



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

У.1541

(02/2006)

СЕРИЯ У: ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ
ИНФРАСТРУКТУРА, АСПЕКТЫ МЕЖСЕТЕВОГО
ПРОТОКОЛА И СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

Аспекты межсетевого протокола – Качество
обслуживания и сетевые показатели качества

**Требования к сетевым показателям качества
для служб, основанных на протоколе IP**

Рекомендация МСЭ-Т У.1541

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ Y
ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА, АСПЕКТЫ МЕЖСЕТЕВОГО
ПРОТОКОЛА И СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	
Общие положения	Y.100–Y.199
Службы, приложения и промежуточные программные средства	Y.200–Y.299
Сетевые аспекты	Y.300–Y.399
Интерфейсы и протоколы	Y.400–Y.499
Нумерация, адресация и присваивание имен	Y.500–Y.599
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.600–Y.699
Безопасность	Y.700–Y.799
Технические характеристики	Y.800–Y.899
АСПЕКТЫ МЕЖСЕТЕВОГО ПРОТОКОЛА	
Общие положения	Y.1000–Y.1099
Услуги и приложения	Y.1100–Y.1199
Архитектура, доступ, возможности сетей и административное управление ресурсами	Y.1200–Y.1299
Транспортирование	Y.1300–Y.1399
Взаимодействие	Y.1400–Y.1499
Качество обслуживания и сетевые показатели качества	Y.1500–Y.1599
Сигнализация	Y.1600–Y.1699
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.1700–Y.1799
Начисление платы	Y.1800–Y.1899
СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ	
Структура и функциональные модели архитектуры	Y.2000–Y.2099
Качество обслуживания и рабочие характеристики	Y.2100–Y.2199
Аспекты служб: возможности служб и архитектура служб	Y.2200–Y.2249
Аспекты служб: взаимодействие служб и СПП	Y.2250–Y.2299
Нумерация, присваивание имен и адресация	Y.2300–Y.2399
Управление сетью	Y.2400–Y.2499
Архитектура и протоколы сетевого управления	Y.2500–Y.2599
Безопасность	Y.2700–Y.2799
Обобщенная мобильность	Y.2800–Y.2899

Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.

Рекомендация МСЭ-Т Y.1541

Требования к сетевым показателям качества для служб, основанных на протоколе IP

Резюме

В данной Рекомендации определяются классы качества обслуживания (QoS) в сетях с требованиями для параметров сетевых показателей качества с протоколом IP. Два из этих классов содержат условные требования к качеству. Предполагается, что эти классы образуют основу для соглашений между поставщиками сетевых услуг, а также между конечными пользователями и их поставщиками сетевых услуг.

В Дополнении I содержится информация о том, как ATM мог бы поддерживать рабочие характеристики уровня IP. В Дополнении II обсуждаются альтернативные способы определения изменения задержки IP. В Дополнении III представлены гипотетические эталонные тракты (HRP), относительно которых была протестирована возможность выполнения требований QoS Y.1541. В Дополнении IV предоставлен пример вычисления изменения задержки пакета. В Дополнении V обсуждаются вопросы, которые необходимо учитывать каждый раз при выполнении измерений протокола IP. В Дополнении VI описываются взаимоотношения между данной Рекомендацией и механизмами, которые определены IETF для управления QoS. В Дополнении VII представлена оценка качества передачи речи для гипотетических эталонных трактов, описанных в Дополнении III. В Дополнении VIII обсуждается передача цифрового телевидения по сетям IP. В Дополнении IX осуществляется оценка рабочих характеристик при передаче файла через протокол TCP по каналам, соответствующих требованиям Y.1541.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т Y.1541 утверждена 22 февраля 2006 г. 12-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2005–2008 гг.) в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации МСЭ-Т А.8.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи. Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним с целью стандартизации электросвязи на всемирной основе.

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются темы для изучения Исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соблюдение положений данной Рекомендации носит добровольный характер. Однако в Рекомендации могут содержаться определенные обязательные положения (например, для обеспечения возможности взаимодействия или применимости), и соблюдение положений данной Рекомендации достигается в случае выполнения всех этих обязательных положений. Для выражения необходимости выполнения требований используется синтаксис долженствования и соответствующие слова (такие, как "должен" и т. п.), а также их отрицательные эквиваленты. Использование этих слов не предполагает, что соблюдение положений данной Рекомендации является обязательным для какой-либо из сторон.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или реализация этой Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, обоснованности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, отстаиваются ли они членами МСЭ или другими сторонами вне процесса подготовки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения этой Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что это может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ по адресу: <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2007

Все права сохранены. Никакая часть данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких-либо средств без письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Введение и сфера применения	1
1.1 Введение	1
1.2 Сфера применения	2
2 Справочные документы	2
3 Сокращения	3
4 Пропускная способность, соглашения о пропускной способности и возможность применения классов QoS	5
5 Требования к сетевым показателям качества	6
5.1 Общая информация о классах QoS	6
5.2 Канал передачи данных для классов QoS через интерфейс UNI-UNI	6
5.3 Классы сетевого QoS	8
6 Требования к работоспособности	12
7 Выполнение требований к техническим характеристикам	12
8 Объединение сегментов сети и их значений QoS	13
8.1 Введение	13
8.2 Формирование значений UNI-UNI	13
8.3 Процедуры накопления искажений	15
9 Защита	15
Дополнение I – Поддержка классами QoS сети ATM классов QoS протокола IP	16
Дополнение II – Вопросы, связанные с определением параметра изменения задержки протокола IP	17
Дополнение III – Пример гипотетических эталонных трактов для проверки требований рабочих характеристик протокола IP	18
III.1 Количество IP узлов в HRP	18
III.2 Пример расчета для обеспечения поддержки сквозной задержки класса 0 и класса 1	20
III.3 Пример расчета сквозной задержки класса 1	21
III.4 Пример расчетов для обеспечения поддержки сквозной задержки класса 4....	22
III.5 Загрузка HRP	23
III.6 Использование геостационарных спутников в HRP	23
Дополнение IV – Пример расчета изменения задержки пакета IP	23
IV.1 Факторы, влияющие на изменение задержки пакета IP	23
IV.2 Модели и процедуры расчета для установления верхнего ограничения IPDV	24
IV.3 Примеры вычислений	26
Дополнение V – Сведения, касающиеся методов измерения рабочих характеристик протокола IP	28
Дополнение VI – Применение возможностей передачи данных, описанных в Y.1221 и дифференцированных служб IETF к классам QoS сети IP	29

	Стр.
Дополнение VII – Влияние сетевого QoS на рабочие характеристики сквозной передачи речи, с точки зрения пользователя	30
VII.1 Пример расчета работы протокола VoIP в соответствии с описанными в Y.1541 рабочими характеристиками сети класса 0	30
VII.2 Пример расчета работы протокола VoIP в соответствии с описанными в Y.1541 рабочими характеристиками сети класса 1	31
VII.3 Расчеты качества передачи речи для гипотетического эталонного тракта Y.1541	31
Дополнение VIII – Влияние рабочих характеристик сети IP на класс QoS при передаче цифрового телевидения	33
VIII.1 Введение	33
VIII.2 Гипотетическая эталонная конечная точка (HRE) для широкополосного видеосигнала	33
VIII.3 Профили обслуживания и требования к рабочим характеристикам при сквозном прохождении пакета	34
VIII.4 Улучшение рабочих характеристик интерфейса UNI-UNI с помощью упреждающей коррекции ошибок (FEC)/перемежения	35
VIII.5 Лабораторная оценка эффективности упреждающей коррекции ошибок (FEC)/перемежения	36
VIII.6 Дополнительные параметры рабочих характеристик	36
Дополнение IX – Влияние сетевого QoS на рабочие характеристики сквозной передачи данных при использовании протокола TCP	37
IX.1 Введение	37
IX.2 Модель рабочих характеристик протокола TCP	37
IX.3 Гипотетическая эталонная конечная точка (HRE) протокола TCP	38
IX.4 Данные наблюдений	38
IX.5 Сводные итоги оценки пропускной способности протокола TCP	40
БИБЛИОГРАФИЯ	41

Рекомендация МСЭ-Т Y.1541

Требования к сетевым показателям качества для служб, основанных на протоколе IP

1 Введение и сфера применения

1.1 Введение

Потребители нуждаются в таких уровнях сетевых показателей качества, которые в сочетании с их хостами, окончательным оборудованием и другими устройствами обеспечивают удовлетворительную поддержку их приложений. Выбор сетевых услуг на основе протокола IP не изменяет данного утверждения за исключением того, что такие сети должны быть ограничены рамками параметров качества передачи пакетов (как описано в Рек. МСЭ-Т Y.1540).

Требования к рабочим характеристикам приложений достаточно хорошо изучены, но некоторые ключевые факторы часто находятся вне области контроля поставщиков сетевых услуг (например, домашние сети, ЛВС, шлюзы приложений, окончательное оборудование, хосты и другие устройства потребителей). МСЭ-Т учитывает, что требования к рабочим характеристикам оборудования потребителей являются доступными, например Рек. МСЭ-Т P.1010 для окончательного оборудования и шлюзов VoIP. Соединение данных требований с определенными уровнями рабочих характеристик сетей (как показано в Дополнениях к данной Рекомендации) дает возможность непосредственно связать рабочие характеристики приложения и сети.

В ответ на это поставщики услуг согласовали уровни рабочих характеристик сети для обеспечения совместной работы, чтобы систематизировать и привести в соответствие свою работу многочисленным требованиям данной Рекомендации. Соглашение относительно уровней рабочих характеристик сетей является весьма полезным, потому что оно ограничивает появление критических и часто преобладающих факторов в работе приложений.

Требования собраны в наборы, которые называются классами качества обслуживания (QoS) в сетях (см. в таблице 1), они могут быть сопоставлены соответствующему стандарту оборудованию потребителей для обеспечения удовлетворительной поддержки различных приложений (как показано в таблице 2). Классы с условными требованиями представлены в таблице 3. Число классов было сознательно оставлено небольшим, чтобы упростить проектирование каналов, проходящих через несколько сетей операторов, таким образом, требования, содержащиеся во всех классах, должны удовлетворять потребностям множества приложений. Читатели данной Рекомендации должны планировать *как минимум* восемь классов при рассмотрении полей и значений протокола, так как возможно дальнейшее расширение классов.

Значения, указанные в требованиях к рабочим характеристикам, являются результатом анализа ключевых приложений, таких, как голосовая телефония, мультимедийные конференции, надежный обмен данными с помощью протокола TCP и цифровое телевидение, в сочетании с анализом их выполнения в сети. В дополнениях представлены важные, подробные сведения о том, как требования в классах сетевого QoS могут быть использованы для определения предоставляемого качества сквозной передачи данных (на уровне приложений).

Классы сетевого QoS создают важную связь в цепочке разработок, необходимых для обеспечения выполнения сквозной передачи данных. Они являются частью лексики для согласования QoS между пользователями и сетями, особенно, если протоколы сигнализации передают запросы QoS динамически.

Проверка службы на соответствие требованиям сети является другой ключевой областью интересов потребителей. Она приведена в данной Рекомендации вместе с рекомендуемыми периодами вычисления, размерами полезной нагрузки пакета и другими аспектами, полезными для проектировщиков, выполняющих измерения. Кроме того, требования интерфейса UNI-UNI могут быть проверены непосредственно пользователями, в отличие от требований, применяемых к интерфейсам непользователем, и используют данные неизвестные потребителям, такие как расстояние маршрута.

1.2 Сфера применения

В данной Рекомендации указываются значения сетевых показателей качества (интерфейс UNI-UNI) протокола IP для каждого из параметров рабочих характеристик, определенных в Рек. МСЭ-Т Y.1540. Конкретные значения рабочих характеристик изменяются в зависимости от классов сетевых QoS. В данной Рекомендации определены восемь классов сетевых QoS, два из которых являются условными. Данная Рекомендация применяется к международным каналам передачи данных сетей IP (интерфейс UNI-UNI). Определенные здесь классы сетевых QoS предназначены для того, чтобы быть основой соглашений между конечными пользователями и поставщиками сетевых услуг, а также между поставщиками сетевых услуг. Также классы следует продолжать использовать, когда статические соглашения предоставляют возможность выполнения динамических запросов, которые поддерживаются протоколами спецификации QoS.

Описанные здесь классы QoS поддерживают очень широкий диапазон приложений, включая следующие: голосовую телефонию, мультимедийные конференции, цифровое видео и интерактивную передачу данных. Для других приложений могут потребоваться новые или пересмотренные классы, но любая потребность в новых классах должна быть сопоставлена с требованиями осуществимости реализации, также следует учитывать, что количество классов должно быть небольшим для реализации масштабирования в глобальных сетях.

Требования QoS применяются, прежде всего, при скоростях в линиях доступа равных T1 или E1 и выше. Данное ограничение обозначает, что время сериализации пакета IP включено в определение задержки передачи пакета IP (IPTD) и что при скоростях доступа ниже T1 время сериализации может быть свыше 100 мс для пакетов с полезной нагрузкой 1500 октет. Также в данной Рекомендации предъявляются требования по развертыванию механизмов сетевого QoS на устройствах доступа для выполнения требований по изменению задержки пакета IP (IPDV), особенно при низких скоростях доступа (например, скорость T1). Модели сетей могут иметь низкие скорости доступа в следующих случаях:

- 1) Разработчики сетей понимают влияние дополнительного времени сериализации на интерфейс пользователь-сеть (UNI) относительно требований UNI для IPTD.
- 2) Механизмы QoS накладывают ограничения на предоставление доступа к параметру IPDV и требование UNI-UNI для IPDV выполняются. Данное требование к параметру IPDV является необходимым для получения высококачественных рабочих характеристик приложений, как четко показано в Дополнениях III и VII.

В данной Рекомендации представлены классы сетевых QoS необходимые для поддержки ориентированных на пользователя категорий QoS. Таким образом, данная Рекомендация соответствует общей структуре определения качества услуг связи, описанной в Рек. МСЭ-Т G.1000, а также категориям мультимедийного QoS конечного пользователя, необходимых для поддержки пользовательских приложений, представленных в Рек. МСЭ-Т G.1010.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В данной Рекомендации используются параметры, определенные в Рек. МСЭ-Т Y.1540, которые могут использоваться для описания службы IP, предоставленной с помощью версии протокола IPv4. Возможность применения или расширения с целью использования других протоколов (например, IPv6) подлежит дальнейшему изучению.

2 Справочные документы

В перечисленных ниже Рекомендациях МСЭ-Т и другой справочной литературе содержатся положения, которые посредством ссылок на этот текст составляют основные положения данной Рекомендации. На момент опубликования действовали указанные редакции документов. Все Рекомендации и другая справочная литература являются предметом пересмотра, и стороны пришли к договоренности основываться на этой Рекомендации и стараться изыскивать возможность для использования самых последних изданий Рекомендации и справочной литературы, перечисленной ниже. Регулярно публикуется перечень действующих Рекомендаций МСЭ-Т. Ссылка на документ в рамках данной Рекомендации не дает ему, как отдельному документу, статуса рекомендации.

- [1] Рекомендация МСЭ-Т G.114 (2003 г.), *Время односторонней передачи.*
- [2] ITU-T Recommendation G.109 (1999), *Definition of categories of speech transmission quality.*
- [3] ITU-T Recommendation G.826 (2002), *End-to-end error performance parameters and objectives for international, constant bit-rate digital paths and connections.*

- [4] Рекомендация МСЭ-Т G.1020 (2003 г.), *Определения параметров рабочих характеристик применительно к качеству речи и другим приложениям в полосе тональных частот, использующим IP-сети.*
- [5] ITU-T Recommendation I.113 (1997), *Vocabulary of terms for broadband aspects of ISDN.*
- [6] ITU-T Recommendation I.350 (1993), *General aspects of quality of service and network performance in digital networks, including ISDNs.*
- [7] ITU-T Recommendation P.1010 (2004), *Fundamental voice transmission objectives for VoIP terminals and gateways.*
- [8] ITU-T Recommendation Y.1540 (2002), *Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters.*
- [9] IETF RFC 791 (STD-5) (1981), *Протокол Интернет, DARPA программная спецификация протокола Интернет.*
- [10] ITU-T Recommendation Y.1231 (2000), *IP access network architecture.*
- [11] ITU-T Recommendation E.651 (2000), *Reference connections for traffic engineering of IP access networks.*
- [12] ITU-T Recommendation G.1000 (2001), *Communications quality of service: A framework and definitions.*
- [13] ITU-T Recommendation G.1010 (2001), *End-user multimedia QoS categories.*
- [14] ITU-T Recommendation Y.1221 (2002), *Traffic control and congestion control in IP based networks.*
- [15] Рекомендация МСЭ-Т G.107 (2005 г.), *E-модель – вычислительная модель, используемая при планировании передачи.*
- [16] ITU-T Recommendation G.108 (1999), *Application of the E-model: A planning guide.*

3 Сокращения

В данной Рекомендации используются следующие сокращения:

AF	Гарантированная переадресация
ATM	Асинхронный режим передачи
CBR	Постоянная скорость передачи битов
CDV	Изменение задержки при передаче ячеек
CER	Процент ошибок при передаче ячеек
CLR	Процент потерянных ячеек
CMR	Процент ошибочных вставок ячеек
CS	Сегмент линии
DS	Дифференцированные услуги
DST	Хост–получатель
E1	Цифровая иерархия передачи на скорости 2,048 Мбит/с
E3	Цифровая иерархия передачи на скорости 34 Мбит/с
EF	Срочная переадресация
FEC/I	Прямое исправление ошибок и перемежение
FIFO	Тип обслуживания очереди – "первым пришел – первым обслужен"
FTP	Протокол передачи файлов
GW	Шлюз
HRE	Гипотетическая эталонная конечная точка
HRP	Гипотетический эталонный тракт
HTTP	Протокол передачи гипертекста
IETF	Целевая группа по инженерным проблемам интернета

