



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

**МСЭ-Т**

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ  
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

**G.114**

(05/2003)

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

Международные телефонные соединения и цепи –  
Общие Рекомендации по качеству передачи для  
полного международного телефонного соединения

---

**Время односторонней передачи**

Рекомендация МСЭ-Т G.114

---

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

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
Общие определения	G.100–G.109
<b>Общие Рекомендации по качеству передачи для полного международного телефонного соединения</b>	<b>G.100–G.119</b>
Общие характеристики национальных систем, формирующих часть международных соединений	G.120–G.129
Общие характеристики 4-проводной цепочки образованной международными цепями и цепями национального расширения	G.130–G.139
Общие характеристики 4-проводной цепочки международных цепей; международный транзит	G.140–G.149
Общие характеристики международных телефонных цепей и цепей национального расширения	G.150–G.159
Аппараты, связанные с протяженными телефонными цепями	G.160–G.169
Аспекты плана передачи специальных цепей и соединений, использующих сеть международных телефонных соединений	G.170–G.179
Защита и восстановление систем передачи	G.180–G.189
Программные инструменты для систем передачи	G.190–G.199
<b>ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧ</b>	<b>G.200–G.299</b>
<b>ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ</b>	<b>G.300–G.399</b>
<b>ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО РАДИОРЕЛЕЙНЫМ ИЛИ СПУТНИКОВЫМ ЛИНИЯМ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЛИНИЯМИ</b>	<b>G.400–G.449</b>
<b>КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ</b>	<b>G.450–G.499</b>
<b>ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ</b>	<b>G.500–G.599</b>
<b>ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ</b>	<b>G.600–G.699</b>
<b>ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ</b>	<b>G.700–G.799</b>
<b>ЦИФРОВЫЕ СЕТИ</b>	<b>G.800–G.899</b>
<b>ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ</b>	<b>G.900–G.999</b>
<b>КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ</b>	<b>G.1000–G.1999</b>
<b>ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ</b>	<b>G.6000–G.6999</b>
<b>ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ</b>	<b>G.7000–G.7999</b>
<b>ЦИФРОВЫЕ СЕТИ</b>	<b>G.8000–G.8999</b>

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

## **Рекомендация МСЭ-Т G.114**

### **Время односторонней передачи**

#### **Резюме**

Настоящая Рекомендация служит руководством по влиянию задержки при сквозной односторонней передаче (иногда называемой временем запаздывания) и верхнему пределу сетевой задержки при односторонней передаче.

Хотя для общего сетевого планирования рекомендуется, чтобы не превышалось время задержки при односторонней передаче в 400 мс, важно понимать, что и гораздо более низкие значения задержки могут влиять на выполнение задач с выраженным интерактивным характером (например, несколько телефонных вызовов, передача данных в диалоговом режиме, видеоконференцсвязь).

Влияние задержек ниже 500 мс на речь в диалоговом режиме оценивается с помощью кривой, полученной по Е-модели (Рекомендация МСЭ-Т G.107).

Настоящая версия представляет собой основную пересмотренную версию данной Рекомендации, выполненную с целью согласования с другими Рекомендациями МСЭ-Т серии G.100.

#### **Источник**

Рекомендация МСЭ-Т G.114 утверждена 12-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2001–2004 гг.) 6 мая 2003 года в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации МСЭ-Т А.8. Она включает изменения согласно Добавлению II к Рекомендации МСЭ-Т G.114 (2003), утвержденному 30 сентября 2003 года.

## 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.

Всемирная ассамблея по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяет 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.

Соответствие положениям данной Рекомендации является добровольным делом. Однако в Рекомендации могут содержаться определенные обязательные положения (для обеспечения, например, возможности взаимодействия или применимости), и тогда соответствие данной Рекомендации достигается в том случае, если выполняются все эти обязательные положения. Для выражения требований используются слова "shall" ("должен", "обязан") или некоторые другие обязывающие термины, такие как "must" ("должен"), а также их отрицательные эквиваленты. Использование таких слов не предполагает, что соответствие данной Рекомендации требуется от каждой стороны.

## ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на то, 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 извещения об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для реализации 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.

© ITU 2004

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

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Введение.....	1
2 Ссылки .....	1
3 Возможность применения для оценки качества передачи речи – использование E-модели .....	2
4 Рекомендации, касающиеся времени односторонней передачи.....	2
5 Оценка задержки при сквозной передаче на основе множества элементов передачи ....	3
Приложение А – Оценка задержки при сквозной передаче .....	4
А.1 Планирование значений для задержки элементов передачи .....	4
А.2 Задержка кодека.....	5
А.3 Задержка, обусловленная буфером изменений задержек в IP-среде .....	7
Добавление I – Задержка, вносимая связанной с кодером обработкой.....	8
Добавление II – Руководство по задержке при односторонней передаче для передачи речи по протоколу IP .....	12
II.1 Введение .....	12
II.2 Получение удовлетворительной задержки.....	12



# Рекомендация МСЭ-Т G.114

## Время односторонней передачи

### 1 Введение

Настоящая Рекомендация служит руководством по влиянию задержки при сквозной односторонней передаче (иногда называемой временем запаздывания) и по верхнему пределу сетевой задержки при односторонней передаче. Влияние задержки на качество передачи речи может быть оценено путем использования кривой, полученной по модели характеристик передачи согласно Рекомендации МСЭ-Т G.107 [3], которая является рекомендуемым МСЭ-Т методом планирования сквозной передачи речи. В Рекомендации МСЭ-Т G.108 [4] даны подробные примеры того, как использовать эту модель при оценке рабочих характеристик передачи для соединений при различных ухудшениях, включая задержку при односторонней передаче. В Рекомендации МСЭ-Т G.109 [5] приводится преобразование результатов прогнозирования характеристик передачи с помощью модели в категории качества передачи речи. Таким образом, Рекомендация МСЭ-Т G.114 содержит полезную информацию, рассматривающую задержку при односторонней передаче в качестве параметра как такового, а Рекомендация МСЭ-Т G.107 [3] (и сопутствующие ей Рекомендации МСЭ-Т G.108 [4] и МСЭ-Т G.109 [5]) должна использоваться для оценки влияния задержки в сочетании с другими ухудшениями (например, искажения, вызванные обработкой речи).

Согласно результатам испытаний, приведенным в Приложении В предыдущих версий Рекомендации МСЭ-Т G.114, на выполнение задач с выраженным интерактивным характером (например, некоторые речевые приложения, приложения видеоконференцсвязи и передачи данных в диалоговом режиме) могут влиять задержки ниже 100 мс. По этой причине в предыдущих версиях данной Рекомендации отмечалось, что если задержки сохранялись на уровне ниже 150 мс, то они не оказывали существенного влияния на большинство приложений. Кроме того, в Рекомендации МСЭ-Т G.114 для целей планирования сети всегда рассматривался верхний предел в 400 мс. Однако такое параллельное рассмотрение сетевых задержек, с одной стороны, задержек прикладного уровня ("от говорящего до слушающего"), с другой стороны, приводило к путанице в отношении того, как следует применять Рекомендации МСЭ-Т G.114.

Благодаря разработке и утверждению E-модели (Рекомендация МСЭ-Т G.107 [3]), основанной на субъективных испытаниях задержек (среди прочих параметров), теперь имеется согласованный способ оценки влияния задержки на качество передачи речи от говорящего до слушающего.

Соответственно, в настоящее время может быть предоставлено простое руководство по оценке влияния задержки на передачу речи, которое и дается в этой Рекомендации.

Вопрос отсутствия аналогичных инструментальных средств для "неречевых" приложений требует дальнейшего изучения, поэтому данная Рекомендация может служить только общим руководством по планированию.

