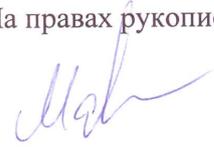


На правах рукописи



Маколкина Мария Александровна

**Разработка и исследование моделей оценки качества передачи
видео в IP-сетях**

05.12.13 Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2014

Работа выполнена в Федеральном государственном образовательном бюджетном учреждении высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича".

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Кучерявый Андрей Евгеньевич

Официальные оппоненты: Шнепс-Шнеппе Манфред Александрович,
доктор технических наук, профессор,
Центральный научно-исследовательский
институт связи, главный научный сотрудник

Юркин Юрий Викторович,
кандидат технических наук, доцент,
Петербургский государственный университет
путей сообщения, доцент кафедры
"Электрическая связь"

Ведущая организация Открытое акционерное общество "ГИПРОСВЯЗЬ-СПб",
г. Санкт-Петербург.

Защита состоится 30 июня 2014 года в 14.00 на заседании диссертационного совета Д 219.004.02 при Федеральном государственном образовательном бюджетном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», 193232, Санкт-Петербург, пр. Большевиков, д. 22, ауд. 554.

С диссертацией можно ознакомиться на сайте и в библиотеке Федерального государственного образовательного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» по адресу Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 65.

Автореферат разослан 16 мая 2014 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
канд. техн. наук, доцент



В.Х. Харитонов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Современное общество характеризуется проникновением инфокоммуникаций во все области человеческой жизни. Услуги связи необходимы не только деловым заказчикам, связь всё чаще используется рядовыми пользователями: она становится неотъемлемой частью общения людей, доступом к популярным развлечениям, элементом престижа, средством заработка и т. д. Сегодня услуги на основе передачи видеоизображений, в том числе услуги IPTV (Internet Protocol Television) завоевывают все большую популярность среди пользователей, и большинство операторов уже развернули или разворачивают сети для их внедрения.

Расширение спектра предоставляемых услуг и соответствующее повышение их качества становятся основными факторами для операторов связи в конкурентной борьбе за пользователя.

Концепция сетей связи следующего поколения NGN (Next Generation Network), которая использует технологию TCP/IP как основу для построения мультисервисных сетей, дает оператору большие возможности по организации практически неограниченного количества услуг. В то же время она ставит сложные задачи с точки зрения создания и внедрения методов для оценки качества восприятия QoE (Quality of Experience) вновь создаваемых услуг.

Существует ряд субъективных и объективных методов для оценки качества передаваемого видео, но нет однозначного мнения и как следствие подхода, дающего четкое представление оператору, что же видит на экране телевизора пользователь, поэтому сложно спрогнозировать и предотвратить возникающие проблемы в вещании, предупредить клиента и повысить тем самым его лояльность. Кроме того, объем трафика видеоприложений существенно увеличился за последние годы и влияет на показатели качества обслуживания для других видов трафика, передаваемых в IP-сетях, в том числе, и на качество доставки самого трафика видео.

Таким образом, диссертационная работа, посвященная разработке и исследованию моделей оценки качества передачи видео в IP-сетях, соответствует современной научной проблематике и является актуальной.

Степень разработанности темы. Основные работы в области стандартизации методов оценки качества передачи видео проводятся Европейским институтом по стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI, European Telecommunications Standards Institute), Международным союзом электросвязи (ITU, International Telecommunication Union), Группой экспертов по качеству видео (VQEG, Video Quality Experts Group), Альянсом по решениям в области телекоммуникаций (ATIS IIF, Alliance for Telecommunications Industry Solutions IPTV Interoperability Forum).

Результатом работы этих организаций стал ряд Рекомендаций и стандартов. Так, например, ITU-R разработал Рекомендацию BT.500-13 «Методика субъективной оценки качества телевизионных изображений», ETSI – «TR 101 290» метрики MPEG2-TS для DVB, VQEG занимается тестированием алгоритмов оценки качества видео.

Вопросы построения сетей NGN и оценки качества предоставляемых услуг исследовались в работах отечественных (Б. С. Гольдштейн, А. Е. Кучерявый, А. Н. Назаров, А. В. Осин, С. М. Смольский, Н. А. Соколов, С. Н. Степанов, О. И. Шелухин, М. А. Шнепс-Шнеппе, Г. Г. Яновский) и зарубежных (U. Black, J. Davidson, S. Fisher, J. M. Garcia, D. McDysan, D. Minoli, F. A. Tobagi и др.) авторов.

Цели и задачи. Цель диссертационной работы состоит в разработке и исследовании моделей оценки качества передачи и качества восприятия видео в IP-сетях.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе последовательно решаются следующие задачи:

– анализ архитектуры и возможностей существующих систем на примере предоставления услуг IPTV;

- анализ существующих методов оценки качества на примере предоставления услуг IPTV;
- разработка комплекса параметров качества обслуживания, оказывающих существенное влияние на оценку качества передачи видео по IP-сетям;
- разработка модели оценки качества передачи видео по IP-сетям, учитывающей сетевые характеристики и параметры, специфические для видеоприложений;
- проведение имитационного моделирования для проверки корректности допущений, которые были сделаны в модели для упрощения расчета, а также для оценки пригодности использования модели;
- анализ трафика различных приложений в IP-ориентированных мультисервисных сетях с учетом свойств самоподобия;
- разработка имитационной модели фрагмента IP-сети для оценки влияния свойства самоподобия видеотрафика и трафика различных приложений на качество передачи видео по IP-сетям;
- разработка метода объективной оценки качества восприятия видео на основе выявления взаимосвязи между субъективными оценками и значением параметра Хёрста,
- проведение натуральных экспериментов для определения взаимосвязи между субъективными и объективными методами оценки качества передачи и восприятия видео.

Научная новизна. Основные результаты диссертации, обладающие научной новизной:

- разработана модель оценки качества передачи видео в IP- сетях с учетом характеристик сети и видеоприложений;
- доказано влияние различной реализации кодеков на качество передаваемого видео в зависимости от разного уровня потерь и размера видеокadra;

– выявлено, что количество потерянных пакетов является доминирующим фактором, влияющим на качество видео в каждой конфигурации видеоприложения;

– предложено использование коэффициента, который учитывает характеристики видео и отображает искажения видеопоследовательности, для характеристики взаимосвязи между объективными и субъективными оценками качества передачи видео;

– предложен метод объективной оценки качества восприятия видео на основе выявленной взаимосвязи между субъективными оценками и значением параметра Хёрста.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы состоит в разработке и исследовании модели оценки качества передачи видео в IP-сетях, и исследовании взаимосвязи параметра Хёрста, характеризующего степень самоподобия, и субъективных методов оценки качества восприятия видео. Практическая ценность работы состоит в возможности использования полученных результатов для проектирования, планирования и расчета предельных характеристик IP-сетей при предоставлении видеослуг. Результаты работы использованы ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт связи» при подготовке вклада Администрации связи Российской Федерации в Международный Союз Электросвязи, ОАО «ГИПРОСВЯЗЬ-СПб» при выполнении проектно-изыскательных работ в области предоставления мультимедийных услуг и услуг IPTV, в том числе в ряде проектов ОАО «Ростелеком» и в системном проекте по развитию СПД ОАО «Ленэнерго», а также в учебном процессе кафедры сетей связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича (СПбГУТ). Реализация результатов работы подтверждена соответствующими актами.

Методология и методы исследования. При проведении исследований применялись методы теории телетрафика, теории фракталов, самоподобных процессов и имитационного моделирования. Для численного анализа, проведения

оценки и промежуточных вычислений использовался программный математический пакет Mathcad 13.0. Имитационное моделирование фрагмента IP-сети для оценки степени самоподобия выполнено с помощью открытого пакета моделирования сетей ns-2.

Положения, выносимые на защиту.

1. Модель оценки качества передачи видео в IP-сетях.
2. Влияние различной реализации кодеков на качество передаваемого видео в зависимости от разного уровня потерь и размера видеокadra.
3. Количество потерянных пакетов является доминирующим фактором, влияющим на качество передачи видео в каждой конфигурации видеоприложения.
4. Введение коэффициента, учитывающего характеристики видео и отображающего искажения видеопоследовательности, для определения взаимосвязи между объективными и субъективными оценками качества передачи видео.
5. Метод объективной оценки качества восприятия видео путем измерения параметра Хёрста.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается корректным использованием математических методов исследования и результатами имитационного моделирования. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на международном Семинаре МСЭ для стран – членов Регионального содружества в области связи «Переход с IPv4 на IPv6: регуляторные и технические аспекты» (Кишинев, Республика Молдова, 2012), 69-й, 67-й, 65-й конференциях СПбНТОРЭС им. А. С. Попова. (Санкт-Петербург, 2014, 2012, 2010), II Международной научно-технической и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» (Санкт-Петербург, 2013), 64-й, 63-й, 61-й научно-технической конференции СПб ГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, (Санкт-Петербург, 2012, 2011, 2009), а также на заседаниях кафедры сетей связи СПбГУТ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, рассматривается состояние исследуемой проблемы, сформулированы цели и задачи работы, перечислены основные научные результаты, полученные в диссертации, определены практическая ценность и область применения результатов, приведены сведения об апробации работы и представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертационной работы проведен анализ существующих услуг передачи видео, в том числе услуг IPTV, современных систем для предоставления такого типа услуг, технологий и протоколов, а также тенденций развития IP-сетей в направлении предоставления новых услуг интересных для широкого круга пользователей. Определены основные компоненты типового комплекса для предоставления интерактивных услуг IPTV, их функциональность и порядок взаимодействия. Выявлены проблемы и сложности внедрения и реализации услуг IPTV. На основе анализа способов предоставления услуг IPTV, требующего тесного взаимодействия большого количества разнотипного оборудования и компонентов сети, а также протоколов и программных средств, выявлены особенности их функционирования для реализации модели оценки качества передачи видео и применения, существующих субъективных и объективных методов оценки.

Во второй главе проводится обзор наиболее известных методов оценки качества IPTV. Выделяются особенности и недостатки применения различных методов. В начале главы рассмотрены основные механизмы обеспечения качества обслуживания в IP-сетях. Далее проводится анализ и сравнение субъективных и объективных методов оценки качества IPTV, и их роль в формировании нового показателя качества восприятия QoE (Quality of Experience) в IP-сетях. Определяется зависимость искажений видео от сетевых показателей. Для более детальной оценки качества необходима разработка моделей, которые при расчете показателей ориентируются не только на параметры сети, но и на характеристики видеопотока.

Третья глава посвящена разработке модели оценки качества передачи видео в IP-сетях, основанной на взаимосвязи потерь, возникающих на сети, и искажений, видимых зрителем при просмотре телепрограмм и фильмов. Модель помимо характеристик сети позволяет учитывать влияние других параметров, специфичных для видеоприложений.

Предположим, что каждый пакет видео содержит s блоков, и что каждый видеокادر передается L пакетами. Также полагаем, что в каждом кадре начальный момент события потери неравномерно распределен между первым и последним пакетом. Тогда общее искажение, влияющее на видеопоследовательность при n последовательно потерянных пакетах, может быть представлено как:

$$\begin{aligned} \bar{D} &= s \times (\bar{n} + L - 1) \times P_e \times L \times D_1 : \text{ для кодека MPEG-2,} \\ \bar{D} &= s \times \bar{n} \times P_e \times L \times D_1 : \text{ для кодека H.264.} \end{aligned} \quad (1)$$

Предложенная выше модель позволяет учесть следующее: 1) модель потерь пакетов, что выражается через n и P_e (вероятность потери любой длины в видеопотоке); 2) битовую скорость передачи, выражаемую через число IP-пакетов, передающих видеокادر, и число блоков в видеокadre (определяется s и L); 3) схему пакетизации, выражаемую через L – число IP-пакетов, передающих видеокادر; 4) механизмы восстановления потерь для кодеков MPEG-2 и H.264; и 5) чувствительность видеопоследовательности к ошибкам, что включает в себя параметр D_1 .

Поскольку искажение \bar{D} определено, результирующее качество видео может быть выражено с помощью пикового отношения сигнал-шум (PSNR, Peak Signal-to-Noise Ratio), т. е.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{\bar{D}} \right). \quad (2)$$

Однако PSNR не дает четкого представления о том, как оценит зритель качество передачи видео. Необходимо оценки, полученные PSNR, связывать с субъективными оценками качества передачи видео. Для этого введем коэффициент

$$C = 1 + \exp(b_1(PSNR - b_2)), \quad (3)$$

который учитывает характеристики видео и отображает искажения видеопоследовательности.

Тогда взаимосвязь качества передачи видео (КПВ) и PSNR можно представить следующим выражением:

$$КПВ = 1 - \frac{1}{C}. \quad (4)$$

График, представленный на рисунке 1, показывает взаимосвязь между объективными и субъективными оценками качества передачи видео. Когда значение PSNR превышает «точку перегиба», субъективное качество видео по существу «насыщается до предела», так что дальнейшее увеличение PSNR не приводит к улучшению качества видео, которое будет заметно для человеческого глаза.

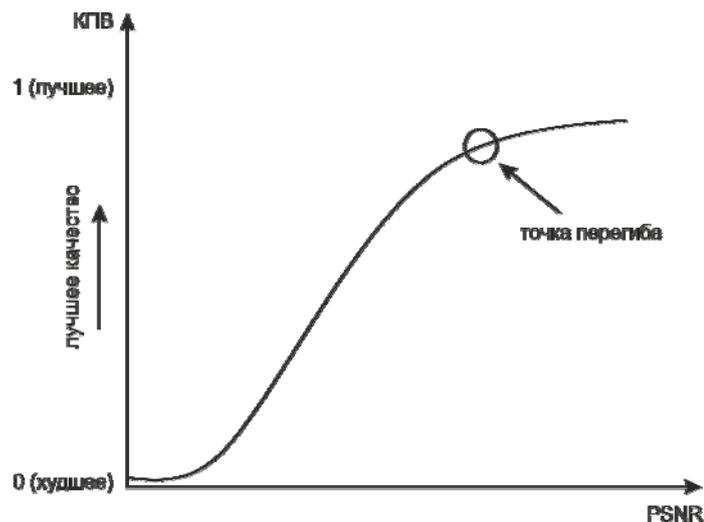


Рисунок 1 – Отношение между PSNR и качеством передачи видео

Для проверки работоспособности модели проводится ряд исследований. Для того, чтобы оценить способность модели учитывать специфические характеристики видеоприложений проводится эксперимент, в ходе которого оценки, полученные моделью, сравниваются с оценками субъективного метода. В качестве субъективного метода был выбран метод DSCQS (Double-Stimulus Continuous Quality-Scale, Метод с двумя источниками воздействия и непрерывной шкалой качества и с использованием шкалы искажений), описанный

в рекомендации ITU-R BT.500-13. Взаимосвязь субъективного метода оценки DSCQS и объективного PSNR представлена на рисунке 2.

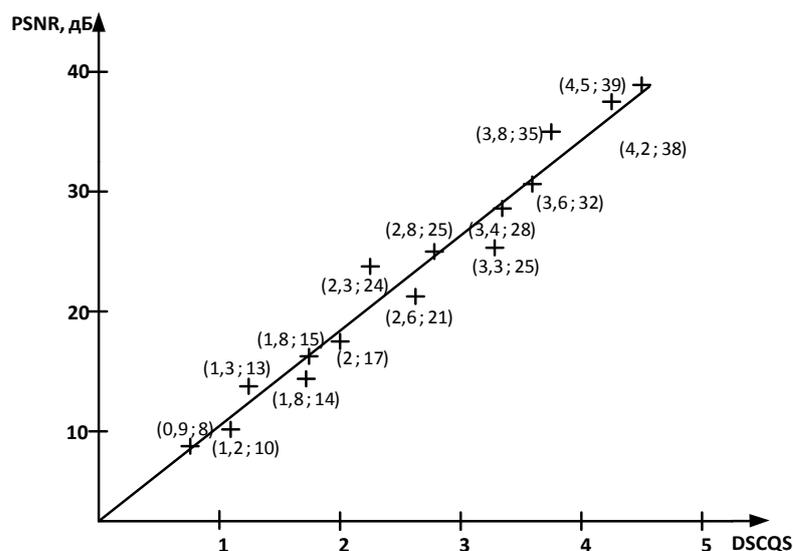


Рисунок 2 – Взаимосвязь DSCQS и PSNR

В результате проведения эксперимента показано, что оценки модели и субъективного метода имеют высокую степень корреляции, что доказывает способность модели учитывать специфические характеристики видео и пригодность модели для оценки качества передачи видео.

Для оценки способности модели учитывать при расчете сетевые показатели проводится сравнительное исследование с объективным методом оценки MDI (Media Delivery Index), описанным в IETF RFC 4445. Результаты исследования представлены в таблице 1 для видео в формате CIF (Common Intermediate Format).

Таблица 1 – Конфигурация приложений и сравнение оценок КПВ и MDI

| Формат | P_e | \bar{D} | PSNR, дБ | КПВ | MDI:MLR, пак/сек |
|-----------------------|-------|-----------|----------|-------|---------------------|
| CIF (s = 2, L = 4) | 0,02 | 52 | 30,97 | 0,817 | 3 |
| | 0,03 | 120 | 27,33 | 0,722 | 9 |
| | 0,04 | 256 | 24,04 | 0,613 | 13 |
| | 0,06 | 672 | 19,85 | 0,458 | 17 |
| | 0,08 | 1184 | 17,39 | 0,369 | 21 |
| | 0,20 | 5120 | 11,03 | 0,184 | 27 |
| | 0,30 | 9600 | 8,30 | 0,130 | 29 |

Из представленных в таблице 1 результатов видно, что при увеличении потерь, возникает больше искажений, что приводит к снижению значений PSNR и ухудшению качества передачи видео.

Для оценки возможностей модели работать с разными кодеками проводится моделирование влияния различных кодеков в зависимости от уровня потерь. В ходе моделирования ставилась задача определить среднее искажение для различных типов кодеков (MPEG-2, H.264) и форматов (CIF, QCIF) в зависимости от уровня потерь и уровня пачечности для разных периодов времени оценки 60 с и 180 с. Под уровнем пачечности понимается количество подряд потерянных пакетов. При моделировании пачечного случая рассматривалось два состояния с вероятностью потерь 0,001 и вероятностью потерь 0,9. В случае «Бернулли» вероятность потерь распределялась в диапазоне 0,02–0,04. На рисунке 3 представлены искажения видео при уровне потерь 2 %, периоде моделирования 60 с и различной конфигураций приложений.

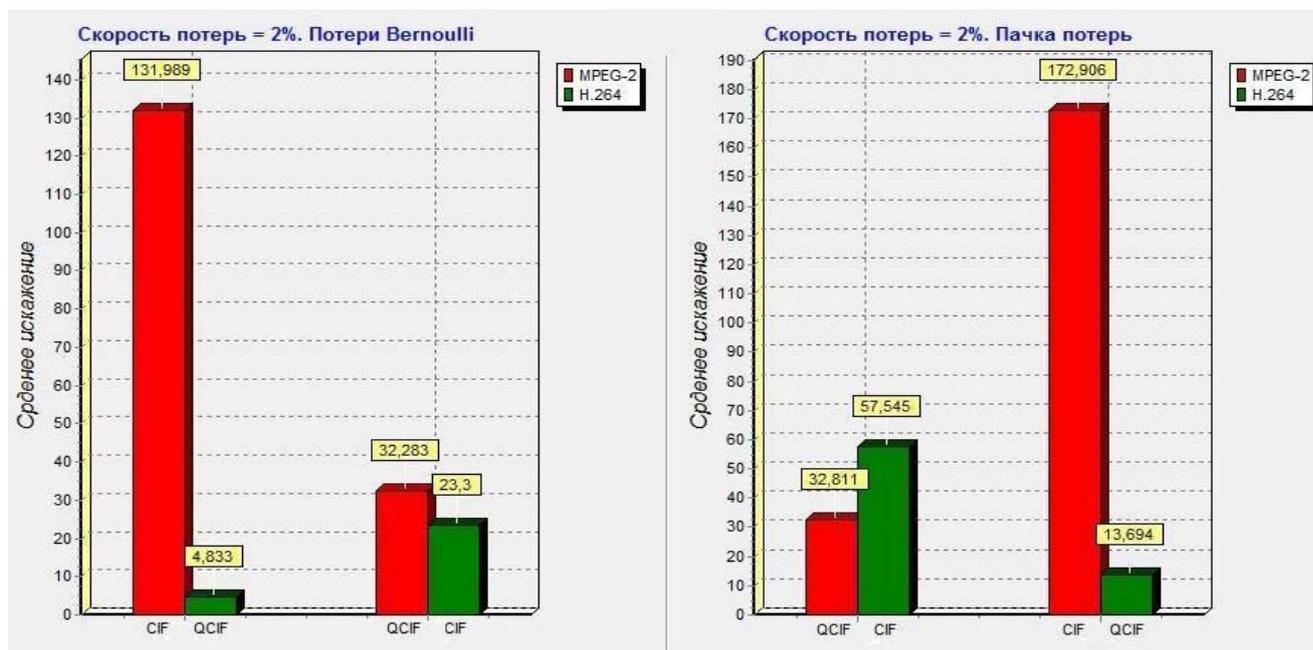


Рисунок 3 – Искажения видео при уровне потерь 2 %, периоде моделирования 60 с и различной конфигурации приложений

В результате моделирования можно сделать следующие выводы:

– Количество потерянных пакетов является доминирующим фактором, влияющим на качество видео в каждой конфигурации видео.

– Влияние пакетизации зависит от типа кодека.

– Схема маскировки ошибок определяет чувствительность кодека к моделям потерь.

– Влияние размера видеокадра на качество передачи видео зависит от функции схемы маскировки, реализованной в кодеке.

Четвертая глава посвящена исследованию самоподобных свойств трафика видео в IP-сетях. Разработана имитационная модель фрагмента сети, включающая в себя модель потерь, которая имитирует возникновение потерь в реальной сети. Имитационная модель позволяет варьировать скорость, количество видеопотоков и уровень потерь в сети и рассчитывает параметр Хёрста с помощью методов анализа графика изменения дисперсии, анализа нормированного размаха, метода Витгла, метода Хигучи, метода HEAF2. Также в модели реализован сценарий присутствия в сети другого вида трафика и производится оценка влияния его на параметр Хёрста.

Проведено исследование для того, чтобы выявить взаимосвязь между значениями параметра Хёрста и субъективными методами оценки качества передачи видео. В качестве метода субъективной оценки передачи видео был выбран метод SSCQE (Single Stimulus Continuous Quality Evaluation, Метод непрерывной оценки качества при одном источнике воздействия), описанный в рекомендации МСЭ ВТ.500-13. В таблице 2 приведены значения параметра Хёрста для агрегированного трафика с различным числом потоков видео и соответствующие оценки SSCQE.

Таблица 2 – Оценка параметра Хёрста и SSCQE для агрегированного трафика

| N | Оценки SSCQE | Параметр Хёрста |
|---|--------------|-----------------|
| 1 | 1,55 | 0,733 |
| 2 | 2,73 | 0,758 |
| 3 | 3,26 | 0,796 |
| 4 | 3,55 | 0,812 |
| 5 | 3,98 | 0,895 |

На рисунке 4 представлена выявленная взаимосвязь между субъективными оценками качества передачи видео и параметром Хёрста, которая аппроксимирована логистической кривой.

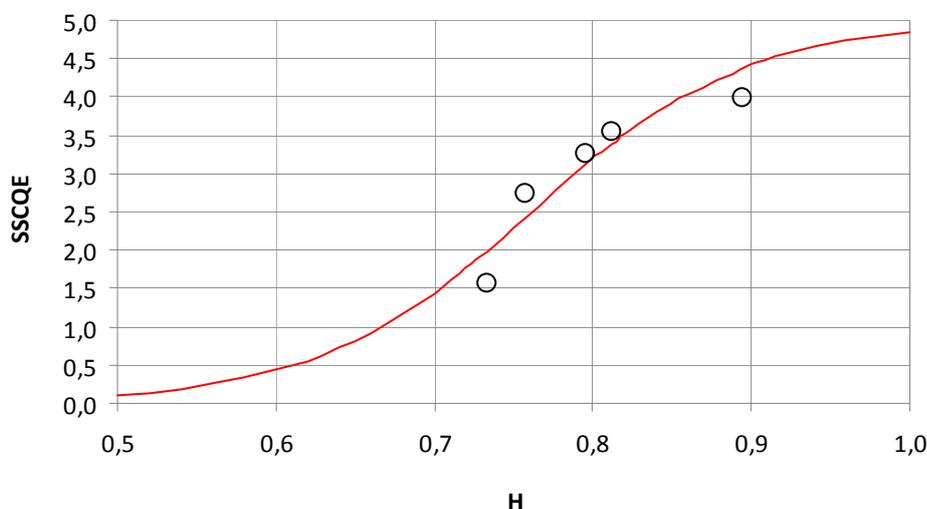


Рисунок 4 – Взаимосвязь параметра Хёрста с субъективными оценками SSCQE

Как видно, взаимосвязь параметра Хёрста с субъективными оценками качества восприятия видео подобна взаимосвязи субъективных оценок MOS и R-фактора, используемой для оценки качества передачи речи. На основе взаимосвязи параметра Хёрста и субъективных методов оценки качества восприятия видео предложен метод объективной оценки качества передачи видео.

В заключении приведены основные выводы и результаты по диссертационной работе.

В диссертации разработаны и исследованы модели оценки качества передачи и качества восприятия видео в IP-сетях. Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. На основе анализа существующих моделей предоставления услуг передачи видео и трансляции телевизионных каналов выявлены особенности их функционирования, которые должны учитываться при разработке моделей оценки качества передачи и качества восприятия на примере предоставления услуг IPTV.

2. Разработана математическая модель, основанная на отношении «потери-искажения», которая позволяет оценить качество передачи видео и может быть

использована в существующих IP-сетях. В модели учтены различные параметры, относящиеся как к специфическим характеристикам видеопотока, так и к характеристикам, отражающим состояние сети.

3. Проведено моделирование в зависимости от разного уровня потерь, типа кодека, схемы маскировки ошибок, периода исследования и формата видеокadra, в результате которого доказано влияние различной реализации кодеков на качество передаваемого видео в зависимости от разного уровня потерь и размера видеокadra;

4. Установлено, что одним из доминирующих факторов при оценке качества передачи видео является количество потерянных пакетов. На окончательную оценку качества также оказывают влияние специфические параметры видео, такие как способ пакетизации, размер видеокadra, схема маскировки ошибок, которые в зависимости от конфигурации кодека различным образом реагируют на одинаковый уровень потерь.

5. Предложено использование коэффициента, позволяющего отобразить взаимосвязь субъективных и объективных оценок качества передачи видео, и учитывающего характеристики видеопотока при оценке искажений, возникающих в ходе потери отдельных блоков видеокadra. Проведен ряд экспериментов для верификации модели, нацеленных на сравнение оценок качества, полученных при использовании модели, с оценками известных субъективных и объективных методов оценки качества передачи видео. В результате экспериментальных исследований установлено, что предложенная модель позволяет с достаточной для практики степенью точности, оценить качество передаваемой видеопоследовательности и, в тоже время, по сравнению с другими методами учитывает при расчете и основные показатели сети и характеристики видеопотока, не требуя при этом подробного разбора и анализа видеопотока, что позволяет использовать одну модель для получения исчерпывающих оценок качества вместо нескольких моделей, параллельно используемых в настоящее время на сети.

6. Разработана имитационная модель фрагмента сети, нагруженной потоками разнотипного трафика, позволяющая проводить исследования, нацеленные на оценку параметра Хёрста при различных условиях работы сети. Определен состав факторов, влияющих на процесс оценки степени самоподобия агрегированного потока. Проведены отсеивающие эксперименты, на основании которых сформирован перечень параметров, в наибольшей степени оказывающих влияние на изменение значений параметра Хёрста для трафика в исследуемой сети.

7. Установлено, что при моделировании зависимости параметра Хёрста от уровня потерь добавление к видеопотокам трафика с переменной скоростью не влияет на значение параметра Хёрста вплоть до аномально высокого уровня потерь в 95 %. В то же время, добавление к потокам видеотрафика потока с постоянной скоростью, например, трафика речи, при достаточно небольших скоростях приводит к значимому изменению параметра Хёрста.

8. Определено, что размер пакета исследуемого потока оказывает влияние на значения параметра Хёрста для всего агрегированного потока. Также на оценку степени самоподобия влияет длина очереди в узле и шаг увеличения скорости потока.

9. Выявлена взаимосвязь значений параметра Хёрста с субъективными методами оценки качества восприятия видео. Определена зависимость субъективных оценок QoE видео от значений параметра Хёрста.

10. Предложен метод объективной оценки качества восприятия видео на основе выявленной взаимосвязи путем измерения параметра Хёрста. Параметр Хёрста может быть использован как объективная метрика оценки качества восприятия видео по аналогии с R -фактором, используемым для оценки качества передачи речи в рекомендациях Международного Союза Электросвязи.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Маколкина, М. А. Взаимосвязь субъективных оценок качества восприятия видео и значений параметра Хёрста / М. А. Маколкина // Системы управления и информационные технологии. – 2014. – № 1.1(55) (*из перечня ВАК*).
2. Маколкина, М. А. Анализ критериев оценки качества IPTV / М. А. Маколкина // Вестник Связи. – 2012. – № 10. – С. 52–58(*из перечня ВАК*).
3. Маколкина, М. А. Анализ модели объективной оценки качества передачи видео в IP-сетях / М. А. Маколкина // Электросвязь. – 2011. – № 12. – С. 20–23 (*из перечня ВАК*).
4. Маколкина, М. А. Анализ субъективных методов оценки качества IPTV / М. А. Маколкина // Информационные технологии моделирования и управления. – 2013. – № 5(83). – С. 492–500.
5. Маколкина, М. А. Влияние коэффициента Хёрста на оценку качества восприятия видео / М. А. Маколкина, А. В. Прокопьев // Сборник материалов 69-й научно-технической конференции СПбНТОРЭС им. А. С. Попова. – 2014.
6. Маколкина, М. А. Анализ субъективных методов оценки качества передачи видео в IP-сетях / М. А. Маколкина // Сборник материалов 69-й научно-технической конференции СПбНТОРЭС им. А. С. Попова. – 2014.
7. Маколкина, М. А. Параметр Хёрста как средство выявления аномальных изменений при передаче видеотрафика [Электронный ресурс] / М. А. Маколкина, А. Е. Кучерявый, А. В. Прокопьев // Сборник материалов II Международной научно-технической и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании». – СПб. : СПбГУТ, 2013. – С. 158–161. – Режим доступа: http://www.sut.ru/doci/nauka/sbornic_confsut_2013_no_cory.pdf.
8. Маколкина, М. А. Анализ показателей сети и компонент комплекса оборудования для предоставления услуг IPTV / М. А. Маколкина // Сборник материалов 64-й научно-технической конференции СПбГУТ им. М. А. Бонч-Бруевича. – СПб. : СПбГУТ, 2012. – С. 116–117.

9. Маколкина, М. А. Анализ влияния параметров сети на предоставление услуг IPTV / М. А. Маколкина // Сборник материалов 67-й научно-технической конференции СПбНТОРЭС им. А. С. Попова. –2012. – С. 116–117.

10. Маколкина, М. А. Качество обслуживания ТВ высокой четкости при передаче по сетям IPv6 / М. А. Маколкина, А. Б. Бучатский, М. В. Кабинетский // Семинар «Переход с IPv4 на IPv6: регулярные и технические аспекты», г. Кишинев, Республика Молдова. – 2012.

11. Маколкина, М. А. Методика объективной оценки качества передачи IPTV / М. А. Маколкина // Сборник материалов 63-й научно-технической конференции СПб ГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича. – СПб. : СПбГУТ, 2011. – С. 153–154.

12. Маколкина, М. А. Модель объективной оценки качества передачи IPTV / М. А. Маколкина // Сборник материалов 65-й научно-технической конференции СПбНТОРЭС им. А. С. Попова. – 2010. – С. 244–245.

13. Маколкина, М. А. Расчет показателей для выбора оптимальной конфигурации комплекса оборудования для предоставления услуг IPTV / М. А. Маколкина // Сборник материалов 61-й научно-технической конференции СПб ГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича. – СПб. : СПбГУТ, 2009. – С. 43.