IP	Межсетевой протокол (протокол IP)
IPDV	Изменение задержки пакета IP
IPER	Процент ошибочных пакетов IP
IPLR	Процент потерянных пакетов IP
IPOP	Пропускная способность пакета IP, основанная на октетах
IPPT	Пропускная способность пакета IP
IPRE	Справочное событие передачи пакета IP
IPRR	Процент переупорядочивания пакетов IP
IPTD	Задержка передачи пакета IP
ISP	Поставщик услуг интернет
МСЭ-Т	Международный союз электросвязи – Сектор стандартизации электросвязи
LL	Нижние уровни, протоколы и технологии, обеспечивающие поддержку уровня IP
LBC	Локальная вычислительная сеть
M _{av}	Минимальное количество пакетов, рекомендованное для определения состояния готовности
MP	Пункт измерения
MPLS	Многопротокольная коммутация с использованием меток
MTBISO	Среднее время между простоями в обслуживании IP
MTTISR	Среднее время для восстановления обслуживания IP
N	Количество пакетов в проверке пропускной способности, имеющих размер N
NS	Сетевой сегмент
NSE	Совокупность сетевых секций
NSP	Поставщик сетевых услуг
OSPF	Открытый протокол маршрутизации с определением кратчайшего маршрута
PDB	Характер работы в домене
PDH	Плездохронная иерархия цифровых систем
PHB	Характер работы при переходе
PIA	Процент доступности услуг IP
PIU	Процент недоступности услуг IP
pkt	Дейтаграмма IP (пакет IP)
QoS	Качество обслуживания
R	Маршрутизатор
RFC	Запрос на комментарий
RSVP	Протокол резервирования ресурсов
RTP	Транспортный протокол в режиме реального времени
SDH	Синхронная цифровая иерархия
SPR	Частота случайных пакетов
SRC	Хост-источник
STD	Стандарт
T1	Цифровая иерархия передачи на скорости 1,544 Мбит/с
T3	Цифровая иерархия передачи на скорости 45 Мбит/с
T _{av}	Минимальный отрезок времени готовности IP; минимальный отрезок времени неготовности IP
TBD	Подлежит определению

TCP	Протокол управления передачей
МДВР	Многokратный доступ с временным разделением
TE	Оконечное оборудование
T _{max}	Максимальная задержка пакета IP, после которой пакет считается потерянным
ToS	Тип услуги
TTL	Время существования
UDP	Протокол дейтаграмм пользователя
UNI	Интерфейс пользователь-сеть
VoIP	Передача голоса по протоколу IP
VTC	Видео телеконференция

4 Пропускная способность, соглашения о пропускной способности и возможность применения классов QoS

В данном пункте рассматривается тема пропускной способности сети (эффективная скорость передачи данных, доставляемых потоком в определенный интервал времени), а также ее взаимосвязь с параметрами качества обслуживания (QoS) при передаче пакетов, которые определены в Рек. МСЭ-Т Y.1540 и приведенными здесь требованиями.

Пропускная способность является основополагающим параметром QoS, который оказывает главное влияние на эксплуатационные качества, воспринимаемые конечным пользователем. Многие пользовательские приложения имеют минимальные требования к пропускной способности, данные требования должны быть учтены при заключении соглашений на обслуживание. Рек. МСЭ-Т Y.1540 не определяет параметр пропускной способности, однако в ней определяется параметр потери пакетов. Потерянные биты или октеты могут быть вычтены из общего количества отправленной информации для предварительного определения пропускной способности сети. Независимое определение пропускной способности подлежит дальнейшему изучению.

Предполагается, что пользователь и поставщик сетевых услуг имеют договоренность о максимальной пропускной способности доступа, которая будет доступна одному или нескольким потокам пакетов с определенным классом QoS (за исключением неопределенного класса). Потоком пакетов является трафик, связанный с заданным потоком, имеющим соединение, или без логического соединения, который имеет одинаковые хост-источник (SRC), хост-получатель (DST), класс обслуживания и идентификатор сеанса. В других документах могут использоваться термины микро поток или вложенный поток при обращении к потокам трафика с данной степенью классификации. Изначально договаривающиеся стороны могут использовать любую спецификацию пропускной способности, которую они считают нужной, до тех пор, пока поставщик сетевых услуг поддерживает ее реализацию, а пользователь проходит проверку на ее использование. Например, указание пиковой скорости передачи данных для канала доступа (включая издержки нижнего уровня) может быть достаточным. Поставщик сетевых услуг соглашается передавать пакеты на уровне определенной пропускной способности, в соответствии с оговоренным классом QoS.

Если доступны протоколы и системы, поддерживающие динамические запросы, пользователь будет иметь возможность договариваться о контракте на трафик. В таком контракте может быть указан один или несколько параметров трафика (например, определенные в Рек. МСЭ-Т Y.1221 [14], или RSVP), а также класс QoS и применение к конкретному потоку.

Требования к техническим характеристикам сети могут перестать действовать, если количество переданных пакетов превышает нормы, указанные в соглашении о пропускной способности или в оговоренном контракте на трафик. Если наблюдается передача чрезмерного количества пакетов, сети разрешено отбрасывать количество пакетов, равное количеству пакетов, превышающих норму. Отброшенные пакеты не должны включаться в совокупность полезных пакетов, которые являются набором пакетов, обрабатываемых с помощью технических параметров сети. В частности, отброшенные пакеты не должны учитываться как потерянные пакеты при определении характеристики сети IPLR. Отброшенные пакеты могут быть переданы повторно, но после этого, при определении характеристик сети, они должны рассматриваться как новые пакеты.

Определение ответного действия для потоков с чрезмерным количеством пакетов является привилегией сети и может основываться на количестве наблюдаемых пакетов, превышающих норму. Если поток включает в себя превышающие норму пакеты, соглашения о технических характеристиках сети не обязаны выполняться. Однако сетью могут быть предложены измененные соглашения о технических характеристиках сети.

5 Требования к сетевым показателям качества

В данном пункте обсуждаются требования сетевых показателей качества, используемых при передаче данных пользователя для общих служб IP. Эти требования изложены в терминах параметров технических характеристик уровня IP, которые определены в Рек. МСЭ-Т Y.1540. Сводная информация по требованиям приведена в таблице 1 вместе с соответствующими общими понятиями. Все значения, приведенные в таблице 1, являются постоянными.

ПРИМЕЧАНИЕ. – С точки зрения пользователей, требования к сетевому QoS обеспечивают только часть характеристик передачи данных (например, качество передачи голоса "от уст до ушей" через протокол IP). В Дополнении VII представлены указатели на соответствующие Рекомендации в данной области.

5.1 Общая информация о классах QoS

В определениях классов QoS в таблице 1 представлены границы сетевых показателей качества между интерфейсами пользователь-сеть (UNI). Пока пользователи (и отдельные сети) не превышают согласованную спецификацию пропускной способности или контракт на трафик, и канал передачи данных доступен (как определено в Рек. МСЭ-Т Y.1540), поставщики сетевых услуг должны совместно поддерживать данные ограничения интерфейса UNI-UNI на время существования потока.

Фактическое сетевое QoS, предлагаемое для данного потока, будет зависеть от расстояния и сложности пройденного пакетом пути. Часто он будет лучше, чем границы, описанные в определениях классов QoS в таблице 1.

Статические соглашения о классе QoS могут быть реализованы путем привязки маркировочных пакетов (например, старшие биты типа обслуживания или кодовый указатель на дифференцированные службы) к определенному классу.

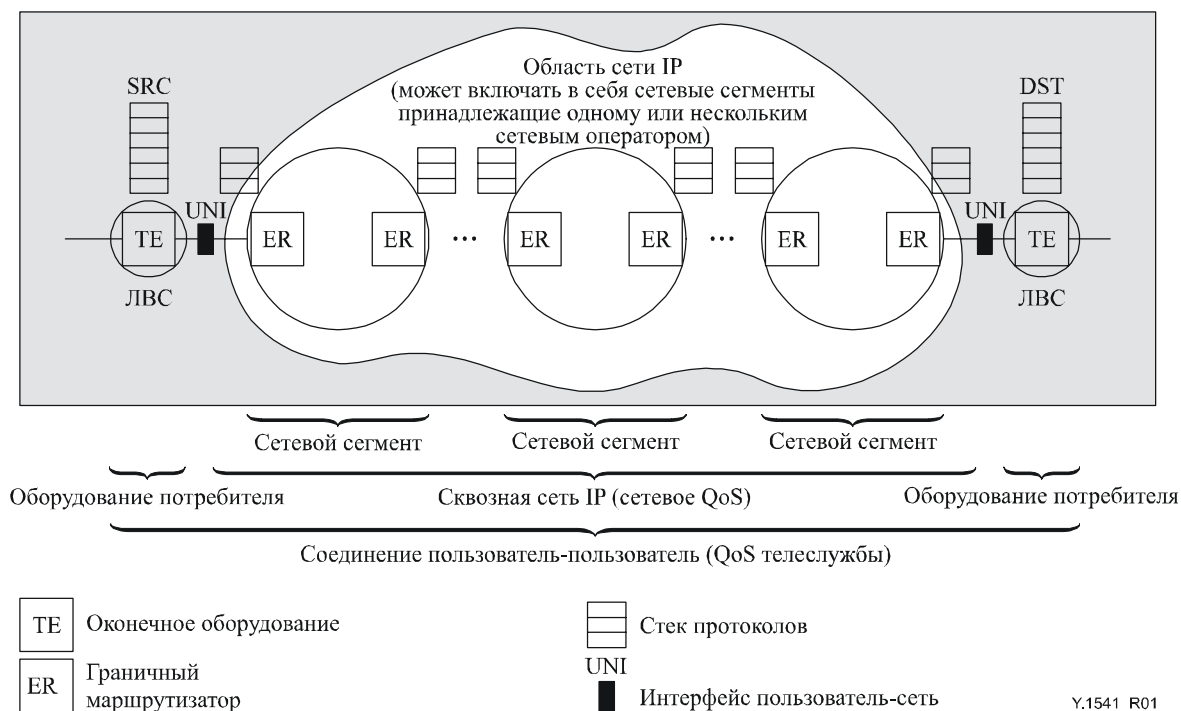
Протоколы для поддержки динамических запросов QoS между пользователями и поставщиками сетевых услуг, а также между поставщиками сетевых услуг находятся в стадии изучения. Когда данные протоколы и системы поддержки будут реализованы, пользователи и сети смогут запрашивать и получать различные классы QoS на уровне потоков. Таким образом, особые технические характеристики, необходимые для различных служб и приложений, могут быть соединены, оценены и приняты к эксплуатации (отклонены или изменены).

5.2 Канал передачи данных для классов QoS через интерфейс UNI-UNI

Каждый пакет в потоке следует определенным путем. Любой поток (с одним или несколькими пакетами в канале), который удовлетворяет требованиям технических характеристик, приведенных в данном пункте, может рассматриваться как полностью соответствующий нормативным Рекомендациям Рек. МСЭ-Т Y.1541.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Фраза "сквозной" имеет различные значения в Рекомендациях о пользовательских классах QoS, где сквозной обозначает, например, в Рекомендациях, описывающих качество передачи голоса – "от уст к ушам". В пределах контекста данной Рекомендации, сквозной должен пониматься как от интерфейса UNI к интерфейсу UNI.

Требования к техническим характеристикам UNI-UNI определены для параметров технических характеристик протокола IP в соответствии с эталонными событиями передачи пакета IP (IPRE). Требования к техническим характеристикам протокола IP для интерфейса UNI-UNI применяются от одного интерфейса пользователь-сеть до другого интерфейса пользователь-сеть, см. рис. 1. Путь сети IP, UNI-UNI, включает ряд сетевых сегментов (NS) и межсетевых каналов, обеспечивающих передачу пакетов IP, посланных от интерфейса UNI на стороне SRC к интерфейсу UNI на стороне DST; протоколы нижнего уровня, включая уровень IP (от уровня 1 до уровня 3) могут также считаться частью сети IP. Сетевые сегменты (NS) (определенные в Рек. МСЭ-Т Y.1540) равнозначны доменам операторов и могут включать сетевые архитектуры доступа протокола IP, описанные в Рек. МСЭ-Т E.651 и Y.1231. Канал передачи данных, отображенный на рис. 1, является адаптацией модели рабочих характеристик Y.1540.



ПРИМЕЧАНИЕ. – Оборудование потребителя (затененная область) отображено только для наглядности.

Рисунок 1/Y.1541 – Канал передачи данных UNI-UNI для требований к сетевому QoS

Оборудование потребителя включает оконечное оборудование (ТЕ), например, хост и какой-либо маршрутизатор или, если имеется, ЛВС. Предполагается наличие только одного пользователя в нескольких приложениях. Важно обратить внимание на то, что спецификации для ТЕ и соединения пользователь-пользователь находятся вне сферы данной Рекомендации. Граничные маршрутизаторы, соединяющиеся с оконечным оборудованием, также могут называться шлюзами доступа.

Эталонные каналы имеют следующие атрибуты:

- 1) Область сети IP может поддерживать соединения пользователь-пользователь, пользователь-хост и другие варианты конечных точек.
- 2) Сетевые сегменты могут быть представлены как области с граничными маршрутизаторами на их границах и неопределенным количеством внутренних маршрутизаторов с различными ролями.
- 3) Количество сетевых сегментов в заданном пути может зависеть от предлагаемого класса обслуживания наряду со сложностью и географической протяженностью каждого сетевого сегмента.
- 4) Сфера применения данной Рекомендации допускает использование в пути одного или нескольких сетевых сегментов.
- 5) Сетевые сегменты, поддерживающие передачу пакетов в потоке, могут изменяться во время его существования.
- 6) Возможность соединения по протоколу IP простирается за международные границы, но не следует соглашениям о коммутации каналов (например, на международной границе могут отсутствовать идентифицируемые шлюзы, если один и тот же сетевой сегмент используется по обе стороны границы).

5.3 Классы сетевого QoS

В данном пункте описываются определенные на текущий момент классы сетевого QoS. Каждый класс сетевого QoS создает определенную комбинацию ограничений для значений рабочих характеристик. В данном пункте содержатся правила, указывающие, когда каждый из классов сетевого QoS может быть использован, но они не накладывают требований на использование какого либо конкретного класса сетевого QoS в каком-либо конкретном окружении.

Таблица 1/У.1541 – Определения классов сетевого QoS протокола IP и требования к рабочим характеристикам сети

Параметр рабочей характеристики сети	Сущность требования к рабочей характеристике сети	Классы QoS					
		Класс 0	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5 Неопределенный
IPTD	Верхнее ограничение значения IPTD (Примечание 1)	100 мс	400 мс	100 мс	400 мс	1 с	Н
IPDV	Верхнее ограничение для $1 - 10^{-3}$ квантиля значения IPTD за вычетом минимального значения IPTD (Примечание 2)	50 мс (Примечание 3)	50 мс (Примечание 3)	Н	Н	Н	Н
IPLR	Верхнее ограничение для вероятности потери пакета	1×10^{-3} (Примечание 4)	1×10^{-3} (Примечание 4)	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	Н
IPER	Верхнее ограничение	1×10^{-4} (Примечание 5)					Н

Общие примечания:

Требования применяются к сетям IP общего пользования. Полагается, что требования могут быть достижимы на обычных реализациях сети IP. Обязательство поставщика сетевых услуг перед пользователем заключается в попытке доставки пакетов способом, обеспечивающим соблюдение всех примененных требований.

Подавляющее большинство каналов IP с заявленным соответствием Рек. МСЭ-Т У.1541 должно удовлетворять данным требованиям. Для некоторых параметров рабочие характеристики на более коротких и/или менее сложных путях могут быть значительно лучше.

Для параметров IPTD, IPDV и IPLR предполагается интервал оценки – 1 минута, в любом случае интервал должен быть записан с отслеживаемым значением. Любой отрезок времени в одну минуту должен удовлетворять этим требованиям.

Отдельные поставщики сетевых услуг могут предлагать соглашения о рабочих характеристиках с лучшими значениями параметров, чем данные требования.

"Н" обозначает "неопределенный" или "неограниченный". Если рабочие характеристики, относятся к конкретному параметру, значение которого равно "Н", МСЭ-Т не устанавливает требований для данного параметра и любые требования, установленные по умолчанию У.1541, могут быть проигнорированы. Если требования для параметра равны значению "Н", рабочие характеристики по отношению к данному параметру могут временами произвольно ухудшаться.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Слишком длительное время прохождения приведет к невыполнению требований низкой сквозной задержки. В данных и некоторых других обстоятельствах требования к IPTD в классах 0 и 2 не всегда могут быть выполнены. Все поставщики сетевых услуг сталкиваются с этими обстоятельствами, и диапазон требований к IPTD в таблице 1 представляет достижимые классы QoS как альтернативные варианты. Требования к значению задержки для класса не запрещают поставщикам сетевых услуг предлагать обслуживание с соглашениями, оговаривающими более короткие значения задержки. В соответствии с определением параметра IPTD в Рек. МСЭ-Т У.1540 время вставки пакета включено в требование к IPTD. Для оценки данных требований этой Рекомендацией предполагается максимальный размер информационного поля пакета равный 1500 байт.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Определение требования IPDV (указанного в Рек. МСЭ-Т У.1540) является двухточечной Вариацией задержки пакета IP. См. Рек. МСЭ-Т У.1540 и Дополнение II для получения более подробной информации о сущности этого требования. Для целей планирования ограничение для значения IPTD может быть получено из верхнего ограничения минимального значения IPTD, поэтому ограничение для $1 - 10^{-3}$ квантиля можно получить путем добавления значения IPTD и значения IPDV (например, 150 мс в классе 0).

Таблица 1/У.1541 – Определения классов сетевого QoS протокола IP и требования к рабочим характеристикам сети

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Это значение зависит от пропускной способности межсетевых каналов. Уменьшение изменений возможно, если все значения пропускных способностей выше, чем основная скорость (T1 или E1) или конкурирующие информационные поля пакетов меньше 1500 байт (см. Дополнение IV).