### 2 Ссылки

Нижеследующие Рекомендации МСЭ-Т и другие источники содержат положения, которые путем ссылок на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие источники являются предметом пересмотра; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается рассмотреть возможность применения последнего издания Рекомендаций и других ссылок, перечисленных ниже. Перечень действующих на настоящий момент Рекомендаций МСЭ-Т публикуется регулярно. Ссылка на документ, приведенный в настоящей Рекомендации, не придает ему как отдельному документу статус Рекомендации.

- [1] ITU-T Recommendation G.100 (2001), *Definitions used in Recommendations on general characteristics of international telephone connections and circuits.*
- [2] ITU-T Recommendation G.101 (1996), *The transmission plan.*
- [3] ITU-T Recommendation G.107 (2003), *The E-Model, a computational model for use in transmission planning.*
- [4] ITU-T Recommendation G.108 (1999), *Application of the E-model: A planning guide.*

- [5] ITU-T Recommendation G.109 (1999), *Definition of categories of speech transmission quality*.
- [6] ITU-T Recommendation G.131 (1996), *Control of talker echo*.
- [7] ITU-T Recommendation G.168 (2002), *Digital network echo cancellers*.
- [8] ITU-T Recommendation G.763 (1998), *Digital circuit multiplication equipment using G.726 ADPCM and digital speech interpolation*.
- [9] ITU-T Recommendation G.764 (1990), *Voice packetization – Packetized voice protocols*.
- [10] ITU-T Recommendation G.766 (1996), *Facsimile demodulation/remodulation for digital circuit multiplication equipment*.
- [11] ITU-T Recommendation G.767 (1998), *Digital circuit multiplication equipment using 16 kbit/s LD-CELP, digital speech interpolation and facsimile demodulation/remodulation*.
- [12] ITU-T Recommendation Q.551 (2002), *Transmission characteristics of digital exchanges*.
- [13] ITU-T Recommendation Y.1541 (2002), *Network performance objectives for IP-based services*.

### **3 Возможность применения для оценки качества передачи речи – использование E-модели**

В данной Рекомендации приводятся пределы для среднего значения задержки при сквозной односторонней передаче независимо от других характеристик ухудшения передачи. Модель характеристик передачи, содержащаяся в Рекомендации МСЭ-Т G.107 [3] и рекомендуемая МСЭ-Т в качестве метода планирования сквозной передачи речи, учитывает необходимость рассмотрения совместного влияния всех характеристик ухудшения передачи на качество передачи речи. В Рекомендации МСЭ-Т G.108 [4] даны подробные примеры того, как использовать эту модель при оценке рабочих характеристик передачи для соединений при различных ухудшениях, включая задержку. В Рекомендации МСЭ-Т G.109 [5] приводится преобразование результатов прогнозирования характеристик передачи с помощью модели в категории качества передачи речи. Таким образом, данная Рекомендация содержит полезную информацию, рассматривающую среднее значение задержки при односторонней передаче в качестве параметра как такового, а Рекомендация МСЭ-Т G.107 [3] (и сопутствующие ей Рекомендации МСЭ-Т G.108 [4] и МСЭ-Т G.109 [5]) должна использоваться для оценки влияния задержки в сочетании с другими ухудшениями (например, искажения, вызванные обработкой речи).

### **4 Рекомендации, касающиеся времени односторонней передачи**

Независимо от типа применения не рекомендуется превышать значение задержки 400 мс при односторонней передаче для общего сетевого планирования, то есть при соединении одного интерфейса "пользователь–сеть" (UNI) с другим таким же интерфейсом (как показано, например, в Рекомендации МСЭ-Т Y.1541 [15]), которое обеспечивает гибкость в развертывании глобальных сетей без неприемлемо большого числа попыток пользователей установить связь.

Однако для пользовательских применений желательно иметь как можно более низкие задержки. Как показано ниже, для оценки влияния задержки при односторонней передаче (включая все источники задержек, то есть источники задержек на пути речевого сигнала от говорящего до слушающего) на качество передачи речи в диалоговом режиме должна использоваться E-модель. Что касается "неречевых" приложений, таких как передача данных в диалоговом режиме или видеосвязь, то согласованные инструментальные средства для оценки задержки, подобные E-модели, отсутствуют, поэтому в таких случаях требуется осуществлять тщательный непрерывный контроль за влиянием задержек на качество передачи. И хотя на некоторые приложения могут оказывать слабое влияние задержки менее 150 мс при сквозной передаче (то есть задержки на пути передачи сигнала от говорящего до слушающего в случае передачи речи), если задержки будут оставаться ниже этого значения, то в большинстве как речевых, так и неречевых приложений будет иметь место существенно прозрачный режим диалогового обмена информацией.

Хотя задержки выше 400 мс являются неприемлемыми для целей общего сетевого планирования, признается, что в некоторых исключительных случаях это предельное значение будет превышать. Примером такого исключения может служить неизбежный двойной спутниковый участок для труднодостижимого географического пункта, влияние которого может быть оценено путем использования коэффициента преимуществ в E-модели.

В отношении использования E-модели для речевых приложений влияние задержки на качество передачи речи можно проследить по приведенной ниже диаграмме с кривой характеристики передачи (R) в зависимости от задержки. На диаграмме также представлены категории качества передачи речи согласно Рекомендации МСЭ-Т G.109 [5], преобразующие значения R в уровни приемлемости качества передачи для пользователя.

**Error! Objects cannot be created from editing field codes.**

**Рисунок 1/G.114 – Определение влияния абсолютной задержки по**

Характеристика R по E-модели

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Кривая, представленная на рисунке 1, отражает влияние на качество передачи только чистой задержки, то есть при полном отсутствии какого-либо эха. Она вычисляется по установлению параметра  $\tau$  в E-модели согласно Рекомендации G.107 равным суммарному значению задержки при односторонней передаче речи от говорящего до слушающего, а все остальные входные параметры E-модели устанавливаются в их значения по умолчанию. Влияние эха, вызванное несовершенным приемом эхом, приведет к более низкому качеству передачи речи для данного значения задержки при односторонней передаче.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – При вычислениях предполагается также, что коэффициент  $\alpha$  качества обработки (Ie) равен нулю. Ненулевые значения этого коэффициента, вызванные кодированием/обработкой речи, приводят к более низкому качеству передачи речи для данного значения задержки при односторонней передаче.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Для значений задержки при односторонней передаче, превышающих 100 мс, кривая показана в виде пунктирной линии, указывающей на то, что достоверность этих результатов не проверена в полном масштабе, но это они являются наилучшей оценкой из тех, которые следует ожидать. Поэтому могут использоваться в качестве ориентира.

Пользователи  
весьма  
удовлетворены  
качеством

Пользователи  
удовлетворены  
качеством

Некоторые  
пользователи  
удовлетворены  
качеством

Многие  
пользователи  
не  
удовлет-  
ворены  
качеством

Почти все  
пользователи  
не  
удовлет-  
ворены  
качеством

**5 Оценка задержки при сквозной передаче на основе множества элементарных операций**

В Приложении А приведены номинальные значения задержки и общие правила планирования, а в Добавлении I – связаны с задержкой при передаче речи от говорящего до слушающего/мгновенно вызваны для оценки суммарного времени сквозной передачи.

## Приложение А

### Оценка задержки при сквозной передаче

#### А.1 Значения при планировании для задержки элементов передачи

**Таблица А.1/Г.114 – Значения при планировании для задержки элементов передачи**

Система передачи или обработки	Составляющая времени односторонней передачи	Замечания
Наземный коаксиальный кабель или радиорелейная система: FDM и цифровая передача	4 мкс/км	Учитывается задержка в ретрансляторах и регенераторах
Система волоконно-оптической связи, цифровая передача	5 мкс/км (примечание 1)	
Подводная система коаксиальных кабелей	6 мкс/км	
Подводная система волоконно-оптической связи: – терминал передачи – терминал приема	13 мс 10 мс	Наихудший случай
Спутниковая система: – на высоте 400 км – на высоте 14 000 км – на высоте 36 000 км	12 мс 110 мс 260 мс	Распространение только в космическом пространстве (между земными станциями)
Модулятор или демодулятор FDM-канала	0,75 мс (примечание 2)	
PLMS (система сухопутной подвижной связи общего пользования) – норма 40 мс	80–110 мс	
Видеокодеры и декодеры по Рек. серии H.260	Подлежит дальнейшему изучению (примечание 3)	
DCME (Рек. МСЭ-Т G.763 [8]) на каждую пару: для речи, VBD и неремодулированной факсимильной связи	30 мс	Половина суммы времени передачи в обоих направлениях
DCME (Рек. МСЭ-Т G.767 [11]) на каждую пару: для речи, VBD и неремодулированной факсимильной связи	30 мс	
DCME (Рек. МСЭ-Т G.766 [10] в сочетании с Рек. МСЭ-Т G.763 [8] или G.767 [11]) на каждую пару: для ремодулированной факсимильной связи	200 мс	
PCME (Рек. МСЭ-Т G.764 [9]) на каждую пару: – с речью и неремодулированными VBD – с ремодулированными VBD	35 мс 70 мс	
Трансмультимплексор	1,5 мс (примечание 4)	Половина суммы времени передачи в обоих направлениях
Цифровая транзитная станция, цифровая-цифровая	0,45 мс (примечание 5)	
Цифровая местная станция, аналоговая-аналоговая	1,5 мс (примечание 5)	
Цифровая местная станция, аналоговая абонентская линия – цифровой переход	0,975 мс (примечание 5)	
Цифровая местная станция, цифровая абонентская линия – цифровой переход	0,825 мс (примечание 5)	
Эхокомпенсаторы	0,5 мс (примечание 6)	
АТМ (СВР при использовании уровня AAL 1)	6,0 мс (примечание 7)	

**Таблица А.1/G.114 – Значения при планировании для задержки элементов передачи**

<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Это значение является временным и находится в стадии изучения.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Эти значения учитывают искажения групповой задержки при частотах речевого сигнала с максимальной энергией и задержку в промежуточном оборудовании мультиплексирования высшего порядка и сквозного соединения.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Вопрос требует дальнейшего изучения. Задержка для этих устройств обычно не является постоянной, а диапазон задержки изменяется в зависимости от реализации. Для текущих реализаций этот диапазон составляет порядка нескольких сотен миллисекунд, и для получения естественной синхронизации в аудиоканалы дополнительно вводится значительная задержка. Производителям оборудования желательно уменьшить задержки в своем оборудовании, являющиеся составной частью времени передачи, в соответствии с данной Рекомендацией.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Для спутниковых цифровых систем связи, где трансмультиплексор расположен на земной станции, это значение задержки может быть увеличено до 3,3 мс.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Эти значения являются средними значениями: в зависимости от нагрузки трафика могут иметь место и более высокие значения, например 0,75 мс (1,950 мс, 1,350 мс или 1,250 мс) с вероятностью 0,95 их неперевышения. (Подробная информация содержится в Рекомендации МСЭ-Т Q.551 [12].)</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 6. – Это значение является усредненным для обоих направлений передачи.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 7. – Это задержка из-за формирования ячейки при скорости потока 64 кбит/с, когда он полностью заполняет ячейку (один телефонный канал на канал VC). В практических приложениях будет иметь место дополнительная задержка, например, из-за обнаружения потери ячейки и буферизации. На других уровнях AAL и к другим схемам отображения ячеек могут быть применимы другие задержки, что требует дальнейшего изучения.</p>
--

## **А.2 Задержка кодека**

Современные речевые кодеки работают с наборами речевых отсчетов, известными как кадры. Каждый блок входных отсчетов речи преобразуется в уплотненный кадр. Кодированный речевой кадр не генерируется до тех пор, пока кодер не соберет все отсчеты речи в блок ввода. Таким образом, до начала обработки имеет место задержка одного кадра. Кроме того, для повышения эффективности уплотнения многие кодеры просматривают следующий кадр. Длительность такого предварительного просмотра называется временем упреждения кодера. Предполагается, что время, необходимое для обработки входного кадра, соответствует длине кадра, поскольку использование ресурсов процессора будет эффективным, когда пара кодер/декодер (или несколько таких пар, функционирующих параллельно на нескольких входных потоках) полностью использует имеющуюся мощность обработки (равномерно распределенную во временной области). Таким образом, обычно предполагается, что задержка для пары кодер/декодер составляет:

$$2 \times \text{размер кадра} + \text{упреждение}$$

### **А.2.1 Задержка в проводной среде**

Если выходные средства передачи информации работают на той же скорости, что и речевой кодек (например, на скорости 8 кбит/с для Рекомендации МСЭ-Т G.729), тогда вводится определяющий задержку дополнительный кадр при тактовой передаче уплотненного кадра средствами передачи информации. Таким образом, максимальная задержка, которая может быть отнесена к связанной с кодеком обработке в традиционных проводных системах (то есть в сети ТСОП), составляет:

$$3 \times \text{размер кадра} + \text{упреждение}$$

### **А.2.2 Задержка в среде подвижной связи и в беспроводной среде**

Если выходными средствами передачи информации является сеть подвижной связи или беспроводные средства, тогда вывод кадра кодером будет аналогичен работе в проводной среде, но возникает дополнительная задержка при подаче уплотненного кадра в радиотракт (вновь предполагается, что средства подвижной связи работают на той же скорости, что и речевой кодек). Таким образом, максимальная задержка, которая может быть отнесена к связанной с кодеком обработке в системах подвижной связи и беспроводных системах, составляет:

$$3 \times \text{размер кадра} + \text{упреждение} + \text{формирование кадров в радиоинтерфейсе}$$

### **А.2.3 Задержка в IP-среде (один кадр на пакет)**

Если выходными средствами передачи информации является IP-сеть, тогда вывод кадра кодером будет осуществляться путем немедленного сброса в IP-пакет. Дополнительная задержка, требуемая для сборки IP-пакетов и передачи на базовый канальный уровень, будет зависеть от канального уровня. Когда канальным уровнем является локальная сеть (LAN) (например, Ethernet), это дополнительное время обычно будет совсем малым. Таким образом, минимальная задержка, которая может быть отнесена к связанной с кодеком обработке в IP-системах, составляет:

$$2 \times \text{размер кадра} + \text{упреждение}$$

Когда канальный уровень является уровнем с более низкой тактовой частотой (например, соединение модема) или уровнем с высокой нагрузкой трафика (например, перегруженная сеть LAN), дополнительная задержка будет существенно возрастать. Для того чтобы передавать уплотненные кадры средствам передачи информации по крайней мере с той же тактовой частотой, с какой речевые отсчеты собираются на входе кодера, дополнительная задержка не должна превышать размер одного кадра. Таким образом, максимальная задержка, которая может быть отнесена к связанной с кодеком обработке в IP-системах, функционирующих в масштабе реального времени, составляет:

$$3 \times \text{размер кадра} + \text{упреждение}$$

### **А.2.4 Задержка в IP-среде (множество кадров на пакет)**

Если в один IP-пакет группируется множество речевых кадров, то к речевому сигналу прибавляется дополнительная задержка. Эта задержка будет по меньшей мере соответствовать продолжительности одного дополнительного речевого кадра в кодере для каждого дополнительного речевого кадра, добавляемого к IP-пакету. Таким образом, минимальная задержка, которая может быть отнесена к связанной с кодером обработке в IP-системах с множеством кадров на один пакет, составляет:

