



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.1050

(11/2005)

СЕРИЯ G: СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ,
ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Качество обслуживания и технические
характеристики – Общие и связанные с пользователем
аспекты

**Модель сети для оценки рабочих
характеристик передачи мультимедиа по
протоколу Интернет**

Рекомендация МСЭ-Т G.1050

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ G
СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ВЧ-СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОВОДНЫМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.600–G.699
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	G.900–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ – ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	G.7000–G.7999
ETHERNET И АСПЕКТЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ СООБЩЕНИЙ	G.8000–G.8999
СЕТИ ДОСТУПА	G.9000–G.9999

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

Рекомендация МСЭ-Т G.1050

Модель сети для оценки рабочих характеристик передачи мультимедиа по протоколу Интернет

Резюме

В настоящей Рекомендации описывается модель для оценки рабочих характеристик передачи мультимедиа по IP-сети. Это статистическая модель, в которой значения вероятности наступления события задаются для всех элементов сети и искажений. Результаты испытания с использованием этих статистических моделей выражены в показателях охвата модели сети. Эти результаты являются безусловными – они не зависят от заранее заданных технических характеристик каких-либо элементов сети или от искажений. Проведение испытания в отношении подробной статистической модели позволяет предположить, как могут действовать устройства связи в IP-сети с точки зрения охвата модели сети. В настоящей Рекомендации основное внимание уделено влиянию искажений на рабочие характеристики третьего уровня. С использованием этой модели можно оценить IP-потoki, исходящие от любого типа сетевого устройства.

Особое внимание уделяется тому факту, что производители оборудования связи и поставщики услуг заинтересованы в технических характеристиках, которые точно моделируют характеристики IP-сети, определяющие рабочие характеристики. Тем, кто осуществляет оценку, нужен полный набор простых испытаний, позволяющих надлежащим образом измерить рабочие характеристики устройств связи, поставляемых различными производителями. Таким образом, целью настоящей Рекомендации является определение независимой в технологическом плане модели, которая является репрезентативной для IP-сети, может моделироваться с разумной степенью сложности и сокращает практическое время оценки.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т G.1050 была утверждена 29 ноября 2005 года 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 не 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 2006

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

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Сфера применения	1
2 Справочная литература.....	2
3 Термины и определения	3
4 Сокращения	4
5 Описание модели	5
6 Установление уровня IP-искажений	6
6.1 Профили проверки обслуживания	6
6.2 Сетевые искажения.....	7
6.3 Схема испытания	8
6.4 Таблицы сочетаний искажений	8
6.5 Охват модели сети	15
Дополнение I – Обоснование для модели IP-сети.....	18
I.1 Беспроводные ЛВС.....	18
I.2 Структурированная кабельная система	18
I.3 Концентраторы в сравнении с коммутируемыми устройствами	19
I.4 Скорости доступа.....	19
I.5 Задержки, обусловленные маршрутизатором	19
I.6 Данные об искажении, предоставленные анонимными поставщиками услуг IP-сетей.....	19
Дополнение II – Алгоритмы задержки и потери пакетов.....	20
II.1 Общая модель IP-сети	20
II.2 Модель потери пакета	20
II.3 Модель колебания задержек.....	20
II.4 Основные пакеты с измененным порядком следования	21
II.5 Результаты применения модели	22
II.6 Входные параметры модели	22
БИБЛИОГРАФИЯ.....	24

Введение

Предыдущие стандарты модели передачи по сети для оценки рабочих характеристик модема (см. библиографию) представляли собой статистические модели, в которых значения вероятности наступления событий (LOO) задавались всем элементам сети и искажениям. Результаты испытания с использованием этих статистических моделей были выражены с точки зрения охвата модели сети (NMC). Эти результаты NMC были безусловными – они не зависели от заранее заданных технических характеристик каких-либо элементов сети или искажений. Это пример статистической модели. Проведение испытания в отношении подробной статистической модели позволяет предположить, как могут действовать устройства связи в IP-сети с точки зрения охвата модели сети.

В отличие от предыдущих моделей, основное внимание в которых уделялось искажениям на физическом уровне, настоящая Рекомендация посвящена влиянию искажений на рабочие характеристики третьего уровня. С использованием этой модели можно оценить IP-потoki, исходящие от любого типа сетевого устройства.

Особое внимание уделяется тому факту, что производители оборудования связи и поставщики услуг заинтересованы в технических характеристиках, которые точно моделируют характеристики IP-сети, определяющие рабочие характеристики. Тем, кто осуществляет оценку, нужен полный набор простых испытаний, позволяющих надлежащим образом измерить рабочие характеристики устройств связи, поставляемых различными производителями. Таким образом, целью настоящего стандарта является определение независимой в технологическом плане модели, которая является репрезентативной для IP-сети, может моделироваться с разумной степенью сложности и сокращает практическое время оценки. Приведенная в настоящей Рекомендации модель IP-сети представляет собой "моментальный снимок" фактических данных сети, представленных анонимными поставщиками IP-услуг и производителями оборудования для IP-сетей в течение 2005 года, и будет и далее развиваться по мере поступления новой статистической информации и развития IP-сети.

При разработке этой модели были сделаны некоторые допущения на основе имеющейся наиболее полной статистической информации. Эти допущения приводятся в Дополнении I.

Модель, описанная в настоящей Рекомендации, является независимой в технологическом отношении и приспособлена к различным сетям и устройствам IP-связи.

Ниже приводятся параметры и искажения, затрагивающие качество обслуживания и рабочие характеристики IP-сети:

- архитектура сети;
- типы линий доступа;
- периферийная маршрутизация с контролируемым КО;
- алгоритмы кодирования;
- преобразование А/Ц и Ц/А;
- размер MTU;
- несоответствие протоколов сигнализации;
- неисправности сети;
- отказ линии;
- сдвиг по времени;
- варьирование маршрута;
- пакеты с измененным порядком следования;
- потеря пакета (потеря кадра);
- односторонняя задержка (временная задержка);
- переменные задержки (дрожание); и
- базовый трафик (перегрузка, ширина полосы, коэффициент загрузки, нагрузка на сеть, распределение нагрузки).

Модель сети для оценки рабочих характеристик передачи мультимедиа по протоколу Интернет

1 Сфера применения

В настоящей Рекомендации определяются модель IP-сети и сценарии для оценки и сопоставления оборудования связи, подключенного через конвергированную распределенную сеть. Модель IP-сети состоит из многочисленных сочетаний искажений, которые основаны на сценариях и различаются по времени. С использованием этой модели можно оценить IP-потoki, исходящие от любого типа сетевого устройства. В сценариях испытаний даны реалистичные сочетания ЛВС, доступа и элементов основной сети с целью создания искажений в IP-сети третьего уровня, которые приводят к изменяющейся задержке или потере пакетов. В основу этих сценариев положены фактические данные по сетям, предоставленные анонимными поставщиками IP-услуг и производителями оборудования для IP-сети.

К примерам типов оборудования, которые могут оцениваться с помощью этой модели, относятся:

- Конечные точки, соединяемые по IP:
 - устройства IP-сети (такие, как: агенты пользователя, средства вызова, медиасерверы, контроллеры медиашлюзов, привратники, прикладные серверы, периферийные маршрутизаторы и т. д.);
 - IP-видео;
 - IP-телефоны;
 - IAF (факс на базе интернета).
- Устройства, соединяемые с КТСОП через IP-шлюзы:
 - POTS (традиционные службы телефонной связи) через шлюзы для передачи речи по протоколу Интернет (VoIP);
 - устройства и шлюзы для факса T.38;
 - шлюзы V.150.1 и V.152 (данные полосы речевого канала: VBD) для работы модемов по IP-сети;
 - шлюзы V.151 для работы текстфонов по IP-сети.

На рисунке 1 показаны эти устройства и их присоединение через IP-сеть.

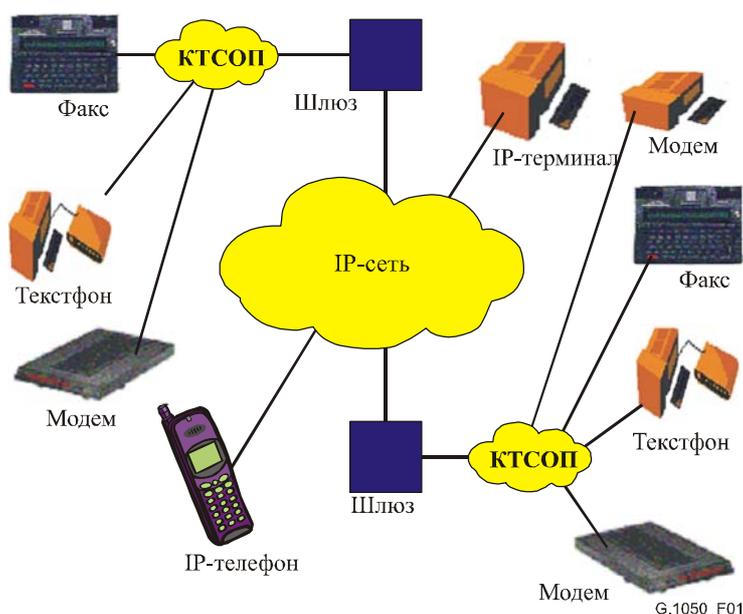


Рисунок 1/G.1050 – Модель сети для оценки рабочих характеристик передачи мультимедиа

Модели включают параметры, которые могут использоваться для определения конфигурации и установки подходящего имитирующего оборудования.

Настоящая Рекомендация включает обязательные требования, рекомендации и варианты; они обозначаются словами "должен", "следует" и "может", соответственно.

Ограничения данной модели:

- Данная модель IP-сети не предназначена для того, чтобы представлять какую-либо конкретную IP-сеть. Она скорее обеспечивает целый диапазон сценариев испытаний, которые могли бы отразить широкий круг характеристик IP-сети, таких как характеристики, присущие хорошо управляемым (управляемым с учетом КО), частично управляемым (без учета КО) и неуправляемым (интернет) сетям.
- В некоторых сетях могут использоваться КТСОП на одном или на обоих концах соединения через медиашлюз. Эта модель касается лишь IP-части сети и не затрагивает часть КТСОП сквозного соединения.
- Модели сети, представленные в настоящей Рекомендации, не моделируют все возможные соединения между устройствами, которые могут встречаться.
- Представленная в настоящей Рекомендации модель IP-сети основана на неофициальном обследовании, проведенном в 2005 году анонимными поставщиками IP-услуг и производителями оборудования для IP-сети, и будет развиваться дальше по мере появления дополнительной статистической информации и развития IP-сети.

2 Справочная литература

Указанные ниже Рекомендации МСЭ-Т и другие источники содержат положения, которые путем ссылки на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие источники могут подвергаться пересмотру; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается изучить возможность применения последнего издания Рекомендаций и других источников, перечисленных ниже. Список действующих в настоящее время Рекомендаций МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка на документ в данной Рекомендации не придает ему как отдельному документу статус рекомендации.

- Рекомендация МСЭ-Т G.107 (2005 г.), *E-модель – вычислительная модель, используемая при планировании передачи.*
- ITU-T Recommendation G.108 (1999), *Application of the E-model: A planning guide.*
- Рекомендация МСЭ-Т G.114 (2003 г.), *Время односторонней передачи.*
- Рекомендация МСЭ-Т T.38 (2005 г.), *Процедуры факсимильной связи Группы 3 в реальном времени по сетям IP.*
- ITU-T Recommendation V.150.0 (2003), *Modem-over-IP networks: Foundation.*
- ITU-T Recommendation V.150.1 (2003), *Modem-over-IP networks: Procedures for the end-to-end connection of V-series DCEs.*
- Рекомендация МСЭ-Т V.152 (2005 г.), *Процедуры поддержки передачи данных в полосе речевого сигнала по сетям IP.*
- ITU-T Recommendation Y.1541 (2002), *Network performance objectives for IP-based services.*

3 Термины и определения

В настоящей Рекомендации содержатся определения следующих терминов:

3.1 потеря пакетного сигнала: Высокая плотность потери пакетов по времени или потеря последовательных пакетов вследствие перегруженности, ограничения ширины полосы или перемаршрутизации (задержка, преобразованная в потерю в результате реализации) в сети.

3.2 кодек: Акроним для кодера/декодера, объединяющего функции преобразования аналогового сигнала в цифровой и цифрового сигнала в аналоговый.

3.3 задержка: Время, которое требуется для прохождения пакета по сети или сегменту сети. См. временное запаздывание.

3.4 нисходящий поток: Передача от поставщика услуг конечному пользователю.

3.5 сквозная сеть: Касается всего тракта от одной оконечной точки до другой. Показатели могут относиться к какому-либо одиночному сегменту (пример: основная задержка) либо ко всему тракту (пример: задержка в сквозной сети).

3.6 электронная модель: Основанная на стандарте (Рекомендации МСЭ-Т G.107 и G.108) модель для планирования качества передачи телефонных сетей. При использовании электронной модели получают коэффициент оценки характеристик передачи, именуемый коэффициентом R. Диапазон значений коэффициента R составляет от 0 до 100, где 0 означает низкое качество, а 100 – высокое качество передачи.

3.7 шлюз: Сетевое устройство, которое действует в качестве входа в другую сеть. Одна из функций заключается в преобразовании среды передачи данных, существующей в одном типе сети, в формат, который требуется в другом типе сети. Например, на шлюзе могли бы завершаться каналы-носители от сети с коммутацией каналов (например, DS0) и медиапоток от сети с коммутацией пакетов (например, потоки RTP в IP-сети).

3.8 IP-сеть: Сеть, основанная на протоколе Интернет – протоколе без установления соединений.

3.9 дрожание: Колебания в задержке пакета.

3.10 буфер дрожания: Совместно используемая область данных, где могут осуществляться сбор, хранение пакетов и их направление в процессор с равномерными интервалами в целях обогащения опыта конечного пользователя.

3.11 время запаздывания: Означает количество времени, которое может потребоваться для передачи пакета данных из одного означенного пункта в другой. См. задержка.

3.12 третий уровень: Третий уровень модели взаимодействия открытых систем (OSI) Международной организации по стандартизации (ИСО), известный как сетевой уровень. IP является протоколом третьего уровня.

3.13 отказ линии: Период потери последовательных пакетов, который может длиться несколько секунд, а иногда и несколько минут. Модель сети имитирует эффект отказа линии в основном сегменте посредством выбрасывания блоков последовательных пакетов во время отказа линии.

3.14 интервал отказа линии: Промежуток времени между отказами линии.

3.15 вероятность наступления события (LOO): Выраженная в процентах нормированная оценочная вероятность появления в IP-сети какого-либо определенного сочетания искажений.

3.16 усредненная субъективная оценка качества разговора (УСО-КР): Мера качества соединения, показывающая, как пользователи оценивают общее качество вызова на основе качества прослушивания, и характеризующая их способность вести разговор во время вызова. Сюда входят помехи, связанные с эхо-эффектом или запаздыванием, которые могут влиять на разговор. Параметры находятся в диапазоне от 1 до 5.

3.17 усредненная субъективная оценка качества прослушивания (УСО-КП): Мера качества соединения, показывающая, как пользователи оценивают то, что они "слышат" во время вызова. Параметры находятся в диапазоне от 1 до 5.

3.18 размер MTU: Указанный в октетах самый крупный размер пакета или кадра, который может быть направлен в сети с передачей пакетов или кадров, такой как интернет.

- 3.19 оценка NMC:** Значение, используемое в кривой NMC. Эта оценка рассчитывается путем умножения значения LOO для сочетаний скоростей ЛВС на LOO для серьезных случаев. Общая оценка добавляется до 100% для каждого серьезного случая (A, B, C). Оценка = $LOO_{LAN/access} \times LOO_{Severity}$.
- 3.20 загрузка:** Фоновый трафик в ЛВС, включая перегрузку вследствие конфликтов, которая не является частью оцениваемого сигнала пользователя.
- 3.21 потеря пакета:** Неспособность пакета пройти по сети до пункта назначения. (Эта модель не учитывает отбрасывание пакета вследствие переполнения буфера).
- 3.22 маскирование потери пакета:** Метод сокрытия факта потери медиапакетов путем генерирования синтезируемых пакетов.
- 3.23 пиковое дрожание:** Максимальное колебание задержек по сравнению со средним значением.
- 3.24 размах дрожания:** Полный диапазон задержки пакета от максимального до минимального значений.
- 3.25 периферийная маршрутизация с КО:** Маршрутизация между сетью в помещениях клиента и сетью поставщика сети на основе значений классификации качества обслуживания.
- 3.26 коэффициент R качества вызова (R-CQ):** Количественная оценка коэффициента R, которая характеризует оценку пользователями общего качества вызова на основе качества прослушивания и их способности вести разговор во время вызова. Сюда входят связанные с эхо-эффектом или запаздыванием помехи, которые могут влиять на разговор.
- 3.27 коэффициент R:** Объективная мера качества передачи в телефонных сетях на основе электронной модели, описанной в Рекомендациях МСЭ-Т G.107 и G.108. Диапазон значений коэффициента R находится в пределах от 0 до 100, где 0 означает низкое качество, а 100 – высокое качество передачи.
- 3.28 коэффициент R качества прослушивания (R-LQ):** Количественная оценка коэффициента R, которая характеризует оценку пользователями того, что они "слышат" во время вызова.
- 3.29 пакет с измененным порядком следования:** Пакет, который прибывает в пункт назначения под порядковым номером, который меньше, чем у предыдущего пакета.
- 3.30 варьирование маршрута:** Неоднократные изменения в тракте вследствие обновления таблицы маршрутизации. Модель сети имитирует эффект варьирования маршрута путем создания пошаговых изменений значений задержки в основном сегменте.
- 3.31 общая задержка:** Совокупная задержка по всем сегментам в соединении.
- 3.32 восходящий поток:** Передача от конечного пользователя к поставщику услуг.

4 Сокращения

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения:

АЦАЛ	Асимметричная цифровая абонентская линия
CSMA/CD	Множественный доступ с контролем несущей и обнаружением конфликтов
IP	Протокол Интернет
ЦСИС	Цифровая сеть с интеграцией служб
ЛВС	Локальная вычислительная сеть
LOO	Вероятность наступления события
УСО	Усредненная субъективная оценка
MTU	Максимальный размер передаваемого блока
NMC	Охват модели сети

OSI	Взаимодействие открытых систем
PESQ	Перцептивная оценка качества передачи речи
PLC	Маскирование потери пакета
POTS	Обычная аналоговая телефонная линия
PSQM	Перцептивное измерение качества передачи речи
КТСОП	Коммутируемая телефонная сеть общего пользования
КО	Качество обслуживания
РЧ	Радиочастота
СЦАЛ	Симметричная цифровая абонентская линия
СУО	Соглашение об уровне обслуживания
VoIP	Передача речи по протоколу Интернет
VTC	Видеоконференцсвязь

5 Описание модели

Модель IP-сети включает многие комбинации искажений, которые основаны на сценарии, изменяющиеся во времени искажения в IP-сети, представляющие собой важный пример условий для возникновения искажений. Испытания с использованием этой модели могут быть однонаправленными или двунаправленными. Искажения возникают в обоих направлениях. Поскольку линии доступа могут быть по своему характеру асимметричными и пакеты, транспортируемые в одном направлении, будут проходить через части модели в иной последовательности, чем пакеты, транспортируемые в другом направлении, искажения в каждом из этих направлений могут различаться. На рисунке 2 показаны параметры сети и искажения, которые применяются к каждой части модели:

Параметры стороны А:

Скорость и тип ЛВС А, загрузка ЛВС А, скорость местного доступа А в каждом направлении, загрузка доступа А, размер MTU.

Основные параметры:

Интервал варьирования маршрута, изменение задержки в варьировании маршрута, интервал отказов линии, продолжительность отказов линии, односторонняя задержка, дрожание, пакеты с измененным порядком следования и потеря пакета.

Параметры стороны В:

Скорость и тип ЛВС В, загрузка ЛВС В, скорость местного доступа В в каждом направлении, занятость доступа В, размер MTU.

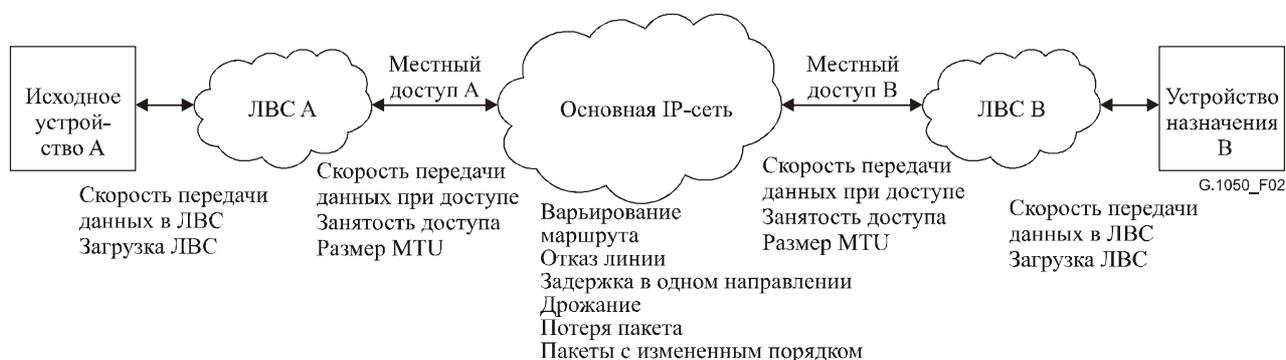


Рисунок 2/G.1050 – Модель искажений в IP-сети

В Дополнении I приводится обоснование параметров сети и искажений для модели IP-сети.

В Дополнении II указаны алгоритмы для расчета задержки, изменения порядка следования пакета и потери пакета, исходя из параметров сети и искажений в каждой части модели.

IP-потоки, исходящие от сетевого устройства любого типа, можно оценивать с помощью модели IP-сети, и они дадут результаты, соответствующие оцениваемому типу устройства или приложению.

Испытания предусматривают возможность завершения всего комплекса тестирования в течение 36 часов (если испытание в каждом случае длится 2 минуты) или быстрее, в зависимости от типа проводимого испытания. Методика испытания легко поддается автоматизации. Испытываемый блок (ИБ) подвергается воздействию каждого сочетания искажений. Такой подход можно рассматривать как прогон широкого диапазона искажений через многие отдельные IP-узлы.

Элементы за пределами модели, которые влияют на сквозную задержку, дрожание и качество приложения, включают:

- размер пакета;
- скорость создания пакетов источника – предполагаемый изохронный поток;
- алгоритмы сжатия;
- алгоритмы маскирования потери пакета;
- тип и размер буфера дрожания;
- упреждающая коррекция ошибок;
- периферийная маршрутизация с КО;
- обнаружение активности речи.

6 Установление уровня IP-искажений

6.1 Профили проверки обслуживания

В таблице 1 описаны профили проверки обслуживания и приложения, узловые механизмы и связанные с ними сетевые методы. В Рекомендации МСЭ-Т Y.1541 используется аналогичный подход, однако однозначное сопоставление таких профилей обслуживания может оказаться невозможным.

Таблица 1/G.1050 – Профили проверки обслуживания

Профили проверки обслуживания	Приложения (примеры)	Узловые механизмы	Сетевые методы
Хорошо управляемая IP-сеть (профиль А)	Высококачественные видеоизображение и VoIP, VTC (приложения в реальном времени, с чувствительностью к потерям, с чувствительностью к дрожанию, с высокой степенью взаимодействия)	Строгое КО, гарантировано отсутствие чрезмерного абонирования на линиях	Ограниченные маршрутизация и расстояние
Частично управляемая IP-сеть (профиль В)	VoIP, VTC (приложения в реальном времени, с чувствительностью к дрожанию, интерактивные)	Отдельная очередность с льготным обслуживанием, очищение трафика	Менее ограниченные маршрутизация и расстояния

Таблица 1/G.1050 – Профили проверки обслуживания

Профили проверки обслуживания	Приложения (примеры)	Узловые механизмы	Сетевые методы
Неуправляемая IP-сеть (профиль С)	Менее качественные видеоизображение и VoIP, сигнализация, передача данных (в высокой степени интерактивные)	Отдельная очередность (приоритет выбрасывания блоков)	Ограниченные маршрутизация и расстояние
	Передача данных, интерактивная		Менее ограниченные маршрутизация и расстояния
	Короткие функции, массив данных (низкая потеря)	Длительная очередность (приоритет выбрасывания блоков)	Любой маршрут/тракт
	Традиционные приложения интернета (IP-сети по умолчанию)	Отдельная очередность (самый низкий приоритет)	Любой маршрут/тракт

6.2 Сетевые искажения

6.2.1 Профили проверки обслуживания

В данной модели IP-сети используются следующие три профиля проверки, которые могут быть связаны с соглашениями об уровне обслуживания (СУО):

- Хорошо управляемая сеть (профиль А) – сеть, в которой нет чрезмерных обязательств на линиях, использующих периферийную маршрутизацию с КО.
- Частично управляемая сеть (профиль В) – сеть, которая сводит к минимуму чрезмерные обязательства на линиях и где имеются одна или более линий без периферийной маршрутизации с КО.
- Неуправляемая сеть (профиль С) – неуправляемая сеть, такая как интернет, с чрезмерными обязательствами на линиях и где имеются одна или более линий без периферийной маршрутизации с КО.

В представленных таблицах приводятся уровни сквозных искажений, в том числе в ЛВС и при доступе. В таблицах 2, 3 и 4 общая потеря пакета представляет собой сумму последовательных потерь пакетов и случайных потерь пакетов. Следует отметить, что поставщики услуг ЛВС гарантируют только характеристики основной части сети.

Таблица 2/G.1050 – Диапазоны искажения для хорошо управляемой сети (профиль А)

Тип искажения	Единицы измерения	Диапазон (от минимального до максимального значения)
Односторонняя временная задержка	мс	20–100 (региональная) 90–300 (межконтинентальная)
Дрожание (размах)	мс	0–50
Последовательные потери пакетов	мс	Только случайные потери (за исключением случаев отказа линии)
Скорость последовательных потерь	с ⁻¹	Только случайные потери (за исключением случаев отказа линии)
Случайные потери пакетов	%	0–0,05
Пакеты с измененным порядком следования	%	0–0,001

Таблица 3/G.1050 – Диапазоны искажения для частично управляемой сети (профиль В)

Тип искажения	Единицы измерения	Диапазон (от минимального до максимального значения)
Временное запаздывание в одном направлении	мс	50–100 (региональная) 90–400 (межконтинентальная)
Дрожание (размах)	мс	0–150
Последовательные потери пакетов	мс	40–200
Скорость последовательных потерь	с ⁻¹	≤ 10 ⁻³ (Примечание)
Случайные потери пакетов	%	0–2
Пакеты с измененным порядком следования	%	0–0,01
ПРИМЕЧАНИЕ. – Последовательные потери пактов происходят каждые 1000 секунд.		

Таблица 4/G.1050 – Диапазоны искажения для неуправляемой сети (профиль С) (Примечание 1)

Тип искажения	Единицы измерения	Диапазон (от минимального до максимального значения)
Временное запаздывание в одном направлении	мс	50–500
Дрожание (размах)	мс	0–500
Последовательные потери пакетов	мс	40–10 000
Скорость последовательных потерь	с ⁻¹	≤ 10 ⁻¹ (Примечание 2)
Случайные потери пакетов	%	0–20
Пакеты с измененным порядком следования	%	0–0,1
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В настоящей таблице представлены уровни для нормально действующей неуправляемой сети. Уровни искажений для условия искажений Н могут превышать диапазоны, приведенные в настоящей таблице, в условиях бедствий.		
ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Последовательные потери пакетов происходят каждые 10 секунд.		

6.3 Схема испытания

(См. рисунок 3.)



Рисунок 3/G.1050 – Блок-схема моделирующего устройства

6.4 Таблицы сочетаний искажений

Каждый контрольный пример включает полный набор параметров и искажений. Первый из этих параметров – скорости ЛВС и доступа на каждом конце соединения. Они указывают фактические скорости и различаются в зависимости от разнообразных факторов, включая расстояние от центральной станции, чрезмерное абонирование, предлагаемые услуги, количество действующих одновременно пользователей, искажения в связи с физическими установками и другие факторы.

В таблицах 5–8 перечислены типичные скорости для местоположений в жилых и служебных помещениях, а не предлагаемые скорости услуг.

Возможны следующие сочетания местоположений:

- жилое – жилое помещение;
- жилое – служебное помещение;
- служебное – жилое помещение;
- служебное – служебное помещение.

