

РАЗДЕЛ 3 АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К СЕТЯМ СВЯЗИ ДЛЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

3.1. Анализ показателей качества восприятия для реализации услуг дополненной реальности

Настоящее время в области телекоммуникаций ознаменовалось появлением новых концепций таких как концепция Интернета вещей и сетей связи 2030. Лавинообразный рост приложений в данной области позволяет сегодня говорить об отдельных направлениях развития услуг и сетей. С появлением дополненной реальности изменились не только подходы к организации сети, но и социо-культурные аспекты деятельности человека. Так в образовании технология дополненной реальности занимает ведущие роли, но можно назвать и множество других отраслей производства, медицины, строительства и сельского хозяйства где уже очень активно задействована данная технология. Следующий этап развития – это Тактильный Интернет, который предполагает передачу тактильных ощущений через сеть связи. Появление подобных технологий вынуждает в сжатые сроки и кардинально пересматривать требования к характеристикам работы сети. Так при доставке речи в телефонных сетях общего пользования значение задержки не должно было превышать 100 мс. Для других услуг реального времени, где часто осуществляется передача видеопотоков, задержка должна была быть 10 мс, например, медицинские сети. Для приложений дополненной реальности необходимо обеспечивать задержку в 5 мс. Что же касается передачи тактильных ощущений, для приемлемой работы приложений Тактильного Интернета необходимо обеспечить задержку в 1 мс. Очевидно, что требования к сетям существенно изменились. Более того поставщики услуг и операторы помимо характеристик сети должны контролировать и массу других показателей, которые ранее не входили в зону их ответственности. Так для приложений дополненной реальности влияния на удовлетворенность

пользователя услугой могут оказывать такие параметры, как плавность видеопотока, точная идентификация объектов в поле зрения пользователя, время отклика система, способ отображения информации и т.д. Таким образом в современных приложениях на первый план выходит оценка показателей субъективно воспринимаемых пользователем. В данной главе рассмотрен новый подход к оценке качества предоставления услуг – качество восприятия, включающее в себя оценка как объективных показателей работы сети, так и компонент восприятия человека, применительно к новым видам услуг, базирующимся на доставке видео пользователю. Далее проведен анализ существующих субъективных методов оценки качества передачи видео и вновь появившихся, учитывающих новые особенности реализации услуг Интернета вещей, дополненной реальности, Тактильного Интернета, как позволяющих максимально близко оценить степень удовлетворенности пользователя услугой. Учитываются не только параметры оборудования, сети, каналов связи, но и окружающая пользователя среда, типы устройств и форматы видео, которые они поддерживают, субъективное восприятия, которое зависит от стесненных или затрудненных условий получения услуги. Однако, для комплексной оценки качества предоставления услуг необходимо оценивать как субъективные, так и объективные параметры. Для приложений дополненной реальности, передающих большие объемы видеотрафика и предъявляющих высокие требования к задержкам и пропускной способности сети, эта оценка осложняется необходимостью контролировать огромное число показателей. Поэтому возникает сложная и интересная задача выявления наиболее значимых показателей для оценки качества восприятия. В данной главе проведены широкомасштабные исследования на выявление взаимосвязи между субъективными оценками качества восприятия, сетевыми характеристиками и параметром Хёрста для видеоприложений и приложений дополненной реальности. Предложена четырех уровневая модель оценки качества восприятия услуг, учитывающая эмоции пользователя при просмотре видео с помощью технологии дополненной реальности.

3.1.1. Качество восприятия в сетях связи

Развитие и усложнение современных телекоммуникационных услуг требует изменения подходов к оценке качества их предоставления. Более того, сегодня пользователи достаточно избалованы как качеством передачи информации, так и разнообразием услуг и тарифных планов операторов. С появлением и широким распространением видеослужб становится очевидно, что существующих показателей качества обслуживания недостаточно для понимания степени удовлетворенности пользователя услугами. При внедрении IPTV был выявлен ряд показателей, которые необходимо учитывать при оценке качества предоставления услуг. Например, время переключения телевизионных каналов. Есть ряд пользователей, которые часто переключают канала, однако в отличие от кабельного телевидения, в IP-сетях переключение с трансляции одного видеопотока на другой требует выполнения ряда функций между различными серверами, шлюзами доступа, базой данных, системой защиты контента и т.д. В зависимости от правил взаимодействия этого оборудования между собой, временем обработки запросов, быстротой поиска необходимой информации в системе будет осуществляться переключение каналов и время переключения канала в данной ситуации будет зависеть не только от работы сети (пропускной способности каналов, производительности узлов), но и от специфических характеристик комплекса оборудования для предоставления услуг IPTV. Также стоит отметить важность для пользователей удобства и простоты навигации по интерфейсу. Большой процент пользователей не принадлежат к технически подкованным людям, среди них много пенсионеров, домохозяек, людей с гуманитарным складом, и для них разобраться в новом интерфейсе с большим числом разнотипных функций и услуг является сложной задачей. Многие даже отказываются от возможностей новых систем, т.к. из-за сложности меню не могут даже воспользоваться старыми и привычными сервисами. Подобные

ситуации приводят к пониманию необходимости создания новых показателей качества обслуживания. Для того, чтобы систематизировать наборы новых показателей и расширить их перечень Международный союз электросвязи (МСЭ, англ. ITU, International Telecommunication Union) разрабатывает ряд рекомендаций P.10/G.100, G.1000, G.1010, G.1080 [268 - 271], в которых вводится понятие качество восприятия и определяются основные группы показателей для оценки качества предоставления мультимедийных услуг и в том числе видео приложений.

Согласно Рекомендации МСЭ P.10/G.100 качество восприятия – это общая приемлемость работы приложения или предоставления услуги, которая субъективно воспринимается пользователем. В данное восприятие входит оценка функционирования всех элементов, участвующих в процессе предоставления услуги, таких как, оконечный терминал пользователя, сеть, инфраструктура услуги, и данная оценка может зависеть от ожиданий пользователя. В принципе качество восприятия измеряется субъективно конечным пользователем и, следовательно, может отличаться у разных пользователей при одинаковых технических характеристиках, однако, часто операторы и поставщики услуг стремятся оценить качество восприятия объективными методами, которых на сегодняшний явно недостаточно для комплексной оценки существующих услуг. Усложняет разработку объективных методов необходимость учитывать внушительное количество параметров, в отличие от оценки качества передачи речи, где в E-модели, описанной в Рекомендации G.107 [272] для понимания степени удовлетворенности пользователя услугой достаточно 21 параметра. Для видеопотоков влияние также имеет ряд характеристик производительности системы, например, кодек и используемая скорость кодирования, разрешение медиа в источнике и на дисплее, потеря информации, а также задержка. Для видеопотока имеет большее значение в какой момент передачи произошла потеря или задержка пакета, что приводит к высокой изменчивости воспринимаемого качества видео. Существуют дополнительные факторы,

которые могут повлиять на реакцию зрителя. Так, например, условия работы системы, т.е. при одинаковых обстоятельствах оценки изображения стандартной четкости (SDTV) будет оценено иначе, чем изображение телевидения высокой четкости (HDTV), или в случае просмотра видеоклипа в Интернете. Качество восприятия предполагает также учитывать культурный фон, мотивацию, факторы, связанные с вниманием, эмоциональное состояние пользователя и так далее. На мнение пользователя о приемлемости той или иной услуги также могут влиять такие факторы, как опыт работы с предыдущей версией приложения или технологиями. Например, пользователи часто сравнивают работу спутникового телевидения и IPTV, а также стоимость данных услуг между собой, особые преимущества, которые дает услуга: мобильность, независимость от времени, большой выбор фильмов и дополнительных сервисов и так далее. Рисунок 2.1 показывает основные факторы, которые включает в себя качество восприятия.