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Требования классов 0 и 1 для параметра IPLR частично основаны на исследованиях, показывающих, что значение 10^{-3} IPLR не окажет существенного влияния на приложения высококачественной передачи речи и речевые кодеки.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Это значение гарантирует, что потеря пакетов является основным источником ошибок и что данное значение является допустимым при передаче протокола IP по сети АТМ.

5.3.1 Сущность требований к рабочим характеристикам сети

Требования, приведенные в таблице 1, применяются к общим сетям IP между контрольными точками измерения, которые устанавливают границы сквозной сети IP. Предполагается, что требования могут быть достижимы на обычных реализациях сетей IP.

В левой части таблицы 1 указан статистический характер требований к рабочим характеристикам, которые отображены в последующих строках.

Требования рабочих характеристик для задержки передачи пакета IP являются верхним ограничением для базового значения IPTD для потока. Хотя многие отдельные пакеты могут иметь задержки передачи, превышающие это ограничение, среднее значение IPTD на время существования потока (статистическая оценка значения) обычно должно быть меньше, чем применяемое ограничение из таблицы 1.

Требования рабочих характеристик для двухточечного изменения задержки пакета IP (определенные в Рек. МСЭ-Т У.1540) основаны на верхнем ограничении $1 - 10^{-3}$ квантиля от распределения базового значения IPTD для потока. Использование $1 - 10^{-3}$ квантиля позволяет работать с короткими интервалами оценки (например, для оценки этого ограничения минимально допустимым является образец с 1000 пакетов). Также это позволяет увеличить гибкость модели сети, в которой проектирование буферов настройки задержки и длины очереди маршрутизатора должно удовлетворять общему требованию IPLR, равному 10^{-3} . Использование меньших значений квантиля приведет к недооценке размера, устраняющего дрожание буфера, и действительная потеря пакетов превысит общее требование IPLR (например, при верхнем ограничении значения квантиля $1 - 10^{-2}$ общая потеря пакетов может быть 1.1%, с $IPLR = 10^{-3}$). Другие статистические методы и определения для параметра IPDV рассматриваются в Дополнении II и Дополнении IV, в котором обсуждается оценка рабочих характеристик IPDV.

Требования рабочих характеристик для коэффициента потери пакетов IP являются верхним ограничением потери пакетов IP для потока. Хотя отдельные пакеты будут потеряны при передаче, основная вероятность того, что любой отдельный пакет будет потерян в течение передачи в потоке, должна быть меньше, чем применяемое ограничение из таблицы 1.

Требования для менее распространенных результатов передачи пакетов и связанных с ними параметров оставлены на будущее рассмотрение, например процент побочных пакетов (SPR) определенный в Рек. МСЭ-Т У.1540.

5.3.2 Интервалы оценки

Оценка требований, приведенных в таблице 1, не может быть выполнена мгновенно. Интервалы оценки формируют подмножества совокупности полезных пакетов (определено в Рек. МСЭ-Т У.1540). Желательно, чтобы эти интервалы были:

- Достаточно длительными, чтобы содержать необходимое количество пакетов нужного потока по отношению к указанным скорости и квантилям.
- Достаточно длительными, чтобы был отражен период характерного использования (время существования потока) или оценка пользователя.
- Достаточно короткими для обеспечения баланса применяемых рабочих характеристик на протяжении каждого интервала (интервалы плохих рабочих характеристик не должны быть скрыты в слишком длинном оценочном интервале, они должны быть идентифицированы).

- Достаточно короткими для обращения к фактическим аспектам измерения.

Для выполнения оценок, связанных с телефонией, минимальный интервал должен быть порядка 10–20 секунд с характерной скоростью передачи пакетов (от 50 до 100 пакетов в секунду), также интервал должен иметь верхнее ограничение в пределах нескольких минут. Предполагаемое значение – 1 минута, в любом случае используемое значение должно быть записано с отслеживаемым значением наряду с любыми предполагаемыми и доверительными интервалами. Любой отрезок времени в одну минуту должен удовлетворять требованиям IPTD, IPDV и IPLR, которые описаны в таблице 1. Минимально приемлемые методики оценки оставлены для дальнейшего внесения исправлений в данную Рекомендацию.

Методы проверки выполнения требований оставлены на будущее рассмотрение. Может использоваться как непрерывная, так и прерывистая оценка рабочих характеристик. Один из возможных методов измерения представлен в RFC 3432, "*Измерение рабочих характеристик сети с помощью периодических потоков*", в котором требования для случайного времени запуска измерения и интервалы оценки конечной длины результата выполняются в прерывистом режиме оценки.

5.3.3 Размер пакета, используемого для оценки

Размер пакета влияет на результаты оценки большинства параметров рабочих характеристик. Может использоваться диапазон размеров пакета, так как многие потоки имеют значительное изменение размера. Однако использование одинакового размера пакета упрощает процесс оценки – при оценке значения IPDV, или, если выполняется оценка целевых потоков, поддерживающих источники с постоянной скоростью передачи данных, поэтому рекомендуется использовать фиксированный размер информационного поля. Предполагается использование информационных полей размером 160 или 1500 октет, используемый размер поля должен быть записан. Для выполнения оценки рабочих характеристик параметров протокола IP при выполнении проверок на низком уровне рекомендуется использовать размер информационного поля в 1500 октет.

5.3.4 Неопределенные (неограниченные) рабочие характеристики

Для некоторых классов сетевого QoS значения определенных параметров рабочих характеристик обозначены как "Н". В таких случаях МСЭ-Т не устанавливает требований для таких параметров. Сетевые операторы могут в одностороннем порядке назначать некоторый минимальный уровень качества для неопределенных параметров, но МСЭ-Т не рекомендует установку таких минимумов.

Пользователи таких классов QoS должны быть осведомлены о том, что рабочие характеристики неопределенных параметров могут временами произвольно ухудшаться. Однако в общих случаях предполагается, что значение IPTD не будет превышать 1 секунду.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Слово "неопределенный" может иметь различные значения в Рекомендациях относящихся к сигнализации Ш-ЦСИС.

5.3.5 Обсуждение требований IPTD

Слишком длительное время прохождения приведет к невыполнению требований небольшой задержки UNI-UNI, например, в случаях очень длинной географической протяженности или при использовании геостационарных спутников. В данных и некоторых других обстоятельствах требования к IPTD в классах 0 и 2 не всегда могут быть выполнены. Должно быть учтено, что требования к значению задержки для класса не запрещают поставщикам сетевых услуг предлагать обслуживание с соглашениями, оговаривающими более короткие значения задержки. Любое из таких соглашений должно быть детально изложено. См. Дополнение III для получения примера расчета параметра IPTD для глобального маршрута. Все поставщики сетевых услуг сталкиваются с этими обстоятельствами (либо в отдельной сети, либо при работе в сотрудничестве с другими сетями для обеспечения канала UNI-UNI), и диапазон требований к IPTD в таблице 1, представляет достижимые классы сетевого QoS как альтернативные варианты. Несмотря на различную маршрутизацию и вопросы, связанные с протяженностью, родственные классы (например, классы 0 и 1) обычно реализуются, используя одинаковые узловые механизмы.

В соответствии с определением параметра IPTD в Рек. МСЭ-Т Y.1540 время вставки пакета включено в требования к IPTD. Для оценки требований этой Рекомендацией предполагается максимальный размер информационного поля пакета равный 1500 байт.

5.3.6 Руководство по использованию классов

В таблице 2 представлены некоторые правила по применению и проектированию классов сетевого QoS.

Таблица 2/У.1541 – Руководство по классам QoS протокола IP

Класс QoS	Приложения (примеры)	Узловые механизмы	Сетевые технологии
0	Реального времени, чувствительные к дрожанию, с повышенной степенью взаимодействия (VoIP, VTC)	Отдельная очередь с привилегированным уровнем обслуживания, обслуживание трафика	Ограниченные маршрутизация и дистанция
1	Реального времени, чувствительные к дрожанию, интерактивные (VoIP, VTC)		Менее ограниченные маршрутизация и дистанция
2	Данные транзакций, с повышенной степенью интерактивности (сигнализация)	Отдельная очередь, пониженный приоритет	Ограниченные маршрутизация и дистанция
3	Данные транзакций, интерактивные приложения		Менее ограниченные маршрутизация и дистанция
4	Только с низкими потерями данных (короткие транзакции, массовая передача данных, потоки видео)	Длинная очередь, пониженный приоритет	Любой маршрут/путь
5	Традиционные приложения стандартных сетей IP	Отдельная очередь (самый низкий приоритет)	Любой маршрут/путь

ПРИМЕЧАНИЕ. – Любые приложения, перечисленные в качестве примеров в таблице 2, могут также быть использованы в классе 5 с неопределенными требованиями рабочих характеристик до тех пор, пока пользователи готовы использовать уровень рабочих характеристик преобладающий в течение работы их сеанса.

Контроль трафика и/или планирование также может применяться в сетевых узлах.

Обсуждение передачи через протокол IP высококачественного телевидения находится в Дополнении VIII.

5.3.7 Условные классы QoS

В данном пункте представлен ряд условных классов QoS. Различие между данными классами (см. таблицу 3) и описанными в таблице 1, заключается в том, что значения всех требований являются условными, и они не обязаны соблюдаться сетями, пока они корректируются (повышаются или понижаются) на основе фактического опыта эксплуатации.

Таблица 3/У.1541 – Определения условных классов сетевого QoS протокола IP и требования к рабочим характеристикам сети

Параметр рабочей характеристики сети	Сущность требования к рабочей характеристике сети	Классы QoS	
		Класс 6	Класс 7
IPTD	Верхнее ограничение значения IPTD	100 мс	400 мс
IPDV	Верхнее ограничение для $1 - 10^{-5}$ квантиля значения IPTD за вычетом минимального значения IPTD (Примечание 1)	50 мс	
IPLR	Верхнее ограничение для процента потери пакетов	1×10^{-5}	
IPER	Верхнее ограничение	1×10^{-6}	
IPRR	Верхнее ограничение	1×10^{-6}	

**Таблица 3/У.1541 – Определения условных классов сетевого QoS протокола IP
и требования к рабочим характеристикам сети**

Общие примечания:

Интервалы оценки для этих классов должны равняться 1 минуте или более длительному отрезку времени. При оценке должна использоваться полезная нагрузка в 1500 байт. Для параметров IPTD, IPDV и IPLR предполагается интервал оценки – 1 минута, любой отрезок времени в одну минуту должен удовлетворять этим требованиям.

Одной причиной требования процента потери пакетов IP (IPLR) является уменьшение влияния потери пакетов на пропускную способность протокола TCP, даже в том случае, если параметры протокола TCP и операционная система были настроены, и был использован параметр Windows – Large. В Дополнении IX представлены исходные сведения об этой и других причинах поддержки данного требования.

Значение параметра IPLR не является достаточным для поддержки всех уровней качества, представленных сообществом пользователей цифрового видео, вероятно, будет необходимым использование упреждающей коррекции ошибок и перемежения (FEC/I). В Дополнении VIII представлена исходная информация об ожидаемом пользователями качестве передачи видео данных. Использование FEC/I необходимо даже при низких процентах потерь.

Требование для процента ошибочных пакетов IP (IPER) было установлено для того, чтобы обеспечивать незначительность влияния данного фактора на общую потерю пакетов.

Параметр процент переупорядочивания пакетов IP (IPRR) был определен как дополнительная терминология в Дополнении VII/У.1540. Переупорядоченные пакеты для отправителя TCP могут иметь статус потерянных, в зависимости от дистанции от их исходной точки отправки. Поэтому параметр IPRR был установлен для того, чтобы обеспечивать незначительность влияния данного фактора на общую потерю пакетов.

Значение IPDV находится в стадии изучения, действия направлены на изучение логического обоснования и осуществимости применения других (более низких) значений.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Определение требования IPDV (указанного в Рек. МСЭ-Т У.1540) является двухточечным Изменением задержки пакета IP. См. Рек. МСЭ-Т У.1540 и Дополнение II для получения более подробной информации о сущности этого требования. Для целей планирования ограничение для значения IPTD может быть получено из верхнего ограничения минимального значения IPTD, поэтому ограничение для $1 - 10^{-5}$ квантиля можно получить путем добавления значения IPTD и значения IPDV (например, 150 мс в классе 6).

Эти классы предназначены для поддержки требований рабочих характеристик пользовательских приложений, работающих с высокой скоростью передачи данных, которые имеют более строгие требования потерь/ошибок, чем приложения, поддерживаемые классами от 0 до 4 в таблице 1.

6 Требования к работоспособности

В этом пункте содержится информация о требованиях к работоспособности, которая основывается на параметре работоспособности, определенном в Рек. МСЭ-Т У.1540. Требования нуждаются в более глубоком изучении, так как основополагающие параметры проектирования сети быстро изменяются.

7 Выполнение требований к техническим характеристикам

Требуется дальнейшее изучение для определения того, как выполнять данные требования рабочих характеристик, если задействованы несколько поставщиков сетевых услуг. Имеются многообещающие показатели разработки стандартов, которые предназначены для выполнения других аспектов, необходимых для гарантированного QoS интерфейса UNI-UNI.

В пункте 8 представлены взаимоотношения, необходимые для объединения уровней рабочих характеристик двух или более сетевых сегментов с целью определения, выполняются ли требования интерфейса UNI-UNI.

8 Объединение сегментов сети и их значений QoS

8.1 Введение

В данном пункте приводится оценка рабочих характеристик UNI-UNI для пути при известных рабочих характеристиках вложенных сегментов. Целью является обеспечение стандартных взаимоотношений для формирования оценок интерфейса UNI-UNI.

Такие взаимоотношения обеспечивают достаточно точные оценки рабочих характеристик интерфейса UNI-UNI. Предполагается, что ошибки, возникающие в процессе оценки, будут равны потенциальным ошибкам самих отдельных значений. Если значения получены от последних измерений или действий по моделированию, они могут быть предметом значительного количества ошибок, в случае, если условия непостоянные или основное предположение независимости между сетевыми сегментами не соблюдается.

Эти взаимоотношения предназначены для поддержки накопления искажений, предоставляемых протоколом(ами) сигнализации QoS. Они не должны использоваться для поддержки распределения значений UNI-UNI.

8.2 Формирование значений UNI-UNI

8.2.1 Средняя задержка передачи

Для параметра рабочих характеристик средняя задержка передачи пакета IP (IPTD), рабочие характеристики интерфейса UNI-UNI являются суммой значений, представленных Сетевыми сегментами.

Единицей измерения значений IPTD являются секунды с разрешением, как минимум, в 1 микросекунду. Если для значения доступно меньшее разрешение, неиспользованным цифрам должно быть присвоено значение ноль.

8.2.2 Процент потерь

Для параметра рабочих характеристик процент потерянных пакетов IP (IPLR), рабочие характеристики интерфейса UNI-UNI могут быть оценены путем инверсии вероятности успешной передачи пакетов через количество n сетевых сегментов, как показано далее:

$$IPLR_{UNI-UNI} = 1 - \{ (1 - IPLR_{NS1}) \times (1 - IPLR_{NS2}) \times (1 - IPLR_{NS3}) \times \dots \times (1 - IPLR_{NSn}) \}.$$

В данном взаимоотношении нет ограничений для значений параметров, поэтому оно предпочтительнее для использования, чем другие приближенные значения, например обычное суммирование процентов потерь. Во всех измерениях используется одинаковое значение T_{max} (время ожидания, по прохождении которого пакет будет объявлен потерянным).

Единицей измерения значений IPLR является соотношение потерянных пакетов к общему количеству отправленных пакетов с минимальным разрешением 10^{-9} . Если для значения доступно меньшее разрешение, неиспользованным цифрам должно быть присвоено значение ноль.

8.2.3 Процент ошибочных пакетов

Для параметра рабочих характеристик процент ошибочных пакетов IP (IPER), рабочие характеристики интерфейса UNI-UNI могут быть оценены путем инверсии вероятности передачи пакетов, не содержащих ошибки через количество n сетевых сегментов, как показано далее:

$$IPER_{UNI-UNI} = 1 - \{ (1 - IPER_{NS1}) \times (1 - IPER_{NS2}) \times (1 - IPER_{NS3}) \times \dots \times (1 - IPER_{NSn}) \}.$$

В данном взаимоотношении нет ограничений для значений параметров, поэтому оно предпочтительнее для использования, чем другие приближенные значения, например обычное суммирование процентов ошибочных пакетов.

Единицей измерения значений IPER является соотношение ошибочных пакетов к общему количеству отправленных пакетов с минимальным разрешением 10^{-9} . Если для значения доступно меньшее разрешение, неиспользованным цифрам должно быть присвоено значение ноль.

8.2.4 Условное взаимоотношение для изменения задержки

Взаимоотношение оценки рабочей характеристики изменение задержки (IPDV) для интерфейса UNI-UNI из значений сетевых сегментов должно учитывать особенность невозможности их сложения, также трудно выполнить точную оценку без информации о распределениях конкретных задержек. Например, если характеристики независимого распределения задержки известны или измерены, они могут быть свернуты для оценки комбинированного распределения. Эта детализированная информация в редких случаях может быть совместно использована операторами, и может быть недоступна при непрерывном распределении. Как результат – оценка параметра IPDV интерфейса UNI-UNI может иметь ограничения точности. Так как исследования в данной области продолжаются, взаимоотношения оценки представленные ниже указываются как временные. Этот пункт в будущем может быть изменен, на основании новых данных или фактического опыта эксплуатации.

Условное взаимоотношение для объединения значений IPDV представлено ниже.

Рассматриваемый вопрос может быть изложен следующим образом: оценить квантиль t задержки T интерфейса UNI-UNI, как определено следующим условием:

$$\Pr(T < t) = p .$$

Этап 1

Измерьте среднее значение и изменение задержки для каждого из n сетевых сегментов. Оцените среднее значение и изменение задержки интерфейса UNI-UNI путем суммирования значений и изменений составных распределений.

$$\mu = \sum_{k=1}^n \mu_k$$
$$\sigma^2 = \sum_{k=1}^n \sigma_k^2 .$$

Этап 2

Измерьте квантили для всех составляющих задержки с процентной вероятностью, $p=0,999$. Оцените соответствующую асимметрию, и в третьем действии, используйте формулу, показанную ниже, где $x_{0,999}=3,090$ является значением, удовлетворяющим, $\Phi(x_{0,999})=0,999$, где Φ обозначает стандартизированную нормальную (значение 0, изменение 1) функцию распределения.

$$\gamma_k = 6 \cdot \frac{x_p - \frac{t_k - \mu_k}{\sigma_k}}{1 - x_p^2}$$
$$\omega_k = \gamma_k \cdot \sigma_k^3 .$$

Предполагается независимость распределений задержки, третьим действием оценки задержки UNI-UNI является суммирование третьих действий выполняемых над сетевыми сегментами.

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots = \sum_{k=1}^n \omega_k .$$

Асимметрия интерфейса UNI-UNI вычисляется путем деления на σ^3 , как показано ниже.

$$\gamma = \frac{\omega}{\sigma^3} .$$

Этап 3

Оценка 99,9 перцентиля ($p=0,999$) задержки t интерфейса UNI-UNI, как показано ниже.

$$t = \mu + \sigma \cdot \left\{ x_p - \frac{\gamma}{6} (1 - x_p^2) \right\},$$

где $x_p = x_{0,999} = 3,090$.

Как описывалось ранее, сущность требования IPDV заключается в следующем – верхнее ограничение для $1 - 10^{-3}$ квантиля IPTD за вычетом минимального значения IPTD (то есть, распределение IPDV нормализовано до минимального значения IPTD). Единицей измерения значений IPDV являются секунды с разрешением как минимум в 1 микросекунду. Если для значения доступно меньшее разрешение, неиспользованным цифрам должно быть присвоено значение ноль.

8.3 Процедуры накопления искажений

Существует два основных способа, которыми взаимоотношения, описанные выше, могут быть применены для оценки уровней рабочих характеристик интерфейса UNI-UNI. Оба из них допустимы к использованию.

Когда значения от всех сетевых сегментов пути собраны в одном месте для вычисления, они должны использоваться во взаимоотношениях, описанных выше, как отдельные значения. В протоколах сигнализации отдельные значения собираются от источника до адресата и соединяются с объектом, отвечающим за вычисление и действия над результатом.

Сбор значений также может происходить каждый раз при появлении нового значения. В этом случае взаимоотношения, описанные выше, используются для объединения общей оценки со значением, полученным от текущей сети (или маршрутизатора, если это является основой объединения). Вычисленная оценка становится новым общим значением и будет передана далее по пути к адресату.

9 Защита

Данной Рекомендацией не определяется протокол. Следовательно, имеется небольшое количество областей, в отношении которых могли бы подниматься вопросы защиты. Все описанное здесь связано с проверкой требований к рабочим характеристикам и с реализацией системы измерения.

Системы измерения, которые оценивают рабочие характеристики сетей для определения соответствия с большим количеством требований, определенных в этой Рекомендации, должны ограничивать измеряемый трафик соответствующими уровнями, чтобы избежать злоупотреблений (например, атак типа "отказ в обслуживании"). Стороны, участвующие в деятельности по измерению, включая администраторов или операторов сетей передающих трафик, должны заблаговременно договориться о приемлемых уровнях трафика измерений.

Системы, контролирурующие пользовательский трафик для целей измерения, должны обеспечивать конфиденциальность пользовательской информации.

Системы, пытающиеся провести измерения, могут использовать методы (например, криптографическое хэширование) для определения вставки атакующим дополнительного трафика, являющегося частью представляющей интерес совокупности.

Дополнение I

Поддержка классами QoS сети ATM классов QoS протокола IP

В данном Дополнении представлен анализ наложения параметров рабочих характеристик протокола IP поверх требований классов QoS сети ATM, как определено в Рек. МСЭ-Т I.356. Целью данного анализа является оценка рабочих характеристик уровня IP, полученных при использовании ATM в качестве базового транспорта. Поскольку в этом анализе не рассматривается наличие маршрутизаторов, показанные здесь показатели рабочих характеристик протокола IP лучше ожидаемых на практике. В сценариях с присутствием промежуточных маршрутизаторов рабочие характеристики протокола IP будут хуже.

Таблица I.1/У.1541 – Значения параметра процент потери пакетов IP, соответствующие службе QoS сети ATM классов 1 и 2 (размер пакета IP – 40 байт; все ошибочные пакеты считаются потерянными)

Класс QoS сети ATM	CER переданных через ATM данных	CLR переданных через ATM данных	Полученный IPLR
1	4.00 E-06	3.00 E-07	4.30 E-06
2		1.00 E-05	1.40 E-05

Таблица I.2/У.1541 – Значения параметра задержка передачи пакета IP для потока, проходящего через магистральный тракт и сквозного потока

Сетевой тракт	IPTD полученный из класса 1 QoS сети ATM (без задержек от маршрутизаторов протокола IP)
Магистральный тракт	~27,4 мс
Сквозной	400 мс

Обратите внимание, что значения IPTD для класса 0 и класса 2 не могут быть выполнены для эталонного соединения протяженностью в 27 500 км, описанного в I.356.

Значение параметра процент ошибочных ячеек (CER) в классах сети ATM равно 4×10^{-6} . Если используется длинный размер пакетов IP (1500 байт) и ошибочные ячейки вызывают появление ошибочных пакетов IP, значение процента ошибочных пакетов IP будет примерно равно 10^{-4} .

Параметр процент ошибочных вставок ячеек (CMR) на данный момент определен как 1/сутки. Реализация CMR для SPR требует более глубокого изучения.

Дополнение II

Вопросы, связанные с определением параметра изменения задержки протокола IP

В этом Дополнении рассматриваются вопросы определения IPDV и использование альтернативных статистических методов для требования IPDV.

Для обеспечения правил для проектировщиков буферов дрожания в граничном оборудовании параметры должны фиксировать влияние следующих факторов на IPDV:

- обычная перегрузка в сети (высокая частота изменений IPTD);
- кадрирование протокола TCP (низкая частота изменений IPTD);
- периодические и аperiodические изменения при средней сетевой загрузке (низкая частота изменений IPTD);
- влияние обновления маршрутизации на IPTD (мгновенные (и возможно большие) изменения в IPTD).

Принятое на данный момент определение изменения задержки IP:

$$\text{IPDV} = \text{IPTD}_{\text{upper}} - \text{IPTD}_{\text{min}},$$

где:

$\text{IPTD}_{\text{upper}}$ равно $1 - 10^{-3}$ квантиля IPTD полученного в интервале оценки

IPTD_{min} равно минимальному значению IPTD полученного в интервале оценки.

Определение IPDV основано на справочных событиях, представленных в 6.2.2/Y.1540. Здесь приводится номинальная задержка, основанная на прохождении пакета с минимальной односторонней задержкой (в качестве альтернативы первому пакету или среднего значения заполнения в качестве номинальной задержки).

Спецификация $1 - 10^{-3}$ квантиля (эквивалент 99,9 процентиля) зависит от размера образца пакета в интервале измерения, равном 1 минуте и требование $\text{IPLR} \leq 10^{-3}$ приводит к тому, что требование общего процента потерь будет равно примерно 10^{-3} . При меньшем значении квантиля добавится больше потерь, как показано ниже.

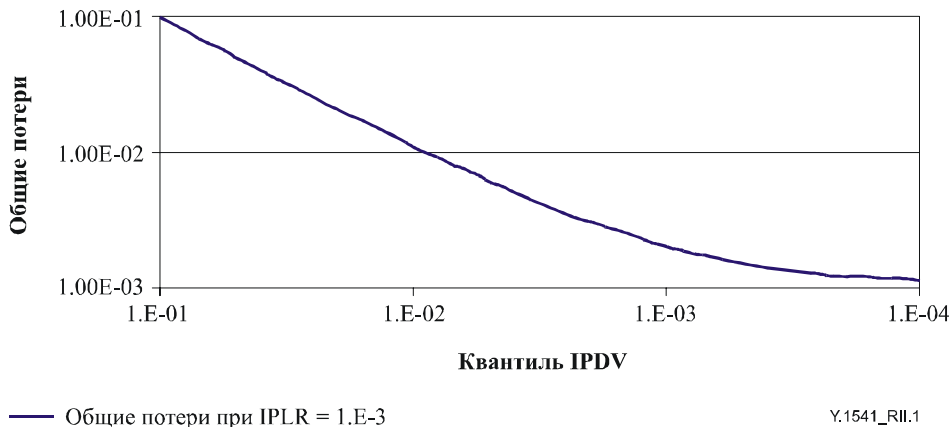


Рисунок II.1/Y.1541 – Влияние различных значений квантиля IPDV на общую потерю пакетов при IPLR = 0,001

Здесь представлен пример альтернативного определения изменения задержки IP. Изменение задержки IP может быть определено как максимальное значение IPTD за вычетом минимального значения IPTD в течение заданного короткого интервала измерения.

$$\text{IPDV} = \text{IPTD}_{\max} - \text{IPTD}_{\min},$$

где:

IPTD_{\max} является максимальным значением IPTD записанным в течение интервала измерения

IPTD_{\min} является минимальным значением IPTD записанным в течение интервала измерения.

Некоторые значения IPDV измеряются через длительный временной интервал, включающий в себя несколько коротких интервалов измерения. Ожидается, что значение в 95 процентиля от данных значений IPDV удовлетворяет нужному требованию. Это простой и довольно точный метод вычисления IPDV в режиме реального времени. Фактическое значение интервала измерения оставлено на будущее рассмотрение. Интервал измерения влияет на возможность метрики фиксировать низкую и высокую частоту изменений в характере изменения задержки пакетов IP.

Дополнение III

Пример Гипотетических эталонных трактов для проверки требований рабочих характеристик протокола IP

В данном Дополнении представлены гипотетические эталонные тракты рассматриваемые для проверки осуществимости выполнения требований рабочих характеристик сквозного пути, которые представлены в пункте 5. Данные гипотетические эталонные тракты (HRP) используется только для примеров. Материал, содержащийся в этом Дополнении, не является нормативным и не рекомендует или пропагандирует каких либо конкретных архитектур каналов.

Каждый пакет в потоке следует определенным путем. Любой поток (с одним или несколькими пакетами в канале), который удовлетворяет требованиям рабочих характеристик, приведенных в пункте 5, может рассматриваться как полностью соответствующий нормативным рекомендациям, которые содержатся в основной части Рекомендации.

Требования к рабочим характеристикам сквозного пути определены для параметров рабочих характеристик протокола IP в соответствии со справочными событиями передачи пакета IP (IPRE). Сквозная сеть IP, включает ряд сетевых сегментов (NS) и межсетевых каналов, обеспечивающих передачу пакетов IP посланных от SRC к DST; протоколы нижнего уровня, включая уровень IP (от уровня 1 до уровня 3), находящиеся в пределах SRC и DST, могут также рассматриваться как часть сети IP.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для получения сведений о влиянии показателей задержки заданных гипотетическими эталонными трактами на качество сквозной передачи данных с точки зрения пользователя обращайтесь к Дополнению VII.

III.1 Количество IP узлов в HRP

HRP имеет такие же атрибуты, как канал передачи данных, описанный в пункте 5.

Сетевые сегменты определены (в Рек. МСЭ-Т Y.1540) как наборы хостов вместе со всеми их соединительными каналами, которые вместе представляют часть IP обслуживания между SRC и DST и находятся под одинаковой (или общей) сферой ответственности. Сетевые сегменты являются синонимом операторов доменов. Сетевые сегменты (NS) могут быть представлены как области с граничными маршрутизаторами на их границах и неопределенным количеством внутренних маршрутизаторов с различными ролями. В этом случае HRP является эквивалентом "справочного канала", определенного в RFC 2330.

Каждый NS может состоять из узлов IP, выполняющих роли доступа, распределения и ядра, как показано в рис. III.1.

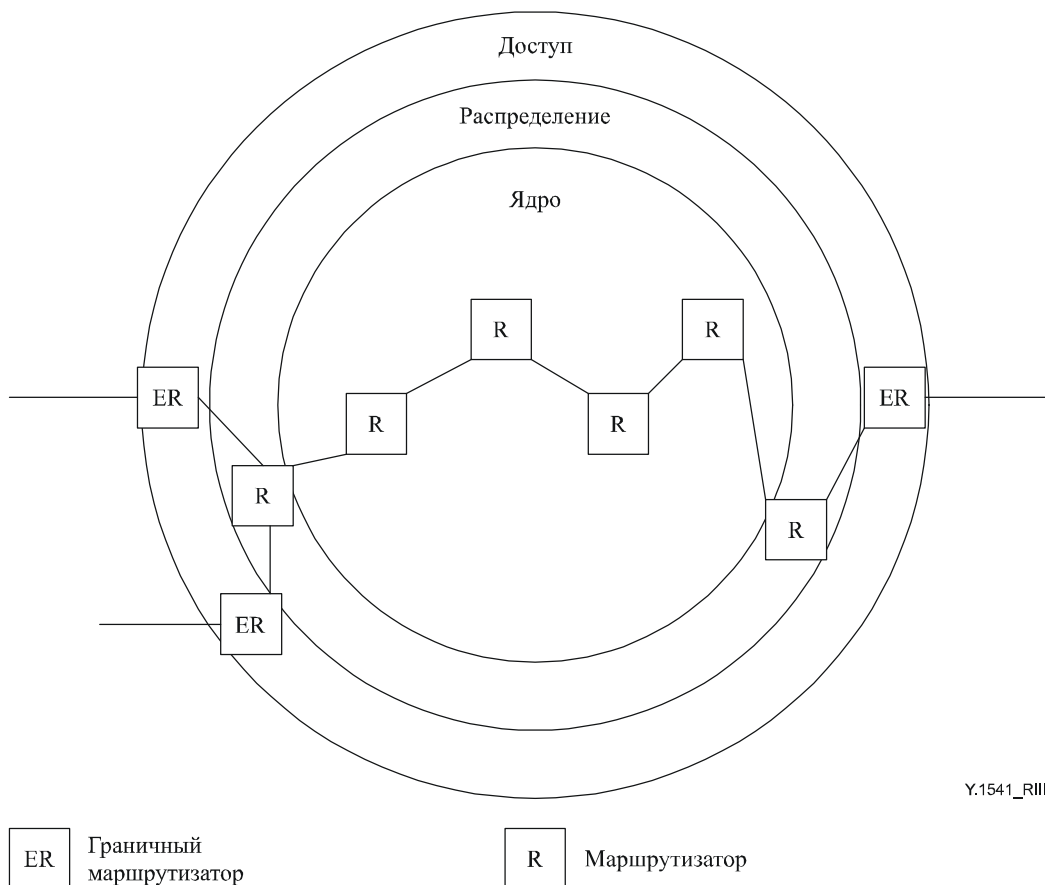


Рисунок III.1/Y.1541 – Роли узлов IP в сетевом сегменте

Учтите, что для выполнения каждой роли необходим один или несколько маршрутизаторов, а отображенный на рисунке путь ядра имеет четыре маршрутизатора, расположенных друг за другом (тандем). Для прохождения пути через NS нужно пройти всего лишь три маршрутизатора или восемь – как в данном примере.

Участие маршрутизаторов приводит к тому, что различные параметры могут иметь различные значения в зависимости от их роли. Граничные маршрутизаторы обычно выполняют одну из двух ролей, например, маршрутизаторов шлюза доступа или маршрутизаторов межсетевых шлюзов.

Таблица III.1/Y.1541 – Примеры типичных задержек, вносимых ролью маршрутизатора

Роль	Средняя общая задержка (сумма организации очереди и обработки)	Изменение задержки
Шлюз доступа	10 мс	16 мс
Межсетевой шлюз	3 мс	3 мс
Распределение	3 мс	3 мс
Ядро	2 мс	3 мс

ПРИМЕЧАНИЕ. – Межсетевые шлюзы обычно имеют рабочие характеристики, отличающиеся от характеристик шлюзов доступа.

Вычисление протяженности маршрута

Если составляющая протяженности пропорциональна фактической территориальной протяженности, прибавьте надбавку пропорциональности для обычного соотношения физического маршрута к фактической дистанции. Вычисление протяженности маршрута, приведенное здесь, основано на Рек. МСЭ-Т G.826, и рассматривается в данном пункте только по отношению к большим расстояниям. Если D_{km} является дистанцией воздушного маршрута между двумя МР, которые являются границами тракта, тогда расчет протяженности маршрута будет следующим:

- если $D_{km} > 1200$, $R_{km} = 1,25 \times D_{km}$.

Описанная выше формула не применима, если в тракте содержатся спутниковые пролеты.

III.2 Пример расчета для обеспечения поддержки сквозной задержки класса 0 и класса 1

Вычисление сетевой задержки класса X (X = от 0 до 4)

В этом пункте описано вычисление параметра IPTD для любого пути тракта, поддерживающего поток класса X QoS. Если тракт потока не содержит спутниковых пролетов, IPTD вычисляется следующим образом (используя задержку для оптического транспорта, представленную в Рек. МСЭ-Т G.114):

$$IPTD \text{ (в микросекундах)} \leq (R_{km} \times 5) + (N_A \times D_A) + (N_D \times D_D) + (N_C \times D_C) + (N_I \times D_I).$$

В этой формуле:

- R_{km} представляет предполагаемую длину маршрута вычисленную выше.
- $(R_{km} \times 5)$ является надбавкой для "дистанции" в тракте.
- N_A , N_D , N_C и N_I представляют количество шлюзов доступа IP, распределения, ядра и узлов межсетевых шлюзов, соответственно; согласно сетевому сегменту, описанному в примере в рис. III.1.
- D_A , D_D , D_C и D_I представляют задержку шлюзов доступа IP, распределения, ядра и узлов межсетевых шлюзов соответственно; в соответствии со значениями для класса X (например, в таблице III.1).

Максимальное значение IPDV может быть рассчитано подобным образом.

Как пример этого вычисления рассмотрите следующий HRP. В данном пути содержатся две сети IP и межсетевое соединение.

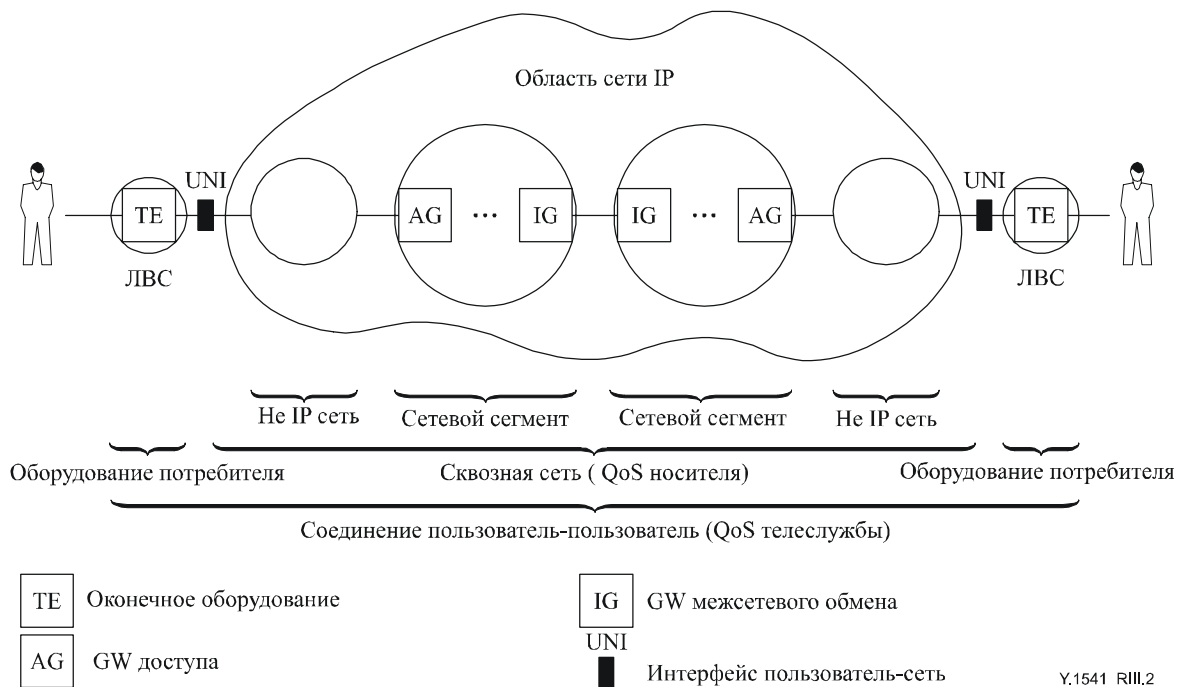


Рисунок III.2/Y.1541 – Гипотетический эталонный тракт для класса 0 QoS

Конфигурации внутренних маршрутизаторов не отображены в гипотетическом эталонном тракте (HRP) на рис. III.2. Количество маршрутизаторов ядра и распределения содержится в таблице III.2.

Соглашения:

- 1) Используемая дистанция имеет приблизительную протяженность от Дейтона Бич до Сиэтла (проходит по диагонали США, длиннее, чем от Лиссабона до Москвы).
- 2) Каналы доступа имеют пропускную способность T1, другие каналы больше чем T1 (например, OC-3).
- 3) Самый большой размер пакета – 1500 байт, размер пакета протокола VoIP – 200 байт.
- 4) Между GW доступа и NI необходимо наличие сетей, не поддерживающих протокол IP.

Таблица III.2/Y.1541 – Анализ примера пути класса 0

Элемент	Единица измерения	IPTD/Ед. изм.	Среднее IPTD	IPDV/Ед. изм.	Макс. IPDV
Дистанция	4070 км				
Маршрут	5087,5 км		25		
Время вставки	200 байт (1500 байт)		1 (8)		
Сеть 1 без поддержки IP			15		0
1 Сеть IP					
Доступ, N _A	1	10	10	16	16
Распределение, N _D	1	3	3	3	3
Ядро, N _C	2	2	4	3	6
Межсетевой GW, N _I	1	3	3	3	3
2 Сеть IP					
Доступ, N _A	1	10	10	16	16
Распределение, N _D	1	3	3	3	3
Ядро, N _C	4	2	8	3	12
Межсетевой GW, N _I	1	3	3	3	3
Сеть 2 без поддержки IP			15		0
Всего, мс			100		62

В таблице III.2 представлена конфигурация HRP, описанная в терминах: количества и типов маршрутизаторов, дистанции и описания всех составляющих HRP для задержки (IPTD) и изменения задержки (IPDV). Обратите внимание, что расчет максимального значения IPDV весьма пессимистичен (предполагается в худшем случае добавление каждого узла), поэтому расчет больше чем спецификация IPDV описанная в основной части данной Рекомендации.

III.3 Пример расчета сквозной задержки класса 1

Класс 1 может поддерживать более протяженные каналы и более сложные сетевые пути. При использовании тех же соглашений, что и в таблице III.2, но с дистанцией 12 000 км, значение IPTD будет равно 150 мс и R-значение примерно 83.

Во втором примере количество транзитных сетевых сегментов IP увеличено до 3.

Таблица III.3/У.1541 – Пример расчета канала класса 1

Элемент	Единица измерения	ИРТД/Ед. изм.	Среднее ИРТД	ИРДВ/Ед. изм.	Макс. ИРДВ
Дистанция	км				
Маршрут	27500 км		138		
Время вставки	200 байт (1500 байт)		1 (8)		
Сеть 1 без поддержки IP			15		0
1 Сеть IP					
Доступ, N _A	1	10	10	16	16
Распределение, N _D	1	3	3	3	3
Ядро, N _C	2	2	4	3	6
Межсетевой GW, N _I	1	3	3	3	3
2 Сеть IP					
Распределение, N _D	2	3	6	3	6
Ядро, N _C	4	2	8	3	12
Межсетевой GW, N _I	2	3	6	3	6
3 Сеть IP					
Доступ, N _A	1	10	10	16	16
Распределение, N _D	1	3	3	3	3
Ядро, N _C	4	2	8	3	12
Межсетевой GW, N _I	1	3	3	3	3
Сеть 2 без поддержки IP			15		0
Всего, мс			233		86

В таблице III.3 представлена конфигурация HRP, описанная в терминах: количества и типов маршрутизаторов, дистанции и описания всех составляющих HRP для задержки (ИРТД) и изменения задержки (ИРДВ).

III.4 Пример расчетов для обеспечения поддержки сквозной задержки класса 4

Следуя модели вычислений, описанной выше, можно расширить количество NS, имеющих внесения задержек, заданных таблицей III.1, или можно выполнить расширение внесения задержек согласно следующим значениям:

Таблица III.4/У.1541 – Класс 4, задержки вносимые ролью маршрутизатора

Роль	Средняя общая задержка (сумма организации очереди и обработки)
Шлюз доступа	200 мс
Межсетевой шлюз	64 мс
Распределение	64 мс
Ядро	3 мс

При длине маршрута 27 500 км средняя односторонняя задержка будет равна 884 мс (при использовании HRP с конфигурацией узлов, описанной в таблице III.2).

III.5 Загрузка HRP

Доля каждого канала передачи данных, занятого активными пакетами, является одним из факторов, рассматриваемых в HRP. Уровни загрузки, при которых сеть может продолжительное время эксплуатироваться, являются другим фактором.

III.6 Использование геостационарных спутников в HRP

Использование геостационарных спутников рассматривалось во время исследования HRP. В HRP может использоваться одиночный геостационарный спутник, при этом требования сквозного канала могут остаться выполнимыми, в предположении, что спутник заменяет собой значительную территориальную дистанцию, множество узлов IP и/или транзитные сетевые сегменты.

Использование спутников, находящихся на околоземных или средневысотных околоземных орбитах, в сочетании с данными HRP не рассматривается.

Если канал содержит спутниковый пролет, такой тракт потребует значение IPTD равное 320 мс для расчета на земной станции с низким углом обзора, в низкоскоростных системах МДВР или для них обоих. В случае выполнения обработки спутником встроенных функций обработки, необходимое значение IPTD для расчетов встроенной обработки и задержек организации очереди пакетов будет равно 330 мс.

Ожидается, что большинство HRP, которые включают геостационарные спутники, будут достигать значения IPTD меньшего, чем 400 мс. Однако в некоторых случаях значение 400 мс может быть превышено. Для очень протяженных каналов к удаленным областям, поставщикам сетевых услуг может потребоваться заключение дополнительных двусторонних соглашений, чтобы увеличить вероятность достижения требования 400 мс.

Дополнение IV

Пример расчета изменения задержки пакета IP

В этом Дополнении представлены материалы, облегчающие вычисление изменения задержки пакета IP (IPDV) для тех классов QoS, в которых указано довольно точное значение IPDV, то есть классов 0 и 1 QoS IP.

Для выполнения расчетов в этом пункте предполагается, что сетевой оператор предоставляет выбор различных классов QoS IP, включая классы QoS, для которых требования IPDV не заданы. Такое сочетание свойств является причиной представления таких понятий как потоки "чувствительные к изменению задержки" (например, классы 0 и 1 QoS) и потоки "нечувствительные к изменению задержки" (например, классы 2, 3, 4 и 5 QoS). Предполагается, что в будущем операторы будут предоставлять такое сочетание классов QoS, выполняя оправданную работу по отделению чувствительных к изменению потоков от нечувствительных к изменению потоков. Ключевые элементы в такой работе состоят из стратегии планирования пакетов и дополнительных измерений по контролю над трафиком. Для вычислений, которые выполняются в этом Дополнении, предполагается, что пакеты потоков чувствительных к изменению запланированы с не преимущественным приоритетом над пакетами из потоков нечувствительных к изменению и что планирование в каждой из этих двух категорий – FIFO.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Данное простое соглашение служит только для получения "вычисляемой" модели. Не исключаются другие стратегии планирования пакетов (например, взвешенное прямое формирование очереди) или измерения для контроля над трафиком. Являются ли рабочие характеристики других методов либо лучше или немного хуже, чем рабочие характеристики метода использованного для этих вычислений – данные вопросы остаются на будущее рассмотрение.

IV.1 Факторы, влияющие на изменение задержки пакета IP

Следующие факторы считаются наиболее важными для изменения задержки пакета IP (IPDV) для чувствительных к изменению потоков:

- Значение задержки является переменным, потому что задержка обработки для принятия решений по пересылке пакетов (поиск маршрутизации) не является однообразным фиксированным значением и может различаться от пакета к пакету.
- Значение задержки является переменным, потому что пакет в состоянии ожидания перед другими чувствительными к изменению пакетами, которые были получены раньше.
- Значение задержки является переменным, потому что пакет ожидает завершения обслуживания нечувствительного к изменению пакета, который был получен раньше и все еще обслуживается.

IV.2 Модели и процедуры расчета для установления верхнего ограничения IPDV

IV.2.1 Возникновение изменения задержки из-за поиска маршрутизации

Для прибывающего пакета маршрутизатор должен установить исходящий порт, к которому будет отослан пакет, на основе данных IP-адреса. Время, необходимое для принятия такого решения о пересылке, может различаться от пакета к пакету.

Высокопроизводительные маршрутизаторы могут кэшировать недавно использованные IP-адреса, чтобы повысить скорость этого процесса для последующих пакетов. Затем, ожидается, что для всех пакетов в потоке за исключением одного первого, будет использоваться короткая задержка поиска и между ними будет очень маленькое изменение. Хотя если быть абсолютно точными, более длинная задержка первого пакета вносится в IPDV, но необычной задержке первого пакета не придается особого значения, потому что она одна вне хода событий и ее влияние будет стремиться к нулю в потоках с относительно длинной продолжительностью (например, поток VoIP).

Предполагается, что изменение от пакета к пакету в задержке поиска маршрутизации не больше нескольких десятков микросекунд на каждом маршрутизаторе. Для вычислений изменчивость задержки предполагается меньше 30 мкс для каждого маршрутизатора.

Поскольку имеется мало доступной информации о распределении данной составляющей задержки, совокупное значение изменчивости с нескольких маршрутизаторов, расположенных друг за другом, равно сумме отдельных значений изменчивости, то есть статистическое влияние не принимается во внимание для данной составляющей IPDV.

IV.2.2 Возникновение изменения задержки из-за пакетов, чувствительных к изменению

Пакеты, чувствительные к изменению, ожидают обслуживания других чувствительных к изменению пакетов, которые были получены раньше (порядок FIFO). Каждый чувствительный к изменению поток смоделирован как непрерывный поток пакетов с незначительным одноточечным изменением задержки пакета IP, которая сопоставима с понятием "незначительная CDV" используемого для потока CBR ячеек ATM (см. Рек. МСЭ-Т E.736).

Для вычислений в дальнейшем предполагается, что все чувствительные к изменению пакеты имеют фиксированный размер 1500 байт. Что позволяет использовать хорошо знакомую модель формирования очереди M/D/1 (см. Рек. МСЭ-Т E.736) для вычисления этой составляющей в изменении задержки пакета. Фиксированное время обслуживания определяется предполагаемым фиксированным размером пакета (1500 байт) и выходной скоростью канала маршрутизатора, например, 80,13 мкс для канала STM-1.

Для сбора этих составляющих задержки с нескольких маршрутизаторов расположенных друг за другом (тандем), должна быть использована свертка нужных распределений задержки, принимая во внимание различные выходные скорости каналов. Предполагается, что нижнее значение квантиля равно нулю, верхнее ($1 - 10^{-3}$) значение квантиля может быть точно аппроксимировано с помощью теории больших отклонений, в особенности с помощью оценки Бахадура-Рао разработанной [IFIP].

На рис. IV.1 отображен результат таких вычислений. Он показывает значение ($1 - 10^{-3}$) квантиля изменения задержки для собранных составляющих задержки, которое было получено в результате помех от чувствительного к изменению трафика, различных уровней загрузки чувствительного к изменению трафика и различного количества переходов маршрутизаторов в тандеме.

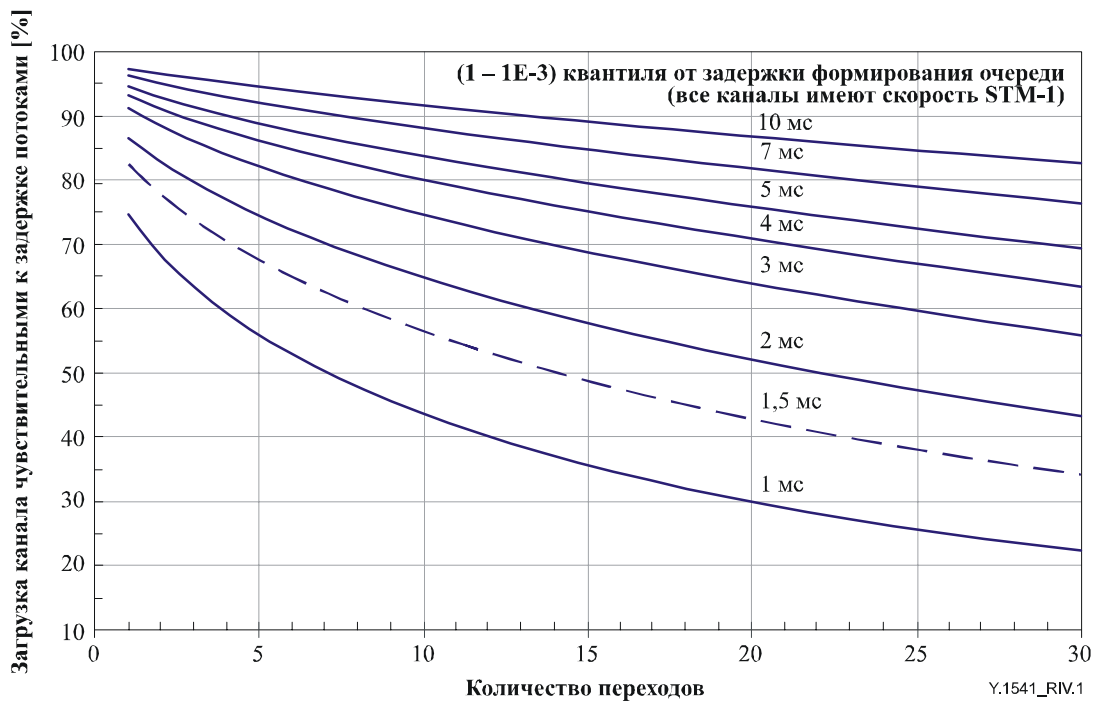


Рисунок IV.1/Y.1541 – Значение $(1 - 10^{-3})$ квантиля собранных составляющих задержки формирования очереди, которое было получено в результате влияния чувствительного к изменению трафика, различных уровней чувствительного к изменению трафика и различного количества переходов маршрутизаторов в тандеме

На рис. IV.1 предполагается, что все каналы в сети имеют пропускную способность STM-1 и показывают одинаковый уровень загрузки для чувствительного к изменению трафика. Если один или несколько каналов имеют пропускную способность большую, чем STM-1, результирующая сквозная задержка будет меньше; если некоторые каналы имеют меньшую пропускную способность, результирующая сквозная задержка будет больше. Данное влияние может быть вычислено (см. IV.2.4), но его нельзя просто отобразить в рис. IV.1.

Наконец, предполагается, что в сети, поддерживающей оба вида трафика, чувствительного к изменению и нечувствительного к изменению, загрузка канала чувствительным к изменению трафиком не больше 50%, для отображения наблюдаемой тенденции "больше данных, чем речи". Затем из рис. IV.1 может быть сделан вывод, что данные составляющие задержки вносят не более 2,48 мс в значение IPDV для пути, даже если фрагмент пересекает очень большое количество – 25 переходов маршрутизаторов STM-1.

IV.2.3 Возникновение изменения задержки из-за пакетов, нечувствительных к изменению

Получение чувствительного к изменению пакета не прекращает обслуживание пакета нечувствительного к изменению, который был получен раньше. Следовательно, чувствительный к изменению пакет может использовать составляющую формирования очереди любого маршрутизатора, ограничиваясь временем, которое необходимо для обслуживания пакета нечувствительного к изменению.

Для вычисления предполагается, что каждый чувствительный к изменению пакет сталкивается с произвольной задержкой вследствие того, что нечувствительные к изменению пакеты однородно распределены между нулем и временем обслуживания пакетов, нечувствительных к изменению, с максимальным размером (1500 байт) на нужной скорости выходного канала. На выходном канале STM-1 это соответствует однородно распределенной задержке между 0 и 80,13 мкс на каждом маршрутизаторе.

Для сбора этих составляющих задержки с нескольких маршрутизаторов, расположенных друг за другом, может быть использована свертка нужных распределений задержки, принимая во внимание различные выходные скорости каналов. Предполагается, что нижнее значение квантиля равно нулю, верхнее $(1 - 10^{-3})$ значение квантиля может быть точно вычислено. В большинстве случаев хорошая

аппроксимация достигается с помощью аппроксимации нормальным (гауссовским) распределением или в худшем случае, каким угодно результатом наименьшего значения. $(1 - 10^{-3})$ квантиля находится как $(\mu + 3,72 \cdot \sigma)$.

IV.2.4 Совокупное изменение задержки для чувствительных к изменению пакетов

Верхнее ограничение IPDV для HRP находится путем сложения значений, вычисленных для каждой из трех составляющих в IV.2.1 до IV.2.3.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Ожидается, что результат вычисленного значения будет больше, чем значение, используемое в реальной сети. Следующие факторы должны быть учтены:

- Сложение трех значений квантиля дает большее значение, чем фактический квантиль задержки.
- Ожидается, что фактический размер чувствительных к изменению пакетов (например, пакетов VoIP) будет намного меньше, чем предполагаемый размер 1500 байт. Кроме того, ожидается, что загрузка чувствительным к изменению трафиком на большинстве каналов будет меньше предполагаемого значения 50%. Поэтому ожидается, что фактическая задержка формирования очереди по причине помех от чувствительного к изменению трафика будет меньше рассчитанной.
- Фактическое распределение нечувствительных к изменению пакетов (например, TCP-уведомления) также содержит пакеты которые (намного) меньше, чем предполагаемый размер 1500 байт. Кроме того, ожидается, что общая загрузка (чувствительным к изменению и нечувствительным к изменению трафиком) на большинстве каналов будет, как правило, меньше предполагаемого значения 100%. Поэтому ожидается, что фактическая задержка формирования очереди по причине помех от нечувствительного к изменению трафика будет меньше рассчитанной.

IV.3 Примеры вычислений

Далее показаны три примера для вычисления IPDV, порождаемого на HRP от пользователя до пользователя (см. рис. II.1).

- Пример, в котором все каналы имеют относительно высокую скорость (STM-1 или выше).
- Пример, в котором каналы между потребителем и сетью и каналы между сетевыми сегментами имеют низкую скорость (Е3 или Т3).
- Пример, в котором каналы между потребителем и сетью имеют низкую скорость (например, 1,544 Мбит/с, Т1).

IV.3.1 Пример с каналами STM-1

В этом примере предполагается, что все каналы имеют пропускную способность STM-1. HRP между сетевыми интерфейсами области сети IP (см. рис. III.2) состоит из 12 переходов маршрутизаторов. Влияющие факторы на IPDV в данном пути могут быть вычислены следующим образом.

- Изменение задержки при поиске маршрутизатора (см. IV.2.1): $12 \times 30 \text{ мкс} = 0,36 \text{ мс}$.
- Изменение задержки формирования очереди из-за чувствительного к изменению трафика (см. рис. IV.1 для 50% загрузки и 12 переходов маршрутизаторов STM-1): $\approx 1,36 \text{ мс}$.
- Изменение задержки формирования очереди из-за нечувствительного к изменению трафика (см. IV.2.3): $\approx 9,01 \times 80,13 \text{ мкс} = 0,72 \text{ мс}$.

Таким образом, ожидаемое значение IPDV на этом высокоскоростном канале будет меньше **2,44 мс**.

IV.3.2 Пример с соединительными каналами с пропускной способностью Е3

В этом примере предполагается, что все каналы имеют скорость STM-1 за исключением каналов пользователь-сеть и канала между сетевыми сегментами, предполагаемая скорость которых Е3 (34 Мбит/с). HRP между сетевыми интерфейсами области сети IP (см. рис. III.2) состоит из 12 переходов маршрутизаторов, 2 из которых имеют низкую скорость – Е3. Влияющие факторы на IPDV в данном пути могут быть вычислены следующим образом.

- Изменение задержки при поиске маршрутизатора (см. IV.2.1): $12 \times 30 \text{ мкс} = 0,36 \text{ мс}$.
- Изменение задержки формирования очереди из-за чувствительного к изменению трафика (для 50% загрузки и 10 переходов STM-1 плюс 2 перехода Е3): $\approx 2,92 \text{ мс}$.

- Изменение задержки формирования очереди из-за нечувствительного к изменению трафика (для 10 переходов STM-1 плюс 2 перехода E3): $\approx 1,19$ мс.

Таким образом, ожидаемое значение IPDV на данном канале со смешанными скоростями будет меньше **4,47 мс**.

IV.3.3 Пример с низкоскоростным каналом доступа

В этом примере предполагается, что все каналы имеют скорость STM-1 за исключением каналов пользователь-сеть, предполагаемая скорость которого T1 1,5 Мбит/с. HRP между сетевыми интерфейсами области сети IP (см. рис. III.2) состоит из 12 переходов маршрутизаторов, 1 из которых имеют низкую скорость. В этом случае влияние канала доступа рассматривается отдельно. Влияющие факторы на IPDV в высокоскоростной части данного пути могут быть вычислены следующим образом.

- Изменение задержки при поиске маршрутизатора (см. IV.2.1): 12×30 мкс = 0,36 мс.
- Изменение задержки формирования очереди из-за чувствительного к изменению трафика (для 50% загрузки и 11 переходов маршрутизаторов STM-1): $\approx 1,29$ мс.
- Изменение задержки формирования очереди из-за нечувствительного к изменению трафика (для 11 переходов маршрутизаторов STM-1): $\approx 8,364 \times 80,13$ мкс = 0,67 мс.

Таким образом, ожидаемое значение IPDV на этом высокоскоростном канале ядра будет меньше **2,32 мс**.

На линиях доступа влияние задержки из-за помех от чувствительных к изменению пакетов может быть до 15,6 мс, в том случае если два пакета размером 1500 байт обрабатываются перед чувствительным к изменению пакетом (один из этих пакетов может быть частью чувствительного к задержкам потока). Влияние на IPDV из-за помех от чувствительных к изменению потоков сильно зависит от количества таких потоков и от фактически используемых размеров пакетов.

Обратите внимание на то, что чувствительные к изменению потоки и относящиеся к ним размеры пакетов на низкоскоростных каналах доступа определяются приложениями, которые выбраны конечными пользователями. Без каких-либо факторов, оказывающих влияние, сетевые операторы обнаруживают, что находятся в трудном положении, при необходимости зафиксировать точное значение для требования рабочей характеристики сети IPDV при наличии низкоскоростного канала доступа.

Если чувствительный к изменению трафик имеет постоянный размер пакета (каждый ограниченный 20 мс речевых данных, кодированных G.711, в соответствии с Дополнением III) и занимает не больше 50% канала доступа, тогда задержка может быть оценена следующим образом. Может быть до 9 речевых потоков из 50 пакетов/с, каждый из которых содержит 160 байт полезной нагрузки плюс 40 байт заголовков RTP, UDP и IP (каждый с общей скоростью 80 кбит/с).

- Изменение задержки формирования очереди, вызванное чувствительным к изменению трафиком (для 46,9% загрузки и одного перехода T1), с использованием модели формирования очереди M/D/1, показывает, что влияние задержки, вызванной относительно небольшими чувствительными к изменению пакетами на канал доступа – 5,12 мс.
- Изменение задержки формирования очереди из-за нечувствительного к изменению трафика (для одного перехода маршрутизатора T1): 7,81 мс.

Влияние линии доступа на изменение задержки равняется 12,93 мс, а итоговое значение 15,25 мс. В этом случае вносимая линией доступа задержка преобладает перед значением IPDV.

IV.3.4 Итоговые сведения и заключения по приведенным примерам

Примеры вычислений показывают, что сетевые операторы, прилагающие умеренные усилия по поддержке обоих видов трафика – чувствительного к изменению и нечувствительного к изменению, могут зафиксировать более точные значения IPDV на протяженных HRP, в которых все каналы имеют достаточно высокую скорость (например, сочетание STM-1 и E3/T3 или более скоростных). Фиксация значения IPDV порядка 10 мс оставляет достаточный запас для дополнительных низкоскоростных каналов (E3/T3) или для дополнительных сетевых сегментов.

При использовании низкоскоростных каналов (1,5 Мбит/с, T1 или E1) фиксация какого-либо низкого значения IPDV становится трудной задачей. Сетевые операторы имеют небольшие возможности контроля или не имеют их совсем над фактическим количеством чувствительных к изменению потоков и фактическим размером чувствительных к изменению пакетов. Поэтому в данном случае изменение задержки, вносимое каналом доступа, будет преобладать над IPDV, вносимым сетью и должно быть значительно больше 10 мс, как показано в таблице 1. В канале доступа конечный пользователь имеет контроль над количеством и типом потоков определенных для класса чувствительного к задержке, а следовательно, над полученной IPDV. Предполагая, что канал доступа незначительно загружен (<50%) чувствительным к изменениям трафиком и что преобладающий размер этих пакетов будет небольшим по сравнению с максимальным размером 1500 байт, дополнительная надбавка **20 мс** для одного низкоскоростного канала доступа может быть достаточной.

Дополнение V

Сведения, касающиеся методов измерения рабочих характеристик протокола IP

Данное Дополнение, которое оставлено на будущее рассмотрение, описывает важные вопросы, связанные с развитием методов измерения рабочих характеристик протокола IP. В нем описано влияние условий, выходящих за пределы разделов, находящихся под проверкой измеряемых рабочих характеристик, включая вопросы связанные с трафиком.

Следующие условия должны быть заданы и проконтролированы во время измерений рабочих характеристик протокола IP:

- 1) Измерение точных участков:
 - SRC и DST для сквозных измерений;
 - ограничение MP для измерения NSE;

ПРИМЕЧАНИЕ.– Нет необходимости выполнять измерения между всеми парами MP или всеми парами SRC и DST для определения рабочих характеристик.
- 2) Время измерения:
 - как долго собирались образцы;
 - когда выполнялось измерение.
- 3) Точные характеристики трафика:
 - скорость, на которой SRC предлагает трафик;
 - модель трафика SRC;
 - конкурирующий трафик на SRC и DST;
 - размер пакета IP.
- 4) Тип измерения:
 - в процессе обслуживания или вне процесса обслуживания;
 - активный или пассивный.
- 5) Результаты измеренных данных:
 - значения, наихудшие значения, эмпирические квантили;
 - итоговый период:
 - короткий период (например, одна минута);
 - длительный период (например, час, день, неделя, месяц).

Дополнение VI

Применение возможностей передачи данных, описанных в Y.1221 и дифференцированных служб IETF к классам QoS сети IP

В данном Дополнении рассматриваются вопросы применения возможностей передачи данных, определенных в Рек. МСЭ-Т Y.1221 с поддержкой ими классов QoS протокола IP, описанных в Y.1541. Также в нем определяются взаимоотношения между возможностями передачи данных Y.1221 и поведением при переходе дифференцированных служб IETF, в соответствии с определениями Рек. МСЭ-Т Y.1221.

В Рек. МСЭ-Т Y.1221 определяются три возможности передачи данных (TC): Выделенная полоса пропускания (DBW), статистическая полоса пропускания (SBW), "наибольшее усилие" (BE). Каждая из моделей обслуживания указана как часть определений возможностей передачи данных Y.1221, с указанным на данный момент набором параметров рабочих характеристик сети согласно данным в таблице 1. Возможности передачи данных, определенные в Рек. МСЭ-Т Y.1221, могут использоваться для выполнения требований технических характеристик шести классов QoS, определенных в Рек. МСЭ-Т Y.1541.

Классы QoS 0 и 1, в таблице 1 определяют ограничения как для задержки пакета IP, так и для изменения задержки, а также для процента потерь пакетов IP. Возможностью передачи данных Y.1221, которая позволяет контракту на трафик указывать ограничения для изменения задержки/задержки пакета IP и потери пакетов IP, является выделенная полоса пропускания. Классы QoS 2, 3 и 4, в таблице 1 определяют ограничения для процента потерь пакетов IP, но не для изменения задержки пакета IP. Возможность передачи данных Y.1221, которая позволяет контракту на трафик указывать ограничения как для потери пакетов IP, так и для задержки, находится в процессе изучения. Класс QoS 5 в таблице 1 не определяет ограничений для процента потерь пакетов IP или изменения задержки/задержки пакета IP. Возможностью передачи данных Рек. МСЭ-Т Y.1221, которая не предлагает каких-либо обязательств QoS, является возможность передачи данных "наибольшее усилие". В таблице VI.1 указано сопоставление между классами QoS Y.1541 и возможностями передачи данных Y.1221.

В Рек. МСЭ-Т Y.1221 представлено сопоставление между тремя возможностями передачи данных (определенных в ней) и поведением при переходе дифференцированных служб IETF, которое должно использоваться в сетях использующих архитектуру DiffServ. В таблице VI.1 отображено сопоставление между возможностями передачи данных Y.1221 и поведением при переходе DiffServ IETF.

Таблица VI.1/Y.1541 – Связь классов QoS Y.1541 с возможностями передачи данных Y.1221 и PNB дифференцированных служб

Возможности передачи данных Y.1221	Соответствующее DiffServ PNBs	Класс QoS IP	Примечания
"Наибольшее усилие"(BE)	По умолчанию	Неопределенный класс 5 QoS	Действующее обслуживание IP при работе на слабо загруженной сети может достигать хорошего уровня QoS IP.
Чувствительная к задержкам статистическая полоса пропускания (DSBW)	AF	Классы 2, 3, 4 QoS	Требование IPLR применяется только к пакетам IP на высших уровнях приоритета каждого класса AF. IPTD применяется ко всем пакетам.
Выделенная полоса пропускания (DBW)	EF	Классы 0 и 1 QoS	

Дополнение VII

Влияние сетевого QoS на рабочие характеристики сквозной передачи речи, с точки зрения пользователя

В данном Дополнении представлены расчеты сквозной передачи речи с использованием требований Y.1541 сетевого QoS класса 0 и класса 1 в качестве начальной точки. Эти требования накладывают ограничения на ключевые факторы рабочих характеристик приложений, которые часто являются основными в вычислениях. При совместном использовании с рабочими характеристиками соответствующего стандартам оборудования потребителей, предполагается, что требования, представленные этой Рекомендацией, позволяют достигать высоких показателей рабочих характеристик сквозной передачи речи, с точки зрения пользователей. Однако также должны быть приняты во внимание сведения, представленные серией Рекомендаций G.100.

Рек. МСЭ-Т G.107, G.108, G.109, G.113 и G.114 являются ключевыми документами, необходимыми для получения оценки качества передачи речи "от уст к ушам", которое может быть достигнуто при использовании значений соответствующих классов сетевого QoS.

В Рек. МСЭ-Т G.114 представлены сквозные ограничения и распределения для значения односторонней задержки, независимой от других искажений при передаче данных. Необходимо рассмотреть совокупное влияние всех искажений на общее качество передачи данных, которое приведено в Рек. МСЭ-Т G.107, так называемой E-модели, общей модели оценки передачи МСЭ-Т, являющейся рекомендуемыми МСЭ-Т методами для планирования сквозной передачи речи. В Рек. МСЭ-Т G.108 представлены подробные примеры использования модели для определения рабочих характеристик передачи данных для соединений, содержащих различные искажения, включая задержку; а в Рек. МСЭ-Т G.109 установлено соответствие между прогнозами оценки передачи данных модели с категориями качества передачи речи. Таким образом, в то время как Рек. МСЭ-Т G.114 предоставляет полезную информацию относительно значения односторонней задержки как самостоятельного параметра, Рек. МСЭ-Т G.107 (и дополняющие ее Рек. МСЭ-Т G.108 и G.109) должны использоваться для определения влияния задержки в сочетании с другими искажениями (например, искажение, вызванное обработкой речи).

Кроме того, Рек. МСЭ-Т G.101 (план передачи) и связанные с ней Рекомендации в данный момент проходят корректировку составляющей основу информации.

VII.1 Пример расчета работы протокола VoIP в соответствии с описанными в Y.1541 рабочими характеристиками сети класса 0

В качестве примера телефонной гипотетической эталонной конечной точки (HRE) для речевой среды может использоваться схема, показанная ниже. Информационные потоки от говорящей стороны опускаются вниз через стек протоколов, отображенный слева, проходят через HRP и поднимаются по стеку протоколов, отображенному справа к слушающей стороне (показано только одно отправляющее направление).

Говорящая сторона		Слушающая сторона
Кодер G.711		Декодер G.711, Дополнение I/G.711 Маскирование потери пакетов
Размер полезной нагрузки RTP 20 мс		Буфер дрожания 60 мс
UDP		UDP
IP		IP
	(нижние уровни)	

Рисунок VII.1/Y.1541 – Пример гипотетической эталонной конечной точки VoIP

Задержка конечной точки при использовании гипотетической эталонной конечной точки описанной в рис. VII.1, приведена ниже. Данные расчеты являются результатом формул, приведенных в Рек. МСЭ-Т G.1020 для общей задержки.

Таблица VII.1/У.1541 – Анализ задержки конечной точки

	Задержка, мс	Примечания
Формирование пакета	40	Двойной размер кадра плюс 0 упреждение
Буфер дрожания, среднее значение	30	Середина буфера 60 мс
Маскировка потери пакета	10	Один "кадр" PLC
Всего, мс	80	

Задержка конечной точки, вычисленная в таблице VII.1 совместима с требованием для окончного устройства категории В Р.1010. При объединении этого значения задержки конечной точки с задержкой сети класса 0, общая средняя задержка для пути пользователь-пользователь будет $100 + 80 = 180$ мс. Пример, описывающий канал передачи данных класса 0 в Дополнении III, указывает на то, что такая задержка может достигаться на расстоянии 4070 км.

Возможно значение 50 мс для оборудования потребителя (односторонняя отправка и прием) при времени формирования пакета равном 10 мс и буфере устранения дрожания 50 мс.

Таблица VII.2/У.1541 – Анализ низкой задержки конечной точки

	Задержка, мс	Примечания
Формирование пакета	20	Двойной размер кадра плюс 0 упреждение
Буфер устранения дрожания, среднее значение	25	Середина буфера 50 мс
Маскировка потери пакета	0	"Повторение предыдущего" не требует дополнительной задержки
Другое оборудование	5	
Всего, мс	50	

Задержка конечной точки, вычисленная в таблице VII.2 совместима с требованием для окончного устройства категории А Р.1010. Значение IPTD канала класса 0 и задержки оборудования потребителя суммируются в одностороннее время передачи "от уст к ушам" равное 150 мс, которое удовлетворяет потребностям большинства приложений (как в Рек. МСЭ-Т G.114).

Должно быть учтено, что фактор влияния буфера устранения дрожания на задержку "от уст к ушам" основан на среднем времени, которое пакет проводит в буфере, а не на максимальном размере буфера. Пакеты, которые сталкиваются с минимальной задержкой передачи, будут ожидать максимальное время в буфере устранения дрожания, перед тем как будут выпущены как синхронный поток, в то же время верно обратное для пакетов с максимальной накопленной задержкой во время передачи (такие пакеты проведут минимальное время в устраняющем дрожание буфере). Таким способом устраняющий дрожание буфер компенсирует изменения задержки передачи и гарантирует, что пакеты могут быть выпущены в соответствии с синхронным обратным отсчетом. В Рек. МСЭ-Т G.1020 представлено более подробное описание устраняющего дрожание буфера и его влияния на общую задержку.

VII.2 Пример расчета работы протокола VoIP в соответствии с описанными в У.1541 рабочими характеристиками сети класса 1

При использовании тех же предположений и задержки конечной точки гипотетического эталонного тракта в таблице VII.1, и примера, описывающий канал передачи данных класса 1 из Дополнения III, – общая средняя задержка для канала пользователь-пользователь протяженностью 27 500 км будет $233 + 80 = 313$ мс.

VII.3 Расчеты качества передачи речи для гипотетического эталонного тракта У.1541

Возможно выполнение оценки качества передачи речи в сетях IP с помощью средства планирования передачи G.107, также известного как E-модель.

В Дополнении III представлены допущения и детали конфигурации вычислений для сети (интерфейс UNI-UNI). Пример допущений конечной точки и вычислений задержки, приведенных выше, включает кодек (G.711), размер пакета, маскировку потери пакета, размер устраняющего дрожание буфера и так далее. Возможно использование альтернативных речевых кодеков с меньшей скоростью передачи, альтернативных размеров пакетов и других изменений.

На рис. VII.2 представлено эталонное соединение для данного анализа.

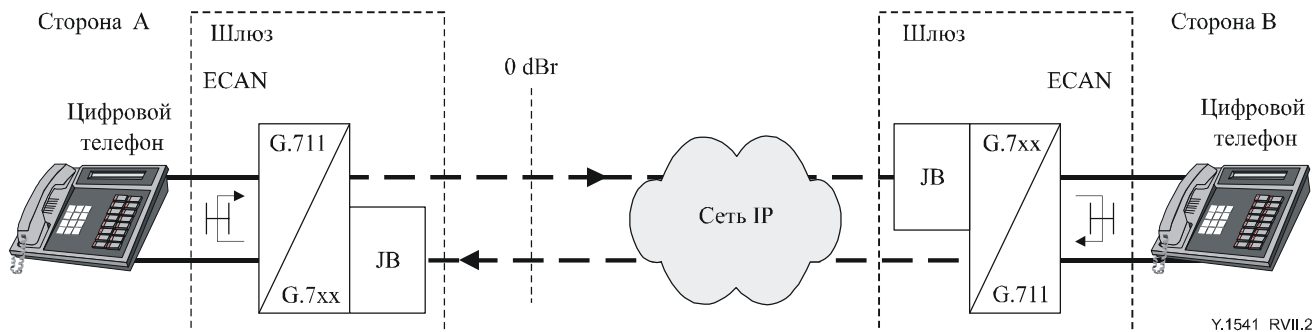


Рисунок VII.2/Y.1541 – Эталонное соединение

В таблице VII.3 представлены параметры E-модели, используемые в анализе.

Таблица VII.3/Y.1541 – Параметры E-модели

Параметры		Входные значения модели		
Обозначение	Определение	По умолчанию G.107	Входные значения	Единица измерения
Nc	Шум электрической линии по отношению к точке 0 dBr	(-70)	-70,0	dBm0p
Pos	Шум помещения (отправка)	(35)	35,0	дБ(А)
Por	Шум помещения (получение)	(35)	35,0	дБ(А)
SLR	Оценка громкости отправки	(8)	8,0	дБ
RLR	Оценка громкости получения	(2)	2,0	дБ
Ds	D-фактор (отправка)	(3)	3,0	
LSTR	Оценка местного эффекта прослушивающего	(equ.)	18,0	дБ
Nfor	Минимальный уровень шума	(-64)	-64,0	dBmp
STMR	Оценка маскировки местного эффекта	(15)	15,0	дБ
qdu	Единицы шума квантования	(1)	1,0	единиц
T	Значение односторонней задержки	(0)	150,0	мс
TELR	Оценка громкости эха разговаривающего	(65)	65,0	дБ
WEPL	Взвешенная потеря эха в тракте передачи	(110)	110,0	дБ
Ta	Абсолютная задержка от (S) до (R)	(0)	150,0	мс
Tr	Задержка на подтверждение приема	(0)	300,0	мс
Ie	Фактор искажений оборудования	(0)	0,0	
Bpl	Фактор устойчивости к потере пакетов	(1)	4,8	
Ppl	Случайная вероятность потери пакетов	(0)	0,0	%
A	Фактор ожидания	(0)	0,0	
Dr	D-фактор (получение)	(3)	3,0	

Для всех параметров были приняты значения по умолчанию, за исключением T, Ta и Tr. Значение абсолютной односторонней задержки было вычислено с использованием 100 мс для задержки сети (UNI-UNI, соответствующее требованию класса 0 QoS) и 50 мс для окончного оборудования, включая пакетирование G.711 и устраняющий дрожание буфер (100 + 50 = 150 мс = T = Ta = Tr/2). Здесь, R = 89,5.

Потеря пакетов также затрагивает качество речи. Ниже включен столбец, где примерно 0,1% потерь объединен с фактором устойчивости к потере пакетов, Vpl = 4,8, когда маскировка потери пакета используется с G.711, выполняется 1 повтор, следующий за паузой. При использовании Дополнения I/G.711 PLC, установлено значение фактора устойчивости к потере пакетов, Vpl = 25,1.

В Дополнении III также представлены вычисления, показывающие более длительное значение задержек сети и большие задержки окончного оборудования. В таблице VII.4 подведены итоги полученных данных.

Таблица VII.4/Y.1541 – Результаты E-модели при использовании гипотетических эталонных трактов и окончного оборудования Y.1541

Сетевое значение односторонней задержки, мс	Значение односторонней задержки окончного оборудования, мс	Общее значение односторонней задержки, мс	Размер пакета, мс	Маскировка потери пакета	R, без потерь	R, с потерей пакетов ~0,1%	Класс QoS Y.1541
100	50	150	10	Rpt.1/Sil	89,5	87,6	0
100	80	180	20	G.711ApI	87,8	87,5	0
150	80	230	20	G.711ApI	81,9	81,5	1
233	80	313	20	G.711ApI	71,1	70,7	1

Дополнение VIII

Влияние рабочих характеристик сети IP на класс QoS при передаче цифрового телевидения

VIII.1 Введение

В данном Дополнении подробно описывается часть анализа, следующая за спецификацией условных классов 6 и 7 сетевого QoS в таблице 3. Значения требований были выбраны для обеспечения поддержки передачи цифрового телевидения. Требование процента потерь пакетов IP (IPLR), описанное в классах с 0 по 4 не является важным для поддержки этого приложения, как было изложено в предыдущей версии этого Дополнения.

VIII.2 Гипотетическая эталонная конечная точка (HRE) для широкополосного видеосигнала

Важно сначала установить конечную точку передачи данных для транспорта видео. Гипотетическая эталонная конечная точка основывается на ранее сделанной работе комитетом ATIS T1A1.3, также как анализ обычных моделей транспорта видео конечной точки, которые охватывают как сжатое, так и несжатое видео, выполненный форумом видеослужб. В конечном счете, может потребоваться более одной HRE чтобы позволить передачу пункт-пункт и пункт-многие пункты, но данный анализ ограничен простой ситуацией – пункт-пункт HRE.

Отправитель		Получатель
Видео (несжатое SDI, многократно или однократно сжатый поток MPEG DVB-ASI и т. д.), множество звуковых потоков, вспомогательные данные		Видео (несжатое SDI, многократно или однократно сжатый поток MPEG DVB-ASI и т. д.), множество звуковых потоков, вспомогательные данные
Интегратор		Деинтегратор
Формирователь пакетов/уплотнитель/FEC		FEC-1/разборщик/разборщик пакетов
RTP		Буфер дрожания 100 мс
UDP		UDP
IP		IP
	(Физический уровень)	

Рисунок VIII.1/Y.1541 – Гипотетическая эталонная конечная точка для цифрового телевидения

Транспорт цифрового телевидения использует сеть IP, в которой несжатые видеопакеты или сжатые MPEG видеопакеты инкапсулируются либо в UDP/IP, или в RTP/UDP/IP. Предполагается, что RTP/UDP/IP являются используемыми протоколами и что применяются следующие накладные расходы протокола:

Длина пакета IP = $(7 \times 188\text{-байт пакетов MPEG}) + \text{RTP/UDP/IP накладные расходы пакета}$.

В следующем пункте описываются три профиля видеообслуживания и предоставлен рациональный механизм для развертывания коррекции ошибок в сетях IP, чтобы гарантировать соответствующий уровень качества и надежности.

VIII.3 Профили обслуживания и требования к рабочим характеристикам при сквозном прохождении пакета

Технические требования для этого Дополнения ограничены тремя профилями обслуживания: профиль обслуживания доставки, профиль обслуживания первичного распределения и профиль обслуживания доступа к распределению. Эти три профиля выполняют подавляющее большинство приложений и потребностей видеоиндустрии. Также представлены требования рабочих характеристик для этих профилей в терминах потери пакетов на трех разных уровнях качества просмотра или коэффициентов попадания данных.

VIII.3.1 Профиль доставки видеообслуживания

Обслуживание доставки обычно имеет наивысшие характеристики и может различаться от несжатого до средней степени сжатия видео- и аудиосигналов. Соединения доставки позволяют выполнять обмен содержимым через сеть или свои соединения в дальнейшем использовании, например, для переноса сигналов с фиксированного, временного или удаленного расположения обратно в студию для редактирования или непосредственной ретрансляции. В таких сценариях для приложений дальней связи, наземного оптоволокну, могут быть использованы микроволновые или спутниковые инфраструктуры соединений конечных точек.

Доставка также может значить исходящую доставку сигналов из студии основной сети в присоединенные сети для ретрансляции и обычно при этом используются спутниковые или службы дальней связи наземной сети. Сегодня такие исходящие соединения обеспечиваются посредством фиксированных или запрашиваемых частных арендованных линий (оптоволокну) или в случае менее протяженных приложений, обслуживанием ATM предлагающим полосы пропускания DS-3, OC-3 или OC-12.

Кроме таких приложений реального времени, иногда службы IP используются не в режиме реального времени для обмена файлами между видео- и аудиосерверами, а также для мониторинга и контроля удаленных систем. Так как один пользователь может использовать их IP обслуживание для доставки видео и передачи файлов, профиль обслуживания доставки легко настраивается на передачу файлов и удаленное управление.

VIII.3.2 Профиль первичного распространения видеообслуживания

Распределение обозначает доставку видео- и аудио содержимого или непосредственно потребителю, или центральной станции кабельного телевидения для передачи через оборудование кабельного телевидения. В этих приложениях обычно требуется низкое качество сигнала (более низкая скорость передачи данных), так как применяется небольшая дополнительная обработка сигнала. Традиционно для этих приложений используется наземное или спутниковое обслуживание. Существует два типа сигналов распространения, первичный и сигнал доступа. Соединения первичного распространения подаются с местных соединений на станции кабельного телевидения или на башни телевизионной передачи и обычно эти соединения сравнимы с соединениями доставки как имеющие незначительно низкое качество. Первичное распространение может быть предоставлено спутником, микроволнами ближнего наземного действия или оптоволоконным соединением. Доступ к распространению включает доставку содержимого от центра кабельного телевидения к конечным потребителям через оборудование кабельного телевидения или через воздух в форме широковежательного излучения от антенны башни телевизионной передачи. VSF рекомендует использовать скорость 40 Мбит/с для данного типа обслуживания.

VIII.3.3 Профиль обслуживания доступа к распространению

Профиль обслуживания доступа к распространению определен в настоящее время как ТВ-обслуживание, поставляемое по кабельным и спутниковым сетям. Так как качество, достигаемое этими сетями, является чем-то субъективным, этот фактор характеризует качество как верхнее ограничение для ошибок видеоданных (вызванных сетью) в определенном отрезке времени.

VIII.3.4 Требования рабочих характеристик для профилей обслуживания

Качество обслуживания для этого приложения представлено в терминах фактического количества ошибок (кратковременное прекращение работы) в определенном периоде времени. Таблица VIII.1 была спроектирована на основе рекомендаций, полученных от активных членов форума видеослужб и представляет ожидаемые проценты ошибок, которые должны требовать поставщики услуг (например, DirecTV), так же как пользователи (например, Fox Sports Network).

Таблица VIII.1/Y.1541 – Рекомендации по коэффициенту потерь/ошибок цифрового телевидения

Профиль (типичная скорость)	Одно кратковременное прекращение работы за 10 дней	Одно кратковременное прекращение работы в день	10 кратковременных прекращений работы в день
Доставка (270 Мбит/с)	4×10^{-11}	4×10^{-10}	4×10^{-9}
Первичное распр. (40 Мбит/с)	3×10^{-10}	3×10^{-9}	3×10^{-8}
Доступ к распр. (3 Мбит/с)	4×10^{-9}	4×10^{-8}	4×10^{-7}

В данной таблице предполагается, что все потери пакетов вызваны кратковременным прекращением работы (возможно видимые или слышимые искажения), а также что семь MPEG TS пакетов инкапсулированы в один пакет IP. Необходимый процент потерь пакетов представлен на пересечении частоты прекращений работы и профиля. Например, для доступа к распространению допустимый уровень качества при 1 кратковременном прекращении работы требует процента потери пакетов 4×10^{-8} .

VIII.4 Улучшение рабочих характеристик интерфейса UNI-UNI с помощью упреждающей коррекции ошибок (FEC)/перемежения

Сети IP соответствующие классам 6 или 7 QoS не могут обеспечивать необходимый процент потерь пакетов для профилей, описанных выше, граничное оборудование будет вынуждено исправлять ошибочные пакеты, потери пакетов и переупорядоченные пакеты. Предполагается, что обслуживание использует FEC/перемежение, как определено рекомендацией COP-3 (Правила и нормы обработки)

Форума Pro-MPEG, как отображено в таблице VIII.2.

Таблица VIII.2/У.1541 – Использование FEC/перемежения для достижения нужных коэффициентов попадания для сквозного канала

	Минимальная коррекция	Средняя коррекция	Высокая коррекция
Минимальные рабочие характеристики сети			
Потери дистанции (пакеты)	100	50	50
Потери периода (пакеты)	5	5	10
Применение FEC			
FEC L, D	5, 20	5, 10	10, 5
Накладные расходы FEC (%)	5	10	20
Полученное в итоге качество видео?	Высокое	Высокое	Высокое

Обратите внимание, что спецификация рабочих характеристик, приведенная выше, использует два новых термина. Потери дистанции (LD) и потери периода (LP), которые определены в RFC 3357, являются параметрами модели потери пакетов. LP определяет максимальное количество упорядоченных пакетов, которые могут быть потеряны, в то время как LD определяет минимальное количество правильных пакетов, которые должны поступать между потерянными пакетами, эти значения используются для алгоритма, чтобы потери могли быть исправлены должным образом. Значения LD и LP описывают минимальную возможность корректировки рабочих характеристик сети, соответствующим FEC в том же столбце. FEC определяется параметрами алгоритма длина (L) и глубина (D), которые определяют устойчивость метода.

Исправление сетевых искажений не является беззатратным, так как оно занимает дополнительную пропускную способность. Значения накладных расходов в таблице представляют три уровня устойчивости, где 5% представляет минимальную коррекцию, 10% представляет среднюю коррекцию и 20% представляет наивысший объем коррекции. Учтите, что чем более устойчивый алгоритм выбирается, тем выше накладные расходы. VSF считает, что эти три значения выполняют основные потребности индустрии.

В качестве примера – видеообслуживание при скорости 2 Мбит/с требует минимальной коррекции и будет настроено с параметрами (L, D) равными (5, 20). Это приведет к формированию дополнительного 100 кбит/с (5% от 2 Мбит/с) сетевого трафика для пакетов FEC, и, как результат, общая скорость данных будет 2,1 Мбит/с. Подобным образом, для 270 Мбит/с обслуживания требуется высокий уровень коррекции, он будет настроен со значениями (L, D) равными (10, 5), что приведет к формированию дополнительного 54 Мбит/с сетевого трафика, как результат совокупная скорость будет равна 324 Мбит/с.

VIII.5 Лабораторная оценка эффективности упреждающей коррекции ошибок (FEC)/перемежения

Результаты лабораторных тестов FEC/перемежения (5, 50) показывают что:

- процент потерь UNI-UNI 10^{-4} улучшился до 1.5×10^{-8} (охватывает большинство профиля доступа);
- процент потерь UNI-UNI 10^{-5} улучшился до 2×10^{-10} (охватывает большинство профилей);

Сделан вывод, что сеть IP с параметрами IPLR и IPER интерфейса UNI-UNI соответствующими значениям в таблице 3, класса 6 или 7 будет поддерживать приложение цифрового телевидения, описанное выше, при обеспечении применения соответствующего FEC/перемежения.

VIII.6 Дополнительные параметры рабочих характеристик

Форум видеослужб пришел к выводу, что значения для IPTD и IPDV, указанные в классах 6 и 7 таблицы 3 являются достаточными для передачи цифрового телевидения.

Дополнение IX

Влияние сетевого QoS на рабочие характеристики сквозной передачи данных при использовании протокола TCP

IX.1 Введение

В данном Дополнении подробно описывается часть анализа, следующая за спецификацией условных классов 6 и 7 сетевого QoS в таблице 3. Значения требований были выбраны для обеспечения поддержки приложений с помощью надежного обслуживания передачи потока байтов для протокола управления передачей (TCP) [RFC793] на самой большой возможной скорости передачи данных. Существующее требование процент потерь пакетов IP (IPLR) (от класса 0 до 4) поддерживает TCP с ограничениями широко развертываемых традиционных настроек или предполагается, что могут возникнуть узкие места за пределами канала UNI-UNI.

Существует два ключевых фактора, которые ограничивают пропускную способность TCP:

- 1) **Осведомленный о перегрузках механизм управления потоком** обозначает, что встретившиеся на пути перегрузки случаются при потере пакетов. В ответ на потерю механизм управления потоком разделяет отправляющее окно на половины и позволяет линейное увеличение, если было успешно передано полное окно пакетов. Таким образом, **потеря пакетов может ограничить пропускную способность.**
- 2) **Максимальный размер окна** может быть ограничен отправителем или получателем настроек TCP или самой операционной системой (ограничивая объем памяти доступной конкретному приложению для буферизации сетевых данных). Это классический продукт с задержкой полосы пропускания, в котором скорость передачи представлена как **одно окно октетов на период кругового обращения** (для подтверждения приема).

В представлении, что время передачи пакета обычно преобладает над временем распространения, целью анализа было определить требование для IPLR, которое обеспечило бы очень высокую пропускную способность TCP, в то время как другие факторы, например размер окна или узкое место полосы пропускания не препятствовали процессу. Для классов 6 и 7 был выбран процент потери пакетов равный 10^{-5} , анализ, приведенный ниже, показывает достигнутую пропускную способность.

IX.2 Модель рабочих характеристик протокола TCP

Основой для этого исследования является модель TCP Рино [RFC2001], разработанная и проверенная Падхи эт аль [Padhye98]. Их модель может быть аппроксимирована следующим образом:

$$B(p) \approx \min \left(\frac{W_{\max}}{RTT}, \frac{1}{RTT \sqrt{\frac{2bp}{3}} + T_0 \min \left(1, 3 \sqrt{\frac{3bp}{8}} \right) p (1 + 32 p^2)} \right),$$

где:

$B(p)$: приблизительная модель пропускной способности TCP [пакет/с]

W_{\max} : максимальный размер буферного окна получателя [пакеты]

RTT : Период кругового обращения [с]

b : количество пакетов запрошенных для подтверждения приема полученным ACK

p : вероятность того что пакет потерян

T_0 : время ожидания для повторной передачи оставшегося без ответа (потерянного) пакета [с].

Существует множество комбинаций функций TCP и различные комбинации иногда называются в соответствии с местом встречи, где они были приняты (Вегас, Тахо и Рино). Обсуждение функций TCP доступно в [Morton98], и большом количестве другой справочной литературы. Для получения

сведений о любой простой модели TCP с одним настраиваемым параметром, которая удобна в использовании между различными версиями, смотрите [Mathis97].

IX.3 Гипотетическая эталонная конечная точка (HRE) протокола TCP

В различных Дополнениях этой Рекомендации определены гипотетические эталонные конечные точки (HRE) и их пары с гипотетическими эталонными каналами для оценки уровней качества для пользовательских приложений, которые могут поддерживать требования рабочих характеристик сети. Ниже определена гипотетическая эталонная конечная точка протокола TCP.

Отправляющее приложение		Получающее приложение
TCP Рино		TCP Рино
Макс. окно = 16 кбайт, 64 кбайт или 256 кбайт		Макс. окно = 16 кбайт, 64 кбайт или 256 кбайт
Время ожидания T0 = 1 с		b = 1 ACK/2 пакета
Параметр Windows – Large		Параметр Windows – Large
IP		IP
	(нижние уровни)	

Рисунок IX.1/Y.1541 – Гипотетическая эталонная конечная точка протокола TCP

Предполагается, что отправляющее приложение поддерживает непрерывный поток байтов без идеальных интервалов и что влияние получающего хоста на RTT незначительно. Учтите, что отправка и получение максимальных размеров окна приведет к изменению данных анализа, как описано далее.

IX.4 Данные наблюдений

На рис. IX.2 показана оценка "традиционной" пропускной способности TCP Рино против периода кругового обращения (включая обработку хостом) и потерю пакетов. Змерная поверхность размечена линиями, которые соответствуют периодам кругового обращения (RTT) 20, 40, 100, 200, 400, 1000, 2000 и 4000 мс перекрещивающихся с линиями процента потерь 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} и 10^{-6} . Высота поверхности отображает пропускную способность TCP в бит/секунду, а также при пересечении отмеченного уровня пропускной способности поверхность изменяет цвет.

Принято во внимание, что здесь не было применено подавлений длинных задержек, например RFC 1323 большие окна или RFC 2018 выборочное подтверждение приема (SACK).

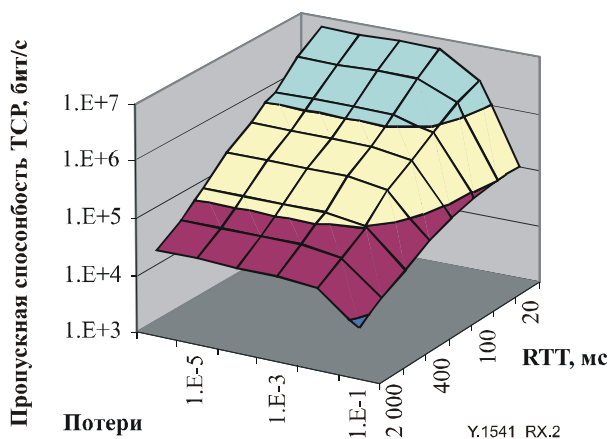


Рисунок IX.2/Y.1541 – Пропускная способность TCP с размером окна 16 кбайт ("традиционным")

Размер окна 8 или 16 кбайт является настройкой по умолчанию для большинства традиционных реализаций TCP. На рис. IX.2 показано, что значение потери пакетов $>10^{-3}$ имеет влияние на пропускную способность, но ограничение размера окна преобладает над пропускной способностью против потери рабочих характеристик по причине широкого диапазона периодов кругового

обращения (RTT). Поэтому требование $IPLR < 10^{-3}$ является важным при этих обстоятельствах и сетевое QoS классов 2, 3 и 4 предоставит удовлетворительную пропускную способность.

Хотя пропускные способности порядка 10 Мбит/с возможны при очень низком RTT, время передачи пакета также затрагивает пропускную способность для "традиционных" пар TCP отправитель–получатель.

На рис. IX.3 показана пропускная способность TCP Рино при максимальном размере окна, равном 64 кбайт. Как правило, это можно сделать с помощью простых процедур настройки, но подавляющее большинство пользователей не прибегают к настройке или не нуждаются в ней. Пользователи, желающие реализовать полный потенциал широкополосного доступа за счет уменьшения времени передачи для очень больших файлов (например, ISO-файл дистрибутива Линукса, содержащий образ CD-ROM объемом 700 Мбайт), могут ощутить преимущества от настройки.

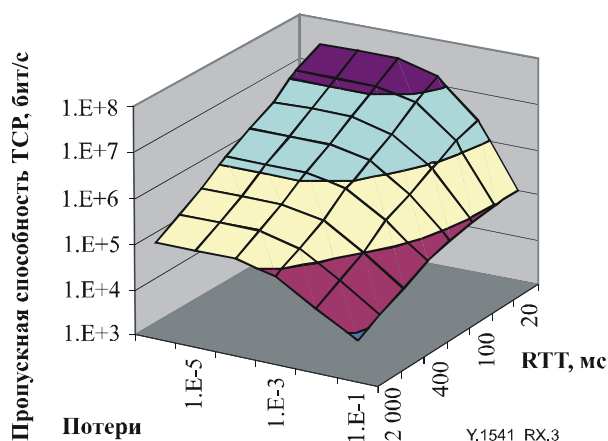


Рисунок IX.3/Y.1541 – Пропускная способность TCP с размером окна 64 кбайт

Размер окна 64 кбайт является максимальной настройкой для стандартной реализации TCP, которая не поддерживает большие окна RFC 1323. На рис. IX.3 показано значение потери пакетов $> 10^{-4}$, влияющее на пропускную способность, но ограничение размера окна преобладает над тем влиянием для пропускной способности.

На рис. IX.4 показана пропускная способность TCP Рино при максимальном размере окна равном 256 кбайт. Это возможно на многих операционных системах, должен быть доступен параметр большие окна TCP.

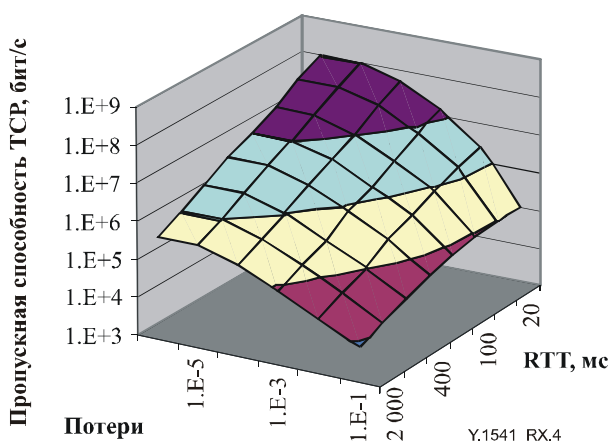


Рисунок IX.4/Y.1541 – Пропускная способность TCP с размером окна 256 кбайт (и RFC 1323)

На рис. IX.4 показано значение потери пакетов $>10^{-5}$, влияющее на пропускную способность, но ограничение размера окна преобладает над пропускной способностью против рабочих характеристик за той точкой. Поэтому они являются обстоятельствами, в которых новые условные классы (с требованием IPLR $<10^{-5}$) должны поддерживать максимальную пропускную способность.

Пропускные способности порядка 100 Мбит/с могут выполняться при очень низком RTT и включенный параметр больших окон (RFC 1323) уменьшает отрицательное влияние RTT на пропускную способность.

IX.5 Сводные итоги оценки пропускной способности протокола TCP

В таблице IX.1 представлены числовые сводные итоги рис. IX.2–IX.4 со значениями задержки и процентом потерь, использованных в требованиях.

Таблица IX.1/У.1541 – Сводные итоги оценок пропускной способности TCP, бит/с

Размер окна	Потеря пакетов, p	IPTD = RTT/2 = 100 мс	IPTD = RTT/2 = 400 мс
16 кбайт	10^{-3}	640 000	160 000
	10^{-5}	640 000	160 000
64 кбайт	10^{-3}	1 624 887	409 640
	10^{-5}	2 560 000	640 000
256 кбайт	10^{-3}	1 624 887	409 640
	10^{-5}	10 240 000	2 560 000

Обратите внимание, что значения, выделенные **жирным шрифтом**, ограничены процентом потерь пакетов, иначе пропускную способность ограничивает размер окна. Процент потери пакетов 10^{-5} не ограничивает пропускную способность при любом рассмотренном размере окна, четко показывая преимущества новых классов сетевого QoS.

БИБЛИОГРАФИЯ

- Рекомендация МСЭ-Т J.241 (2005 г.), *Распределение качества обслуживания по классам и методы измерения для услуг цифрового видео, доставляемых по широкополосным сетям IP.*
- ITU-T Recommendation P.911 (1998), *Subjective audiovisual quality assessment methods for multimedia applications.*
- ETSI TIPHON TR 101 329 – *Part 2, Quality of Service (QoS) Classes.*
- IETF RFC 768 (STD-6) (1980), *User Datagram Protocol.*
- IETF RFC 792 (STD-5) (1981), *Internet Control Message Protocol.*
- IETF RFC 793 (STD-7) (1981), *Transmission Control Protocol – DARPA Internet program Protocol specification.*
- IETF RFC 919 (STD-5) (1984), *Broadcasting Internet datagrams.*
- IETF RFC 922 (STD-5) (1984), *Broadcasting Internet datagrams in the presence of subnets.*
- IETF RFC 950 (1985), *Internet Standard Subnetting Procedure (updates RFC 792).*
- IETF RFC 959 (STD-9) (1985), *File Transfer Protocol (FTP).*
- IETF RFC 1305 (1992), *Network Time Protocol (v3) – Specification, Implementation and Analysis.*
- IETF RFC 1786 (1995), *Representation of IP Routing Policies in a Routing Registry.*
- IETF RFC 1812 (1995), *Requirements for IP Version 4 Routers.*
- IETF RFC 1889 (1996), *RTP: A transport protocol for real-time applications.*
- IETF RFC 2018 (1996), *TCP Selective Acknowledgment Options.*
- IETF RFC 2330 (1998), *Framework for IP performance metrics.*
- IETF RFC 2474 (1998), *Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers.*
- IETF RFC 2475 (1998), *An Architecture for Differentiated Services.*
- IETF RFC 2597 (1999), *Assured Forwarding PHB Group.*
- IETF RFC 2598 (1999), *An Expedited Forwarding PHB.*
- IETF RFC 2679 (1999), *A One-way Delay Metric for IPPM.*
- IETF RFC 2680 (1999), *A One-way Packet Loss Metric for IPPM.*
- IETF RFC 2681 (1999), *A Round-trip Delay Metric for IPPM.*
- IETF RFC 2733 (1999), *An RTP payload format for generic forward error correction.*
- IETF RFC 3086 (2001), *Definition of Differentiated Services Per Domain Behaviours and Rules for their Specification.*
- IETF RFC 3357 (2002), *One-way loss pattern sample metrics.*
- IETF RFC 3432 (2002), *Network Performance Measurement with Periodic Streams.*
- [RFC1323] IETF RFC 1323 (1992), *TCP Extensions for High Performance.*
- [RFC2001] IETF RFC 2001 (1997), *TCP Slow Start, Congestion Avoidance, Fast Retransmit, and Fast Recovery Algorithms.*
- IFIP: MANDJES (Michel), VAN DER WAL (Kees), KOOIJ (Rob), BASTIAANSEN (Harrie): *End-to-end delay models for interactive services on a large-scale IP network, Proceedings*

(edited by Guido H. Petit) of the seventh IFIP workshop on Performance Modelling and Evaluation of ATM Networks: IFIP ATM'99, Paper 42, Antwerp, Belgium, June 1999.

- [Mathis97] MATHIS (M.), SEMKE (J.), MAHDAVI (J.), OTT (T.): The Macroscopic Behaviour of TCP Congestion Avoidance Algorithm, *Computer Communications Review*, Vol. 27, No. 3, July 1997, ISSN# 0146-4833. http://www.psc.edu/networking/papers/model_ccr97.ps
- [Morton98] MORTON (A.C): Transmission Control Protocol Overview, T1A1.3/98-015; PROJECT#: T1A1-14; MEETING DATE: 03/16/98.
<ftp://ftp.tl.org/pub/t1a1/98-t1a1.3/8a130150.doc>
- [Padhye98] PADHYE (J.), FIROIU (V.), TOWSLEY (D.), AND KUROSE (J.): Modelling TCP Throughput: a Simple Model and its Empirical Validation, *SIGCOMM 1998*.
<ftp://gaia.cs.umass.edu/pub/Padhye-Firoiu98:TCP-throughput.ps.Z>
- PADHYE (J.), FIROIU (V.), TOWSLEY (D.), KUROSE (J.): Modelling TCP Reno Performance: A Simple Model and its Empirical Validation, *IEANEP*, Vol. 8, No. 2, pp. 133-145, April 2000.
 - Study Group 12 Delayed Contribution D15: The effect of Packet Losses on Speech Quality, C. Karlsson, *Telia AB*, Feb. 2001.
 - Study Group 12 Delayed Contribution D22: A Framework for Setting Packet Loss Objectives for VoIP, J. Rosenbluth, *AT&T*, Oct. 2001.
 - T1 Standard* T1.522-2000, Quality of Service for Business Multimedia Conferencing.

* T1 Standards are maintained since November 2003 by ATIS.

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты межсетевого протокола и сети последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи