличие и местонахождение предметов на полках и не тратить усилия для того, чтобы доставать или перебирать ненужные предметы. Как известно с возрастом у людей усложняется моторика и координация, особенно это заметно в сложных климатических условиях, при гололедице, например, так в статье [37] предложено приложение, помогающее пожилым людям улучшить умственные навыки и ориентации в трехмерном пространстве. Также создано приложение-

помощник для когнитивных нарушений и помощи людям, перенесшим инсульт [38, 39], инновационное приложение, которое переводит картинки с изображениями в звук, помогающее людям с ограниченными возможностями [40]. Кроме того, в [41] представлено приложение, которое помогает глухим инвалидам путем преобразования голоса говорящего в читаемый текст на дисплее устройства ДР, общаться с обычными людьми, не владеющими сурдопереводом. Наряду с помощью людям с физической инвалидностью, ДР также может быть полезной для улучшения психического здоровья и лечения физиологических стрессовых заболеваний [42]. В [43] разработано приложение, которое дополняет базовый учебник по специальным маркерам графическим представлением и звуком для людей с ограниченными возможностями, а в [44] объединили геймификацию с процессом обучения для инвалидов. Очевидно, что дополненная реальность способна значительно облегчить и улучшить качество жизни не только людей с ограниченными возможностями, но и всех остальных.

1.1.2 Образование

Внедрение дополненной реальности в образовательный процесс влечет за собой несомненные выгоды и преимущества как для учащихся, так и для преподавателей. Самое очевидное с чего начали разработчики приложений ДР в области образования – это визуализация различных процессов, физических, химических, биологических, таким образом облегчается понимание законов физики, например. Сегодня многие ученики быстро теряют концентрацию внимания, а обучающие игры как раз способствуют вовлечению в учебный процесс в более легкой для ребенка форме, позволяя удерживать его интерес как при знакомстве с новым материалом, так и при закреплении полученных знаний [45]. Одним из преимуществ обучения с применением ДР является отсутствие практических ошибок, так обучение пилотов самолетов уже давно происходит на тренажерах виртуальной и дополненной реальности, которые

позволяют смоделировать различные ситуации и отточить последовательность действий до доли секунды. В последнее время наблюдается стихийный рост обучающих компьютерных игр [46 - 48].

Помимо несомненной помощи в объяснении материала, технология ДР может использоваться и для создания интеллектуальной среды, получившей название «Умный университет». В рамках умного университета студенты и сотрудники имеют доступ к интерактивной карте, что упрощает поиск кафедр и лабораторий. Более того, когда студент подходит к кафедре, ему вовсе необязательно заходить и спрашивать о часах консультаций того или иного преподавателя, данная информация автоматически отображается на его дисплее при наведении камеры смартфона на список преподавателей кафедры. Также и преподаватель на экзамене, находясь в очках дополненной реальности, видит всю информацию о студенте, его успеваемость, средний балл, наличие пропусков занятий, какие факультативы посещает, участвует ли в научной работе, сколько и какие лабораторные работы он закрыл по данному предмету и т.д. Также с помощью очков дополненной реальности можно распознавать людей и объекты и понимать какой преподаватель сейчас перед студентом, и указывать его имя отчество и направление исследований, тоже самое и в отношении студентов, преподаватель видит фамилию, имя, отчество учащегося и уже ни с кем его не спутает.

Преимущества использования ДР в процессе обучения заключается в том, что ДР позволяет посмотреть на предмет изучения с разных сторон, и заглянуть в него при необходимости, что упрощает процесс усвоения сложного материала. Часто, когда студент смотрит на лабораторную установку у него уходит много времени на то, чтобы разобраться какой элемент за что отвечает, а потом найти этот элемент и правильно подсоединить, ДР позволяет делать это гораздо быстрее за счет всплывающих подсказок.

1.1.3 Рекламный бизнес

Повышение спроса покупателей является постоянной задачей различных производителей и продавцов, иначе они разорятся. Технология дополненной реальности позволяет не просто привлечь покупателя, но и повысить его настроение, создав *WOW*-эффект, нестандартно используя знакомый предмет. Есть исследования, посвященные изучению покупательского поведения в системе дополненной реальности [49]. Задача дополненной реальности в рекламном бизнесе такая же, как у любой другой технологии в этой области, а именно привлечь внимание как можно большего числа покупателей. За счет привлекательности и новизны ДР очень успешно воспринимается пользователями и уже приносит немалые прибыли компаниям, которые активно используют данную технологию. Уже сегодня существует немало примеров применения ДР в повседневной жизни людей, такие компании как ИКЕА и интернет-магазин *Lamoda* запустили сервисы ДР на своих сайтах [50, 51].

1.1.4 Туризм

Наибольшее распространение приложения дополненной реальности получили в области туризма. Помимо несомненного удобства и информативности такие приложения являются продолжением концепции «умного» города и разрабатываются часто на уровне правительства города с целью привлечь максимально большое число туристов в город. Если людям удобно ориентироваться в городе, вся информация о работе музеев, отелей, ресторанов доступна и понятна, исторические памятники и архитектурные шедевры представлены в выгодном ракурсе, то и город будет процветать и получать дополнительную прибыль. Приложения дополненной реальности прекрасно отвечают поставленным задачам. Уже сегодня разработано внушительное количество интерактивных маршрутов, вспомогательных

информационных туристических приложений, а проекты, связанные с поисанием экспонатов в музее близки к совершенству.

По ряду прогнозов к 2050 году 75% населения планеты будет сосредоточено в городах, поэтому улучшение инфраструктуры города имеет важное экономическое, политическое, культурное и социальное значение [52]. Очень много примеров применения дополненной реальности в академической среде и промышленности указывают на высокий потенциал применения ДР в туристической сфере [53]. Создание очков дополненной реальности, таких как *Google Glass*, подтолкнуло дальнейшему внедрению технологии ДР для информирования людей об окружающих объектах [54]. Интересным является применение ДР при осмотре античных объектов. Как правило, под влиянием времени и погоды древние исторические сооружения имеют тенденцию к разрушению. В Риме и Греции практически каждый камень представляет культурную ценность, но туристу не охватить такой объем знаний в путешествии, длящемся несколько дней. Поэтому приложения, которые при взгляде на обломок колонны реконструируют недостающие части и отображают храм в том виде, в котором он существовал несколько тысяч лет назад, позволяют существенно повысить информативность и восхитить любого туриста. Для успешной работы подобных приложений исторические и архитектурные объекты сначала реконструируются посредством трехмерных моделей, чтобы впоследствии взаимодействовать с другими объектами [55, 56]. Разработаны приложения, которые добавляют недостающую информацию к историческим рисункам [57], что в свою очередь привлекает внимание посетителей и заставляет больше времени проводить перед картиной [58] или даже взаимодействовать с ней [59]. В [60] дополненная реальность применяется для создания роботизированного гида, способного добавлять мультимедийные элементы к реальным экспонатам в музее, это и видеоролики, и резмерные модели, звуковая дорожка и т.д. Детям будет более интересно в музее, если экскурсия будет проходить в форме игры, так в [61] на основе ДР предложена историческая игра для усиления степени

взаимодействия с туристами. В некоторых галереях созданы приложения, которые оживляют батальные сцены на картинах [62]. Интеграция дополненной реальности в музейное пространство интересует многих исследователей и ученых по всему миру [63 - 72].

1.1.5 Экология

Защита окружающей среды всегда была принципиальным вопросом, а с ростом городов, это стало задачей комфортного и безопасного проживания людей. Многие люди страдают от астмы и других легочных заболеваний, связанных с загрязнением воздуха, своевременное информирование о смене ветра и наличии опасных примесей могло бы спасти много жизней и остановить прогрессирование заболеваний. С помощью приложений дополненной реальности можно отслеживать изменение в окружающей среде и рекомендовать определенный перечень мероприятий для защиты от их воздействия. Так разработан ряд приложений, повышающих осведомленность граждан об окружающей обстановке [73], интеграция же с ИВ позволит более точно отслеживать экологические проблемы и изменения климатических условий [74]. Существует много способ сбора данных о состоянии воздуха, но как правило все они базируются на беспроводных сенсорных сетях [75 - 78] с добавлением RFID меток в некоторых случаях. При анализе качества воздуха учитываются такие показатели, как пыль, влажность, интенсивность света, ряд приложений отслеживает метеорологические данные и данные о движении и концентрации загрязняющих веществ [79, 80].

1.1.6 Ремонт техники

Развитие технологий в настоящее время позволяет создавать настолько сложные механизмы, что для их эксплуатации необходимо большое число квалифицированных специалистов. Даже обычная техника, которой люди

пользуются ежедневно сегодня представляет собой шедевр инженерной мысли. Для технического обслуживания, ремонта, сборки и наладки современной техники широко применяются технологии дополненной реальности [81]. В офисах, например, стоят сложные копировальные машины, которые реализуют много функций разного вида печати, сканирования, копирования и сразу разобраться сложно, куда подложить бумагу, как поменять картридж. При использовании технологии дополненной реальности любой сотрудник может одеть очки ДР или привести смартфон на принтер и ему отобразится видео инструкция или трехмерная модель принтера с пошаговой инструкцией. А если моделировать другую ситуацию, в которой девушка зимой на пустынной дороге сталкивается с поломкой автомобиля. Можно, конечно, вызвать помощь по телефону и несколько часов её дожидаться, но лучше одеть очки ДР, открыть капот и произвести первоначальную диагностику, возможно проблема легко устранима. Таким образом, девушка смотрит на определенную деталь и ей отображается информация о том, что это такое, за что отвечает и как проверить работоспособен или нет данный элемент. Для реализации такого приложения в качестве технологической основы можно выбрать *VANET (Vehicular Ad Hoc Network)*.

Также в случае отсутствия сети может быть использована D2D коммуникация, которая позволит напрямую связаться с нужным объектом и получить необходимую информацию [82].

1.1.7 Игры и развлечения

В последнее время игры с элементами дополненной реальности становятся лидерами мировой индустрии компьютерных игр. Чтобы погрузиться в такую игру, достаточно обычного смартфона или очков ДР. Можно смело утверждать, что это самый изобретательный класс приложений ДР [83]. Даже простая игра *PokemonGo* вызвала восторг у искушенных

компьютерных игроков. Необычность и увлекательность заключалась именно в том, что объекты виртуального мира отображались в реальной окружающей человека среде. Объекты могут быть трехмерными, их можно снабдить виртуальными подсказками, что повышает интерес у пользователей. Активно применяется технология ДР и при трансляции спортивных мероприятий, например, футбольных или хоккейных матчей при повторе голевой атаки стрелками другими значками показывают как развивалась атака, передачи, перехваты, создавая тем самым слой ДР. Подобные эффекты повышают эмоции зрителей от просмотра программ, дополненная реальность усиливает ощущения, добавляет информативности и красочности от просмотра, расширяет границы пространства [84, 85].

1.2 Классификация услуг дополненной реальности

В современных приложениях дополненной реальности можно выделить несколько крупных классов применения данной технологии. Рассмотрим подробнее области применения дополненной реальности.

Очевидно, что многообразие приложений дополненной реальности и принципиально разные реализации, каждая из которых выполняет свой набор функций, приводят к необходимости создания нескольких типов классификации в зависимости от решаемых задач.

Рассмотрим подробнее классификацию дополненной реальности по различным критериям таким, как:

1. Тип представления информации;
2. Способ распознавания объекта;
3. Способ взаимодействия с пользователем;
4. Тип мобильности;
5. Целевое назначение услуги;
6. Тип безопасности;
7. Степень воздействия на окружающую среду.

1.2.1 По типу представления информации

Как известно, для восприятия информации об окружающем мире у человека есть 5 органов чувств: глаза (зрение), уши (слух), язык (вкус), нос (обоняние), кожа (осязание). Поскольку дополненная реальность объединяет виртуальный и реальный миры, она должна создавать информацию, которую будет воспринимать один из органов. Существующие системы доставки информации основываются на способности человека видеть и слышать, однако, в последнее время появляется все больше систем, которые опираются на тактильные ощущения. Следовательно, выделим следующие системы ДР по типу представления информации:

1. Визуальные системы.

Большую часть информации человек получает с помощью зрительных органов, поэтому системы, способные визуализировать информацию наиболее распространенные и востребованные. В основе таких систем лежит восприятие органами зрения различных изображений. Приложение дополненной реальности преобразует информацию в формат картинки и воспроизводит пользователю в зависимости от его интересов. Изображение позволяет быстро и точно донести информацию до пользователя, это наглядный и информативный способ взаимодействия.

2. Аудиосистемы.

Однако, не всегда человек может сосредоточиться на просмотре видео. В ситуации, когда его зрительное внимание должно быть сконцентрировано на другом объекте, например, при управлении автомобилем на дороге, используются аудиосистемы. Производители навигационных систем даже тестируют какой голос: мужской или женский, какой темп речи не будет отвлекать водителя. В случае, если необходимо экстренно привлечь внимание пользователя, аудиосистема может воспроизводить специальные сигналы или проигрывать голосовые предупреждения с увеличением громкости. В

некоторых системах возможно применение стереоскопического эффекта, который направляет движение человека в условиях плохой видимости по нужной траектории, и он идет, ориентируясь на источник звука.

3. Аудиовизуальные системы.

Современное поколение в основном черпает информацию из видео приложений, в Интернете есть обучающие интернет-каналы, видеоуроки т.д. Действительно, если человек одновременно видит что-то на экране и в тоже время слышит пояснения к этому объекту, он лучше понимает описываемые процессы. Поэтому в последнее время аудиовизуальным системам отводится главенствующая роль.

4. Текстовые или графические системы.

В некоторых случаях видео и аудио неудобно добавлять к реальному объекту, это ухудшит его восприятия. Например, если турист смотрит на Эйфелеву башню, то он предпочтет смотреть на неё вживую, а не на экране смартфона. Аудио же будет сложно расслышать, т.к. вокруг шумно и много людей, а вот представить информацию в виде короткой текстовой справки более уместно. Точно также и в зоопарке, Вы не знаете, что за животное перед Вами, в данный момент Вас интересует только его название и больше ничего.

5. Сенсорные системы.

Хорошо всем знакомый виброзвонок на телефоне есть пример простой сенсорной системы, которая привлекает внимание человека, используя его чувство осязания, и информирует о том, что идет звонок. На сегодняшний день дешевизна и многообразие сенсоров позволяет создавать более сложные системы. Более того выделено отдельное направление, которое получило название Тактильный интернет.

6. Голографические системы

Трёхмерные голографические изображения уже давно вписались в жизнь общества. Во многих городах, в общественных местах, например, в аэропортах можно видеть голографического помощника, который выступает в роли справочной информационной системы.

1.2.2 По способу распознавания объекта

Принцип работы дополненной реальности заключается в идентификации реальных объектов и добавления к ним информации. Поэтому различные приложения ДР сначала определяют, что за объект находится в поле зрения человека, а уже потом отправляют запрос на сервер, чтобы узнать информацию о нём. Рассмотрим основные способы распознавания объектов дополненной реальности.

1. Геопозиционные.

Поскольку большинство смартфонов имеют встроенные датчики для определения географического положения, такие как гироскоп, акселерометр, компас, GPS-датчики, логично их использовать для идентификации объектов в приложениях ДР. С помощью GPS или ГЛОНАСС можно с высокой точностью определить местонахождение человека, с помощью акселерометра можно определить угол наклона, а с помощью гироскопа угол поворота относительно вертикали и азимута, таким образом можно понять на что смотрит пользователь и передав координаты на сервер получить информацию об этом объекте. Удобство использования таких систем, заключается в том, что датчики уже встроены в смартфоны и не надо что-то придумывать. Недостаток работы таких систем хорошо виден при большой плотности объектов ДР, в угол обзора пользователя может попасть несколько объектов и сложно будет понять данные о какой вещи необходимо отображать.

2. С помощью распознавания образа.

Эти системы являются наиболее сложными, но в тоже время и максимально привлекательными. Идея заключается в том, что можно навести камеру смартфона на любой объект и система распознает, что за объект перед ней и к какому классу объектов он относится, например, это цветок, или автомобиль, или собака. Для этого все существующие вещи должны быть занесены в общую базу. Поскольку вещей очень много, а объем данных, которые надо

быстро проанализировать большой, то на сегодняшний день сложно сделать такую систему без значительной задержки на обработку данных. Однако, появляются системы распознавания лиц и других категорий вещей.

3. Маркерные.

Наиболее распространен маркерный способ идентификации объекта системой машинного зрения. Для того, чтобы приложение ДР быстро распознала объект, на нем размещается маркер. В качестве маркеров обычно используются штрих-коды, QR-коды, RFID-метки, которые не требуют анализа большого объема данных. Приложение сразу понимает, что за вещь перед ним и отправляет запрос на сервер. Получив данные, накладывает их на реальный объект в любом формате 2D, 3D.

1.2.3 По способу взаимодействия с пользователем

Основное назначение любых телекоммуникационных услуг является удовлетворить пользователя за счет превосходного качества предоставления услуг. Взаимодействие ДР и пользователя отличается в зависимости от степени вовлеченности пользователя в процесс предоставления услуги. Как правило, пользователь довольствуется пассивной ролью в работе ДР-систем, и только наблюдает за её реакцией на изменение положения в пространстве. Однако, некоторые пользователи предпочитают принимать более активное участие в процессе, например, менять внешний вид виртуальных объектов, настроить формат отображения данных, анимацию и т.д. Таким образом по способу взаимодействия с пользователем можно выделить следующие системы.

1. Автономные.

Автономная система осуществляет минимальное взаимодействие с пользователем. Она реализует свои функции без вовлечения в этот процесс человека. Пользователю только отображается информация об окружающих его объектах. В медицине часто используют такие системы, например, в *Gait*

Aid, разработанной для людей с нарушениями опорно-двигательного аппарата, виртуальные объекты используются, чтобы давать мозгу дополнительную информацию, тем самым улучшая координацию движений человека.

2. Интерактивные.

Система ДР активно взаимодействует с человеком и реагирует на его команды. В качестве устройства ДР может использоваться смартфон, планшет и т.д. Пользователь указывает, что он хочет изменить и система отвечает на его действия. Если речь идет о простых манипуляциях с виртуальным объектом, где достаточно обычных навыков управления смартфоном, то такое приложение реализуется на обычном устройстве пользователя. Если пользователю нужно совершать простые действия с виртуальным объектом, достаточно указывающего устройства. Если необходимо управлять более сложными объектами, тогда разрабатываются специальные манипуляторы, с широким набором функций. Например, известны устройства *PHANTOM*, позволяющие осуществлять манипуляции с объектами в трехмерном пространстве и управлять сложной техникой.

1.2.4 По типу мобильности

В зависимости от предназначения приложения ДР будет сильно отличаться и его реализация. Среди систем дополненной реальности по типу мобильности можно выделить стационарные и мобильные системы.

1. Стационарные.

Стационарные системы не перемещаются, они работают только на том рабочем месте, на котором установлены. К таким системам можно отнести различные тренажеры для обучения определенным навыкам, пилотирования, например, или системы управления сложной роботизированной техникой. Т.е. их функционирование имеет смысл в ограниченном пространстве, а при их перемещении работа приостанавливается.

2. Мобильные.

Для обычного пользователя большие преимущества дают мобильные системы ДР, которые позволяют свободно передвигаться, имея при себе устройство ДР и с помощью него получать доступ к услугам ДР в любое время, в любом месте.

Принадлежность к тому или иному типу определяется целевым назначением системы. Например, симулятор хирургического стола не должен быть мобильным, маловероятно, что, идя по улице пользователь захочет потренироваться в хирургии. Задача данного приложения обучить человека определенным навыкам и максимально близко воспроизвести условия по сравнению с реальными. В то время как навигационная система, которая при перемещении пользователя информирует его об окружающих объектах, должна передвигаться вместе с транспортным средством или человеком, при этом не тратя существенных ресурсов на своё перемещение.

1.2.5 По целевому назначению услуги

Области применения дополненной реальности действительно впечатляют. В зависимости от целевого назначения услуги очень сильно зависит способ её реализации, тип передаваемых данных, устройство ДР, объем передаваемых данных, требования к сети передачи, требования к производительности сервера, способ идентификации объектов и многое другое. Таким образом, классификация по целевому назначению является наиболее полной, т.к. влияет на выбор большого числа элементов при разработке и организации услуги.

В современных приложениях дополненной реальности можно выделить по меньшей мере восемь классов: медицина; сборка, техническое обслуживание и ремонт сложной техники; добавление информации частного и общего характера к существующим объектам; управление роботами, летательными аппаратами и т.д.; торговля; образование; игры и развлечения; военная промышленность.

1. Медицина выделена в отдельный класс, поскольку применение дополненной реальности в данной отрасли очень обширно и имеет определенную специфику. Для проведения хирургических операций удаленно помимо минимальной задержки передачи по сети, необходимо обеспечить передачу большого объема данных, т.к. специалист на другом конце должен досконально видеть каждый элемент и в случае невыполнения этих требований, жизнь пациента окажется в опасности. Системы ДР для медицины представляют из себя как правило технически сложно организованные системы, обрабатывающие большие объемы специфической информации. При развертывании медицинских сетей важно учитывать объем передаваемых данных от датчиков ИВ и трафик приложений ДР.

2. К другому классу приложений можно отнести сборку, техническое обслуживание и ремонт сложной техники. В сельском хозяйстве и в промышленном производстве применяются настолько сложные машины, что для увеличения скорости их обслуживания и улучшения качества, необходимо использование вспомогательных систем, таких как дополненная реальность. Даже, если взять в качестве примера, стойку с коммутационным оборудованием, не всегда инженеру понятно какой коммутатор к какой сети относится, с кем взаимодействует и т.д., а технология ДР позволит быстро разобраться и локализовать проблему. В повседневной жизни люди также часто сталкиваются со сложными механизмами, не каждый способен разобраться как работает кофемашина или починить газонокосилку, ДР поможет и покажет, как исправить тот или иной прибор.

3. Следующий класс объединяет внушительное количество приложений, относящихся к различным сферам жизнедеятельности человека, и добавляющих информацию к объектам различного характера. Наиболее широко приложения данного класса представлены в рамках концепции «Умного города», в задачи которого входит улучшение качества жизни в разных отраслях. Это и удобная навигация по городу, визуализация данных о туристических объектах, исторических местах, экспонатах в музее,

экологической обстановки в городе, обеспечение безопасности движения автомобилей и пешеходов. Например, взаимодействие дополненной реальности с автомобильными сетями *VANET*, открывает новые возможности по информированию водителей и пассажиров о состоянии дорог, маршрутах автотранспорта, загруженности города, остановках транспорта, назначении зданий и бизнес-центров и все это в удобном для восприятия человека виде. Также различные приложения, позволяющие визуализировать объект в существующем пространстве, относятся к этому классу. В основном это приложения, связанные с дизайном помещений, строительством зданий сооружений.

4. Управление роботами и летательными аппаратами. Устройства ДР, оснащенные гироскопами, акселерометрами, магнитометрами позволяют улавливать малейшее движение человека, что облегчает процесс управления движущейся техникой. Установленная камера, позволяет оператору отслеживать малейшие изменения и реагировать на них. Например, при мониторинге больших сельскохозяйственных угодий, необязательно обходить всю территорию, можно запустить квадрокоптер, с установленной на него камерой и из помещения отследить состояние посаженных овощей. При мониторинге состояния газо- или трубопровода, отличающихся большой протяженностью, при поступлении информационного сигнала, можно сначала отправить БПЛА на место происшествия, а потом уже бригаду специалистов при необходимости. Возможно, что это было ложное срабатывание датчика на пробежавшее мимо животное.

5. Торговля в целях привлечения покупателей использует самые изощренные ходы. ДР применяется как в рекламной индустрии, так и в процессе продажи. Многие фирмы открыли сервисы виртуальных примерочных, где, не выходя из дома можно примерить обувь и одежду перед покупкой. Компании по производству косметики предлагают покупательницам попробовать цвет помады, теней, стиль макияжа из дома с помощью технологии ДР.

6. Образование можно выделить в отдельный класс, поскольку многообразие решений для обучения в различной форме с применением дополненной реальности действительно внушительно. Есть приложения, которые направлены на развитие какого-то одного навыка или получения знания по конкретному предмету, так есть и масштабные обучающие программы, в состав которых входит и теоретическая и практическая подготовка. Применяется в образовании и преподавание с помощью голографического присутствия, что улучшает взаимопонимание между преподавателем и студентами. Способности дополненной реальности по визуализации учебников, физических процессов и т.д. позволяют удерживать внимание обучаемых длительное время, что в свою очередь повышает эффективность усвоения материала. Наглядность ДР помогает лучше вникнуть и понять изучаемый предмет. Отдельно стоит отметить применения ДР для создания уникальной среды под названием умный университет, которая объединить в себе большое число разнотипных ресурсов, это и библиотеки, и лаборатории, лекционный материал, информация о достижениях и успеваемости студентов, посещаемость занятий, интерактивные карты, информирование о мероприятиях и начале занятия и т.д. В социологии и экономике уже давно применяют игровую форму в процессе обучения, ДР существенно обогатит имеющийся в этой сфере инструментарий.

7. Игры и развлечения всегда первыми реагируют на появление новых технологий, т.к. это способствует увеличению красочности и зрелищности продукта и получению хорошей прибыли. Применение ДР при трансляции спортивных мероприятий уже стало обыденной вещью. Гораздо интереснее смотреть поединок, когда видно траектории полета мяча или передвижения игрока, ярче выглядит узор игры, больше информации об игроке или правильности движения можно довести до пользователя во время прямой трансляции. В случае крупных спортивных мероприятий, таких как олимпийские игры и чемпионаты, когда наблюдается большое скопление

людей, не всегда понимающих куда и зачем идти в незнакомой обстановке, ДР является необходимым способом навигации людей и информировании о нахождении нужного объекта, его расписании работы, количестве свободных мест и т.д. Что касается компьютерных игр, то здесь также наблюдаются большие возможности по расширению потенциала разработчиков и привлечению новых игроков.

8. Отдельным классом стоят приложения дополненной реальности для военной промышленности. Своевременное информирование солдат и штаба об изменениях в случае проведения военной операции позволяет принимать обдуманное и обоснованное решение. Использование симуляторов и устройств ДР на тренировках улучшает их эффективность и позволяет моделировать реальные ситуации. Также интерес представляют технологии, которые могут накладывать карту местности или данные с БПЛА или спутника на поле зрения солдат.

1.2.6 По типу безопасности

Классификация приложений ДР на основе уровня опасности объектов вводится в целях предотвращения нежелательных происшествий, техногенных катастроф, аварийных ситуаций. Повсеместное использование Интернета вещей и ДР требует разработки перечня требования к безопасности объекта. Одно дело, если речь идет о развлечениях, туризме, музеях и рекламе, а другое, если в качестве объекта выступает электростанция или химический завод. Сбой данных датчика, или ошибка в программном коде приложения ДР может привести к необратимым последствиям. Поэтому предлагается классифицировать приложения ДР в зависимости от опасности объекта, для которого они разработаны.

1. Объекты повышенной опасности. К таким объектам относятся атомные станции, больницы, аэропорты, заводы, электростанции и т.д.

2. Безопасные объекты. Под ними понимаются магазины, игровые площадки, торговые центры, кинотеатры, стадионы, музеи и т.д.

1.2.7 По степени воздействия на окружающую среду

Функции, реализуемые устройствами ДР, очень разнообразны и их набор зависит от назначения приложения. Устройства могут осуществлять управляющее воздействие или только отображать данные. Определим 2 типа воздействия приложений ДР на окружающий мир и его объекты.

1. Приложения ДР могут включать в себя различные датчики и устройства, которые собирают информацию из внешнего мира, обрабатывают её и передают для дальнейшего анализа на сервер. К таким устройствам можно отнести камеры ДР, оснащенные, помимо графической визуализации, устройствами для измерения расстояния, позволяющими получать рельефное изображение вместо плоского.

2. Приложения ДР, которые включают в себя актуаторы или другие исполнительные механизмы включают, которые могут не только передавать информацию из цифрового мира в физический мир, но и оказывать воздействие на него. Например, устройства, отображающие информацию для пользователей очков ДР, реагируют на движения пользователя и воспринимают изменение положение как команду перейти в другой режим работы. На сегодняшний день дополненная реальность активно развивается и предложенная в сводной таблице 1.1 классификация несомненно будет расширяться.