

Метод оценки качества восприятия в системах дополненной реальности

В настоящее время, в связи с развитием инфокоммуникационных технологий, получили развитие технологии дополненной реальности. Дополненная реальность открывает для человека новые возможности восприятия и взаимодействия с окружающим миром, которые позволяют получить полезную информацию, применяя для этого минимум усилий. Предполагается, что применение данных технологий в современных инфокоммуникационных системах, откроет новый виток развития сетей связи пост-NGN и для услуг Интернета Вещей в частности [301, 303, 304]. В свою очередь, для сетевых приложений, работающих в режиме реального времени, необходимо обеспечивать определенное качество обслуживания [305]. Качество обслуживания определяется такими параметрами как: пропускная способность, задержка при передаче пакета, джиттер и потеря пакетов. Однако, пользователь услуги оценивает качество предоставления услуг субъективно. Такую оценку принято называть оценкой качества восприятия. В системах дополненной реальности субъективная оценка пользователя выходит на первое место, т.к. её назначением является создание ощущения реального мира, который дополнен для улучшения каких-либо характеристик окружающего нас мира. Это может быть сделано с целью облегчения управления техническими или транспортными средствами, обучения, тренировки, игры, общения, информирования. Таким образом, в дополненной реальности необходимо оперативно обрабатывать данные, вовремя отображать объекты, поступающие сигналы от датчиков передавать без ошибок, движения объектов должны быть привычны человеческому глазу. Понятие качества является предметом стандартизации, в том числе качества услуг связи. [306 - 308]. Существуют стандарты и методы для оценки качества передачи речи, видео, телевизионных программ, но для приложений дополненной реальности мало стандартов особенно в области оценки качества услуги.

Чтобы измерить коэффициент Хёрста для услуг дополненной реальности, необходимо перехватить и проанализировать трафик, генерируемый приложением дополненной реальности. Для этого, на базе модельной сети лаборатории Интернет Вещей Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. М.А. Бонч-Бруевича [309, 310] был проведен следующий эксперимент. Установлено взаимодействие между сервером и устройством дополненной реальности (клиент). В качестве устройства дополненной реальности использовались очки Moverio VT-200 компании Epson. Для создания условий, максимально приближенных к реальному взаимодействию клиента и сервера в сети связи общего пользования (ССОП), в сеть был добавлен компьютер со свободным программным обеспечением NetDisturb, которое позволяет вносить в сеть разного рода ухудшений, например, имитировать задержки и потери на сети. Архитектура сети для проведения эксперимента представлена на рисунке 2.13.

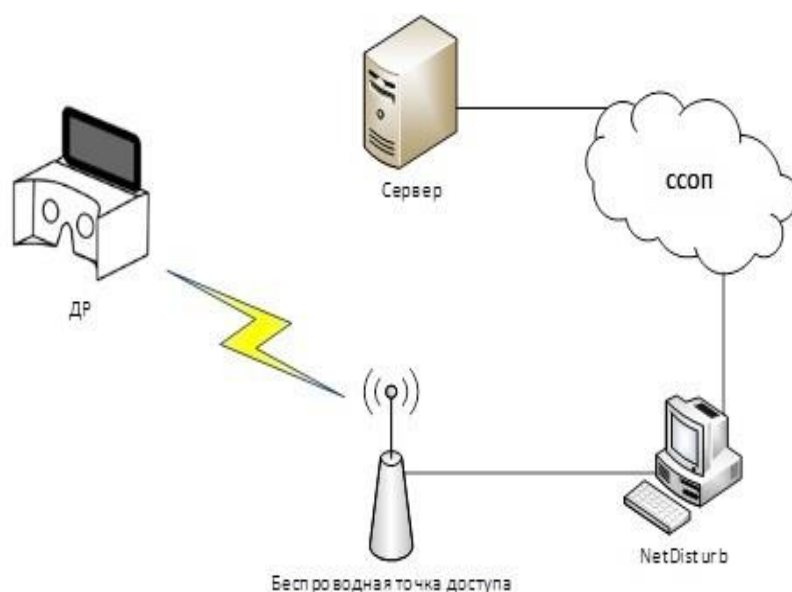


Рисунок 2.13 – Архитектура исследуемой сети

Для перехвата трафика, характерного для услуг дополненной реальности, было разработано клиент-серверное приложение, которое позволяло бы клиенту наблюдать за перемещением виртуального объекта в режиме

реального времени. Серверная часть этого приложения отвечает за получение, обработку и отправку координат местоположения объекта, при каждом обновлении кадра виртуальной реальности. После подключения клиента к серверу через беспроводную точку доступа с выходом в сеть Интернет, последний принимает запросы и отвечает на них, тем самым передавая координаты виртуального объекта. Приложение обрабатывает поступающие сообщения и перемещает объект в заданную точку. Благодаря постоянному взаимодействию клиента и сервера (запрос – ответ) появляется возможность установить корреляцию между объективными параметрами качества обслуживания и субъективной оценкой пользователя.

В свою очередь, в качестве клиента выступает устройство, используемое для визуального взаимодействия с пользователем. На нем хранится предварительно сконструированный виртуальный мир, включая объекты и их свойства. Данное устройство имеет гироскоп и акселерометр для системы наблюдения и управления дополненной реальностью. Для оценки показателей QoS и QoE достаточно двух характеристик перехваченных пакетов потока дополненной реальности – время и размер. После того, как определены и записаны значения этих характеристик, можно приступить к их обработке. Для определения качества восприятия данной сети было решено использовать параметр Хёрста [311].

Для того, чтобы параметр Хёрста был точнее, перехват пакетов будет осуществляться в течение 1 минуты. Для временных рядов в 1 минуту будут вычислены дисперсии по формуле (2.14):

$$\frac{\sum(C_i - \bar{C})^2}{n - 1} \quad (2.14)$$

Чтобы точнее определить параметр Хёрста, интервал временного ряда будет изменен с 1 мс до 10 мс, 100 мс и 1000 мс. Для каждого такого ряда рассчитывается дисперсия и с помощью метода наименьших квадратов (рисунок 2.14) рассчитывается коэффициент a уравнения прямой.

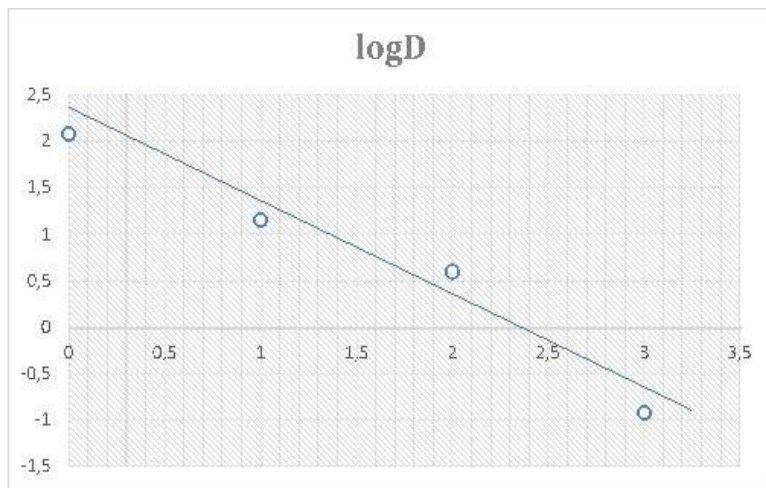


Рисунок 2.14 – Метод наименьших квадратов

После этого получим значения параметра Хёрста:

$$H = 1 + \frac{a}{2} \quad (2.15)$$

С помощью созданного программного обеспечения в целях тестирования был проведён эксперимент по оценке качества восприятия в системе дополненной реальности. Был осуществлен перехват пакетов и их обработка при различных условиях работы сети – без помех, с задержками, с потерями, с уменьшением пропускной способности. Во время проведения эксперимента за передвижением виртуального объекта в системе дополненной реальности следили последовательно 15 человек. Это было сделано с целью получить их субъективные оценки о плавности, скорости движения и частоты обновления кадра виртуального объекта. За эталон был принят эксперимент без внесения помех, т.е. все параметры в таком эксперименте имеют оценку близкую к 5 баллам. Все оценки пользователей были сведены в обобщающие таблицы со средней оценкой по каждому параметру.

В таблице 2.8 представлены результаты эксперимента при увеличении задержки в сети.

Субъективная оценка пользователей показала, что задержки в 5 мс не оказывают негативного влияния на качество восприятия дополненной

реальности, что полностью соответствует значениям показателя задержки в рекомендации МСЭ-Р М.2083.

Таблица 2.8 – Результаты эксперимента при увеличении задержки в сети

Задержка, мс					
Характеристика	50мс	25мс	15мс	10мс	5мс
Частота обновления кадра	3	4	5	5	5
Скорость движения	1	3	4	4	5
Плавность движения	4	5	5	5	5
Полоса пропускания, кбит/с	6-8	11-13	15-17	18-22	23-26
Параметр Хёрста	0.463	0.523	0.561	0.602	0.610

При задержке пакетов на 10-15 мс ухудшается восприятие скорости движения объекта, при больших задержках начинает уменьшаться частота обновления кадра. Для каждой величины задержки были измерены пропускная способность и параметр Хёрста. Из таблицы 2.8 видно, что наибольший параметр Хёрста соответствует наивысшей оценке качества восприятия. Это означает, что трафик самоподобен и увеличение задержки, а, следовательно, и ухудшение качества восприятия, не произойдет с той же вероятностью, с какой параметр Хёрста - H приближен к 1. Для значений задержки превышающим 25 мс H принимает значение $< 0,5$. Такой трафик не является самоподобным и предсказать его поведение и оценку качества восприятия довольно сложно. Очевидно, что параметр Хёрста подходит для использования при оценке качества восприятия с учетом задержек.

В таблице 2.9 представлены результаты эксперимента при изменении уровня потерь.

Очевидно, что потери пакетов негативно сказываются на оценке качества восприятия пользователей. Даже при 1% потерянных пакетов не достигается высокой субъективной оценки качества.

Таблица 2.9 – Результаты эксперимента при увеличении значения потерь

Потери, %				
Характеристика	10%	5%	2%	1%
Частота обновления кадра	1	1	2	3
Скорость движения	1	2	4	5
Плавность движения	1	1	1	2
Полоса пропускания, кбит/с	8-10	11-13	14-16	17-20
Параметр Хёрста	0.573	0.523	0.578	0.618

Больше всего страдают частота обновления кадров и плавность движения виртуального объекта. Это означает, что пользователь воспринимает изображение рывками, также пользователь наблюдает долгий отклик сцены на движения пользователя, например, поворот головы. Тем не менее, значения параметра Хёрста остаются $> 0,5$. В связи с этим, можно сделать вывод, что параметр Хёрста меньше отражает наличие потерь пакетов.

В таблице 2.10 представлены результаты эксперимента с понижением пропускной способности.

Таблица 2.10 – Результаты эксперимента при изменении пропускной способности

Пропускная способность, кбит/с				
Характеристика	5кбит/с	10кбит/с	20кбит/с	30кбит/с
Частота обновления кадра	2	4	5	5
Скорость движения	1	1	4	5
Плавность движения	5	5	5	5
Параметр Хёрста	0.480	0.525	0.574	0.587

Согласно полученным данным пропускная способность влияет на оценку качества восприятия дополненной реальности, и это изменение отображают значения параметра Хёрста. Для созданной системы ДР достаточной пропускной способностью канала является 30 кбит/с. При снижении пропускной способности страдает скорость передвижения объекта.

В данном разделе исследованы возможности использования параметра Хёрста для оценки качества восприятия в системах дополненной реальности. Для проведения исследования было также разработано специальное программное обеспечение для создания приложения дополненной реальности и перехвата и анализа трафика. По результатам проведения тестирования пользователей с помощью субъективного метода оценки и эксперимента с использованием созданного программного обеспечения для оценки качества восприятия в системах дополненной реальности, можно сделать вывод, что параметр Хёрста подходит для оценки качества восприятия дополненной реальности.