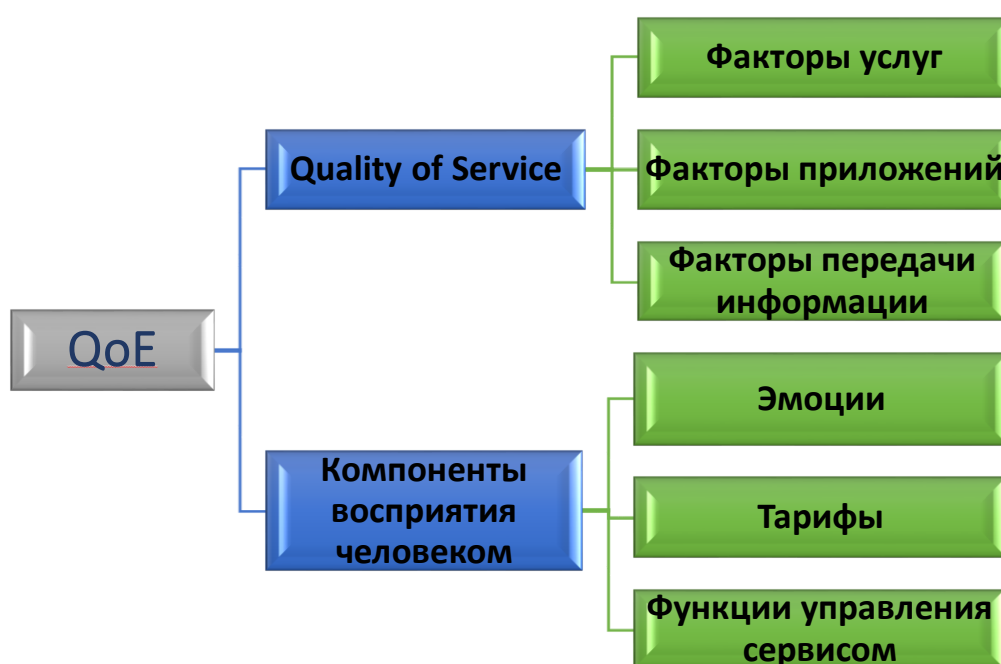


Рисунок 2.1 – Компоненты качества восприятия, QoE

Их можно разделить на две большие группы. В первую группу входят показатели качества обслуживания, а также параметры, которые способствуют

оценке работы системы при предоставлении услуги пользователю. Ко второй группе относятся компоненты восприятия человеком. Поскольку показатели первой группы характеризуют работу сети и оборудования и оператор осуществляет их постоянный мониторинг, их относят к объективным показателям. В то время как компоненты восприятия человеком характеризуют субъективные параметры, однако именно эти параметры оказывают наибольшее влияние на оценки пользователей. Поэтому много исследований и разработок в области качества восприятия направлено на создание методов объективной оценки качества восприятия видеоприложений, имеющих взаимосвязь с объективными показателями и определения уровня их корреляции между собой.

В объективные показатели входят факторы передачи информации, факторы функционирования приложений, факторы услуг. Факторы передачи информации включают в себя минимальную скорость передачи данных, максимальный уровень потерь пакетов, задержки, пропускную способность и другие сетевые характеристики, которые ранее входили в оценку качества обслуживания.

Факторы функционирования приложений учитывают параметры кодека, разрешение видеоданных источника, скорость кодирования, схему маскировки ошибок, схему нивелирования потерь и т.д. Для оценки передачи видео важно понимать какой кодек установлен у пользователя и его характеристики, это связано с особенностями кодирования видеоданных по стандартам MPEG.

Факторы услуг оценивают уровень предоставления услуги, например, время переключения между каналами (Zapping time), возможность выбора контента, электронную программу передач (англ. Electronic Program Guide, EPG), время отклика. Сегодня для предоставления пользователю услуг с надлежащим качеством недостаточно обеспечивать выполнение требуемых характеристик работы сети. Операторы сталкиваются с тем, что им необходимо завлечь пользователя, удержать его интерес, предоставить такие фильмы и

телевизионные каналы, которых нет ни у других. Это связано со сложными переговорами с телевизионными студиями и компаниями, производящими фильмы, что требует особых юридических, маркетинговых, экономических знаний. Если до появления интерактивного телевидения оператор просто предоставлял пользователю доступ в сеть, то сейчас ему необходимо понимать вкусы и предпочтения пользователей при выборе контента.

К субъективным показателям относят компоненты восприятия человеком, функции управления сервисом и тарифы.

Под компонентами восприятия человеком понимают культурный фон, мотивацию, эмоциональное состояние, внимание и т.д. До недавнего времени казалось невозможным оценить эмоциональное состояние пользователя, однако в последнее время все больше появляется инструментов, способных это реализовать. Так, например, камеры дополненной реальности умеют распознавать эмоции человека и на основе полученной эмоции можно реализовать углубленный персонализированный подход при предоставлении услуг пользователям. Анализировать эмоции при формировании электронной программы передач и предлагать те программы, которые чаще всего вызывают у пользователя положительные эмоции и в дальнейшем при распознавании у пользователя отрицательных эмоций (грусть, усталость, раздражение) предлагать контент, способствующий улучшению настроения. Также представляет интерес использование инструментов дополненной реальности для определения концентрации внимания. Довольно часто пользователи включают телевизоры для фона, а сами в этот момент занимаются другими делами, но в тоже время при опросе и оценке качества восприятия они ставят низкую оценку, руководствуясь своими соображениями. Таким образом, их оценка не является справедливой и не должна учитываться. Также функция контроля концентрации внимания может быть использована для повышения комфортности просмотра видеоконтента. Например, если камера фиксирует изменения угла наклона и поворота головы в течение длительного времени, можно сделать вывод, что пользователь уснул перед экраном и уменьшить

громкость передачи или снизить качество передаваемого видео, поскольку пользователь этого не заметит, тем самым уменьшив нагрузку на сеть, обеспечив более эффективное использование ресурса, увеличение пропускной способности сети и увеличение среднесетевой задержки. Культурный фон влияет на выбор контента операторами и поставщиками услуг, его оценка позволяет сформировать более точечные предложения и максимально удовлетворить аудиторию, тем самым снизив расходы за счет покупки определенного контента, вместо покупки просто всего контента.

Функции управления сервисом учитывают опыт работы с конкретной системой и ее уровнем качества, удобство навигации при выборе интерактивных услуг, в том числе IPTV, при поиске контента, интуитивно понятный интерфейс. На сегодняшний день многообразие и простота реализации многих услуг приводят к их лавинообразному увеличению и не всегда разработчики успевают детально проработать цель и область применения того или иного сервиса. Это приводит к появлению ряда сервисов в неожиданных местах, так, например, информационная вкладка о курсах валют появляется в категории личный счет пользователя, а не на вкладке дополнительных услуг и т.п. В другом случае разработчики, пытаясь уменьшить число переходов между вкладками, располагают слишком большое количество информации и мелких значков на экране, тем самым усложняя восприятие и вызывая раздражения пользователей в бесконечных попытках найти нужный. На оценку качества восприятия пользователя могут оказывать влияние такие параметры интерфейса, как цвет, например. В некоторых странах определенные цвета могут вызывать ассоциацию с конфликтами с другими государствами. Или в качестве примера рассматривать города в рамках одной страны, то использование цветов схожих с атрибутикой футбольной, хоккейного или любой другой команды противника, также будут снижать восприятие пользователя. Под удобством навигации интерфейса понимается размер и место расположения интерфейса на экране пользователя. Он может быть полупрозрачным и накладываться на

видеоизображение, которое в данный момент транслируется, или это может быть небольшое всплывающее окно в определенной части экраны, может быть смена экранов, т.е. программа, которую смотрит пользователь размещается в углу на маленьком экране, а основное место занимает интерфейс. Во многом выбор расположения и принцип работы интерфейса зависит от количества предлагаемых сервисов и, соответственно, удобства нахождения нужной функции.

Тарифы играют немалую роль в удовлетворенности пользователей предоставляемыми услугами. При небольших ценах на услуги, пользователи готовы мириться с некоторыми ошибками в навигации или качестве видеопотока. Если же услуга позиционируется как дорогая и привилегированная, то реализация должна соответствовать заявленным характеристикам. Простота тарифных планов, их количество, возможность и простота смены тарифного плана, также могут повлиять на оценку пользователя.

Концепция качества восприятия предлагает каркас для дальнейшего формирования показателей качества предоставления услуг. С широким применением технологии дополненной реальности в современных приложениях, а также роста числа самих услуг дополненной реальности встает необходимость не только разработки новых показателей качества восприятия, но и определения диапазона значений этих показателей для предоставления данных услуг с надлежащим качеством. Причем значения показателей будут существенно отличаться в зависимости от типа предоставляемых услуг, если речь идет о приложениях Тактильного Интернета, то требования по задержке будут максимальными по сравнению с другими существующими услугами. В рекомендации МСЭ-Р М.2083 [273] предполагается, что сети 2030 смогут обеспечить задержку в 1 мс для приложений Тактильного Интернета.

3.1.2. Анализ субъективных методов оценки качества передачи видеоизображений

Большинство услуг дополненной реальности в разных вариациях содержать в себе видео, поэтому при оценке качества восприятия услуг дополненной реальности следует подробнее остановиться на оценке качества передачи видео. На сегодняшний день существует ряд методов и подходов к оценке качества передачи видео [302]. Их можно разделить на две большие группы, как и для показателей качества восприятия, это субъективный и объективный подходы. Объективные подходы представляют большой интерес для операторов, разработчиков и поставщиков услуг, поскольку позволяют не только оценить удовлетворенность пользователя услугой, но и с прогнозировать эту оценку, за счет анализа значений характеристик работы сети. Для современных видеоприложений и приложений дополненной реальности сложность заключается в том, что необходимо в сжатые сроки анализировать большие объемы информации, что существенно отражается на производительности работы узлов, серверов и другого оборудования. Для того, чтобы повысить эффективность объективных оценок необходимо четко определить параметры, оказывающие наибольшее влияние на предоставление услуги, и установить их взаимосвязь с субъективными оценками. В связи с тем, что в отличие от речевого потока, видеотрафик обладают большим набором характеристик, на данный момент не разработан объективный метод, позволяющие определенно сказать доволен или нет пользователь предоставляемой видеослужбой. Рассмотрим некоторые субъективные методы, представленные в рекомендациях МСЭ ВТ-500.13, Р.913, Р.910, Р.911 [274 - 277], которые в дальнейшем могут быть использованы для выявления взаимосвязи между объективными и субъективными оценками качества передачи видео.

В субъективных методах выделяют такие методы, которые позволяют оценить качество системы в оптимальных условиях (т.е. показатели QoS соответствуют норме и лучше). Такие методы обычно называют «оценки качества». Также есть ряд методов, которые оценивают способность системы поддерживать качество работы в неоптимальных условиях работы

(моделируются различные проблемные ситуации на сети). Они получили название «оценки ухудшений».

Среди существующих субъективных методов можно выделить методы с двумя источниками воздействия (DS, Double Stimulus) и альтернативные методы как показано на рисунке 2.2. Под двумя источниками воздействия подразумевается, что в ходе проведения эксперимента производится последовательное воспроизведение каждой пары видео, состоящей из эталонного и тестируемого видео. Примерами методов с двумя источниками являются методы DSIS, DSCQS, SDSCE, о которых будет подробнее рассказано далее. Альтернативные методы в свою очередь делятся на 2 большие группы: методы с одним источником воздействия (SS, Single Stimulus) и методы сравнения воздействий (SC, Stimulus Comparison). В методах SS происходит воспроизведение и оценка только тестируемой видео последовательности. В методах сравнения воздействий реализуется воспроизведение пары видеопоследовательностей и оценки качества относительно друг друга.

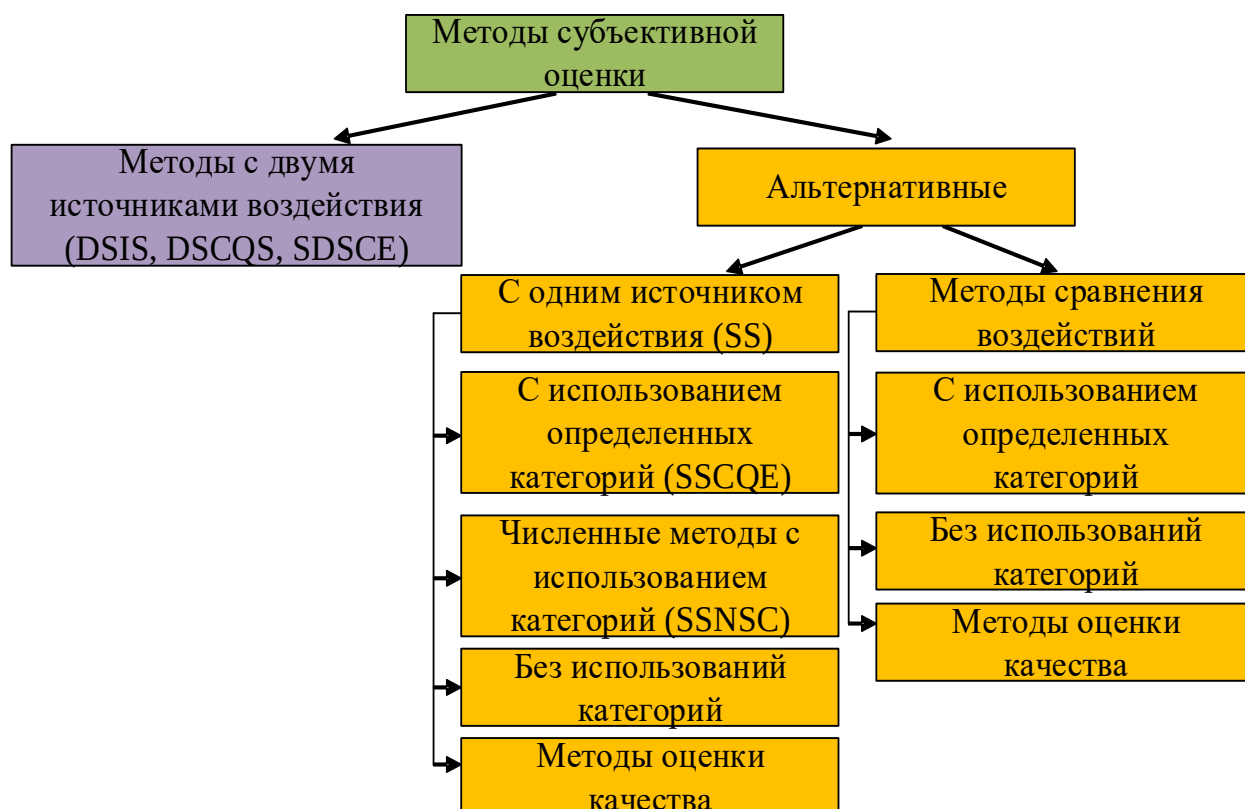


Рисунок 2.2 – Методы субъективной оценки

Также методы подразделяются в зависимости от используемой шкалы оценок. Шкала может быть непрерывной или дискретной, числовой или категориальной [278].

Перед началом любого исследования необходимо сформировать группу экспертов. Под экспертами понимаются не люди с соответствующими сертификатами или знатоки отрасли, а обычные люди. В некоторых случаях специально формируют группы наблюдателей, в которые входят люди разных возрастов, профессий, уровня образования и т.д., чтобы наиболее широко охватить все возможные варианты субъективной оценки. После подбора наблюдатели проходят тестирование в первую очередь на остроту зрения и цветовой зрение с помощью таблиц Снеллена, Ландольта или Ишихара. Далее с ними проводится тестовое занятие, в рамках которого им объясняют цель и условия эксперимента, а также проводят тренировочное тестирование видеопоследовательности. На этом этапе многие отсеиваются, т.к. не понимают что оценивать, либо не видят изменений. Рекомендованное число экспертов в ходе одного исследования должно быть не менее 15. В отдельных случаях, например, нехватки экспериментального оборудования или сложности проведения испытаний допускается привлекать меньшее количество экспертов, но тогда уже результаты идут с пометкой «неофициальные».

Рекомендованное время проведения эксперимента при субъективных оценках составляет не более получаса, т.к. наблюдатели могут испытывать усталость, и их концентрация внимания ухудшается, что влияет на результаты.

Полученные результаты должны быть представлены совместно со следующей информацией:

подробное описание конфигурации испытания. При различных конфигурациях могут отличаться результаты, а также для понимания условий испытания требуется детально описывать этапы проведения испытания;

подробное описание материалов для испытания. Видеоприложения довольно сильно отличаются по объему передаваемых данных в зависимости от формата и цели предоставления услуги. Если мы говорим о видеоконференцсвязи, то там не требуется сложная обработка видеопотока и передачи видео в стандарте высокой четкости. Если же речь идет о трансляции важного матча, то к качеству видеоизображения будут предъявляться высокие требования, что повлияет на оценку работы системы в целом;

тип источника изображения и отображающих мониторов. В рекомендациях МСЭ указаны типовые характеристики источников и мониторов для унификации проводимых испытаний различными лабораториями.;

количество и тип оценщиков. Адекватность оценок может зависеть от целевой группы, для которой в дальнейшем планируется предоставление услуги, поэтому целесообразно отбирать экспертов согласно дальнейшим целям и области применения услуги. Количество оценщиков должно быть не менее 15; используемые эталонные системы. В случае оценки новой системы для понимания эффективности её работы необходимо сравнить её с существующими или использовать часть типовых систем в ходе эксперимента;

средняя оценка эксперимента. После проведения серии испытаний, результаты подвергаются обработке и аппроксимации. Как правило, самые высокие и самые низкие оценки отбрасываются;

исходные и поправленные величины средней оценки и 95% доверительный интервал в том случае, если мнение одного или нескольких наблюдателей не принималось в расчет.

3.1.2.1 Метод DSIS

Метод DSIS (Double Stimulus Impairment Scale, Метод оценки искажений с двумя источниками воздействия) является традиционным и может быть применен для оценки функционирования как новой системы, так и искажений,

вносимых на пути передачи. В начале организации испытаний необходимо произвести подбор испытательного материала таким образом, чтобы охватить максимальное количество параметров оценки и предоставить широкий диапазон изменений этих параметров. Также определяются условия, в которых следует проводить испытания. Если целью тестирования является оценить изменение влияния какого-то параметра, то необходимо выбрать такой набор его значений, который охватывает весь диапазон изменения искажений с использованием небольшого числа больших шагов равного размера. Если оценивается новая система, для которой значения параметров не могут быть изменены таким способом, тогда необходимо добавить субъективные искажения или выбрать другой субъективный метод. В ходе тестирования эксперту показывают сначала эталонное видео, а потом то же самое видео, подвергнутое ухудшающим воздействиям. После этого его просят оценить второй образец относительно первого. Для оценок используют шкалу, аналогичную представленной в таблице 2.1. В ходе испытания эксперту показывают наборы последовательностей в случайном порядке с разными искажениями, охватывающими все возможные комбинации. Среди оцениваемых последовательностей обязательно несколько раз включается эталонная, чтобы повысить адекватность оценок.

Таблица 2.1 - Шкала оценок для метода DSIS

5	искажение не заметно
4	искажение заметно, но не раздражает
3	искажение слегка раздражает
2	искажение раздражает
1	искажение очень раздражает

Экспертам предоставляется бланк со шкалой для оценивания и пронумерованные графы для разных наборов последовательностей.

3.1.2.2 Метод DSCQS

Метод DSCQS (Double-Stimulus Continuous Quality-Scale, Метод с двумя источниками воздействия и непрерывной шкалой качества и с использованием шкалы искажений) также применим для оценки функционирования новой системы, либо влияний трактов передачи на качество доставки видео. Метод DSCQS используется в тех случаях, когда ограничены возможности источников воздействия и сложно обеспечить условия испытания, охватывающие полный диапазон оценок качества. Метод является циклическим, т.е. экспертов просят рассмотреть пару изображений, полученных от одного и того же источника, но одно из них при этом подверглось процессу обработки (например, ухудшающим воздействиям, т.е. могут быть дополнительно внесены задержки, снижена битовая скорость, созданы потери), а второе получено непосредственно от источника без влияния.

В данном методе оценка видеопоследовательностей происходит попарно, каждой видеопоследовательности необходимо поставить свою оценку, причем обе видеопоследовательности могут как подвергаться искажениям, так и быть эталонными. Наблюдателям предлагают просто оценить воспринимаемое качество каждого представленного изображения, проставив отметку на вертикальной шкале. Такие вертикальные шкалы печатаются попарно для сдвоенного представления каждого тестируемого изображения. Эти шкалы представляют собой систему непрерывной оценки во избежание ошибок квантования, но они разделены на пять отрезков равной длины, соответствующих типовой пятибалльной шкале качества МСЭ [307], принятой для оценки качества передачи речи. Термины, определяющие различные уровни, предварительно объясняются наблюдателям во избежание неправильных оценок. В таблице 2.2 показана часть типичного бланка оценок. Для того чтобы исключить любую возможность путаницы между делениями

шкалы и отметками результатов испытаний, шкалы печатаются синим цветом, а запись результатов ведется черным цветом.

Таблица 2.2 - Шкала оценок для метода DSCQS

	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Отлично										
Хорошо										
Удовлетворительно										
Плохо										
Неприемливо										

Оценки экспертов обоих изображений (эталонного и испытываемого) для каждого условия испытаний преобразуют из измерений длины на бланке оценок в нормированные оценки, расположенные в диапазоне от 0 до 100. Затем рассчитываются разности между оценкой в условиях эталонного и испытываемого изображения.

3.2.1.3 Метод SDSCE

Метод SDSCE (Simultaneous Double Stimulus for Continuous Evaluation, Метод с двумя источниками одновременного воздействия для непрерывной оценки). Идея проведения непрерывной оценки была предложена МСЭ [274], поскольку предыдущие методы содержали некоторые несоответствия измерениям качества видеоизображений в случае схем цифрового сжатия. Основные недостатки предыдущих стандартизированных методов были связаны с возникновением контекстных артефактов на демонстрируемых цифровых изображениях. В предыдущих протоколах продолжительность времени просмотра оцениваемых видеоизображений была, как правило, ограничена 10 секундами, что, очевидно, недостаточно для наблюдателя, чтобы дать качественную оценку, особенно если учитывать последние

Рекомендации, касающиеся QoE [271]. Цифровые артефакты сильно зависят от пространственного и временного содержания изображения источника. Это является верным для схем сжатия, но также следует учитывать схемы маскировки ошибок, применяемых в кодеках.

Группа участников одновременно просматривает две последовательности: одну – эталонную, другую – относящуюся к одному из условий испытания. Если формат последовательностей CIF (Common Intermediate Format, общий промежуточный стандарт) или формат меньшего размера, то обе последовательности могут отображаться рядом на одном мониторе, в ином случае должны использоваться два рядом стоящих монитора.

Участникам предлагается выявить различия между двумя последовательностями и оценить верность видеоинформации путем ручного устройства голосования. Участники проинформированы, на каком экране демонстрируется эталонное изображение, и им предлагается выразить свое мнение в процессе просмотра последовательностей на всем протяжении их демонстрации.

3.1.2.4 Методы с одним источником воздействия (Single Stimulus)

В методах с одним источником воздействия эксперту воспроизводиться одна видеопоследовательность или серия видеопоследовательностей и оценка происходит в конце всей демонстрации. Эталонная последовательность может быть включена в серию, но отдельно никак не выделяется и оценивается в общем порядке. Видеопоследовательности подбираются таким образом, чтобы они охватывали максимальный диапазон одного или нескольких факторов. Причем в ходе эксперимента может рассматриваться воздействие только одного фактора, потом следующего и т.д. Или воздействие нескольких факторов одновременно, что что позволяет обнаруживать взаимодействия между факторами и установить уровень неаддитивного влияния.

Методы оценок с использованием определенных категорий относятся к методам с одним источником воздействия, т.е. наблюдатели присваивают одну категорию видеоизображению из предложенного набора. Примеры категорий приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Категории оценок

Пятибалльная шкала

Качество		Искажения	
5	Отлично	5	Незаметно
4	Хорошо	4	Заметно, но не раздражает
3	Удовлетворительно	3	Слегка раздражает
2	Плохо	2	Раздражает
1	Неприемлемо	1	Очень раздражает

Данные методы получили широкое распространения, они понятны и охватывают довольно большой спектр оцениваемых параметров. Также могут применяться при эксплуатационном контроле.

Методы оценок без использования категорий делятся на 2 группы. В первую группу входят методы с использованием непрерывной шкалы, т.е. наблюдатель ставит точку на линии, проведенной между двумя семантическими категориями, например, как в таблице 2.3. Шкала может содержать дополнительные метки между категориями. Во второй группе методов используется цифровая шкала. В данном случае эксперт оценивает каждое изображение цифрой. Набор цифр может быть ограниченным и лежать, например, в диапазоне от 0 до 100, а может быть и неограниченным. Оба подхода в итоге дают распределение цифровых оценок для каждого испытания.

3.1.2.5 Методы сравнения воздействия (Stimulus Comparison)

Методы сравнения подразумевают, что эксперту одновременно транслируются две видеопоследовательности и его задача оценить одну относительно другой. Также возможно использование различных шкал в зависимости от целей испытания.

3.1.2.6 Метод SSCQE

Непрерывная оценка качества при одном источнике воздействия (Single Stimulus Continuous Quality Evaluation). Методы с двумя источниками воздействия не всегда применимы и не позволяют имитировать случаи домашнего просмотра, когда пользователь видит видеопоследовательность только один раз без просмотра видеопоследовательности от эталонного источника. Данный метод был разработан для того, чтобы исправить указанные выше недостатки. Более того в настоящее время практически все видеопотоки подвергаются цифровому сжатию и обработке, качество изображения может сильно меняться от фрагмента к фрагменту, а искажения быть довольно короткими и метод SSCQE используется для оценки таких видеопоследовательностей.

3.1.2.7 Метод ACR

Метод абсолютной оценки категорий (ACR, Absolute Category Rating). В последнее время широкое распространение получили другие способы предоставления пользователю видеослуг. Например, интернет-видео, или услуга видео по запросу, передаваемая по ненадежной линии связи на различные мобильные и неподвижные устройства, расположенные в среде, наполненной отвлекающими звуками, с использованием жидкокристаллических дисплеев (ЖК-дисплеев) и других устройств с плоским экраном. Эти новые подходы влияют на ключевые характеристики качества доставки видео, такие как среда просмотра, среда прослушивания и

т.д. Современные пользователи очень мобильны, в течение дня они могут переходить от одного устройства к другому при просмотре одной и той же передачи. Так утром пользователь начинает смотреть программу на домашнем телевизоре с высоким качеством, потом продолжает смотреть на смартфоне в дороге или на персональном компьютере в офисе. Это требует пересмотра подходов к субъективной оценке качества передачи видео, например, предоставления дополнительной информации, что значит «хорошо» в данном контексте просмотра видео. При соблюдении условий испытания, рекомендуемых МСЭ в ВТ-500.13 теряется очень много параметров, влияющих на оценку качества. Так в рекомендации полностью исключается влияние окружающей среды, тем не менее современные приложения дополненной реальности и интернета вещей предлагают много решений, работающих в критических ситуациях (пожар, эвакуация и т.д.), в которых пользователя отвлекают шум, яркий свет или его отсутствие. Рекомендация МСЭ Р.913 учитывает произошедшие изменения и расширяет условия экспериментов по оценке качества передачи видео [275]. В ней предложено несколько методов, одним из которых является метод абсолютной оценки категорий (ACR, Absolute Category Rating) - это оценка с использованием шкалы категорий, при которой тестовые видеопоследовательности представляются по одной и оцениваются независимо. ACR - это метод с одним источником воздействия. Эксперт просматривает одну видеопоследовательность и затем сразу её оценивает. Метод ACR производит большое количество оценок за короткий период времени. Т.к. используются видеопоследовательности длительностью от 5 до 20 с, рекомендуется выбирать материал на 8-10 с, иначе наблюдателю становится трудно учитывать все различия качества и правильно производить оценку. Оценки ACR смешивают влияние ухудшения с влиянием контента на эксперта (например, нравится ли ему или не нравится качество производства видеопоследовательности).

3.1.2.8 Метод DCR

Метод оценки категорий ухудшения (DCR, Degradation category rating). Данный метод воспроизводит пару видеопоследовательностей. представляет стимулы в парах. Первое изображение, представленное в каждой паре, всегда является эталоном. Второе представляет собой эталонную видеопоследовательность после обработки тестируемыми системами. DCR - это метод с двумя источниками воздействия. Метод DCR имеет много общего с методом DSIS за исключением новых аспектов, введенных в рекомендации P.913 [275].

Указанные выше методы оценок качества передачи видео позволяют выставить оценку, которая зависит не только от качества видео, полученного на устройство просмотра, но и от остроты зрения у наблюдателей, цветовосприятия, угла обзора экрана, а также от сюжета видеопоследовательности, в новых методах также учитывается влияние окружающей среды, способа доставки видео до пользователя и устройства отображения.

Методы субъективных оценок необходимы для определения качества телевизионных систем и доставки видео, так как они выражают реакцию людей, которые в свою очередь и являются получателями видеоконтента. Но оценить полностью систему можно только используя субъективную и объективную оценку совместно.

3.2.1 Анализ взаимосвязи параметра Хёрста и субъективных оценок качества восприятия

Трафик дополненной реальности в большинстве приложений содержит в себе передачу видеотрафика. Увеличение числа услуг, в которых требуется передавать видео, а также ожидания пользователей получать новые услуги с наилучшим качеством, приводят к необходимости расширения номенклатуры

показателей качества восприятия в современных сетях связи. Одним из возможных показателей объективной оценки качества восприятия для услуг дополненной реальности может быть параметр Хёрста. Видеотрафик является сапомодобным для большого числа приложений, что подтверждают многочисленные исследования [279]. При этом установлено, что степень сапомодобия, а точнее сказать её увеличение или уменьшение влияет на изменение известных показателей качества обслуживания, таких как задержки и потери, по сравнению с другими видами трафика, например, с пуассоновским [280]. Анализ свойства сапомодобия видеотрафика, а также его отслеживание и контроль, позволит осуществлять более качественное воспроизведение видеопотоков пользователям, улучшить точность оценки качества передаваемого видео и разработать новые объективные методы и показатели оценки качества восприятия, способствующие приближению к реальному пониманию удовлетворенности услугой. Одним из наиболее перспективных показателей, претендующих на включение в объективную оценку качества передачи видео является параметр Хёрста, учитывающий степень сапомодобия трафика. Для видеоприложений в течение длительного времени ведутся работы над созданием метода объективной оценки качества восприятия, который получил название V-фактор. Идея заключается в отборе показателей работы сети, оборудования, характеристик трафика, которые оказывают наибольшее влияние на качество предоставления услуг по аналогии с R-фактором для речи. В данном разделе исследуется взаимосвязь значений параметра Хёрста и субъективных оценок качества восприятия видеопотока, а также возможность использования параметра Хёрста для мониторинга и контроля изменений, происходящих на сети.

Кроме того, при предоставлении услуг дополненной реальности в сети помимо видеотрафика существуют и другие виды трафика. В частности, голосовой трафик, который предъявляет другие требования к качеству передачи, например, по сравнению с видеопотоком необходимо обеспечивать существенно более низкую пропускную способность, однако, она должна быть

постоянной. Поэтому при расчете сетей, их проектировании, а также разработке и внедрении новых услуг следует учитывать наличие других видов трафика. Поскольку в сетях с коммутацией пакетов применяется статическое мультиплексирование, т.е. объединение потоков пакетов от разных источников, получается, что если от одного источника поступает трафик со свойством самоподобия, то и общий поток будет самоподобным. Автокорреляционная функция (АКФ) позволяет определить самоподобный процесс [281 - 283]. В свою очередь параметр Хёрста характеризует степень самоподобия. Изменение значений параметра Хёрста может приводить к преобразованию других показателей объединенного потока. Процесс изменения других характеристик общего потока может вызывать некоторые проблемы при контроле и управлении сетью связи, так сложнее выбрать модель обслуживания очередей адекватно происходящим изменениям состояния сети, а также механизмы управления потоком, предотвращения перегрузок и балансировки трафика. Применение параметра Хёрста при наблюдении за сетью способствует решению этих проблем, а также помогает выявить вторжения на сети, различные атаки и обнаружить аномалии трафика. В качестве примера в статье [284] изменения значения параметра Хёрста в сторону уменьшения взаимоувязывается с осуществлением DDoS атаки. Сегодня особое внимание исследователей направлено на вопросы защиты ресурсов сети. И важной задачей при этом является своевременная оценка характеристик функционирования сети, выявление и локализация отказов оборудования, сбоев в работе сети, обнаружение нарушителей и несанкционированного доступа, выявление вирусов и других процессов, которые могут привести к частичной или полной потере работоспособности сети. Решению задач по выявлению аномалий в функционировании сети посвящено несколько работ [285, 286]. В данных работах авторы анализируют, исследуют и разрабатывают новые модели и методы выявления аномалий трафика в пакетных сетях, что способствует своевременному обнаружению и детектированию атак на системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Интересными сами по себе являются задачи анализа. Они позволяют выявить ряд особенностей, специфических по сравнению с традиционными видами трафика. Более того на сегодняшний день не существует модели сетевого трафика признанной в качестве эталонной или типовой. Изменение трафика может зависеть от разных факторов, так, например, загрузка канала связи. Поведение трафика в каналах с низкой загрузкой более неустойчивое, чем при высокой. В случае же сильной загрузки, включаются механизмы, направленные на её снижение, что в целом усложняет общее понимание процессов, происходящих на сети, установление зависимостей всплеска трафика в сети от праздничных событий, мероприятий с массовым скоплением людей и детектирование увеличения самоподобного трафика в сети. Тем не менее, описанные выше задачи, несмотря на их несомненную важность и большую актуальность, в связи с необходимостью детектировать изменения состояния сети и её характеристик с повышенной точностью и скоростью, для принятия адекватных и своевременных решений по управлению сетью, не приближают в полном объеме к разработке новых методов оценки качества восприятия. Доказано, что особенностью видеотрафика является наличие самоподобия, следовательно, при отслеживании значений параметра Хёрста, можно установить присутствие в сети видеотрафика, соответственно, по вариациям этих значений можно спрогнозировать характеристики видеопотока и изменение их значения, что в свою очередь может отразиться на оценке качества восприятия. Таким образом, выявление взаимосвязи между параметрами Хёрста и значениями оценок субъективных методов, используемых для понимания удовлетворенности пользователя видеослужбой, позволит рассматривать параметр Хёрста как один из основных объективных показателей качества восприятия видео. Установление вышеописанных зависимостей предполагает возможность использования параметра Хёрста в качестве объективной метрики для оценки качества восприятия видеопотока, аналогично параметрам, задействованным в расчете R-фактора, широко применяемого для объективной оценки качества доставки речи. Таким

образом, влияние параметра Хёрста на значение субъективных оценок позволит расширить набор показателей качества восприятия и предложить новый метод оценки качества передачи видеопотока, являющегося основным типом трафика при предоставлении услуг дополненной реальности [287 - 289].

2.2.1.3 Метод оценки качества восприятия на основе параметра Хёрста и субъективных оценок

В настоящее время услуги передачи видео очень разнообразны и включают в себя различные форматы, которые зависят от способа организации самой услуги. В приложениях дополненной реальности на сегодня чаще используют передачу видеопотоков с низким разрешением и невысокой скоростью, это связано с тем, что и беспроводные сети, и терминальное оборудование дополненной реальности, а также их совместимость ещё активно исследуются. Наиболее проработанные решения предлагают операторы при предоставлении интерактивных услуг IPTV, для реализации которых задействована инфраструктура оператора и он контролирует весь процесс организации услуги. Однако, в последнее время ситуация разительно изменяется как в области увеличения количества поставщиков видеослужб, так и в области технологий доставки их до пользователя. Традиционные операторы связи для предоставления услуг интерактивного телевидения с надлежащим качеством, обычно применяли целый комплекс методов и алгоритмов, позволяющих максимально повысить эффективность работы сети при ограниченных ресурсах. Например, особо остро нехватку ресурса пропускной способности можно было наблюдать на абонентском участке и уровне агрегации. Однако, в последнее время современные технологии, протоколы, методы организации сетей позволяют транслировать телевизионные каналы и осуществлять доставку видеоконтента в реальном режиме времени с надлежащим качеством восприятия, более того многие поставщики услуг активно используют технологию дополненной реальности для повышения удовлетворенности

пользователей и большей их заинтересованности. Сейчас заметной популярностью пользуются трансляции видеоконтента напрямую его производителями, так большинство телерадиокомпаний (ТРК) владеют собственными сайтами в Интернете, с которых осуществляется вещание телевизионных программ, снятых такой ТРК в режиме «онлайн». Следовательно, можно говорить о том, что сегодня в сети внушительную долю трафика составляет видеотрафик в реальном режиме времени, что в итоге оказывает влияние на характеристики других видов трафика. Для наглядности исследования и приближенности к реальным условиям для эксперимента по установлению взаимосвязи между объективными оценками качества передачи видео в виде параметра Хёрста и субъективными оценками, был выбран трафик вещания телеканалов в режиме «онлайн» через Интернет [325, 326].

Для исследования особенностей видеотрафика при трансляции через Интернет был выбран трафик телеканала «МАТЧ!ТВ», доступ к онлайн трансляции данного канала осуществлялся по ссылке «<https://matchtv.ru/on-air>». Характеристики исследуемого трафика и маршрутов его доставки представлены в таблице 2.4. В ходе проведения эксперимента использовался канал доступа с пропускной способностью 20 Мбит/с.

Таблица 2.4 – Характеристики трафика «МАТЧ!ТВ»

N	Наименование телеканала	Качество	Скорость потока, Кбит/с	Задержка доставки, мс	Число переходов в маршруте
1	МАТЧ!ТВ	LQ (SD)	300	11	8
2	МАТЧ!ТВ	SD	1 000	8	8
3	МАТЧ!ТВ	HD	2 300	9	8
4	МАТЧ!ТВ	HD	3 700	12	8

Как видно в таблице 2.4 исследовалась видео в разных форматах: низкое качество стандартного разрешения (LQ – англ. Low Quality), стандартное разрешение (SD – англ. Standard Definition) и два формата с высоким разрешением (HD – англ. High Definition). Разрешения видео зависят от типа кодека и варьируются в широком диапазоне, однако, наиболее популярны следующие форматы для видео: 640×360 (соответствует низкому или в некоторых случаях среднему качеству) и 720×540 (соответствует хорошему качеству), HD-видео, как правило, имеет разрешение 1280×720 (720p) и предполагает высокое качество.

На рисунках 2.10 - 2.12 представлена реализация потока трафика «МАТЧ!ТВ» при разных интервалах измерения. Захват трафика осуществлялся с помощью свободного программного обеспечения Wireshark.

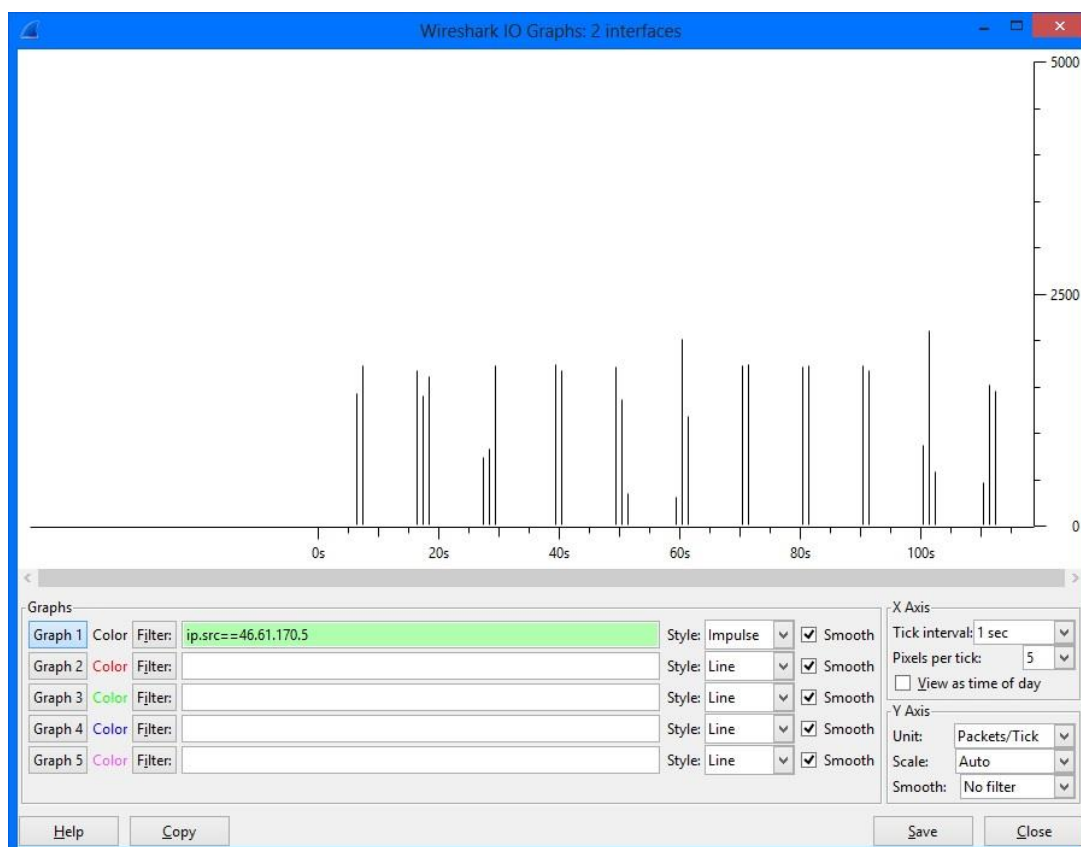


Рисунок 2.10 – Поток канала «МАТЧ!ТВ» при интервале измерения 1 с

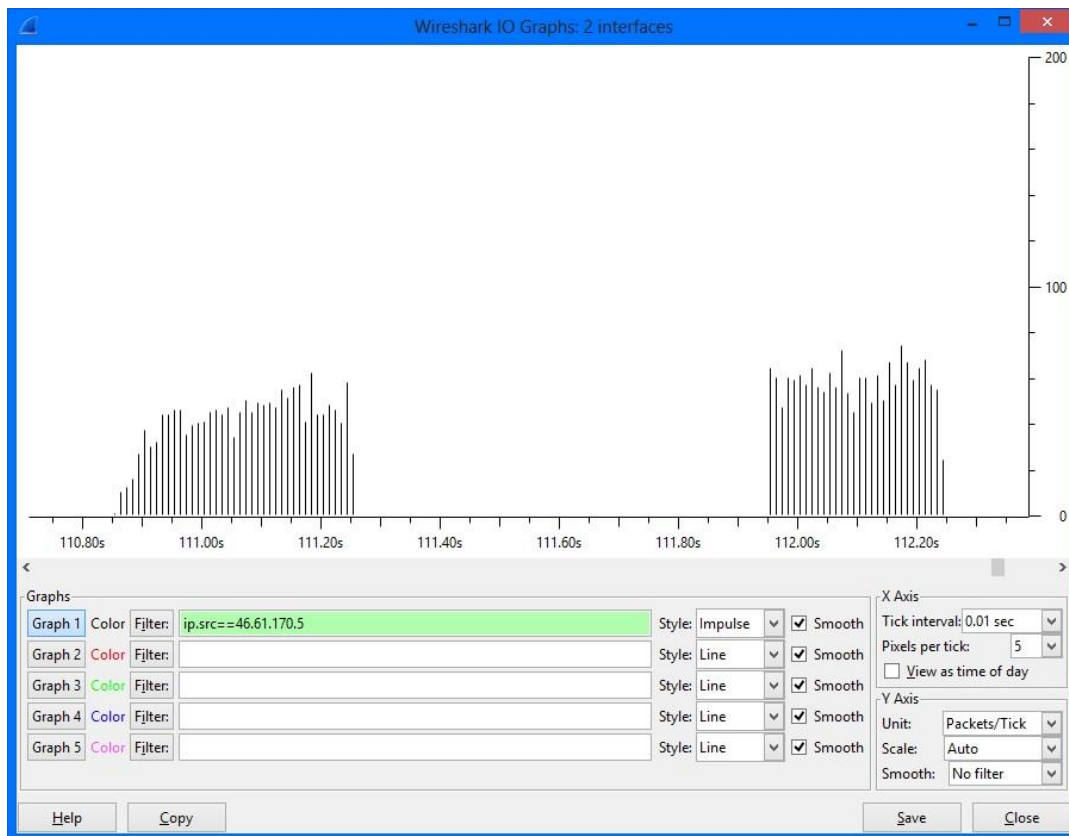


Рисунок 2.11 – Поток канала «МАТЧ!ТВ» при интервале измерения 10 мс

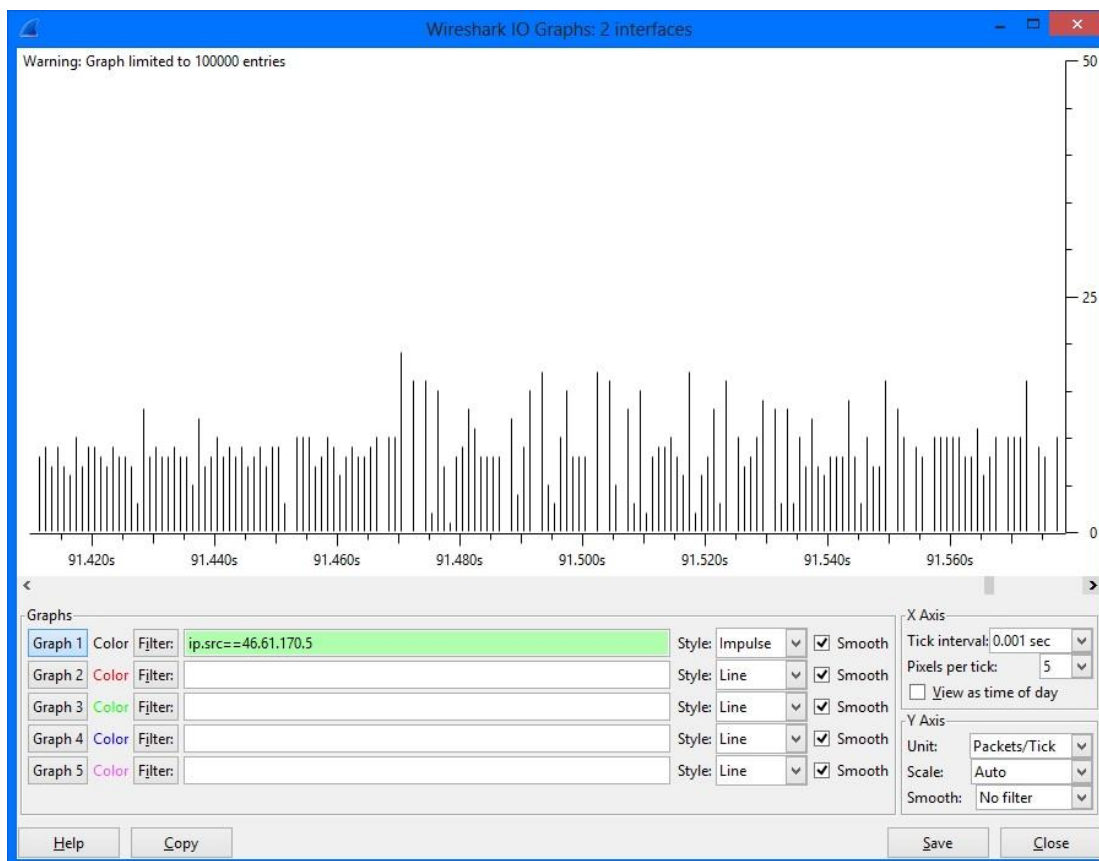


Рисунок 2.12 - Поток канала «МАТЧ!ТВ» при интервале измерения 1 мс

На рисунках 2.10 - 2.12 видно, что трафик при интервале измерения 1 с и 10 мс имеет выраженный пачечный характер, что же касается трафика при интервале измерения 1 мс, пачечный характер трафика менее заметен.

Данные видеопотока передаются IP-пакетами с максимальной длиной в 1514 байт поверх протокола TCP. Маршруты передачи видеоданных состоят из 8 переходов, в среднем задержка доставки пакета от отправителя к получателю варьируется в пределах 10 мс. Оценка параметра Хёрста производится методом анализа изменения дисперсии и показана на рисунке 2.13.

$Lg(m)$

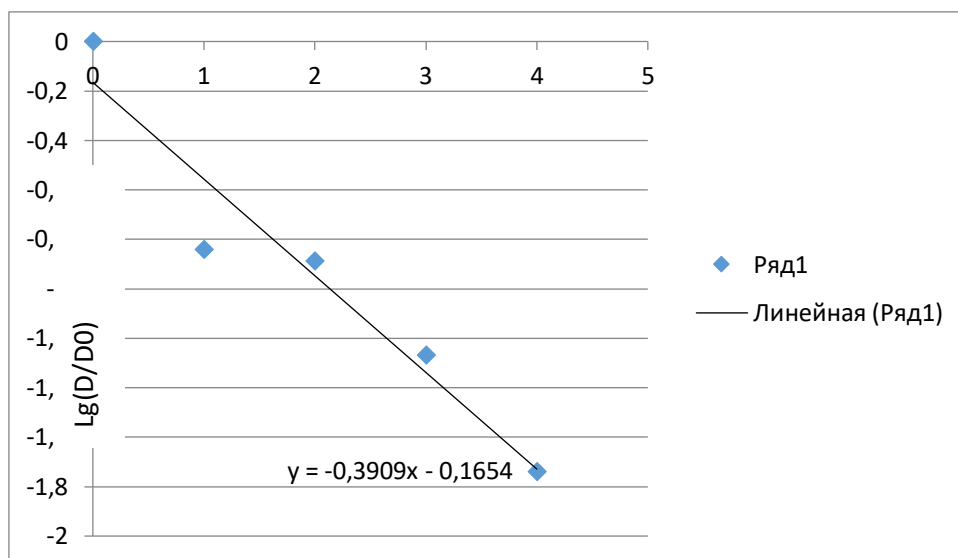


Рисунок 2.13 – Пример оценки параметра Хёрста методом анализа изменения дисперсии

В таблице 2.5 приводятся некоторые характеристики видеотрафика при трансляции с разной скоростью потока.

Таблица 2.5 – Общие характеристики видеотрафика

N	Характеристика	Ед.	Скорость потока, Кбит/с			
		измерения	300	1000	2300	3700

1	Протокол	-	IP/TCP	IP/TCP	IP/TCP	IP/TCP
2	Интенсивность пакетов	Пакетов/с	301,8	164,2	221,4	358,7
3	Средняя длина пакета	байт	1478,6	916,9	1472,1	1474,3
4	Средняя скорость передачи	Мбит/с	3,52	1,17	2,57	4,31
5	Коэффициент Хёрста	-	0,806	0,719	0,788	0,751
6	Сравнительная оценка качества по - пятибалльной шкале		2,54	3,52	3,91	4,73

При анализе полученных данных, очевидно, что статистические свойства видеотрафика, получаемого пользователем от одного источника, но при разных скоростях трансляции сервером, отличаются. Это происходит из-за особенностей передачи по пакетным сетям, а именно маршрутами доставки и их загруженностью на момент передачи видеотрафика.

Данные, приведенные в таблице 2.5 характеризуют единичный поток трафика от сервера к пользователю, т.е. поток, который может передаваться на уровне абонентского доступа (в случае, если пользователь в данный момент получает только одну услугу) или на уровне агрегации, при условии отсутствия других активных пользователей. В реальных условиях сетевое оборудование обслуживает агрегированный поток от большого числа пользователей, и как правило, пользователь одновременно получает несколько услуг (электронная почта, вещание телевизионных каналов или проигрывание видеофильма, передача голосового трафика и т.д.). Поэтому больший интерес представляет исследование свойств агрегированного потока.

Для установления взаимосвязи между значениями параметра Хёрста и субъективными оценками качества передачи видео был выбран метод SSCQE (Single Stimulus Continuous Quality Evaluation, Метод непрерывной оценки

качества при одном источнике воздействия), описанный выше. Данный метод применяется для оценки качества передачи видео в условиях, когда нет возможности параллельно просматривать эталонное видео с источника и сравнивать с тестируемой видеопоследовательностью, что очень близко к реальным условиям предоставления видеослужб. Метод SSCQE предполагает непрерывную оценку качества видеопотока, что дает возможность оценивать каждый фрагмент тестируемого материала. Эксперты могут просматривать видеофрагмент только один раз, не имея при этом эталонного изображения. Для выставления оценок применяются бланки с непрерывной шкалой. Экспертам предлагают оценить общее впечатление от качества видео, и поставить ему отметку на вертикальной шкале. Согласно рекомендации МСЭ-Р ВТ-500.13 шкала представляет собой систему непрерывной оценки, чтобы минимизировать ошибки квантования, и для удобства она разделена на пять равных по длине отрезков, которые соответствуют общепринятой пятибалльной шкале качества субъективных оценок. В данном случае для определения уровня качества использовались термины, хорошо знакомые и понятные экспертам, а именно: отлично, хорошо, удовлетворительно, плохо, неприемлемо.

В таблице 2.6 представлены субъективные оценки и значения параметра Хёрста для единичного потока от сервера к пользователю, а в таблице 2.7 приведены значения агрегированного потока с различным числом видеопоследовательностей.

Таблица 2.6 – Значения параметра Хёрста и оценки SSCQE для единичного потока видео

N	Оценки SSCQE	Параметр Хёрста
1	2,48	0,809
2	3,53	0,721
3	3,79	0,789

4	4,17	0,762
5	4,63	0,791

Таблица 2.7 - Значения параметра Хёрста и оценки SSCQE для агрегированного потока

N	Оценки SSCQE	Параметр Хёрста
1	1,57	0,742
2	2,69	0,768
3	4,01	0,889
4	3,45	0,814
5	3,78	0,863

Проанализировав результаты в таблице 2.6 видно, что существует взаимосвязь между значениями параметра Хёрста и субъективными оценками качества передачи видео методом SSCQE. Из таблицы 2.7 видно, что присутствие в сети дополнительного трафика ведет к увеличению параметра Хёрста и к увеличению значений субъективных оценок качества видео. Следовательно, при широкомасштабных исследованиях зависимости параметра Хёрста от изменения состояния сети и взаимоувязанности с субъективными оценками, можно включить параметр Хёрста в метод объективной оценки качества передачи видео, что приведет к увеличению точности оценок качества восприятия.

Таким образом, можно предположить, что с существенным увеличением количества потоков в сети, снижается свойство самоподобия агрегированного потока. Возможно это происходит при превышении максимальной пропускной способности сети, на которое сеть реагирует механизмами снижения трафика, что вызывает потери и как результат уменьшение общего объема поступающего трафика.

На рисунке 2.14 представлена аппроксимация логистической кривой взаимосвязи между субъективными оценками качества восприятия и значениями параметра Хёрста.

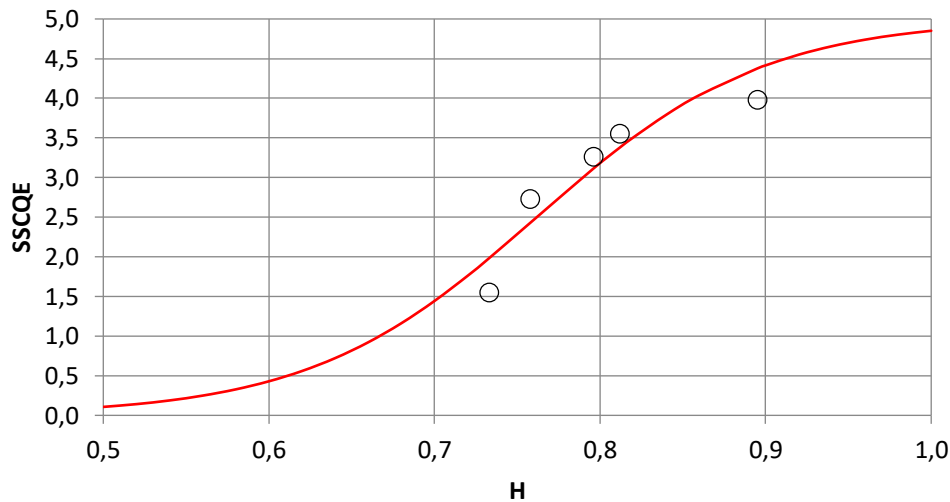


Рисунок 2.14 – Расчет коэффициента для определения параметра Херста

Установленную взаимосвязь параметра Хёрста и субъективных оценок качества восприятия, полученных с помощью метода SSCQE, можно представить следующим выражением:

$$F(h) = \frac{M}{1 + e^{\frac{h-h_0}{b_0}}}$$

где,

M – максимальное значение оценок субъективного метода (в данном случае - 5);

h – значение параметра Хёрста;

h₀ – относительное значение параметра Хёрста;

b₀ – параметр, учитывающий сетевые характеристики.

Согласно полученным результатам, можно сделать вывод о том, что значения субъективной оценки качества передачи видео и параметра Хёрста

имеют взаимнооднозначное соответствие, и, следовательно, параметр Хёрста может быть включен в объективную оценку качества предоставления видеоуслуг.

Также установлено, что увеличение числа потоков в сети и отсутствие её научно-обоснованного расчета приводят к снижению свойств самоподобия агрегированного потока, к увеличению потерь пакетов и вследствие этого к уменьшению общего объема поступающего трафика.

Очевидно, что взаимосвязь параметра Хёрста и субъективных оценок качества восприятия видеоизображений аналогична установленной взаимосвязи субъективных оценок метода MOS и объективных оценок R-фактора, применяемой для оценки качества передачи речи в пакетных сетях.