

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R ВТ.1720*

Распределение качества обслуживания по классам и методы измерения для услуг цифрового видео, предоставляемых по широкополосным сетям протокола Интернет

(Вопрос МСЭ-R 100/6)

(2005)

Резюме

В настоящей Рекомендации определяются требования к показателям работы и объективные методы измерения качества обслуживания (КО) для предоставления услуг цифрового видео по широкополосным сетям протокола Интернет (IP). Устанавливаемые требования к показателям работы основаны на различных оценках КО IP – от "отлично" до "неисправно". Они основаны на объективном сквозном измерении величин небольшого числа параметров, осуществляемом на доставляемых потоках IP с помощью абонентского оборудования, и передаваемых обратно на головной узел сети. Рекомендуемые методы объективных измерений и параметры служат для оказания влияния на качество обслуживания, предоставляемого пользователю.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что повсеместно происходит развитие радиовещательных и нерадивещательных телевизионных систем, и по мере их развития становятся доступными новые уровни потенциального качества изображения;
- b) что с развитием новых технологий передачи изображения в радиовещательном и нерадивещательном телевидении, параметры телевизионных систем могут выбираться на основе компромисса между качеством изображения и его стоимостью;
- c) что для определения требований для телевизионных систем и различных участков цепочки предоставления услуг важным элементом является потенциальный уровень качества изображения;
- d) что ISO/IEC MPEG-2 стандартизировали механизмы кодирования и транспортировки для аудио, видео и сопровождающих данных, которые применяются для цифровых видеослужб,

учитывая далее,

- a) что цифровые телевизионные услуги начали распределяться в широкополосных сетях IP посредством технологий и протоколов IP многоадресной передачи (многоадресное распределение IP аналогично технологиям радиовещания в сфере радиопередач);
- b) что в сети IP в настоящее время конечным пользователям стали доступны интерактивные телевизионные услуги, такие как видео по требованию (VoD), которые обычно соотносятся с методом распределения контента с использованием конкретной адресации;
- c) что в сети IP видеоприемники декодируют: телевизионные каналы, доставляемые по IP на телевизионный экран,

* Настоящая Рекомендация должна быть доведена до сведения 9-й Исследовательской комиссии по стандартизации электросвязи.

отмечая,

1 что коэффициент потери пакетов, запаздывание и дрожание являются основными требованиями транспортного протокола IP для оценки сквозных показателей работы сети IP,

рекомендует,

1 чтобы методы измерения качества обслуживания (КО) для цифровых телевизионных радиовещательных услуг, передающихся потоком в широкополосной сети IP, были приспособлены к особым свойствам транспортных услуг, предоставляемых сетью связи на основе протокола IP;

2 чтобы для видеослужб упомянутые в п. 1 раздела *отмечая* требования измерялись и использовались для сквозных показателей работы сети IP, как это описано в Приложении 1;

3 чтобы сквозные измерения на видеопотоке осуществлялись после удаления его пакетной IP структуры, как это описано в Приложении 2;

4 чтобы измерение КО было сквозным для обеспечения близкого приближения к качеству, предоставляемому конечному пользователю, учитывая влияние сети IP на видеопоток; в Приложении 3 демонстрируется модель измерения системы цепи передачи телевизионных услуг на основе протокола IP.

Приложение 1

Уровень IP

1 Требования к транспортному протоколу IP

Поскольку сети IP являются многоскачковыми, в сетевых трактах, как правило, могут использоваться сложные и разнообразные технологии передачи. С точки зрения стека протоколов контроля передачи (ТСР)/протокола IP все они рассматриваются как уровни "ниже уровня 3".

Измерения и параметры качества на уровне IP позволяют определить эталонные величины для требований к сети, которые не зависят от лежащих в основе технологий передачи и подходят для использования при сквозной оценке качества.

Шум, вносимый в пакетную сеть IP, описывается следующими параметрами:

- *Коэффициент потери пакетов (PLR)*: соотношение между числом пакетов, потерянных в сети, и общим числом переданных пакетов¹.

¹ В соответствии с предлагаемыми в настоящей Рекомендации схемой измерения и методикой, общее число потери пакетов в параметре PLR является суммой коэффициента потери IP-пакетов (IPLR) и коэффициента ошибок IP-пакетов (IPER), как определено в Рекомендации МСЭ-Т Y.1541. Более полное определение этого параметра содержится в Рекомендации МСЭ-Т G.1020, в п. 7.7.1 которой определяется "коэффициент общих потерь (кадров/пакетов)" для кадров или пакетов. Будучи заголовком измерения над транспортным уровнем, этот пакет не представляется на уровень измерения (или уровень протокола реального времени (RTP)), если для IP-пакета ошибочно контрольная сумма IP или протокола дейтаграммы пользователя (UDP).

- *Запаздывание*: временной интервал между началом передачи и временем окончательного приема пакета.
- *Дрожание*: варьирование запаздывания.

Качество видеопотоков будет налагать минимальные требования к пропускной способности для потока данных к абоненту; требования к сквозной пропускной способности для обратного потока зависят от требований к приложению интерактивности.

Настоящее Приложение 1 не гарантирует, что содержащаяся в нем классификация достаточна для оценки воспринимаемого качества телевизионного радиовещания по системе IP, поскольку сквозные характеристики качества сети IP измеряются до того, как будет применено упреждающее исправление ошибок (FEC).

2 Класс услуги IP потокового видео

Такие видеослужбы, как службы VoD или ТВ, классифицируются еще и как потоковые службы. В области высококачественного телевидения к ним предъявляются следующие требования высокого уровня:

- хорошее качество аудио/видео;
- высокая готовность;
- средняя интерактивность.

Эти требования высокого уровня должны быть переведены в величины для требований, предъявляемых к транспортировке данных по сети IP.

Как определено в Приложении 3, ввод в сеть видеоконтента хорошего качества осуществляется головным узлом сети в соответствии с максимальной сквозной полосой пропускания и скоростью передачи пакетов, доступной для видеослужб.

Для сохранения хорошего качества изображения требуется низкая величина потери пакетов.

3 Измерения транспорта IP

К сетевому уровню IP не должно иметь отношение то, что видеосигнал или любой верхний уровень использует упреждающее исправление ошибок (FEC) или любой другой метод исправления ошибок. Он должен гарантировать только необходимые показатели работы до применения любой схемы исправления ошибок на любом из упомянутых выше уровней.

3.1 Параметры

В таблице 1 перечисляются параметры измерения сети. Все измерения должны быть осуществлены между точками В и С в модели измерения системы, описанной в Приложении 3:

ТАБЛИЦА 1

Параметр	Оборудование	Мотивировка	Метод контроля
PLR	Абонентское оборудование (СРЕ) (телеприставка (STB))	Качество изображения оценка потери видеoinформации	При обслуживании или с помощью тестовых потоков с RTP/протокол управления передачей в реальном времени (RTCP) или номерами последовательности, доступных в заголовке пакета. Периодическое заключение о PLR: Отчеты с разрешением в одну минуту. Измерение PLR требует анализа по крайней мере в 10 раз большего числа пакетов, чем числа, относящегося к заданному значению PLR. Это определяет скорость, на которой дается отчет о PLR.
Задержка сети	Измерительная установка, расположенная у пользователя в составе СРЕ (STB) или как можно ближе к каналу доступа пользователя	Чистое воспроизведение	Тестовый поток.
Дрожание	СРЕ (STB)	Чистое воспроизведение	При обслуживании или с помощью тестовых потоков с RTP/RTCP или временными метками, имеющимися в заголовке пакета.
Пропускная способность для потока данных к абоненту	СРЕ (STB)	Оценка качества услуги, контроль	Тестовый сигнал, представляющий худший случай варианта кодирования, проверка пропускной способности.
Пропускная способность обратного потока	СРЕ (STB)	Оценка качества услуги, контроль	Проверка пропускной способности.

3.2 Величины

Прежде чем предоставить эталонные величины для транспортных требований, необходимо отметить, что в архитектуре доставки видеослужб буфер приемника на конце СРЕ (STB) используется для подавления (до некоторой степени) дрожания, вносимого сетью, и для получения непрерывного воспроизведения телевизионного кадра.

Величины, которые должны быть обеспечены в сети, приведены и обоснованы в следующих подпунктах.

3.2.1 Величина PLR

Величину PLR предпочтительно определять как "не зависящую от кодека" и заданную для наихудшего варианта.

Величина PLR, необходимая для гарантии беспрепятственной доставки видеослужб по сети IP, составляет 10^{-5} .

Требование PLR является гораздо более строгим, чем требования к IPLR, определяемые в настоящее время в Рек. МСЭ-T Y.1541².

² Однако планируется обеспечивать транспортировку цифрового видеосигнала некоторыми новыми классами качества обслуживания и величиной IPLR $< 10^{-5}$.

Значение PLR, равное 10^{-5} , может показаться строгим требованием для PLR. Делается приблизительная оценка, учитывая, что потенциально любая потеря видеoinформации будет замечена пользователем.

Фактическое последствие потери пакетов непредсказуемо, поскольку зависит от типа поврежденного кадра или части кадра, отсутствующей в декодере (передней, задней, пространственной, временной). Степень восстановления сигнала при наличии некоторых потерь зависит от мощности самого кодека. В конечном итоге, вид воспроизводимой сцены (стационарная, движущаяся) в значительной мере влияет на возможность восприятия пользователем ухудшения видеосигнала.

Для дальнейшего снижения коэффициента ошибок по битам (КОБ), поступающего на видеodeкодер, к видеопотокам могут быть применены типичные схемы исправления ошибок.

3.2.2 Запаздывание и дрожание

Величины запаздывания и дрожания могут изменяться в соответствии с конкретными характеристиками мультимедийной услуги, такими как интерактивность, и в соответствии с размером буфера минимизации дрожания и задержки воспроизведения, применяемых на стороне CPE (STB).

Например, для высококачественных услуг потокового видео могут быть допустимыми запаздывание величиной в сотни миллисекунд и дрожание порядка десятков миллисекунд.

Признается, что определение объективных величин запаздывания и дрожания требует дальнейшего исследования даже с учетом развития различных интерактивных приложений, таких как видеоконференции, которые повлияют на традиционно, главным образом, однонаправленное телевизионное обслуживание.

4 Сквозная готовность IP-услуги

Готовность услуг по предоставлению видео зависит от готовности всех элементов, которые контролируются оператором и которые важны для распределения этих услуг от ближайшего к источнику видеoinформации сетевого устройства до ближайшего к пользователю устройства доступа.

С классификацией готовности обслуживания на основе IP можно ознакомиться в Рек. МСЭ-T Y.1540, а определить функцию готовности услуг потокового видео можно с использованием того же подхода: если $PLR > PLR_{out}$, то услуга может считаться недоступной.

Для PLR_{out} предлагается величина $0,01^3$.

5 Классификация обслуживания в сети IP

Что касается услуг по предоставлению видео, то показатели работы сети IP могут быть классифицированы на основе PLR, имеющего место у конечного пользователя. PLR должен измеряться между пунктами В и С модели измерения системы, описанной в Приложении 3.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Что касается доставки услуг по предоставлению видео, то дальнейшего исследования требует учет эффекта запаздывания и дрожания при классификации сетей IP, а также оценка влияния определения системы FEC.

³ Эта величина относится к системе, в которой не применяется FEC; дальнейшее исследование может в будущем привести к определению другой величины PLR_{out} .

Дополнение 1 к Приложению 1

Пример классификации обслуживания в сети IP

В настоящем Дополнении приводится пример классификации обслуживания в сети IP.

Классификация, используемая для услуг цифрового телевидения, приведена ниже:

$PLR \leq 10^{-5}$	превосходное качество обслуживания (ESQ),
$PLR < 2 \times 10^{-4} - 10^{-5} >$	среднее качество обслуживания (ISQ),
$PLR < PLR_{out} - 2 \times 10^{-4} >$	плохое качество обслуживания (PSQ),
$PLR < PLR_{out} - 1 >$	отсутствие готовности сквозного обслуживания на основе IP.

В таблице 2 показаны классы обслуживания уровня IP, имеющие отношение к QoS, воспринимаемому конечным пользователем. Качество изображения зависит также от условий кодирования (скорость в битах, размер изображения, метод внутреннего восстановления и т. п.) и параметров передачи (размер пакетов, FEC и т. д.).

Период оценки готовности сквозного обслуживания на основе IP составляет от 1 до 5 минут.

Классификация обслуживания в сети основана на времени оценки, равном 30 минутам.

Показатели сквозной работы сети IP могут быть рассчитаны путем подсчета временных интервалов, в течение которых измеряемый PLR находился в пределах указанных выше пороговых величин за регистрируемый интервал времени. Это показано на следующем примере:

ТАБЛИЦА 2

Класс	Время ESQ %	Время ISQ %	Время PSQ %	Примечание
A	$\geq 99,8\%$	Между 0 и 0,2	Между 0 и 0,1	Подлежит расчету при обслуживании
B	$\geq 99,8\%$	Между 0 и 0,1	Между 0,1 и 0,2	Подлежит расчету при обслуживании
D	$< 99,8\%$	–	–	Подлежит расчету при обслуживании

Время неготовности сквозных услуг не включено в приведенном выше примере.

Приложение 2

Сквозные измерения

Сеть IP позволяет каждому CPE (STB) служить также конечной точкой измерения. Это предоставляет полезную возможность проводить сбор измерительных данных на каждом установленном видео CPE. Проведенные на CPE измерения и контроль наиболее близки к реальному опыту пользователя услуги.

Использование CPE в качестве измерительного зонда требует внимания, поскольку CPE физически не контролируется оператором сети, а измерения могут быть подвержены влиянию оборудования пользователя (плохое штепсельное соединение кабеля, проблемы вертикальной кабельной разводки, неправильное использование домашней сети). STB должен иметь возможность давать дополнительную информацию о качестве декодируемого видеосигнала. Объем буфера приемника и

скорость передачи кадра являются двумя важными показателями готовности услуги и общего качества работы. Измерения на СРЕ должны использоваться с тем, чтобы:

- измерить сквозные показатели работы сети IP;
- измерить показатели сети на любом иерархическом уровне или суммарной точке объединения путем статистического анализа и обработки данных с применением корреляции между данными;
- оценить качество видео, предоставляемого конечному пользователю услуги;
- осуществить выделенные испытательные сеансы с использованием тестовых сигналов для оценки качества и поиска неисправностей.

Например, в настоящее время некоторые операторы сетей проводят сквозные измерения на всех STBs, имеющихся в сетях для домашнего использования, с целью оценки сквозного качества видеослужбы и показателей работы сети. Для обеспечения постоянной информации о качестве предоставляемой услуги STBs периодически отсылают отчеты о частоте кадров и потере пакетов.

1 Измерения видеоприемника

В таблице 3 приведены параметры, которые необходимо измерять на приемниках видеосигналов, для оценки качества видео в соответствии с моделью измерения системы.

Эти измерения могут быть использованы для всех оценок, изложенных выше.

ТАБЛИЦА 3

Параметр	Величина	Оборудование	Назначение	Метод контроля	Траектория измерения ⁽¹⁾
Частота видеокадров	В соответствии с требованиями стандартов для видео	STB	Качество изображения	В процессе обслуживания путем специфических методов кодирования-декодирования. Выборочный контроль.	От А до D
Отрицательное переполнение буферного ЗУ	Не применяется	STB	Качество изображения, ровный перегон	В процессе обслуживания при воспроизведении видео. Выборочный контроль. Измерение случаев отрицательного переполнения и процента времени обслуживания, в течение которого STB находилось в состоянии "отрицательного переполнения".	D
Переполнение буферного ЗУ	Не применяется	STB	Качество изображения, ровный перегон	В процессе обслуживания при воспроизведении видеоизображения. Выборочный контроль. Измерение случаев отрицательного переполнения и процента времени обслуживания, в течение которого STB находилось в состоянии "отрицательного переполнения".	D
Конкретные параметры кодирования	Не применяется	STB	Качество изображения, услуги	В процессе обслуживания при воспроизведении видео. Выборочный контроль.	Не применяется

⁽¹⁾ См. рисунок 2.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В ходе дальнейших исследований должны быть рассмотрены важные параметры качества видеосигнала, которые могут быть возвращены декодером STB и которые могут помочь лучше оценивать процесс воспроизведения видеосигналов, происходящий в декодере.

2 Анализ частоты кадров

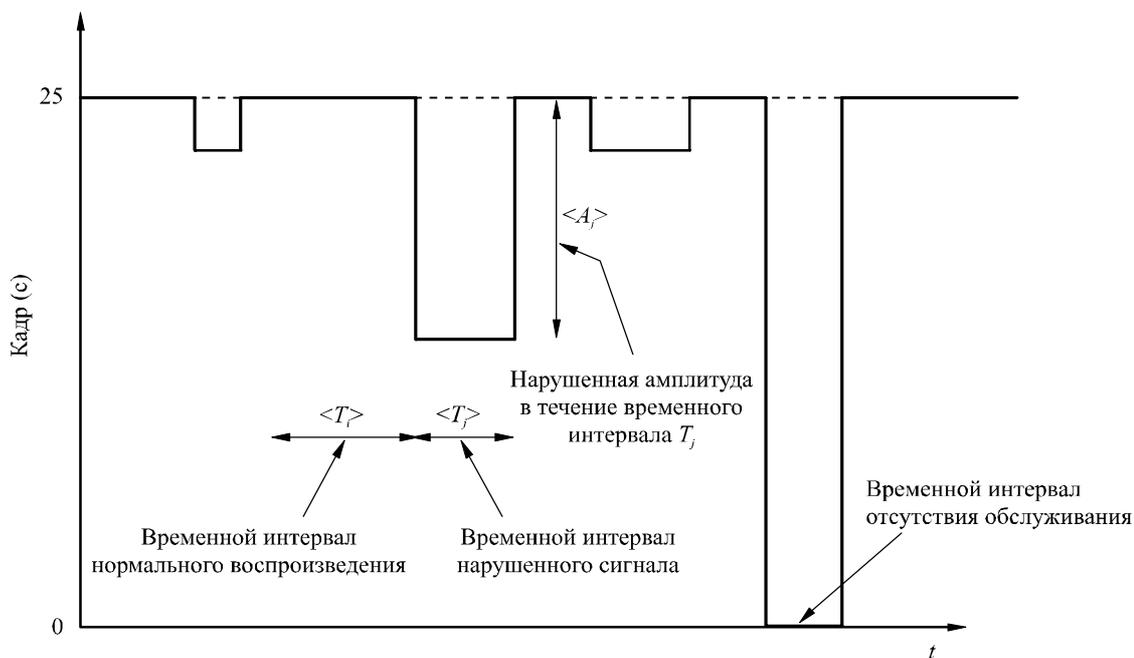
В телевизионных стандартах может использоваться различная частота кадров.

На выходе декодера будет создаваться точно такая же как и первоначальная частота кадров, кроме тех случаев, когда имеются потери видеоинформации.

Измерение частоты кадров на выходе декодера дает ориентировочную оценку непрерывности обслуживания.

На рисунке 1 в качестве примера потока видеосигнала в 25 кадров/с показана возможная информация, которая может быть получена на основе анализа частоты кадров:

РИСУНОК 1
Анализ частоты кадров



Приложение 3

Модель измерения системы

В простейшем виде модель распределения телевизионных услуг в сети IP состоит из трех частей:

- *Головной узел сети*: включает все устройства и приложения, необходимые для производства видеосигналов, направляемых в сеть.
- *Транспортная сеть*: транспортирует видеосигнал на CPE конечного пользователя.
- *CPE*: это конечный пункт IP (обычно, STB), в котором осуществляется декодирование видеосигнала и его отображение на экране телевизора, который, как правило, соединен с ним.

Для транспортировки потоков видеосигналов между головным узлом сети и транспортной сетью необходимо установление детальных соглашений об уровне обслуживания (SLAs) (в частности, между поставщиком услуги и оператором сети электросвязи, если они разные).

Если головной узел сети и STBs обладают необходимой совместимостью, то по транспортной сети IP могут предоставляться услуги аудио, видео, передачи данных и интерактивные услуги. Все услуги и стандарты совместимы со стеком пакетов TCP/IP. В сети IP должен быть гарантирован уровень требуемых показателей работы и предусмотрена какая-либо контрольная точка, где он может быть измерен. В настоящей Рекомендации предполагается, что за качество входного видеосигнала, доставляемого по сети IP, и контроль над ним отвечает головной узел сети.

Головной узел сети должен вводить видеопотоки в сеть согласно правилам транспортировки, соответствующим сети IP. Эти правила должны определять:

- максимальную скорость пакета на поток;
- максимальное число устойчивых потоков;
- максимальную ширину полосы пропускания на поток (или скорость пакета для данного размера пакета);
- транспортный протокол, который должен использоваться;
- размер кадра (транспортный уровень);
- размер пакетов;
- допустимый профиль интервала между пакетами;
- максимальный объем пакетов.

Со своей стороны, сеть IP должна гарантировать согласованный уровень услуг для доставки видеопотоков конечным пользователям.

В сети IP услуги VoD обычно связаны с методами доставки контента конкретному устройству, тогда как телевизионные услуги предоставляются с использованием протоколов IP многоадресной доставки.

Транспортным протоколом IP, используемым для доставки по адресу конкретного устройства, может быть UDP или TCP, многоадресная же доставка осуществляется в верхней части UDP.

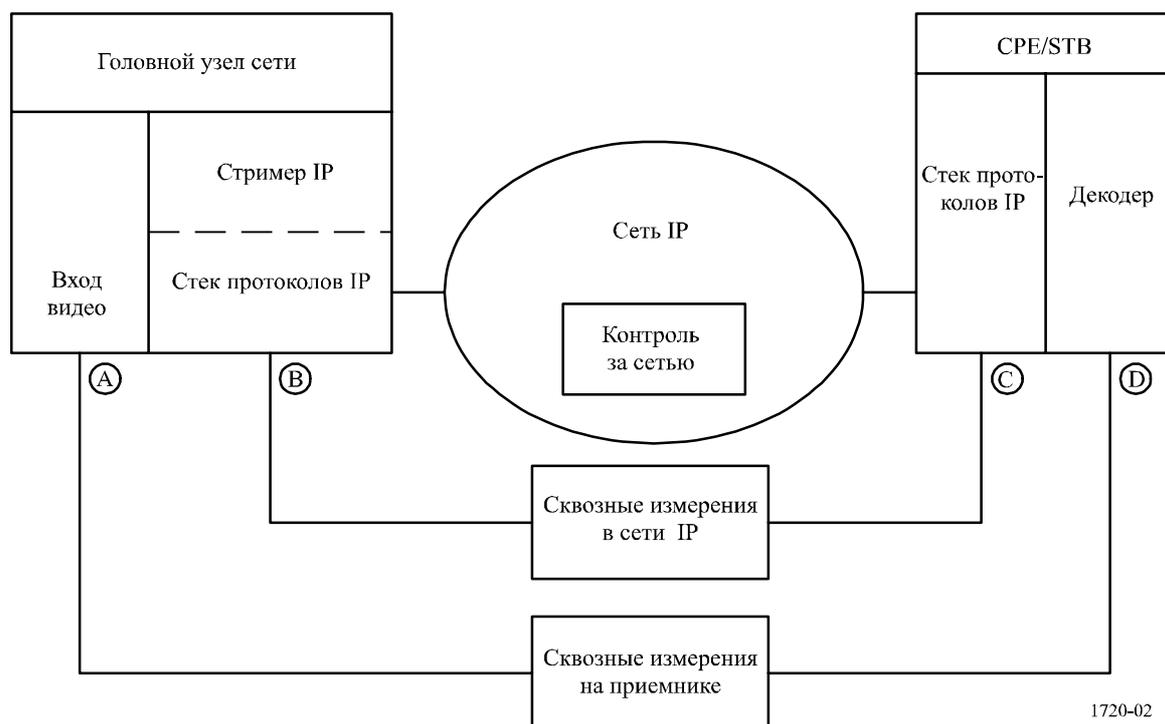
Определение уровня обслуживания должно быть основано на сквозных измерениях, которые должны обеспечивать информацию о:

- качестве, предоставляемом пользователю;
- влиянии сети IP на видеосигнал.

На рисунке 2 представлена модель измерения системы, резюмирующая этот подход.

РИСУНОК 2

Модель измерения системы



Базовые точки A, B, C и D описываются следующим образом:

Базовая точка	Описания
A	Кодер видеосигнала
B	Уровень IP на головном узле сети (необработанные данные IP)
C	Уровень IP на СРЕ (необработанные данные IP)
D	Декодер видеосигнала

Глоссарий

КОБ	Коэффициент ошибок по битам
СРЕ	Абонентское оборудование
FEC	Упреждающее исправление ошибок
IPER	Коэффициент ошибок IP-пакетов
IPLR	Коэффициент потери IP-пакетов
MPEG	Группа экспертов по движущимся изображениям
PLR	Коэффициент потери пакетов
КО	Качество обслуживания
RTP	Протокол реального времени

RTCP	Протокол управления передачей в реальном времени
SLA	Соглашение об уровне обслуживания
STB	Телеприставка
TCP/IP	Протокол управления передачей/протокол Интернет
UDP	Протокол дейтаграммы пользователя
VoD	Видео по требованию

Ссылки

Рекомендация МСЭ-T G.1020 (информативная ссылка)

Рекомендация МСЭ-T Y.1540 (информативная ссылка)

Рекомендация МСЭ-T Y.1541 (информативная ссылка)