Таблица 5/G.1050 – Скорости ЛВС для местоположений в жилых помещениях

Фактическая скорость ЛВС (Мбит/с)	LOO (%)	Представляет
4	75	802,11b, 10BaseT hub
20	25	802,11g, 100BaseT hub

Таблица 6/G.1050 – Скорости ЛВС для местоположений в служебных помещениях

Фактическая скорость ЛВС (Мбит/с)	LOO (%)	Представляет
4	20	802,11b, 10BaseT
20	20	802,11g, 100BaseT hub
100	60	100BaseT switched, Gbit Ethernet

Таблица 7/G.1050 – Скорости доступа для местоположений в жилых помещениях

Скорость доступа		LOO (%)	Представляет
К основному сегменту (кбит/с)	Из основного сегмента (кбит/с)		
128	768	40	АЦАЛ
384	1 536	50	Кабель, АЦАЛ
384	3 000	10	Кабель, АЦАЛ

Таблица 8/G.1050 Скорости доступа для местоположений в служебных помещениях

Скорость доступа		LOO (%)	Представляет
К основному сегменту (кбит/с)	Из основного сегмента (кбит/с)		
384	1 536	40	АЦАЛ, начальный
384	3 000	15	АЦАЛ, дополнительный
1 536	1 536	40	T1
43 000	43 000	5	T3

Настоящая модель определяет распространенность ЛВС, а также скорости доступа в жилых и служебных помещениях.

В таблице 9 – таблице сочетаний общих скоростей – содержатся все возможные сочетания местоположений, скоростей ЛВС и скоростей доступа. Для каждого сочетания столбец LOO рассчитывается путем умножения LOO для скорости ЛВС на LOO для скорости доступа. При появлении дублирующих сочетаний скоростей (или зеркальных сочетаний изображений), они комбинируются, и LOO, которые к ним относятся, суммируются. Это дает 133 уникальных сочетания скоростей со значениями LOO, которые добавляются до 100%.

Таблица 9/G.1050 – Сочетания скорости ЛВС и скорости доступа

Контрольный пример #	Скорость ЛВС А (Мбит/с)	Скорость доступа А->В в А (кбит/с)	Скорость доступа А->В в В (кбит/с)	Скорость ЛВС В (Мбит/с)	Скорость доступа В->А в В (кбит/с)	Скорость доступа В->А в А (кбит/с)	LOO (%)
1	4	128	768	4	128	768	2,2500
2	4	128	768	20	128	768	1,5000
3	20	128	768	20	128	768	0,2500
4	4	128	1 536	4	384	768	3,4125
5	4	128	1 536	20	384	768	2,6750
6	20	128	1 536	20	384	768	0,5125
7	4	128	3 000	4	384	768	0,7875
8	4	128	3 000	20	384	768	0,6750
9	20	128	3 000	20	384	768	0,1375
10	4	384	768	4	128	1 536	3,4125
11	4	384	768	20	128	1 536	2,6750
12	20	384	768	20	128	1 536	0,5125
13	4	384	1 536	4	384	1 536	5,1756
14	4	384	1 536	20	384	1 536	4,6638
15	20	384	1 536	20	384	1 536	1,0506
16	4	384	3 000	4	384	1 536	1,1944
17	4	384	3 000	20	384	1 536	1,1638
18	20	384	3 000	20	384	1 536	0,2819
19	4	384	768	4	128	3 000	0,7875
20	4	384	768	20	128	3 000	0,6750
21	20	384	768	20	128	3 000	0,1375
22	4	384	1 536	4	384	3 000	1,1944
23	4	384	1 536	20	384	3 000	1,1638
24	20	384	1 536	20	384	3 000	0,2819
25	4	384	3 000	4	384	3 000	0,2756
26	4	384	3 000	20	384	3 000	0,2888
27	20	384	3 000	20	384	3 000	0,0756
28	4	128	1 536	100	384	768	1,8000
29	20	128	1 536	100	384	768	0,6000
30	4	128	3 000	100	384	768	0,6750
31	20	128	3 000	100	384	768	0,2250
32	4	128	1 536	4	768	1 536	0,6000
33	4	128	1 536	20	768	1 536	0,8000
34	4	128	1 536	100	768	1 536	1,8000

Таблица 9/G.1050 – Сочетания скорости ЛВС и скорости доступа

Контрольный пример #	Скорость ЛВС А (Мбит/с)	Скорость доступа А->В в А (кбит/с)	Скорость доступа А->В в В (кбит/с)	Скорость ЛВС В (Мбит/с)	Скорость доступа В->А в В (кбит/с)	Скорость доступа В->А в А (кбит/с)	LOO (%)
35	20	128	1 536	20	768	1 536	0,2000
36	20	128	1 536	100	768	1 536	0,6000
37	4	128	43 000	4	768	43 000	0,0750
38	4	128	43 000	20	768	43 000	0,1000
39	4	128	43 000	100	768	43 000	0,2250
40	20	128	43 000	20	768	43 000	0,0250
41	20	128	43 000	100	768	43 000	0,0750
42	4	384	1 536	100	384	1 536	5,4600
43	20	384	1 536	100	384	1 536	2,4600
44	4	384	3 000	100	384	1 536	1,6538
45	20	384	3 000	100	384	1 536	0,7913
46	4	384	1 536	4	1 536	1 536	0,9100
47	4	384	1 536	20	1 536	1 536	1,3200
48	4	384	1 536	100	1 536	1 536	3,2100
49	20	384	1 536	20	1 536	1 536	0,4100
50	20	384	1 536	100	1 536	1 536	1,7100
51	4	384	43 000	4	1 536	43 000	0,1138
52	4	384	43 000	20	1 536	43 000	0,1650
53	4	384	43 000	100	1 536	43 000	0,4013
54	20	384	43 000	20	1 536	43 000	0,0513
55	20	384	43 000	100	1 536	43 000	0,2138
56	4	384	1 536	100	384	3 000	1,6538
57	20	384	1 536	100	384	3 000	0,7913
58	4	384	3 000	100	384	3 000	0,4725
59	20	384	3 000	100	384	3 000	0,2475
60	4	384	1 536	4	1 536	3 000	0,2100
61	4	384	1 536	20	1 536	3 000	0,3200
62	4	384	1 536	100	1 536	3 000	0,8100
63	20	384	1 536	20	1 536	3 000	0,1100
64	20	384	1 536	100	1 536	3 000	0,5100
65	4	384	43 000	4	3 000	43 000	0,0263
66	4	384	43 000	20	3 000	43 000	0,0400
67	4	384	43 000	100	3 000	43 000	0,1013
68	20	384	43 000	20	3 000	43 000	0,0138
69	20	384	43 000	100	3 000	43 000	0,0638
70	4	384	768	100	128	1 536	1,8000
71	20	384	768	100	128	1 536	0,6000
72	4	384	768	100	128	3 000	0,6750
73	20	384	768	100	128	3 000	0,2250

Таблица 9/G.1050 – Сочетания скорости ЛВС и скорости доступа

Контрольный пример #	Скорость ЛВС А (Мбит/с)	Скорость доступа А->В в А (кбит/с)	Скорость доступа А->В в В (кбит/с)	Скорость ЛВС В (Мбит/с)	Скорость доступа В->А в В (кбит/с)	Скорость доступа В->А в А (кбит/с)	LOO (%)
74	4	768	1 536	4	128	1 536	0,6000
75	4	768	1 536	20	128	1 536	0,8000
76	20	768	1 536	20	128	1 536	0,2000
77	4	768	1 536	100	128	1 536	1,8000
78	20	768	1 536	100	128	1 536	0,6000
79	4	1 536	1 536	4	384	1 536	0,9100
80	4	1 536	1 536	20	384	1 536	1,3200
81	20	1 536	1 536	20	384	1 536	0,4100
82	4	1 536	1 536	100	384	1 536	3,2100
83	20	1 536	1 536	100	384	1 536	1,7100
84	4	1 536	3 000	4	384	1 536	0,2100
85	4	1 536	3 000	20	384	1 536	0,3200
86	20	1 536	3 000	20	384	1 536	0,1100
87	4	1 536	3 000	100	384	1 536	0,8100
88	20	1 536	3 000	100	384	1 536	0,5100
89	4	768	43 000	4	128	43 000	0,0750
90	4	768	43 000	20	128	43 000	0,1000
91	20	768	43 000	20	128	43 000	0,0250
92	4	768	43 000	100	128	43 000	0,2250
93	20	768	43 000	100	128	43 000	0,0750
94	4	1 536	43 000	4	384	43 000	0,1138
95	4	1 536	43 000	20	384	43 000	0,1650
96	20	1 536	43 000	20	384	43 000	0,0513
97	4	1 536	43 000	100	384	43 000	0,4013
98	20	1 536	43 000	100	384	43 000	0,2138
99	4	3 000	43 000	4	384	43 000	0,0263
100	4	3 000	43 000	20	384	43 000	0,0400
101	20	3 000	43 000	20	384	43 000	0,0138
102	4	3 000	43 000	100	384	43 000	0,1013
103	20	3 000	43 000	100	384	43 000	0,0638
104	100	384	1 536	100	384	1 536	1,4400
105	100	384	3 000	100	384	1 536	0,5400
106	100	384	1 536	100	1 536	1 536	1,4400
107	100	384	43 000	100	1 536	43 000	0,1800
108	100	384	1 536	100	384	3 000	0,5400
109	100	384	3 000	100	384	3 000	0,2025
110	100	384	1 536	100	1 536	3 000	0,5400
111	100	384	43 000	100	3 000	43 000	0,0675
112	100	1 536	1 536	100	384	1 536	1,4400

Таблица 9/G.1050 – Сочетания скорости ЛВС и скорости доступа

Контрольный пример #	Скорость ЛВС А (Мбит/с)	Скорость доступа А->В в А (кбит/с)	Скорость доступа А->В в В (кбит/с)	Скорость ЛВС В (Мбит/с)	Скорость доступа В->А в В (кбит/с)	Скорость доступа В->А в А (кбит/с)	LOO (%)
113	100	1 536	3 000	100	384	1 536	0,5400
114	4	1 536	1 536	4	1 536	1 536	0,1600
115	4	1 536	1 536	20	1 536	1 536	0,3200
116	4	1 536	1 536	100	1 536	1 536	0,9600
117	20	1 536	1 536	20	1 536	1 536	0,1600
118	20	1 536	1 536	100	1 536	1 536	0,9600
119	100	1 536	1 536	100	1 536	1 536	1,4400
120	4	1 536	43 000	4	1 536	43 000	0,0400
121	4	1 536	43 000	20	1 536	43 000	0,0800
122	4	1 536	43 000	100	1 536	43 000	0,2400
123	20	1 536	43 000	20	1 536	43 000	0,0400
124	20	1 536	43 000	100	1 536	43 000	0,2400
125	100	1 536	43 000	100	1 536	43 000	0,3600
126	100	1 536	43 000	100	384	43 000	0,1800
127	100	3 000	43 000	100	384	43 000	0,0675
128	4	43 000	43 000	4	43 000	43 000	0,0025
129	4	43 000	43 000	20	43 000	43 000	0,0050
130	4	43 000	43 000	100	43 000	43 000	0,0150
131	20	43 000	43 000	20	43 000	43 000	0,0025
132	20	43 000	43 000	100	43 000	43 000	0,0150
133	100	43 000	43 000	100	43 000	43 000	0,0225

В таблице 10 перечислены восемь уровней серьезности искажений (А–Н). Каждый уровень серьезности состоит из сочетания искажений от местоположения источника, основной сети и местоположения пункта назначения. Для сведения к минимуму времени испытания проводящее испытание лицо может принять решение о запуске набора контрольных примеров, связанных с конкретным СУО (набор параметров А, В или С), как это описано в п. 6.2.1. Точное использование этих параметров в алгоритмах искажений приводится в Дополнении II.

Таблица 10/G.1050 – Сочетания серьезности искажений

Искажение	Серьезность ⇒ Единицы измерения	А	В	С	Д	Е	F	G	Н*
Профиль А LOO	%	50	30	15	5	0	0	0	0
Профиль В LOO	%	5	25	30	25	10	5	0	0
Профиль С LOO	%	5	5	10	15	20	25	15	5
Параметры местоположения источника (А)									
Загрузка ЛВС А	%	1	2	3	5	8	12	16	20
Занятость доступа А	%	0	1	2	4	8	15	30	50
MTU А	байты	512	512	1 508	1 508	1 508	1 508	1 508	1 508
Искажения в основной сети									
Интервал варьирования маршрута	секунды	0	3 600	1 800	900	480	240	120	60
Задержка из-за варьирования маршрута	мс	0	2	4	8	16	32	64	128
Задержка (региональная)	мс	4	8	16	32	64	128	256	512
Задержка (межконтинентальная)	мс	16	32	64	128	196	256	512	768
Размах дрожания	мс	5	10	24	40	70	100	150	500
Интервал в отказах линии	секунды	0	3 600	1 800	900	480	240	120	60
Продолжительность отказа линии	мс	0	64	128	256	400	800	1 600	3 000
Потеря пакета	%	0	0,01	0,02	0,04	0,1	0,2	0,5	1
Пакеты с измененным порядком следования	%	0	0,00025	0,0005	0,001	0,005	0,01	0,05	0,1
Параметры местоположения пункта назначения (В)									
Занятость доступа В	%	0	1	2	4	8	15	30	50
MTU В	байты	512	512	1 508	1 508	1 508	1 508	1 508	1 508
Загрузка ЛВС В	%	1	2	3	5	8	12	16	20

* Условие Н может превышать диапазоны, приведенные в таблице 4, для учета условий бедствий.

Полный перечень 1064 контрольных примеров обозначается следующим образом:

- 1А, 1В, 1С...1Н объединяют сочетание скоростей 1 с уровнями серьезности искажений А, В, С...Н.
- 2А, 2В, 2С...2Н объединяют сочетание скоростей 1 с теми же уровнями серьезности искажений А, В, С...Н.
- и так далее до...
- 133Н завершает общее число $133 \times 8 = 1064$ контрольных примеров.

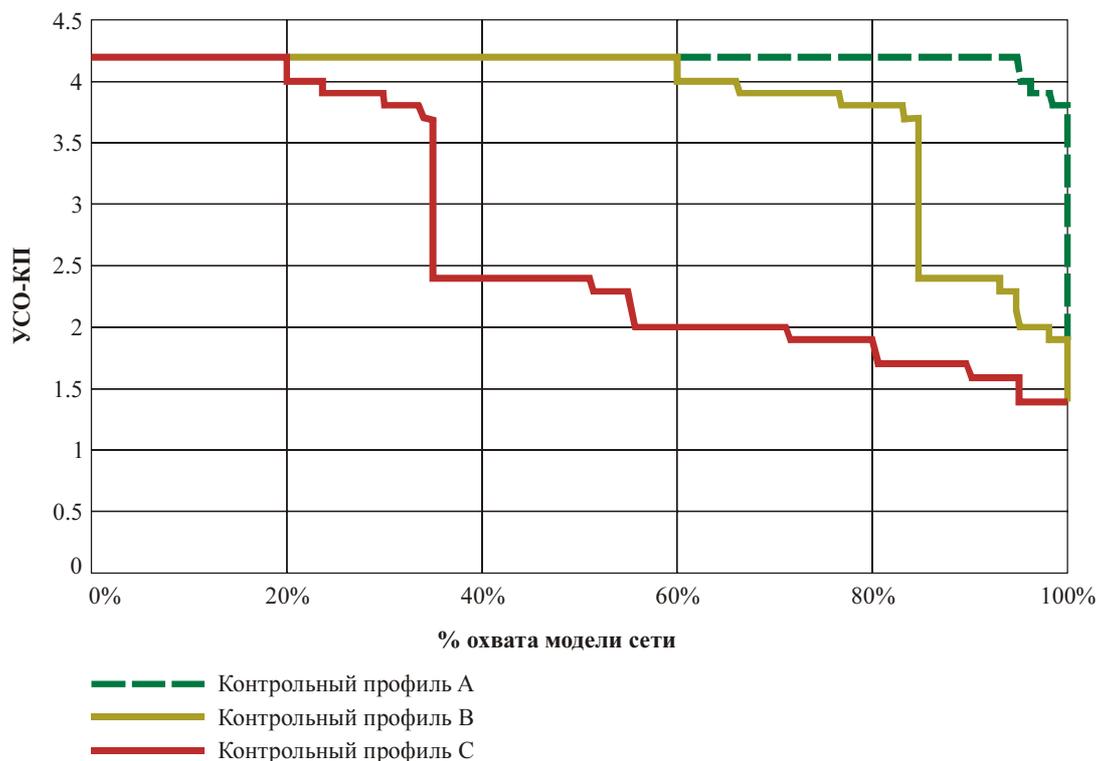
6.5 Охват модели сети

На рисунках 4–7 приводятся примеры кривых NMC для соединения VoIP, основанные на статистике примерных результатов. На типовых кривых по оси Y отложен желаемый параметр качества, а по оси X – процент охвата модели сети. Кривые NMC строятся посредством следующей процедуры:

- 1) Прогнать каждый контрольный пример (с соответствующей оценкой NMC).
- 2) Измерить требуемый(е) параметр(ы) (например, PESQ, PEAQ, PSQM, YCO, пропускную способность, скорость соединения, измерение качества видеоизображения и т. д.).
- 3) Упорядочить измеренный(е) параметр(ы) наряду с соответствующими оценками NMC в нисходящем порядке с использованием программы табличных расчетов или аналогичного механизма.
- 4) Отложить измеренный(е) параметр(ы) по оси Y и соответствующую оценку NMC по оси X.
- 5) Полученная кривая показывает характеристики (в значениях измеренных параметров) в процентном отношении от модели сети.

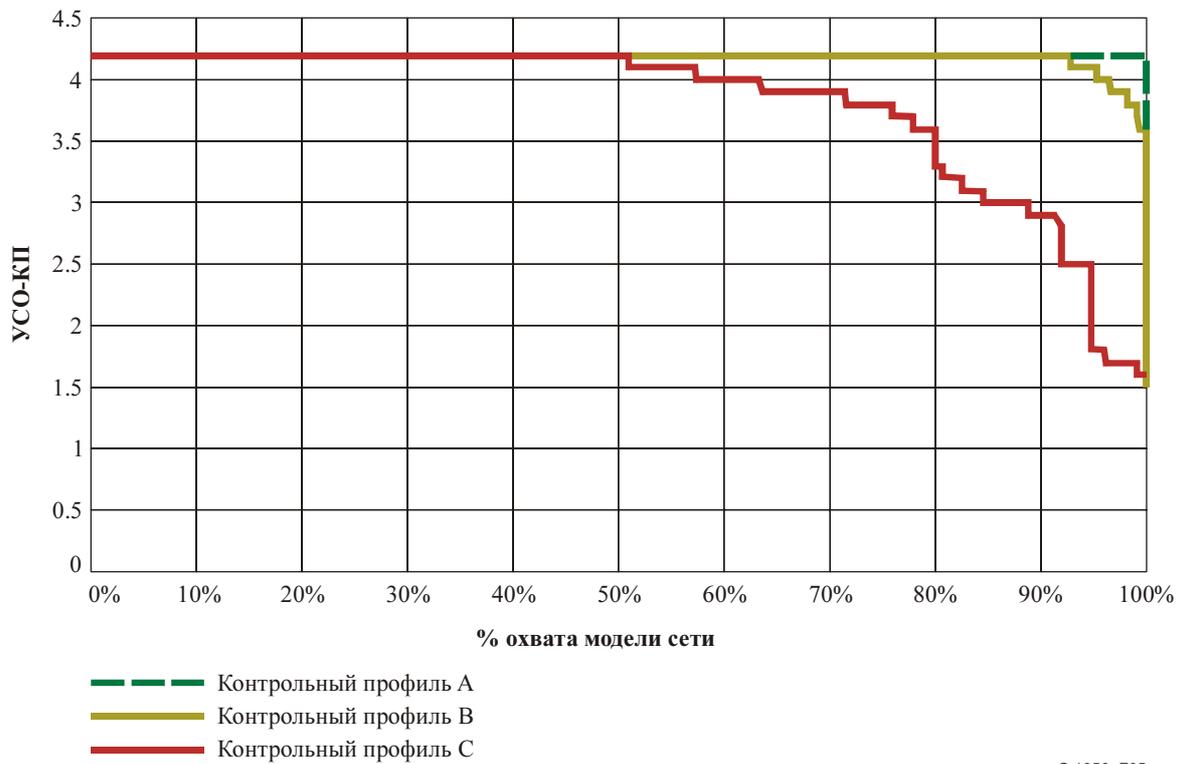
Полученный график используется для сопоставления рабочих характеристик/качества обслуживания для различных СУО или устройств. В Рекомендации МСЭ-Т G.107 определены уровни удовлетворенности пользователя для коэффициента R и усредненной субъективной оценки (YCO) – значений качества прослушивания. Точка, в которой охват NMC (ось X) пересекает оценку (ось Y), указывает на процент пользователей, удовлетворенность которых находится на данном или более высоком уровне.

Приводимые примеры графиков иллюстрируют сопоставление оценок качества речи в отношении конкретных устройств для профилей СУО. Вместе с тем, для оценки охвата NMC по наборам параметров уровня обслуживания или разнообразным устройствам на оси Y могут использоваться любые рабочие характеристики или показатели качества.



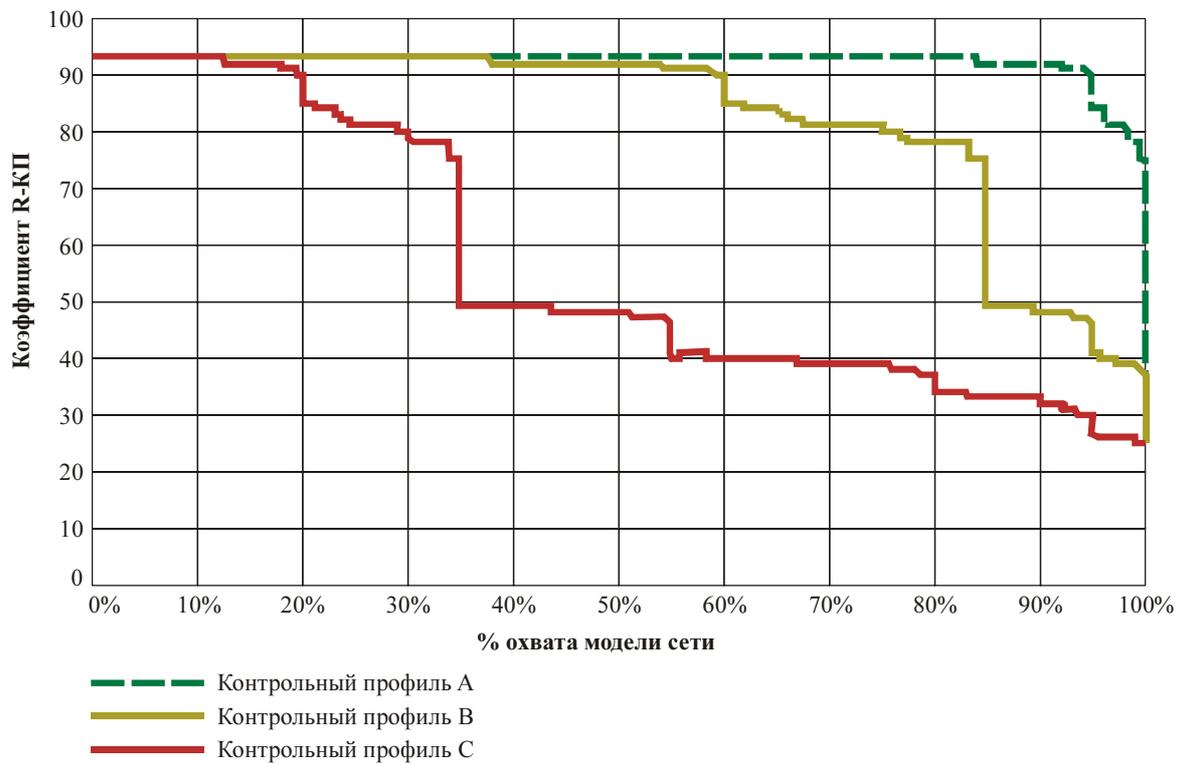
G.1050_F04

Рисунок 4/G.1050 – Кривые охвата типовой сети с использованием YCO – качества прослушивания (буфер дрожания 40 мс)



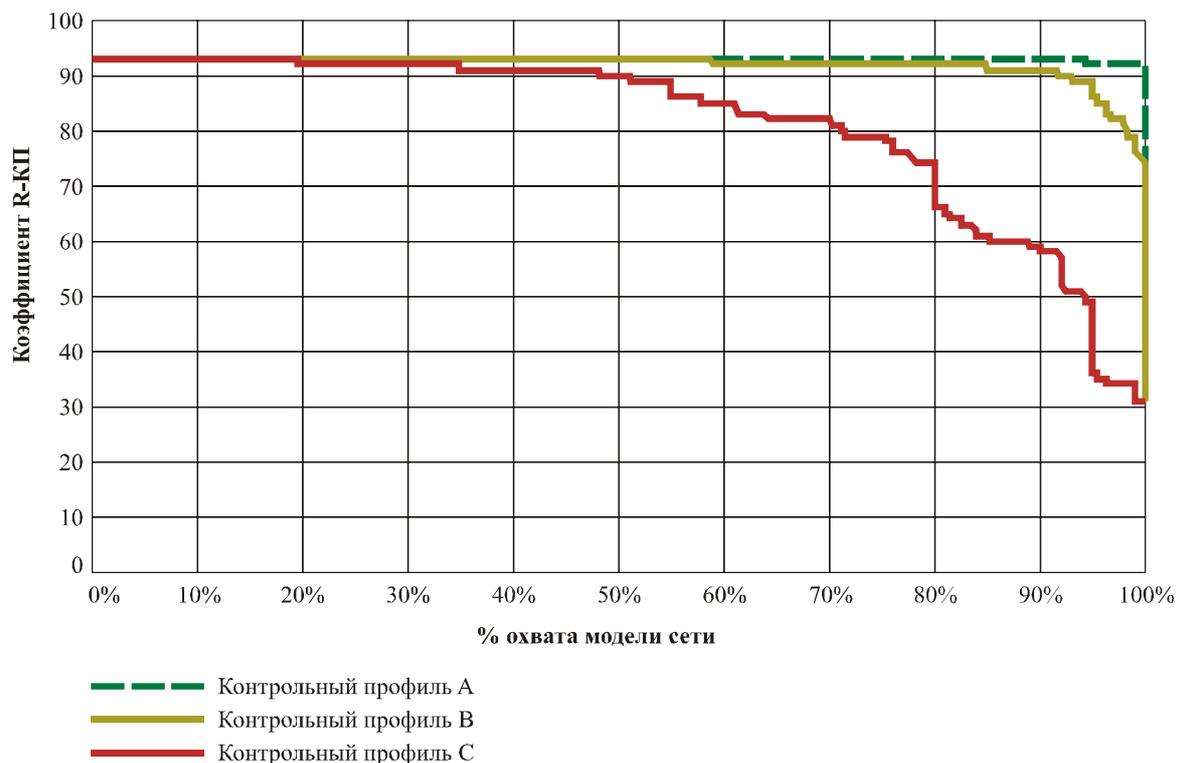
G.1050_F05

Рисунок 5/G.1050 – Кривые охвата типовой сети с использованием УСО – качества прослушивания (буфер дрожания 100 мс)



G.1050_F06

Рисунок 6/G.1050 – Кривые охвата типовой сети с использованием коэффициента R – качества прослушивания (буфер дрожания 40 мс)



G.1050_F07

Рисунок 7/G.1050 – Кривые охвата типовой сети с использованием коэффициента R – качества прослушивания (буфер дрожания 100 мс)

Приведенные в таблицах 11 и 12 значения представляют собой процент пользователей, которые находятся на данном уровне удовлетворенности пользователей или на более высоком уровне. Процентные значения примерно соотносятся со значениями, приведенными на графиках на рисунках 4–7. На основе этих таблиц и графиков несложно сравнить влияние применения буфера дрожания 40 мс по сравнению с буфером дрожания 100 мс.

Таблица 11/G.1050 – Охват модели типовой сети и УСО-оценки качества прослушивания

УСО – качество прослушивания	Рисунок 4 (40 мс)			Рисунок 5 (100 мс)			G.107 удовлетворенность пользователей
	NMC А	NMC В	NMC С	NMC А	NMC В	NMC С	
4,3	95%	60%	20%	100%	93%	51%	весьма удовлетворены
4,0	96%	66%	24%	100%	97%	64%	удовлетворены
3,6	100%	85%	35%	100%	100%	80%	некоторые пользователи не удовлетворены
3,1	100%	85%	35%	100%	100%	85%	многие пользователи не удовлетворены
2,6	100%	92%	51%	100%	100%	92%	почти все пользователи не удовлетворены
1,0	100%	100%	100%	100%	100%	100%	не рекомендуется

Таблица 12/G.1050 – Охват модели типовой сети и коэффициент R-оценки качества прослушивания

Коэффициент R – качество прослушивания	Рисунок 6 (40 мс)			Рисунок 7 (100 мс)			G.107 удовлетворенность пользователей
	NMC А	NMC В	NMC С	NMC А	NMC В	NMC С	
90+	95%	60%	20%	100%	93%	51%	весьма удовлетворены
80	98%	77%	30%	100%	98%	72%	удовлетворены
70	100%	85%	35%	100%	100%	80%	некоторые пользователи не удовлетворены
60	100%	85%	35%	100%	100%	89%	многие пользователи не удовлетворены
50	100%	90%	44%	100%	100%	94%	почти все пользователи не удовлетворены
<50	100%	100%	100%	100%	100%	100%	не рекомендуется

Дополнение I

Обоснование для модели IP-сети

I.1 Беспроводные ЛВС

Беспроводные ЛВС, основанные на серии стандартов IEEE 802.11, являются наиболее широко внедренными ЛВС в жилых помещениях. Это вызвано, в первую очередь, простотой сетевых компьютеров, подключенных к широкополосному доступу с помощью ЦАЛ или кабельного модема.

Скорости работы беспроводных ЛВС, прежде всего, определяются технологией физического уровня и условиями эксплуатации. В настоящее время наиболее широко внедренная в жилых помещениях ЛВС основана на действующем стандарте IEEE 802.11b. После учета издержек и ограничений, связанных с РЧ шумом от других нелицензированных устройств в 2,4 ГГц, а также расстояния между точкой доступа и беспроводным модемом, пропускная способность для типичного пользователя составляет около 4 Мбит/с. В связи с этим в таблице 5 (скорости ЛВС для местоположений в жилых помещениях) использовалось значение 4 Мбит/с. Следующая ЛВС, имеющая более высокую скорость, основана на стандартах IEEE 802.11g и IEEE 802.11a. До последнего времени высокая стоимость этих систем ограничивала начальное внедрение таких устройств среди тех, кто впервые стал их применять; в связи с этим они широко не используются. После учета издержек для уровня 1-3 OSI и ограничений, связанных с РЧ шумом, а также расстояния между точкой доступа и беспроводным модемом, пропускная способность для типичного пользователя составляет 20 Мбит/с. В связи с этим в таблице 5 (скорости ЛВС для местоположений в жилых помещениях) использовалось значение 20 Мбит/с.

I.2 Структурированная кабельная система

Проводной Ethernet в зданиях практически всегда обеспечивает более высокие скорости передачи данных, чем беспроводные системы. В первую очередь это является результатом значительно меньших издержек в рамках технологии Ethernet, а также устойчивостью средств транспорта CAT5/CAT6 к попаданию РЧ шума. Скорости в структурированных кабельных системах составляют 10BT (10 Мбит/с) и 100BT (100 Мбит/с) в концентраторе и коммутируемых устройствах, а также в последнее время – Гбит/с в gigabit Ethernet для тех, кто впервые стал его применять. В жилых помещениях чаще всего используются соединения 10/100 Ethernet, тогда как в рабочих помещениях используются, как правило, соединения Ethernet со скоростью 100 Мбит/с или 1 Гбит/с. В связи с этим значение 10 Мбит/с использовалось в таблице 5 (скорости ЛВС для местоположений в жилых помещениях), а 100 Мбит/с – в таблице 6 (скорости ЛВС для местоположения в рабочих помещениях).

I.3 Концентраторы в сравнении с коммутируемыми устройствами

Концентраторы, если сравнивать их с коммутируемыми устройствами, представляют собой фактор ограничения скорости сети. В устройствах концентратора уровни загрузки выше ввиду конфликтов трафика. Кроме того, многие концентраторы ограничивают транспорт данных пользователей полудуплексной передачей. Напротив, коммутируемым устройствам не мешают конфликты, и они всегда работают в полном дуплексном режиме.

Сокращение стоимости способствует использованию коммутируемых устройств помимо концентраторов в сетях внутри помещений, однако в настоящее время все еще используется существенное количество традиционных устройств концентраторов. В интересах сокращения количества величин скорости передачи данных предполагается, что пропускная способность для пользователя в проводной ЛВС со скоростью 10 Мбит/с при использовании концентратора составляет 4 Мбит/с – такая же скорость, что и для беспроводной ЛВС с использованием коммутируемого устройства по стандарту IEEE 802.11b.

I.4 Скорости доступа

К числу технологий доступа относятся главным образом АЦАЛ, кабельные модемы, СЦАЛ, ЦСИС, T1, T3/E3 или оптическое волокно. Среди этих технологий наиболее широкое внедрение получили АЦАЛ и кабельные модемы. Поставщики услуг кабельного доступа и услуг электросвязи существенно конкурируют между собой и предлагают аналогичные скорости. В последнее время поставщики услуг предлагают скорости нисходящего потока 3 Мбит/с и восходящего потока 384–512 кбит/с. После учета издержек для уровня 1-2 OSI и сниженных скоростей ввиду обслуживаемых расстояний, а также искажений в инфраструктуре, для типичного пользователя пропускная способность оценивается в 1536 кбит/с для нисходящего потока и 384 кбит/с для восходящего потока. В интересах сокращения количества величин в рассматриваемой модели значения пропускной способности согласуются также с пропускными способностями T1 и СЦАЛ. Кроме того, СЦАЛ со скоростью 384 кбит/с также включается в качестве важного применения. Такая скорость чаще всего применяется как расширение широкополосной связи по проводным линиям, что не может быть обеспечено АЦАЛ. В отличие от технологий АЦАЛ, СЦАЛ и другие симметричные технологии позволяют обеспечивать скорости по соглашениям об уровне обслуживания, увеличивая их распространенность в служебных помещениях. Считается, что T3 имеет эффективную мощность 43 Мбит/с с учетом издержек. Такие допущения были использованы для расчета скоростей, приведенных в таблицах 7 и 8.

I.5 Задержки, обусловленные маршрутизатором

См. таблицу I.1

Таблица I.1/G.1050 – Пример типичных задержек в доставке информации в зависимости от роли маршрутизатора

Роль	Средняя общая задержка (сумма времени ожидания и обработки)	Колебания задержек
Шлюз доступа	10 мс	16 мс
Шлюз межсетевое обмена	3 мс	3 мс
Распределение	3 мс	3 мс
Оперативная память	2 мс	3 мс

I.6 Данные об искажении, предоставленные анонимными поставщиками услуг IP-сетей

Приведенные в таблицах 2–4 сквозные характеристики получены на основе данных об искажении в сети, предоставленных анонимными поставщиками услуг и изготовителями сетевого оборудования, и учитывают влияние ЛВС и участков доступа.

Дополнение II

Алгоритмы задержки и потери пакетов

II.1 Общая модель IP-сети

IP-сеть смоделирована как соединение пяти сегментов: сегмента местной ЛВС, сегмента линии местного доступа, сегмента основной IP-сети, сегмента линии удаленного доступа и удаленного сегмента ЛВС. Каждый из сегментов вносит потерю пакетов с определенной степенью вероятности и различную задержку во времени. В модель вводится набор относящихся к сегменту параметров (скорости ЛВС и доступа, загрузка и набор показателей основной сети), размер(ы) пакета(ов), скорость пакетов и общее количество пакетов, которые должны передаваться из конца в конец. С использованием параметров модели отрезкам времени в 1 мс задаются величина задержки и вероятность потери. При поступлении пакета ему задаются величина задержки и вероятность потери в миллисекунду его поступления. В результате получается общая величина задержки для каждого пакета и указывается, был ли потерян пакет.

II.2 Модель потери пакета

II.2.1 Потеря пакетного сигнала

Хорошо известно, что потеря пакета в IP-сети является по своей природе потерей пакетного сигнала. В контексте настоящей модели определение "пакетный сигнал" означает период времени, ограниченный потерянными пакетами, в течение которого потеря пакетов является высокой. Это понятие следует отличать от "периода последовательной потери", который является периодом времени, ограниченным потерянными пакетами, в течение которого потеряны все пакеты.

Потеря пакетного сигнала моделируется с использованием модели Гилберта-Эллиотта – модели двух состояний, которая переключается между состояниями высокой скорости потери (состояние HIGH_LOSS) и низкой скорости потери (состояние LOW_LOSS). Для каждого сегмента в модели Гилберта-Эллиотта имеются четыре параметра: вероятность потери в состоянии HIGH_LOSS, вероятность потери в состоянии LOW_LOSS, вероятность перехода из состояния HIGH_LOSS в состояние LOW_LOSS, а также вероятность перехода из состояния LOW_LOSS в состояние HIGH_LOSS. Скорости потерь в основной сети являются заданными параметрами. Скорости потерь в ЛВС и в линиях доступа зависят от параметров загрузки ЛВС и линии доступа. Ниже приводится псевдокод для такой модели:

```
if rand() < loss_probability[LOSS_STATE]
    loss = TRUE
else
    loss = FALSE
endif
if rand() < transition_probability[LOSS_STATE]
    if LOSS_STATE == HIGH_LOSS
        LOSS_STATE = LOW_LOSS
    else
        LOSS_STATE = HIGH_LOSS
    endif
endif
endif
```

II.2.2 Потеря последовательных пакетов

Еще одним источником потери в основной сети является отказ линии. Он приводит к потере последовательных пакетов в течение некоторого периода времени. Это моделируется с использованием двух параметров: скорости периодических отказов линии и продолжительности перерыва в работе линии в случае отказа.

II.3 Модель колебания задержек

Модели для временных рядов используются для представления характеристик последовательностей, которые отличаются определенными особенностями, меняющимися во времени. К их числу

относятся, как правило, одна или несколько функций фильтра, зависящих от сочетания шума и некоторых основных сигналов или периодических элементов.

"Резко колеблющийся" характер траекторий задержек означает, что дрожание может моделироваться с использованием последовательности импульсных шумов. Задержка пакета на некоторых конкретных участках сети должна будет зависеть от задержки, связанной с преобразованием в последовательную форму мешающего трафика и объема трафика. Следовательно, высота импульсов должна будет зависеть от задержки, связанной с преобразованием в последовательную форму, а частота – от уровня перегруженности. Перегруженность ЛВС возникает, как правило, при коротких пакетных сигналах – при алгоритме CSMA/CD Ethernet может произойти задержка одного пакета, однако следующий пакет может сразу же получить доступ к ЛВС; это предполагает наличие краткого времени для срабатывания фильтра. Перегруженность линии доступа связана, как правило, с краткосрочными колебаниями задержек, вызванными очередностью заявок оконечного маршрутизатора; это предполагает более длительное время срабатывания фильтра. Ниже приводится псевдокод для колебания задержек:

```
if rand() < impulse_probability
    i = impulse_height
else
    i = 0
endif
d(n) = d(n-1) * (TC) + i * (1-TC),
```

где $d(n)$ = задержка пакета n , а TC – постоянная времени для фильтра.

II.3.1 Дрожание в ЛВС и линии доступа

Дрожание в ЛВС и линиях доступа моделируется с использованием значений задержек за миллисекунды, вызванных импульсами, проходящими через однополюсный фильтр. В рамках каждого сегмента для каждой миллисекунды на основе некоторой степени вероятности в фильтр вводится импульс или ноль. Затем рассчитывается выходной сигнал фильтра, и полученный результат становится значением задержки для данной миллисекунды. Значения задержек применяются к пакетам на основе текущих значений в миллисекунду, в течение которой поступает пакет, но порядок очередности поступающего пакета сохраняется. Амплитуда импульсов пропорциональна задержке, связанной с преобразованием в последовательную форму этого сегмента. Вероятность появления импульса пропорциональна уровню перегруженности этого сегмента. Для сегментов ЛВС никакие фильтры не используются; задержка вызывается непосредственно импульсами. Для сегментов линии доступа применяется фильтр с постоянной времени с целью определения масштаба величин для интервалов в 1 мс.

II.3.2 Дрожание в основной сети

Дрожание в основной сети моделируется иначе. Для каждого пакета добавляется случайная задержка. Эта задержка единообразно распределяется от нуля до значения параметра дрожания в основной сети.

II.3.3 Базовая задержка в основной сети и варьирование маршрута

Параметр базовой задержки относится к основной сети. Другим источником колебания задержек является варьирование маршрута в основной сети. Это моделируется путем внесения изменений в базовую задержку в основной сети. Скорость периодического варьирования маршрута является заданным параметром. При варьировании маршрута модель добавляет задержку от варьирования маршрута к задержке в основной сети или вычитает ее. Для каждого варьирования маршрута модель переключается от добавления задержки, вызванной варьированием маршрута к ее вычитанию.

II.4 Основные пакеты с измененным порядком следования

В этой модели изменять порядок следования на основе задержек разрешается только для основных сегментов. Для каждого интервала времени имеется значение задержки. При поступлении пакета к нему применяется значение текущей задержки. Единственный сегмент, в котором можно изменять порядок следования – это основной сегмент. В других сегментах пакеты передаются в порядке поступления, вне зависимости от присвоенных значений задержки.

II.5 Результаты применения модели

Если пакет помечен как потерянный в любом из сегментов, то он потерян.

Добавляемое к пакету значение общей задержки представляет собой сумму задержек от каждого сегмента. В связи с колебаниями задержек могут появиться пакеты, не соответствующие порядку следования. ЛВС и линии доступа не должны приводить к изменению порядка следования пакетов. Следовательно, задержки, вызванные ЛВС и линиями доступа, сначала суммируются, а задержки регулируются, с тем чтобы сохранить порядок следования пакетов. Затем добавляется задержка, связанная с основной сетью. Это может привести к появлению пакетов, не соответствующих порядку следования.

II.6 Входные параметры модели

Ниже представлен список входных параметров модели и приводятся направления использования этих параметров.

II.6.1 Параметры сегмента местной и удаленной ЛВС

Входные параметры из таблиц 5 и 6:

- 1) Скорость ЛВС. Эта скорость используется для расчета задержек в сегменте ЛВС.
- 2) Процент загрузки ЛВС.

Выведенные параметры:

- 1) Вероятность потери в ЛВС. Одно значение для каждого состояния потери. Текущие значения: для состояния низкой потери вероятность равна нулю. Для состояния высокой потери она составляет $0,004 \times$ процент загрузки.
- 2) Вероятность перехода ЛВС в состояние потери. Одно значение для каждого состояния потери. Текущие значения: вероятность перехода от состояния низкой потери к состоянию высокой потери равна $0,004 \times$ процент загрузки. Вероятность обратного перехода составляет 0,1.
- 3) Высота импульса фильтра дрожания ЛВС. Одно значение для каждого состояния потери. Текущие значения: максимальная высота импульса = (время передачи бита размера MTU) \times (1 + (процент загрузки/40)). Значение для состояния низкой потери – случайная переменная, равномерно распределенная от нуля до максимальной высоты импульса. Значение для состояния высокой потери – максимальная высота импульса.
- 4) Вероятность импульса фильтра дрожания ЛВС. Текущие значения: значение для состояния низкой потери равно нулю. Значение для состояния высокой потери равно 0,5.
- 5) Коэффициенты фильтра дрожания ЛВС. Результат применения фильтра – значение задержки для текущего пакета. Задержка равна $A \times$ (высота импульса) + $(1 - A) \times$ (предыдущая задержка). Текущие значения: $A = 1$ (т. е. фильтр не используется).

II.6.2 Параметры сегмента местной и удаленной линии

- 1) Скорость линии. Эта скорость используется для расчета задержек в сегменте ЛВС.
- 2) Процент загрузки линии.
- 3) Размер MTU линии.
- 4) Вероятность перехода линии в состояние потери. Одно значение для каждого состояния потери. Текущие значения: вероятность перехода от состояния низкой потери к состоянию высокой потери равна $0,0003 \times$ (процент загрузки). Вероятность обратного перехода составляет $0,2/(1 +$ (процент загрузки)).
- 5) Высота импульса дрожания фильтра линии. Одно значение для каждого состояния потери. Текущие значения: максимальная высота импульса = (время передачи бита размера MTU) \times (1 + (процент загрузки/40)). Значение для состояния низкой потери – случайная переменная, равномерно распределенная от нуля до максимальной высоты импульса. Значение для состояния высокой потери – максимальная высота импульса

- 6) Вероятность импульса фильтра дрожания линии. Текущие значения: значение для состояния низкой потери равно $0,001 + (\text{процент загрузки})/2000$. Значение для состояния высокой потери равно $0,3 + 0,4 \times (\text{процент загрузки})/100$.
- 7) Коэффициенты фильтра дрожания линии. Результат применения фильтра – значение задержки для текущего пакета. Задержка равна $A \times (\text{высота импульса}) + (1 - A) \times (\text{предыдущая задержка})$. Текущие значения: $A = 0,25$.
- 8) Вероятность потери в линии. Одно значение для каждого состояния потери. Текущие значения: для состояния низкой потери вероятность равна нулю. Для состояния высокой потери она составляет $0,0005 \times \text{процент загрузки}$.
- 9) Базовая задержка в линии. Это время передачи бита размера пакета. Считается, что размер пакета фиксируется на основе конкретного применения.

II.6.3 Параметры основного сегмента IP-сети

- 1) Задержка.
- 2) Потеря пакета. Это – единственное состояние потери. Вероятность потери – это просто заданный параметр вероятности потери в основной сети.
- 3) Дрожание. Дрожание в основной сети моделируется как добавляемая задержка, равномерно распределенная между нулем и значением параметра дрожания в основной сети.
- 4) Интервал варьирования маршрута.
- 5) Задержка от варьирования маршрута.
- 6) Интервал отказов линии.
- 7) Продолжительность отказа линии.
- 8) Процент измененного порядка следования.

БИБЛИОГРАФИЯ

- TIA/EIA 496A-1989, *Interface Between Data Circuit Terminating Equipment (DCE) and the Public Switched Telephone Network*, включает сетевую модель оценки работы модема.
- TIA/EIA TSB 37A-1994, *Telephone Network Transmission Model for Evaluating Analog Modem Performance*, стал Рек. МСЭ-Т V.56 bis-1995.
- TIA/EIA TSB 38-1994, *Test Procedures for Evaluation of 2-Wire 4 Kilohertz Voice Band Duplex Modems*, стал Рек. МСЭ-Т V.56 ter-1996.
- ANSI/TIA/EIA 3700-1999, *Telephone Network Transmission Model for Evaluating Analog Modem Performance*.
- ANSI/TIA/EIA-793-2001, *North American Telephone Network Transmission Model for Evaluating Analog Client and Digitally Connected Server Modems*.
- ANSI/TIA-876-2002, *North American Network Access Transmission Model for Evaluating xDSL Modem Performance*.
- TIA/EIA-810-A-2000, *Transmission Requirements for Narrowband Voice over IP and Voice over PCM Digital Wireline Telephones*.
- TIA-1001-2004, *Transport of TIA-825-A Signals over IP Networks*.
- TIA/EIA TSB-116-2001, *Telecommunications – IP Telephony – Voice Quality Recommendations for IP Telephony*.
- TIA/EIA TSB-122A-2001, *Telecommunications – IP Telephony Equipment – Voice Router/Gateway Loss and Level Plan Guidelines*.
- ETSI TIPHON TS 101 329-2, *End-to-end quality of service in TIPHON systems; Part 2: Definition of Quality of Service (Qos) classes*.
- IEEE 802.11a-1999 (8802-11:1999/Amd.1:2000(E)), *Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications – Amendment 1: High-speed physical layer in the 5 GHz band*.
- IEEE 802.11b-1999/Cor1-2001, *Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications – Amendment 2: Higher-speed physical layer (PHY) extension in the 2.4 GHz band – Corrigendum 1*.
- IEEE 802.11g-2003, *Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications – Amendment 4: Further higher-speed physical layer extension in the 2.4 GHz band*.

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 межсетевых протоколов и сети последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи