

Международный союз электросвязи

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.107.1

(06/2015)

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

Международные телефонные соединения и цепи –
Планирование передачи и E-модель

Широкополосная E-модель

Рекомендация МСЭ-Т G.107.1

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

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
Планирование передачи и E-модель	G.100–G.109
Общие Рекомендации по качеству передачи для полного международного телефонного соединения	G.110–G.119
Общие характеристики национальных систем как части международных соединений	G.120–G.129
Общие характеристики 4-проводного канала, образованного международными сетями и сетями национального продления	G.130–G.139
Общие характеристики 4-проводного канала международных сетей; международный транзит	G.140–G.149
Общие характеристики международных телефонных сетей и сетей национального продления	G.150–G.159
Аппаратура, относящаяся к международным телефонным сетям	G.160–G.169
Аспекты плана передачи специальных сетей и соединения, использующие сеть международных телефонных соединений	G.170–G.179
Защита и восстановление систем передачи	G.180–G.189
Средства программного обеспечения для систем передачи	G.190–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ 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 И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	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 МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СИСТЕМ – 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
АСПЕКТЫ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ	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.107.1

Широкополосная E-модель

Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т G.107.1 приводится алгоритм для широкополосной версии E-модели как общей модели МСЭ-Т оценки качества передачи для планирования речевых услуг, которые обеспечивают широкополосную передачу речи (50–7000 Гц). Эта вычислительная модель может быть полезна специалистам по планированию передачи и помогает гарантировать удовлетворенности пользователей сквозным качеством передачи. Первоначально результатом использования этой модели является скалярная оценка качества передачи. Главной особенностью модели является использование коэффициентов ухудшения качества, которые отражают последствия различных видов снижения качества на протяжении всей трассы передачи сигнала ото рта до уха.

Данная широкополосная (WB) E-модель представляет собой адаптированную версию узкополосной (NB) (300–3400 Гц) E-модели, которую обычно называют E-модель. Эта модель описана в Рекомендации МСЭ-Т G.107. Она не заменяет узкополосную (NB) E-модель, а напротив, представляет собой отдельную широкополосную версию модели, использующую (в определенной степени) принципы и исходные параметры узкополосной E-модели.

Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждено	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор*
1.0	МСЭ-Т G.107.1	14.12.2011 г.	12-я	11.1002/1000/11453
2.0	МСЭ-Т G.107.1	29.06.2015 г.	12-я	11.1002/1000/12506

* Для получения доступа к Рекомендации наберите в адресном поле вашего браузера URL <http://handle.itu.int/>, после которого следует уникальный идентификатор Рекомендации. Например, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). 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 осуществляется на добровольной основе. Однако данная Рекомендация может содержать некоторые обязательные положения (например, для обеспечения функциональной совместимости или возможности применения), и в таком случае соблюдение Рекомендации достигается при выполнении всех указанных положений. Для выражения требований используются слова "следует", "должен" ("shall") или некоторые другие обязывающие выражения, такие как "обязан" ("must"), а также их отрицательные формы. Употребление таких слов не означает, что от какой-либо стороны требуется соблюдение положений данной Рекомендации.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или выполнение настоящей Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, действительности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, доказываются ли такие права членами МСЭ или другими сторонами, не относящимися к процессу разработки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ не получил извещения об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения настоящей Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что вышесказанное 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 2017

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Сфера применения	1
2 Справочные документы	1
3 Определения	2
4 Аббревиатуры и сокращения	2
5 Соглашения.....	2
6 Широкополосная E-модель	3
6.1 Введение	3
6.2 Шкала показателей передачи широкополосной E-модели	3
7 Структура и основные алгоритмы широкополосной E-модели.....	5
7.1 Вычисление показателя оценки характеристик передачи R	6
7.2 Основное отношение сигнал/шум R_o, WB	6
7.3 Коэффициент одновременного снижения качества I_s, WB	7
7.4 Коэффициент снижения качества из-за задержки I_d, WB	7
7.5 Коэффициент снижения качества оборудования I_e, WB	8
7.6 Коэффициент выигрыша A	8
7.7 Значения по умолчанию.....	8
Приложение А – Показатели MOS, найденные по показателю оценки характеристик передачи R	10
Библиография	11

Широкополосная E-модель

1 Сфера применения

В данной Рекомендации описана широкополосная версия вычислительной модели, известная как E-модель, которая признана полезным инструментом при планировании передачи сигналов для оценки комбинированных эффектов изменения различных параметров передачи, влияющих на качество переговоров¹. Например, эта вычислительная модель может быть использована проектировщиками передачи, чтобы убедиться в том, что пользователи будут удовлетворены сквозным качеством передачи, избегая в то же время усложнений проектирования сетей. Следует подчеркнуть, что первоначально выходом этой модели был коэффициент рейтинга (rating factor) R , но этот коэффициент может быть преобразован, чтобы дать оценку мнению пользователя. Такие оценки сделаны только в целях планирования передачи, а не для предсказания мнения (для которого не существует согласованной модели, рекомендованной МСЭ-Т) конкретного потребителя.

Данная версия представляет собой адаптированную версию узкополосной (NB) (300–3400 Гц) E-модели, которую обычно называют E-модель. Эта модель описана в [ITU-T G.107]. Широкополосная версия охватывает сценарии использования, включающие широкополосную передачу (50–7000 Гц). Она не заменяет узкополосную (NB) E-модель, а напротив, описывает отдельную широкополосную версию модели, использующую (в определенной степени) принципы и исходные параметры, аналогичные узкополосной E-модели. В текущей версии представлены эффекты потери громкости, фонового шума на передающей стороне, шума цепи, эха говорящего, абсолютной задержки, широкополосного кодирования речи и потери пакетов при передаче речи по IP. Версия охватывает такие аспекты снижения качества, как фоновый шум на передающей стороне и эхо слушающего, которые до сих пор подробно не изучены. Такие аспекты снижения качества, как неоптимальные уровни местного эффекта и искажения квантования, в настоящий момент не охватываются данной версией.

Рекомендацию МСЭ-Т G.107.1 уверенно можно использовать для большого числа комбинаций параметров, особо важных для проектировщиков передачи (например, потеря громкости, шум на передающей стороне, искажения кодирования), однако для некоторых особо важных параметров (таких, например, как эффекты задержки в совокупности с другими ухудшениями характеристик) прогнозы широкополосной E-модели ставятся под сомнение и в настоящее время находятся на стадии изучения.

Что касается интерпретации показателей широкополосной E-модели, следует отметить, что текущие версии документов [b-ITU-T G.108], [b-ITU-T G.108.1] и [b-ITU-T G.109] не относятся к широкополосной версии, описанной в настоящей Рекомендации, а касаются только узкополосной версии E-модели, описанной в [ITU-T G.107].

2 Справочные документы

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.

¹ В данном контексте качество переговоров относится к характеристикам передачи, например продолжительности передачи, эффектам эха говорящего и т. п. Однако описанная в настоящей Рекомендации E-модель не предназначена для моделирования снижения качества передачи в ситуации одновременного разговора.

- [ITU-T G.107] Рекомендация МСЭ-Т G.107 (2015 г.), *E-модель – вычислительная модель, используемая при планировании передачи.*
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.107>>
- [ITU-T G.113] Recommendation ITU-T G.113 (2007), *Transmission impairments due to speech processing.*
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.113>>
- [ITU-T G.722] Recommendation ITU-T G.722 (2012), *7 kHz audio-coding within 64 kbit/s.*
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.722>>
- [ITU-T O.41] Recommendation ITU-T O.41 (1994), *Psophometer for use on telephone-type circuits.*
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-O.41>>
- [ITU-T P.800] Recommendation ITU-T P.800 (1996), *Methods for subjective determination of transmission quality.*
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-P.800>>
- [ITU-T P.833] Recommendation ITU-T P.833 (2001), *Methodology for derivation of equipment impairment factors from subjective listening-only tests.*
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-P.833>>
- [ITU-T P.833.1] Recommendation ITU-T P.833.1 (2009), *Methodology for the derivation of equipment impairment factors from subjective listening-only tests for wideband speech codecs.*
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-P.833.1>>
- [ITU-T P.834] Recommendation ITU-T P.834 (2015), *Methodology for the derivation of equipment impairment factors from instrumental models.*
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-P.834>>
- [ITU-T P.834.1] Recommendation ITU-T P.834.1 (2015), *Extension of the methodology for the derivation of equipment impairment factors from instrumental models for wideband speech codecs.*
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-P.834.1>>

3 Определения

В настоящей Рекомендации отсутствуют определения новых терминов.

4 Аббревиатуры и сокращения

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы.

LSTR	Listener Sidetone Rating	Показатель местного эффекта слушающего
MOS	Mean Opinion Score	Средняя экспертная оценка
NB	Narrowband	Узкополосный
OLR	Overall Loudness Rating	Общий показатель громкости
RLR	Receive Loudness Rating	Показатель громкости приема
SLR	Send Loudness Rating	Показатель громкости передачи
STMR	Sidetone Masking Rating	Показатель маскировки местного эффекта
TELRLR	Talker Echo Loudness Rating	Показатель громкости эха говорящего
WB	Wideband	Широкополосный
WEPL	Weighted Echo Path Loss	Взвешенная потеря на тракте передачи

5 Соглашения

Отсутствуют.

6 Широкополосная E-модель

6.1 Введение

Сложность современных сетей требует при планировании передачи не только индивидуального учета множества параметров, но и принятия в расчет воздействия их комбинаций. Это может быть осуществлено "экспертом, обладающим предугадыванием"; однако желателен более систематический подход, например, с использованием вычислительной модели. Результатом применения описанной здесь модели является скалярная величина рейтинга качества R , которая изменяется пропорционально общему качеству разговора. В [ITU-T G.113] приведено руководство по конкретным видам снижения качества, включающее комбинированные эффекты и основанное на упрощении модели.

6.2 Шкала показателей передачи широкополосной E-модели

Для узкополосной модели, которая описывается в [ITU-T G.107], значения показателей передачи находятся в диапазоне от $R = 0$ (наименьшее возможное качество) до $R = 100$ (оптимальное качество). По этой шкале для узкополосного канала передачи, используемого по умолчанию и включающего в себя логарифмическое ИКМ-кодирование и пороговый уровень шума (значения параметров по умолчанию, указанные в таблице 2 [ITU-T G.107]), получаем показатель $R = 93,2$. Оценка качества для широкополосного канала передачи речи, как правило, выше, чем для узкополосного канала. Таким образом диапазон данной шкалы был расширен, что позволило использовать его в сценариях широкополосной передачи. Настоящая (широкополосная) версия E-модели определена для широкополосного канала передачи 50–7000 Гц согласно определению, приведенному в [ITU-T G.722].

К сожалению, невозможно получить прямую пользовательскую оценку R -шкалы, поскольку эта шкала обладает аддитивностью, которая не отражается стандартными шкалами показателей. Вместо этого для условий узкополосной передачи МСЭ-Т рекомендует проводить сбор оценок по пятибалльной шкале оценки по абсолютным категориям (см. [ITU-T P.800]). Таким образом можно получить оценку, усредненную по всем участникам испытаний и входным сигналам, отражающим одно и то же состояние цепи, называемую средней экспертной оценкой (MOS).

Результаты показали, что оценки MOS различаются для испытаний, в которых представлены входные сигналы только для узкополосной передачи, и испытаний, в которых представлены входные сигналы как для узкополосной и широкополосной передачи, так и для чисто широкополосной передачи. Причина в том, что набор входных сигналов сильно влияет на использование данной шкалы. С другой стороны, существуют также экспериментальные подтверждения тому, что оценки выборок широкополосных сигналов, взятых исключительно в условиях широкополосной передачи, существенно не отличаются от выборок, взятых при смешанной (узкополосной и широкополосной) передаче (см. [b-Barriac] и [b-Takahashi]). Кроме ширины полосы входных сигналов на результаты испытаний влияют, помимо прочего, такие факторы, как язык и страна происхождения участников испытаний [b-Möller-01]. В условиях узкополосной передачи между R -шкалой (диапазон [0; 100]) и оценками MOS (диапазон [1; 4,5]), взятыми у среднестатистических участников испытаний в усредненной экспериментальной среде, устанавливается усредненное S-образное соотношение (см. Приложение В и Дополнение I к [ITU-T G.107]).

В условиях широкополосной передачи или смешанной (узкополосной и широкополосной) передачи R -шкала была расширена таким образом, что узкополосное использование шкалы осталось незатронутым, включая расположение эталонного соединения (параметры по умолчанию, приведенные в таблице 2 [ITU-T G.107]). Такого рода расширение может производиться на основе пар акустических испытаний, в которых одни и те же узкополосные тестовые входные сигналы один раз оцениваются в условиях чисто узкополосной передачи, другой раз – в условиях смешанной (узкополосной и широкополосной) передачи. Оценки этих общих входных сигналов определяют взаимосвязь между использованием MOS-шкалы в условиях широкополосной передачи и смешанной (узкополосной и широкополосной) передачи [b-Raake-01].

Было проведено две пары испытаний, результаты которых будут рассмотрены ниже. Подробности проведения испытаний приведены в [b-Möller-02]. Значения MOS, полученные в результате этих испытаний, были преобразованы в R -шкалу с использованием правила преобразования для

узкополосной модели, приведенного в Приложении В к [ITU-T G.107]. Полученные в результате значения R_{NB} (узкополосные испытания) и $R_{NB/WB}$ (смешанные узкополосные и широкополосные испытания) в условиях, общих для каждой из пар, показаны на рисунке 1.

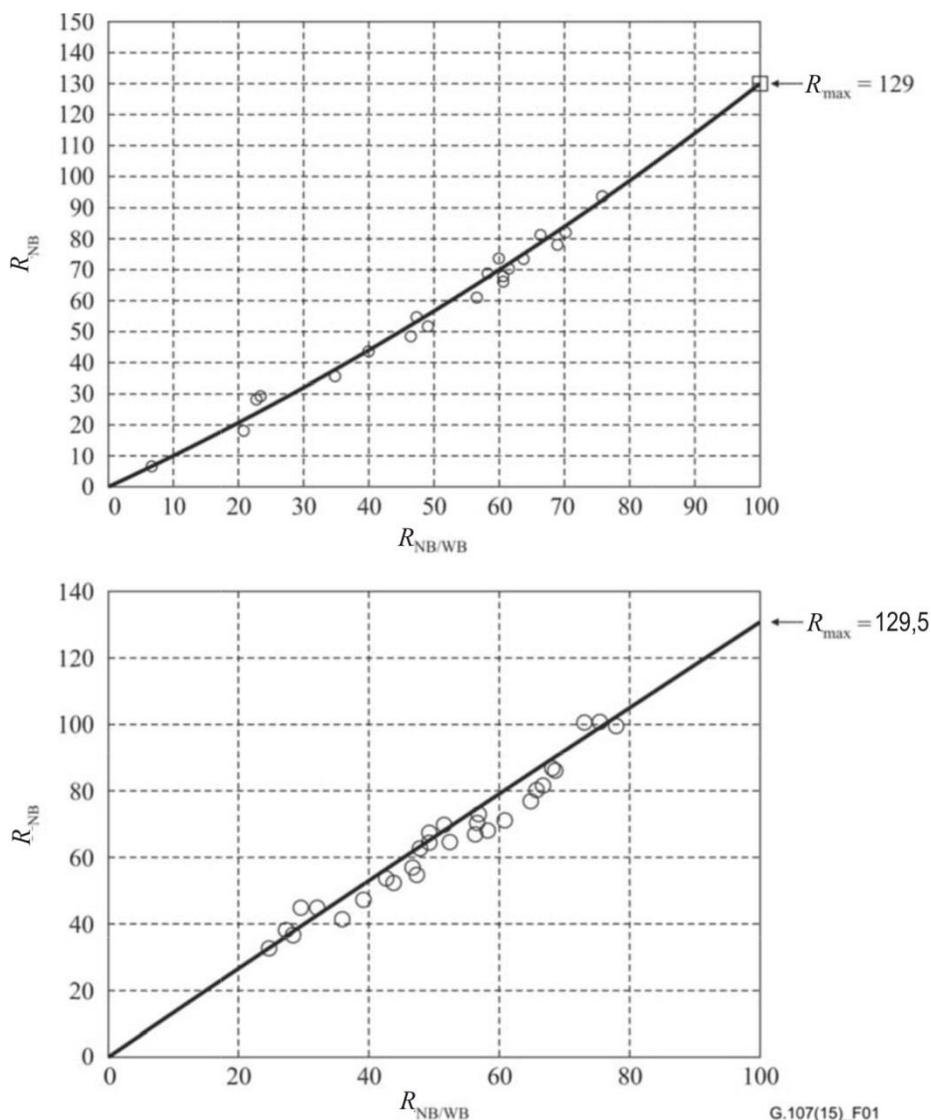


Рисунок 1 – Сравнение значений R , полученных в условиях узкополосной передачи и в смешанных условиях (узкополосная и широкополосная передача)

В связи с использованием узкополосного отношения между MOS и R для получения значений $R_{NB/WB}$, максимальное значение $R_{NB/WB}$ (соответствующее значению MOS = 4,5), равно 100. Соответствующее значение R_{NB} панелей на рисунке 1 показывает, насколько должна быть расширена R -шкала в условиях узкополосной и широкополосной передачи. Это максимальное значение R_{max} равно приблизительно 129. Другими словами, шкала показателей узкополосной передачи E-модели была расширена примерно на 29 %, с тем чтобы отразить повышение качества при переходе от узкополосной передачи к широкополосной. Эта расширенная R -шкала является универсальной R -шкалой, которая может применяться для каналов как узкополосной, так и широкополосной передачи.

Первичным результатом применения широкополосной E-модели является показатель передачи R . Однако в результате применения также могут быть получены номинальные расчетные значения реакции пользователей, например, в форме значений MOS, как описано в Приложении А.

7 Структура и основные алгоритмы широкополосной E-модели

Широкополосная E-модель основана на методе коэффициентов снижения качества оборудования и является продолжением предыдущих моделей показателей передачи. Эталонное соединение, показанное на рисунке 2, разделено на передающую и приемную стороны. Модель оценивает качество разговора ото рта к уху, как это воспринимается пользователем на приемной стороне в качестве слушающего и говорящего.

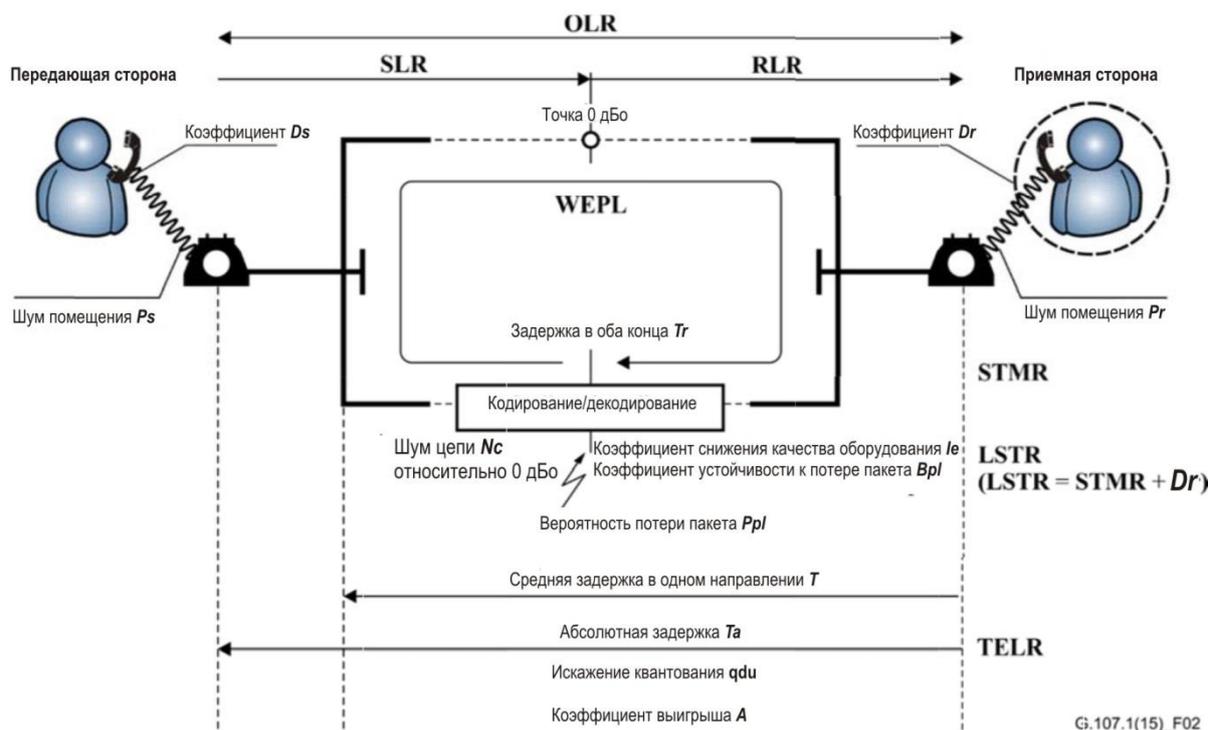


Рисунок 2 – Эталонное соединение широкополосной E-модели

Параметры передачи, использованные в качестве входных параметров вычислительной модели, показаны на рисунке 2. Величины шума помещения и коэффициентов D в алгоритме вычисления обрабатываются отдельно для передающей и приемной сторон и могут иметь разные значения. Параметры показатель громкости передачи (SLR), показатель громкости приема (RLR) и шум цепи N_c сравнивают с определенной точкой 0 дБ. Все прочие входные параметры рассматриваются либо как значения для общего соединения, например общий показатель громкости (OLR), в любом случае равный сумме SLR и RLR, коэффициенты снижения качества оборудования I_e и коэффициент выигрыша A , либо как значения, относящиеся только к приемной стороне, например показатель маскировки местного эффекта (STMR), LSTR, взвешенная потеря эха в тракте передачи (WEPL) (для вычисления эха слушающего) и показатель громкости эха говорящего (TELR).

Существуют три различных параметра, связанные со временем передачи. Абсолютная задержка T_a представляет общую задержку в одном направлении между передающей и приемной сторонами и используется для оценки снижения качества из-за слишком большой задержки. Значение параметра задержки в одном направлении T представляет задержку между приемной стороной (в состоянии разговора) и точкой соединения, в которой объединение сигналов создает источник эха. Задержка в оба конца T_r представляет только задержку в 4-проводной замкнутой цепи, в которой дважды отраженный сигнал вызывает снижение качества из-за эха слушающего.

Не все параметры, перечисленные на рисунке 2, в настоящее время используются в широкополосной E-модели. Тем не менее они отображены в настоящем документе, что позволяет представить полное описание канала передачи, учитывающее также аспекты снижения качества, которые могут быть включены в обновленную широкополосную E-модель на более позднем этапе. Текущая версия

основана на документе [b-Raake-02] и на более поздних расширенных версиях для эха говорящего и задержки, которые были представлены в Секторе стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т).

7.1 Вычисление показателя оценки характеристик передачи R

Для широкополосной передачи основная формула Е-модели (формула (7-1) из Рекомендации МСЭ-Т G.107) может быть представлена в следующем скорректированном виде:

$$R = Ro, WB - Is, WB - Id, WB - Ie - eff, WB + A. \quad (7-1)$$

В принципе Ro, WB представляет основное соотношение сигнал/шум, включая такие источники шума, как шум цепи и шум помещения. Коэффициент Is, WB представляет комбинацию всех аспектов снижения качества, которые действуют на речевой сигнал более или менее одновременно. Коэффициент Id, WB представляет снижение качества, вызываемое задержкой, а коэффициент снижения эффективности оборудования $Ie - eff, WB$ представляет снижение качества, вызываемое кодеками с низкой битовой скоростью. Этот коэффициент также включает снижение качества из-за потери пакетов с произвольным распределением. Коэффициент выигрыша A позволяет компенсировать коэффициенты снижения качества в тех случаях, когда пользователи получают преимущества от других типов доступа. Член Ro, WB и величины Is, WB и Id, WB подразделяют на дальнейшие специфические значения снижения качества. В следующих разделах представлены формулы, используемые в широкополосной Е-модели.

7.2 Основное отношение сигнал/шум Ro, WB

Основное отношение сигнал/шум Ro, WB определено как

$$Ro, WB = 20 - 1,5 \cdot (No, WB + SLR). \quad (7-2)$$

Член No, WB (в дБм0п) представляет сложение по мощности от различных источников шума:

$$No, WB = 10 \log \left[10^{\frac{Nc}{10}} + 10^{\frac{Nos, WB}{10}} + 10^{\frac{Nor}{10}} + 10^{\frac{Nfo, WB}{10}} \right]. \quad (7-3)$$

Член Nc [в дБм0п] представляет сумму всех источников мощности шума цепи относительно точки 0 дБ0. Псофометрическая взвешенная функция, описанная в [ITU-T O.41], в настоящее время определена только до 6 кГц. Следовательно, для корректировки уровней рассматриваемого шума цепи может использоваться линейная экстраполяция кривой псофометрической взвешенной функции до 8 кГц.

Член Nos, WB [в дБм0п] представляет эквивалентный шум цепи в точке 0 дБ0, вызванный шумом помещения Ps на передающей стороне:

$$Nos, WB = Ps - SLR - Ds - 97. \quad (7-4)$$

Таким же образом шум помещения Pr на приемной стороне преобразуют в эквивалентный шум цепи Nor [в дБм0п] в точке 0 дБ0. Эта часть Е-модели еще не была проверена для условий широкополосной передачи, однако предполагается, что она также может служить приблизительной оценкой влияния шума помещения на принимающей стороне в данном случае:

$$Nor = RLR - 121 + Pre + 0,008(Pre - 35)^2. \quad (7-5)$$

Член Pre [в дБм0п] представляет эффективный шум помещения, вызванный увеличением (Pr) за счет цепи местного эффекта слушающего пользователя:

$$Pre = Pr + 10 \log \left[1 + 10^{\frac{(10 - LSTR)}{10}} \right]. \quad (7-6)$$

Nfo (в дБм0п) представляет нижний уровень шума на приемной стороне:

$$Nfo, WB = Nfor, WB + RLR \quad (7-7)$$

при $Nfor, WB$, равном -96 дБмп.

7.3 Коэффициент одновременного снижения качества I_s, WB

Коэффициент I_s, WB представляет сумму всех видов снижения качества, которые могут иметь место более или менее одновременно при передаче речи. На данный момент этот аспект еще не подвергался анализу для условий широкополосной передачи. Таким образом установлено следующее значение:

$$I_s, WB = 0. \quad (7-8)$$

7.4 Коэффициент снижения качества из-за задержки I_d, WB

Коэффициент снижения качества I_d, WB , также представляющий все виды снижения качества из-за задержки речевых сигналов, далее подразделяют на три коэффициента – $Idte, WB$, $Idle, WB$ и Idd :

$$I_d, WB = Idte, WB + Idle, WB + Idd. \quad (7-9)$$

Коэффициент $Idte, WB$ дает оценку снижения качества из-за эха говорящего:

$$Idte, WB = \left[\frac{Roe - Re, WB}{2} + \sqrt{\frac{(Roe - Re, WB)^2}{4} + 100} - 1 \right] (1 - e^{-T}), \quad (7-10)$$

где:

$$Roe = -1,5(No, WB - RLR); \quad (7-11)$$

$$Re, WB = 80 + 3(TERV, WB - 14); \quad (7-12)$$

$$TERV, WB = TELR + K - 40 \log \frac{1 + \frac{T}{10}}{1 + \frac{T}{150}} + 6e^{-0,3T^2}. \quad (7-13)$$

Если $T < 100$ мс,

$$K = 0,08 \cdot T + 10; \quad (7-14)$$

если $T \geq 100$ мс,

$$K = 18. \quad (7-15)$$

Для условий широкополосной передачи в настоящее время не предполагается какого-либо взаимного влияния эха говорящего и местного эффекта.

Коэффициент $Idle, WB$ представляет снижение качества из-за эха слушающего. Исследования данного ухудшения специально для условий широкополосной передачи не проводились, однако предполагается, что виды ухудшения качества будут аналогичны видам ухудшения для узкополосной передачи, поэтому формулы конгруэнтны с формулами узкополосной E-модели:

$$Idle, WB = \frac{Ro, WB - Rle}{2} + \sqrt{\frac{(Ro, WB - Rle)^2}{4} + 169}, \quad (7-16)$$

где:

$$Rle = 10,5(WEPL + 7)(Tr + 1)^{-0,25}. \quad (7-17)$$

Коэффициент Idd представляет снижение качества, вызванное длительной абсолютной задержкой Ta , которая имеет место даже при качественном подавлении эха.

Если $Ta \leq 100$ мс,

$$Idd = 0;$$

если $Ta > 100$ мс,

$$I_{dd} = 25 \left\{ \left(1 + X^6 \right)^{\frac{1}{6}} - 3 \left(1 + \left[\frac{X}{3} \right]^6 \right)^{\frac{1}{6}} + 2 \right\}, \quad (7-18)$$

где

$$X = \frac{\log\left(\frac{T_a}{100}\right)}{\log 2}. \quad (7-19)$$

7.5 Коэффициент снижения качества оборудования $I_{e,WB}$

Значения коэффициента снижения качества оборудования $I_{e,WB}$ из-за использования элементов низкоскоростных кодеков не связаны с другими входными параметрами. Эти значения зависят от результатов тестирования по MOS, а также от опыта работы в сети. Актуальные рекомендованные значения $I_{e,WB}$ приведены в Дополнении IV к [ITU-T G.113].

При потере пакетов эффективный коэффициент снижения качества оборудования (зависящий от потери пакетов) $I_{e-eff,WB}$ может быть получен с использованием значения, зависящего от кодека, для коэффициента снижения качества оборудования при нулевой потере пакетов $I_{e,WB}$ и коэффициента устойчивости к потере пакетов B_{pl} . При вероятности потери пакетов P_{pl} коэффициент $I_{e-eff,WB}$ вычисляют по формуле

$$I_{e-eff,WB} = I_{e,WB} + (95 - I_{e,WB}) \cdot \frac{P_{pl}}{P_{pl} + B_{pl}}. \quad (7-20)$$

Как видно из формулы (7-20), эффективный коэффициент снижения качества оборудования при $P_{pl} = 0$ (отсутствие потери пакетов) равен значению $I_{e,WB}$, определенному в Дополнении IV к [ITU-T G.113].

Соответствующие значения для $B_{pl,WB}$ приведены в Дополнении IV к [ITU-T G.113].

Коэффициент $I_{e-eff,WB}$ следует получать, используя значения $I_{e,WB}$ и B_{pl} , если они приведены в [ITU-T G.113]. Если из практических соображений экспериментальное получение показателя потери пакетов P_{pl} затруднено, для прямого получения коэффициента $I_{e-eff,WB}$ можно использовать метод, приведенный в [ITU-T P.834.1].

Если $I_{e,WB}$ получен напрямую инструментальным методом, описанным в [ITU-T P.834.1], в нем уже отражено влияние потери пакетов, возникающее в процессе подготовки исследуемых речевых материалов. В связи с этим не следует использовать уравнение (7-20). Вместо этого в члене $I_{e-eff,WB}$ уравнения (7-1) следует использовать значение $I_{e,WB}$, полученное в [ITU-T P.834.1].

7.6 Коэффициент выигрыша A

Базовая информация по коэффициенту выигрыша A приведена в Дополнении II к [ITU-T G.113]. Этот эффект еще не изучался в условиях широкополосной передачи, поэтому рекомендуется задавать

$$A = 0. \quad (7-21)$$

7.7 Значения по умолчанию

Для всех входных параметров, использованных в алгоритме E-модели, значения по умолчанию приведены в таблице 1. Настоятельно рекомендуется использовать значения по умолчанию для всех параметров, которые не изменяются во время проектных расчетов.

Таблица 1 – Значения по умолчанию и разрешенные диапазоны параметров

Параметр	Аббревиатура	Единицы	Значение по умолчанию	Разрешенный диапазон	Замечание
Показатель громкости передачи	SLR	дБ	+8	0 ... +18	(Прим. 1)
Показатель громкости приема	RLR	дБ	+2	-5 ... +14	(Прим. 1)
Показатель маскировки местного эффекта	STMR	дБ	15	10 ... 20	(Прим. 2)
Показатель местного эффекта слушающего	LSTR	дБ	18	13 ... 23	(Прим. 2)
Значение D телефона на передающей стороне	<i>D_s</i>	–	3	-3 ... +3	(Прим. 2)
Значение D телефона на приемной стороне	<i>D_r</i>	–	3	-3 ... +3	(Прим. 2)
Показатель громкости эха говорящего	TELR	дБ	65	5 ... 65	
Взвешенная потеря на тракте передачи	WEPL	дБ	110	5 ... 110	
Средняя задержка на тракте эха в одном направлении	<i>T</i>	мс	0	0 ... 500	
Задержка в двух направлениях в 4-проводной замкнутой цепи	<i>Tr</i>	мс	0	0 ... 1000	
Абсолютная задержка в соединениях, свободных от эха	<i>Ta</i>	мс	0	0 ... 500	
Коэффициент снижения качества оборудования	<i>Ie, WB</i>	–	0	0 ... 56	(Прим. 4)
Коэффициент устойчивости к потере пакетов	<i>Vpl</i>	–	4,3	4,3 ... 7,3	(Прим. 3, 4)
Вероятность случайной потери пакетов	<i>Ppl</i>	%	0	0 ... 20	(Прим. 3, 4)
Шум цепи относительно точки 0 дБо	<i>Nc</i>	дБм0п	-70	-80 ... -40	
Пороговый шум на приемной стороне	<i>Nfor</i>	дБмп	-96	–	(Прим. 3)
Шум помещения на передающей стороне	<i>Ps</i>	дБ(А)	35	35 ... 85	
Шум помещения на приемной стороне	<i>Pr</i>	дБ(А)	35	35 ... 85	
Коэффициент выигрыша	<i>A</i>	–	0	0 ... 20	
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Общие величины между микрофоном или приемником и точкой 0 дБо. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Постоянное отношение $LSTR = STMR + D$. ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В настоящее время изучается. ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Если $Ppl > 0\%$, то Vpl должен соответствовать кодексу, размеру пакета и предполагаемому PLC.</p>					

Приложение А

Показатели MOS, найденные по показателю оценки характеристик передачи R

(Данное Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Показатель оценки характеристик передачи R может находиться в диапазоне от 0 до 129, где $R = 0$ представляет крайне низкое качество, а $R = 129$ – очень высокое качество в условиях широкополосной передачи. Расчетная средняя экспертная оценка (MOS_{CQEW}) в ситуации "разговор" по шкале 1–5 может быть получена из коэффициента R при помощи следующего уравнения:

$$Rx = \frac{R}{1,29}. \quad (A-1)$$

При $Rx < 0$ $MOS_{CQEW} = 1;$

при $0 < Rx < 100$ $MOS_{CQEW} = 1 + 0,035Rx + Rx(Rx - 60)(100 - Rx)7 \cdot 10^{-6};$ (A-2)

при $Rx > 100$ $MOS_{CQEW} = 4,5.$

Библиография

- [b-ITU-T G.108] Recommendation ITU-T G.108 (1999), *Application of the E-model: A planning guide*.
- [b-ITU-T G.108.1] Recommendation ITU-T G.108.1 (2000), *Guidance for assessing conversational speech transmission quality effects not covered by the E-model*.
- [b-ITU-T G.109] Recommendation ITU-T G.109 (1999), *Definition of categories for speech transmission quality*.
- [b-Barriac] Barriac, V., Le Saout, J.-Y., and Lockwood, C. (2004), *Discussion on Unified Methodologies for the Comparison of Voice Quality of Narrowband and Wideband Scenarios*, ETSI Workshop on Wideband Speech Quality in Terminals and Networks: Assessment and Prediction, pp. 75-79.
- [b-Möller-01] Möller, S. (2000), *Assessment and Prediction of Speech Quality in Telecommunications*, Springer.
- [b-Möller-02] Möller, S., Raake, A., Kitawaki, N., Takahashi, A., Wältermann, M. (2006), *Impairment Factor Framework for Wideband Speech Codecs*, IEEE Trans. Audio, Speech and Language Processing 14(6), pp. 1969-1976.
- [b-Raake-01] Raake, A. (2006), *Speech Quality of VoIP – Assessment and Prediction*, Chichester, UK, Wiley.
- [b-Raake-02] Raake, A., Möller, S., Wältermann, M., Côté, N., Ramirez, J.-P. (2010), *Parameter-based Prediction of Speech Quality in Listening Context – Towards a WB E-Model*, in: Second International Workshop on Quality of Multimedia Experience (QoMEX'10), June 21-23, Trondheim, 182-187.
- [b-Takahashi] Takahashi, A., Kurashima, A., and Yoshino, H. (2005), *Subjective Quality Index for Compatibly Evaluating Narrowband and Wideband Speech*, Prague, Czech Republic, MESAQIN.

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Принципы тарификации и учета и экономические и стратегические вопросы международной электросвязи/ИКТ
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	Окружающая среда и ИКТ, изменение климата, электронные отходы, энергоэффективность; 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, а также соответствующие измерения и испытания
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, сети последующих поколений, интернет вещей и "умные" города
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи