

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ QoS ДЛЯ БЕСПЕРЕБОЙНОЙ РАБОТЫ IPTV

DOI: 10.36724/2072-8735-2020-14-10-33-38

Антоненко Александр Сергеевич,
Волгоградский Государственный Технический
Университет, Волгоград, Россия,
ant.aleks412@yandex.ru

Земцов Андрей Николаевич,
Волгоградский Государственный Технический
Университет, Волгоград, Россия,
azemtsow@mail.ru

Manuscript received 05 June 2020;
Accepted 28 August 2020

Ключевые слова: IPTV, QoS, UDP, TCP, VoD,
скорость передачи информации, межпакетный
джиттер, односторонняя задержка

В данной статье описывается система IPTV, а также методы ее реализации и соответствующие протоколы. Концепция IPTV включает в себя как телевидение в реальном времени, так и телевидение в записи, так называемое VoD. В реальном времени потоковые данные посылаются с использованием только протокола RTP и в дополнение к нему используется протокол RTSP для потоковой передачи VoD. Кроме того, анализируются способы измерения параметров QoS, рассматривая практическое применение для оценки параметров трафика IPTV. Важная особенность предоставления качественной услуги IPTV это высокий уровень качества обслуживания. Также, в теории, рассматривается модель подключения к интернету с недостаточной пропускной способностью сети. При этом учитываются следующие характеристики: полоса пропускания, односторонняя задержка, межпакетный джиттер, количество потерянных пакетов, количество дублированных пакетов, пакеты с ошибками и поврежденные пакеты. Затронута проблема, связанная с переупорядочиванием пакетов. Кроме того, измеряются два важных параметра QoS для VoD: задержка START и задержки PAUSE/RESUME. Рассмотрен обмен служебными сообщениями при предоставлении услуги IPTV. Найдены максимальные, средние, и минимальные значения для параметров качества обслуживания сети.

Информация об авторах:

Антоненко Александр Сергеевич, Волгоградский Государственный Технический Университет, студент, Волгоград, Россия

Земцов Андрей Николаевич, Волгоградский Государственный Технический Университет, к.т.н., доцент каф. ЭВМиС, Волгоград, Россия

Для цитирования:

Антоненко А.С., Земцов А.Н. Оценка параметров QoS для бесперебойной работы IPTV // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2020. Том 14. №10. С. 33-38.

For citation:

Antonenko A.S., Zemtsov A.N. (2020) Evaluation of QoS parameters for IPTV uninterrupted operation. *T-Comm*, vol. 14, no.10, pp. 33-38. (in Russian)

Введение

В настоящее время наблюдается тенденция разработки и внедрения приложений для потребителей полосы пропускания. Для снижения затрат используются новые технологии, такие как IP-телефония, IP-видеоконференции и в последнее время IP-телевидение (IPTV). Операторы связи с большим количеством абонентов не могут реализовать эти типы приложений в устаревших, перегруженных сетях. Переход к NGN обеспечивает надежную и гибкую среду, которая больше всего подходит для удовлетворения требований высокой производительности будущих сетей.

Архитектура IPTV

Технология, известная как IPTV, или IP-телевидение, результат конвергенции вещательной, телекоммуникационной и информационной технологиями. IPTV относится к услуге цифрового телевидения и другим аудио- и видеосервисам, передаваемым через широкополосные сети с использованием того же протокола, который поддерживает Интернет.

Концепция IPTV включает в себя как телевидение в реальном времени, так и телевидение в записи, так называемое VoD (англ. Video on Demand). Другие услуги, которые IPTV может предложить, это:

- Beyond TV (BTV) – сохранение шоу для последующих просмотров.
- Time Shift TV – при необходимости запись игр и музыки.
- EPG (Electronic Program Guide) с функцией PVR схожей по принципу работы с DVD-плеер.
- Функции pay-per-view.
- Родительский контроль.

Внедрение IPTV подразумевает наличие коммуникационного сервера для приема телевизионного сигнала и преобразования этого сигнала в цифровой сигнал, который может быть послан через сеть передачи данных с использованием протокола IP на третьем уровне. Абонентская приставка может использоваться для приема данных, которые будут переданы на телевизор. Также может использоваться компьютер для приема и отображения мультимедийных данных. Многоадресная IP-передача используется для передачи телевидения в режиме реального времени нескольким клиентам одновременно. Этот тип доставки значительно снижает потребление пропускной способности сети [1].

Как уже упоминалось выше, IPTV относится к телевидению в реальном времени, а также к VoD, включающим несколько протоколов, соответствующих различным уровням OSI, представленных на рисунке 1. Видеоданные передаются в формате MPEG-2 TS (англ. Transport Stream – транспортный поток) с использованием UDP (англ. User Datagram Protocol – протокол пользовательских датаграмм) с многоадресной рассылкой. В этом случае IGMPv2 (англ. Internet Group Management Protocol – протокол управления группами Интернета) используется для управления группами многоадресной рассылки. В случае VoD RTSP (англ. Real Time Streaming Protocol – протокол потоковой передачи в реальном времени) выполняет управление потоком для передачи, позволяя пользователю начать, приостановить/возобновить

поток. SSL (англ. Secure Sockets Layer) обеспечивает безопасность IPTV [3].

В реальном времени потоковые данные посылаются с использованием только протокола RTP (англ. Real-time Transmission Protocol – протокол передачи в реальном времени) представленном на рисунке 1. Пользователь может инициировать, а также изменить время передачи потоковых данных. Данные передаются по протоколу TS MPEG. В дополнение к протоколу RTP протокол RTSP используется для потоковой передачи VoD.

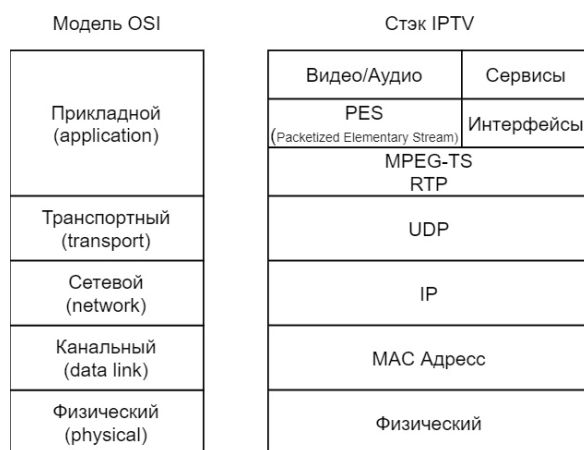


Рис. 1. Стек протокола IPTV для пользовательских данных

Этот протокол реализуется с использованием протокола TCP (англ. Transmission Control Protocol – протокол управления передачей) и предоставляет управление потоковой передачей данных клиенту, его работа представлена на рисунке 2.

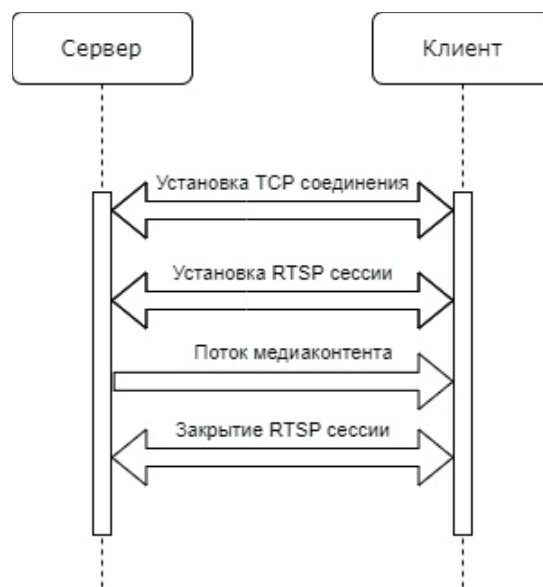


Рис. 2. TCP/RTSP сессии

Для обеспечения успеха услуг IPTV операторы должны предложить лучшее качество, чем у классического телевидения. Искажение принятого сигнала IPTV в основном вызвано изменением параметра односторонней задержки.

Сеть, способная обеспечить хороший уровень QoS (англ. Quality of Service – качество обслуживания), – это главный шаг для предоставления услуги IPTV.

QoS обрабатывает набор параметров, таких как скорость передачи информации, односторонняя задержка, изменение задержки и потеря пакета при обращении к каналу связи. Качество обслуживания означает способность сети предлагать лучшие услуги для выбранной части трафика. Существуют механизмы управления, которые предлагают различные приоритеты для некоторых пользователей или для некоторой части трафика данных, или гарантируют необходимый уровень качества в зависимости от типа приложения [4].

Основной интерес к QoS состоит в обеспечении приоритета для распределения полосы частот, джиттера и управления задержкой, благодаря уменьшению процента потерь пакетов. Для приложений реального времени, таких как IPTV и VoIP, гарантированный уровень QoS очень важен, поскольку эти приложения CBR (англ. Constant bitrate – с постоянным битрейтом) и чувствительны к задержке. Технологии QoS предоставляют новые элементы, которые будут использоваться во всех типах сетей.

Так как трафик IPTV имеет высокий приоритет, другие интернет-приложения должны конкурировать за остаточную пропускную способность, а это может повлиять на их производительность. В IPTV используется передача с помощью UDP, а в других интернет приложениях, таких как FTP, SSH, HTTP и др., используется TCP в качестве протокола транспортного уровня. Протокол TCP имеет встроенный механизм контроля перегрузки [7], это значит, что, когда модуль протокола TCP обнаружит, что сеть перегружена, он уменьшит скорость передачи данных. Данный вид трафика называется эластичным трафиком, он может адаптироваться к доступной пропускной способности в сети. Так как многие видеокodeки выдают выходные данные с переменной скоростью, из этого следует, что доступная пропускная способность для модуля протокола TCP будет меняться со временем.

При подключении к интернету узким местом может являться недостаточная предоставленная пропускная способность сети. Для моделирования такого подключения создадим очередь из трафика IPTV и TCP. Пусть в этой модели C – пропускная способность канала. К примеру, пропускная способность равна 6 Мбит/с, тогда $C = 6$ Мбит/с. По этому каналу передаётся трафик и IPTV, и TCP. Также будем использовать модель с дискретным временем. Пусть $v_{iptv}(n)$ – скорость передачи трафика IPTV в момент времени n , а $v_{tcp}(n)$ – скорость передачи трафика TCP; $q(n)$ – длина очереди в момент времени n . В системе IPTV для обеспечения QoS IPTV скорость передачи данных IPTV не должна превышать пропускную способность подключения, то есть $v_{iptv}(n) \leq C$. Тогда пропускная способность подключения для трафика TCP равна $C - v_{iptv}(n)$, которая меняется со временем. Длина очереди может быть выражена как показано в формуле (1).

$$q(n) = q(n-1) + v_{tcp}(n) + v_{iptv}(n) - C, \quad (1)$$

где $q(n) = 0$ при $q(n-1) + v_{tcp}(n) + v_{iptv}(n) - C < 0$.

Скорость передачи данных протокола TCP может контролироваться. В идеальном случае $v_{tcp}(n) = C - v_{iptv}(n)$ для каждого времени n .

В таком случае использовалась бы вся пропускная способность подключения и очередь всегда была равна 0. Однако в реальной сети этого невозможно добиться из-за задержек сети, ошибок и прочего.

Параметры качества обслуживания

Параметры QoS влияют на качество услуги, приложения, которое использует эту услугу, даже если это простая передача данных или потоковая передача в реальном времени. Данные параметры разделены на две части: для потоковой передачи в реальном времени и для содержания VoD. Параметры QoS для потоковой передачи в реальном времени:

– **Скорость передачи информации.** Зная скорость передачи, мы можем проверить, может ли сеть с определенной пропускной способностью позволить себе этот тип передачи. Для расчета скорости трафика мы найдём отношение количества переданных бит к длительности их передачи, в итоге получим скорость передачи информации [5].

$$\text{Скорость передачи информации} = \frac{\text{Количество переданных бит}}{\text{Продолжительность передачи}} \text{ (Б/с)}$$

– **Односторонняя задержка.** Это задержка, создаваемая передачей пакетов из источника в пункт назначения. Этот параметр зависит от многих элементов, таких как количество узлов, которые должны проходить к месту назначения, сетевой трафик, протоколы маршрутизации. Для измерения параметра односторонней задержки важно обеспечить синхронизацию между сервером и приемником. Если две машины не синхронизированы, вычисленный параметр неверен.

$$\text{Односторонняя задержка} = \frac{\text{Задержка}_1 + \text{Задержка}_2 + \dots + \text{Задержка}_N}{N} \text{ (с)}$$

– **Межпакетный джиттер.** Отправленные пакеты могут поступать в пункт назначения по разным путям, так что задержка пакетов может отличаться. Джиттер представляет собой разницу задержки между пакетами и является очень важным параметром для потоковой передачи в реальном времени [6]. Джиттер между пакетами определяется по формуле (2).

$$\text{Межпакетный джиттер} = \frac{|\text{Джиттер}_1 - \text{Джиттер}_2| + \dots + |\text{Джиттер}_{N-1} - \text{Джиттер}_N|}{N} \text{ (с)} \quad (2)$$

– **Количество потерянных пакетов.** В пути от источника к месту назначения пакет может быть потерян или удален маршрутизатором, если буфер маршрутизатора заполнен или пакет поврежден. Удаление пакетов зависит только от текущего состояния сети, и его невозможно предвидеть. Алгоритм, используемый для обнаружения потери пакета, представляет собой мониторинг порядкового номера RTP, в соответствии с которым он может принять решение, потерян пакет или нет.

– **Количество дублированных пакетов.** Подсчет количества дублированных пакетов является способом проверки конфигурации сети. Когда появляются дублированные пакеты это значит, что в сети есть ошибки конфигурации или некоторые устройства неисправны. Реализованный алгоритм аналогичен алгоритму, используемому для подсчета упорядоченных пакетов.

Порядок принятых пакетов приходится изменять, когда они поступают на принимающую сторону не по порядку из-за множества путей, выбранных маршрутизаторами. Пакет считается переупорядоченным, если порядковый номер меньше порядкового номера предыдущего принятого пакета. Мы используем порядковый номер RTP пакетов для каждого UDP порта, используемого во время передачи.

– **Количество поврежденных пакетов.** При передаче пакетов через сеть некоторые биты могут быть повреждены. Если количество поврежденных битов небольшое, то такие ошибки не сильно влияют на качество. Мы можем вычислить PER (англ. Packet Error Rate – коэффициент ошибок пакета) по формуле (3). Чтобы проверить, поврежден ли пакет, мы сравниваем поле данных каждого пакета для отправителя и получателя.

$$PER = \left(\frac{\text{Количество поврежденных пакетов}}{\text{Количество полученных пакетов}} \right) * 100\% \quad (3)$$

– **Задержка PAUSE/RESUME для сервера VoD.** Передача VoD использует протокол RTSP, который обеспечивает управление потоком для приемника. Этот протокол может приостановить поток и запустить его снова позже или же этот поток будет перемещаться туда-обратно в медиапотоке, как показано на рисунке 3.

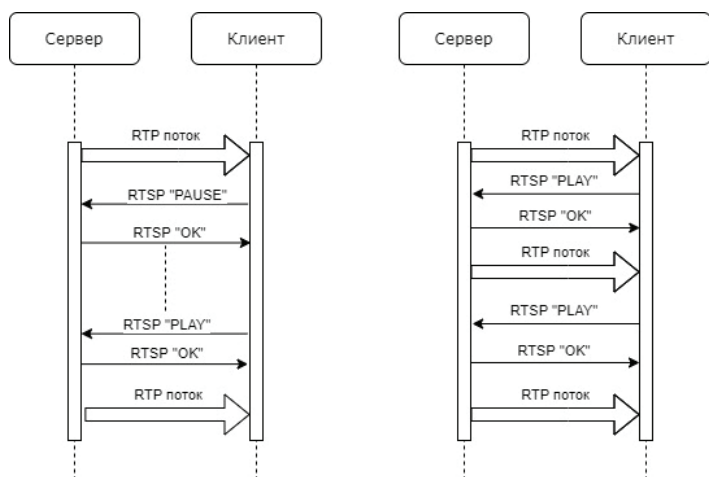


Рис. 3. Диаграмма обмена служебными сообщениями при предоставлении услуги IPTV

– **Задержка START.** Для потоковой передачи VoD измеряется в приемнике (то есть у клиента) и представляет собой промежуток времени от момента, когда первый пакет TCP, содержащий запрос о начале трансляции, посылается клиентом до момента, когда первый пакет RTP, выданный сервером и содержащий запрошенные данные, принимается в пункте назначения. Этот параметр вычисляется только для передач VoD.

Результаты, полученные для потоковой передачи в режиме реального времени

В первом тесте, проверки передачи IPTV, результаты подтвердили, что при потоковой передаче только RTP-пакетов в реальном времени отправление осуществляется

без какого-либо предшествующего соединения. Все отправленные пакеты были получены пользователем.

Очень важным параметром QoS является джиттер, и отображение этого параметра можно увидеть на рисунке 4. Можно заметить, у джиттера очень низкие значения. Полученное среднее значение составляет 0,027 мс.

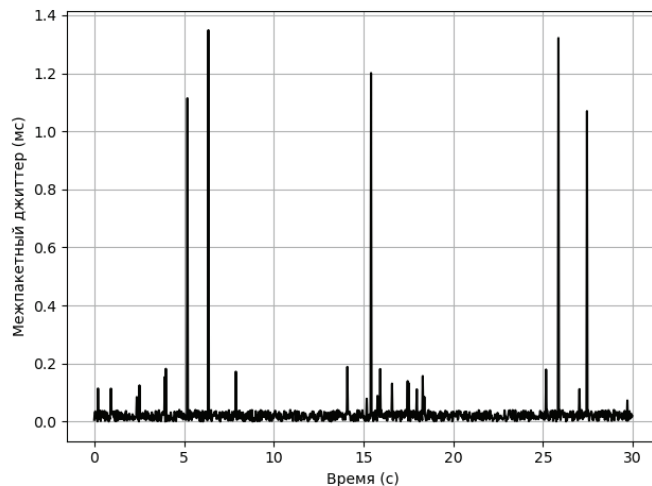


Рис. 4. Межпакетный джиттер IPTV в первом тесте

Максимальное значение параметра джиттера равно 1,348 мс, хотя среднее значение было вычислено с использованием абсолютного значения межпакетного джиттера. Значения, полученные для других параметров, равны нулю, поскольку во время этой передачи не было никакого искажения.

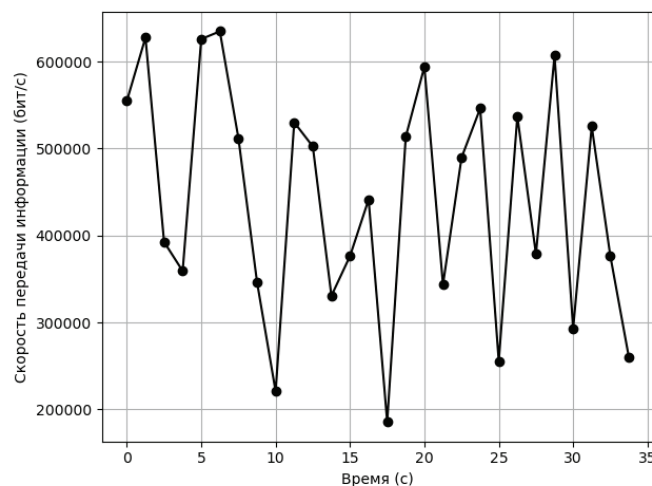


Рис. 5. Скорость передачи информации IPTV

На рисунке 5 показано, как пропускная способность сервера и приемника аналогичны друг другу в течение всей передачи, при этом полученная средняя скорость передачи составляет 441619 кбит/с.

На рисунке 6 мы можем наблюдать параметр с односторонней задержкой, максимальное значение которого равно 1,867 мс, а минимальное – 0,5 мс. Среднее значение односторонней задержки равно 0,559 мс.

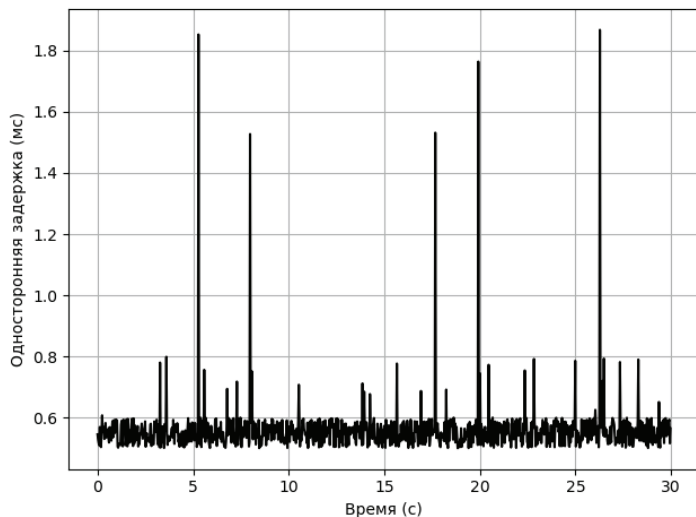


Рис. 6. Односторонняя задержка IPTV

Для второго теста принудительно задавалась задержка в 100 мс и значение джиттера (от -10 мс до 10 мс) для каждого пакета, который проходит через маршрутизатор.

На рисунке 7 показано, что параметр односторонней задержки на 100 мс больше, чем в предыдущем тесте. Полученное значение в настоящем тесте равно 102,637 мс. Эта разница возникла из-за задержки, введенной маршрутизатором.

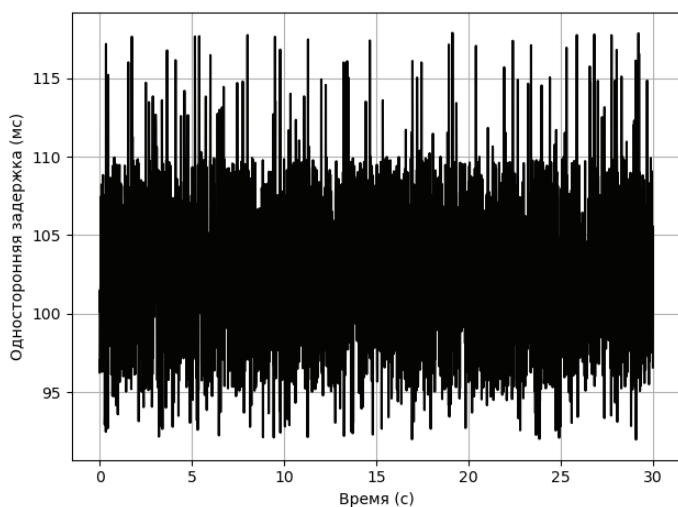


Рис. 4. Односторонняя задержка для RTP пакетов

Значение джиттера, полученное во время второго теста, больше, чем такое же значение в первом тесте. Разница составляет приблизительно 7 мс и равна среднему значению межпакетного джиттера, введенного маршрутизатором.

Большое значение параметра джиттера вызывает переупорядочивание пакетов в буфере приёмника, поэтому в этом тесте мы получаем процент переупорядочения пакетов равный 57%.

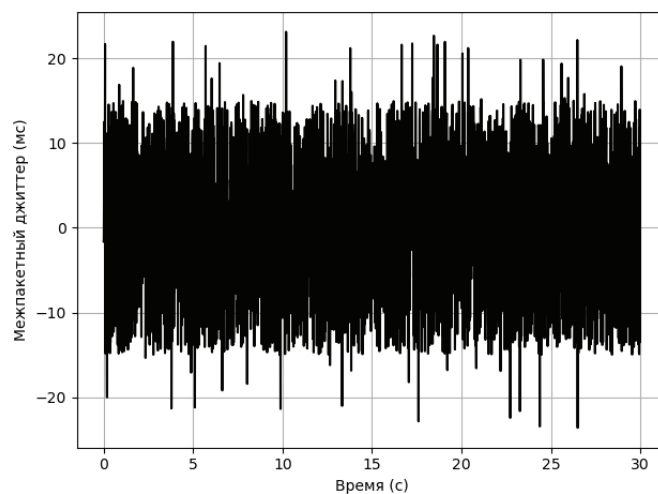


Рис. 5. Межпакетный джиттер во втором тесте

Заключение

В работе была рассмотрена архитектура интерактивного телевидения IPTV, протоколы, обеспечивающие предоставление услуги IPTV, и способы реализации. Были проанализированы полученные параметры QoS, и выставлены оценки для параметров трафика IPTV. Учитываются следующие компоненты: скорость передачи информации, односторонняя задержка, межпакетный джиттер, потеря пакетов, количество дублированных пакетов, пакеты с ошибками и поврежденные пакеты.

Литература

1. David Ramirez. IPTV Security Protecting High-Value Digital Contents. Wiley-Interscience, 2008.
2. V. Dobrota. Digital Networks in Telecommunications: Volume III OSI and TCP/IP. Second Edition, Mediamira Science Publishers, Cluj-Napoca, 2003.
3. Ancuta Sanda Buzila, Gabriel Lazar, Tudor Blaga, Virgil Dobrota. Evaluation of QoS Parameters For IPTV. Acta Technica Napocensis-Electronics & Telecommunications. Vol. 48, no.3, 2007, pp. 9-14.
4. Y. Kikuchi et al. RTP Payload Format for MPEG4 Audio/Visual Streams. RFC 3016, November 2000.
5. G.Armitage. Quality of Service in IP Networks. New Riders Publishing, 2000.
6. C.Demichelis, P.Chimento. IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics. RFC3393, 2002.
7. V. Jacobson. Congestion avoidance and control // Proceedings of the ACM Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communication (SIGCOMM '88), pp. 314-329, 1988.

EVALUATION OF QoS PARAMETERS FOR IPTV UNINTERRUPTED OPERATION

Alexander S. Antonenko, Volgograd State Technical University, student, Volgograd, Russia, ant.aleks412@yandex.ru

Andrey N. Zemtsov, Volgograd State Technical University, Ph.D., Assoc. cafe Computers, Volgograd, Russia, azemtsow@mail.ru

Abstract

This article describes the IPTV system, as well as its implementation methods and related protocols. The concept of IPTV includes both real-time television and recording television, the so-called VoD. In real time, streaming data is sent using only the RTP protocol and in addition to it, the RTSP protocol is used for streaming VoD. In addition, methods for measuring QoS parameters are analyzed, considering practical applications for estimating IPTV traffic parameters. An important feature of providing quality IPTV services is a high level of quality of service. Also, in theory, an Internet connection model with insufficient network bandwidth is considered. The following characteristics are taken into account: bandwidth, one-way delay, inter-packet jitter, the number of lost packets, the number of duplicated packets, packets with errors, and damaged packets. A reordering issue is mentioned. In addition, two important QoS parameters for VoD are measured: START delay and PAUSE / RESUME delays. Service messaging is considered while providing IPTV service. The maximum, average, and minimum values for the network quality of service parameters are found.

Keywords: IPTV, QoS, UDP, TCP, VoD, information transfer rate, inter-packet jitter, one-way delay

References

1. David Ramirez, "IPTV Security Protecting High-Value Digital Contents", Wiley-Interscience, 2008
2. V. Dobrota, "Digital Networks in Telecommunications: Volume III OSland TCP/IP", Second Edition, Mediamira Science Publishers, Cluj-Napoca, 2003
3. Ancuta Sanda Buzila, Gabriel Lazar, Tudor Blaga, Virgil Dobrota, "Evaluation of QoS Parameters For IPTV", *Acta Technica Napocensis-Electronics & Telecommunications*. Vol. 48, no.3, 2007, pp. 9-14.
4. Y. Kikuchi et al, "RTP Payload Format for MPEG4 Audio/Visual Streams", RFC 3016, November 2000.
5. G.Armitage, "Quality of Service in IP Networks", New Riders Publishing, 2000.
6. C.Demichelis, P.Chimento, "IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics", RFC3393, 2002.
7. V. Jacobson, "Congestion avoidance and control", *Proceedings of the ACM Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communication (SIGCOMM '88)*, pp. 314-329, 1988.

Information about authors:

Alexander S. Antonenko, Volgograd State Technical University, student, Volgograd, Russia

Andrey N. Zemtsov, Volgograd State Technical University, Ph.D., Volgograd, Russia