$$(N + 1) \times \text{размер кадра} + \text{упреждение},$$

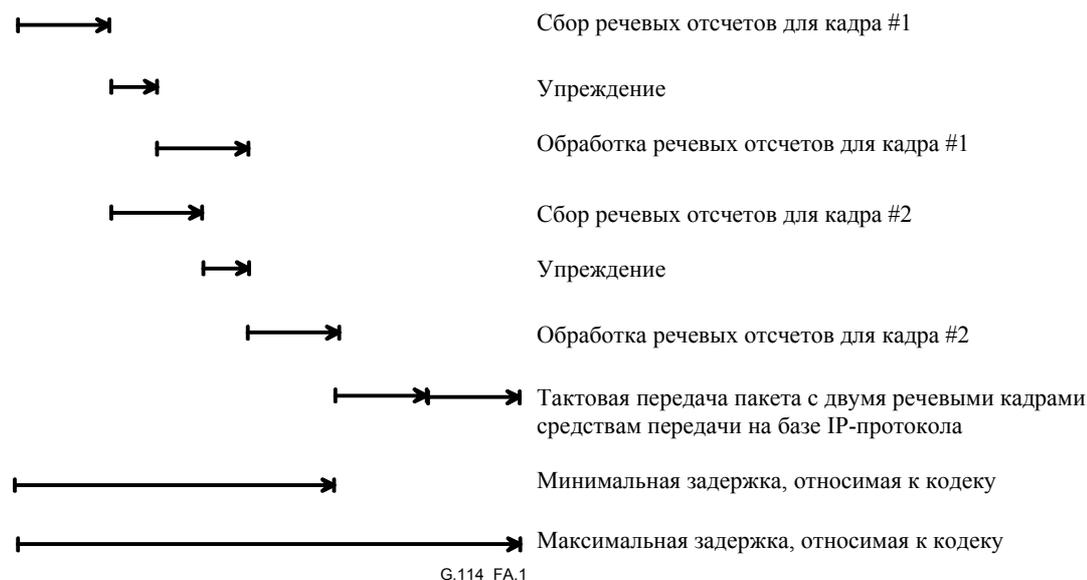
где  $N$  – число кадров в каждом пакете.

Когда канальный уровень является уровнем с более низкой тактовой частотой (например, соединение модема) или уровнем с высокой нагрузкой трафика (например, перегруженная сеть LAN), дополнительная задержка будет возникать при доставке пакета к средству передачи информации. Для того чтобы передавать уплотненные кадры по крайней мере с той же тактовой частотой, с какой речевые отсчеты собираются на входе кодера, дополнительная задержка в случае множества кадров на один пакет не должна превышать длину кадров, содержащихся в одном пакете. Следует отметить, что тактовая передача пакета средствами передачи информации на базе IP-протокола не может начаться, прежде чем будут доступны все речевые кадры для данного пакета. Таким образом, максимальная задержка, которая может быть отнесена к связанной с кодеком обработке в IP-системах, функционирующих в масштабе реального времени с множеством кадров на один пакет, составляет:

$$(2N + 1) \times \text{размер кадра} + \text{упреждение},$$

где  $N$  – число кадров в каждом пакете.

На рисунке А.1 приведен пример для  $N = 2$ :



**Рисунок А.1/G.114 – Пример: состав суммарной связанной с кодеком задержки в IP-среде для  $N = 2$**

### А.3 Задержка, обусловленная буфером изменений задержек в IP-среде

Системы пакетной передачи обладают переменной задержкой (дрожанием), являющейся составляющей времени доставки пакетов. Это вызвано тем фактом, что различные пакеты, несущие речевые отсчеты одного и того же телефонного разговора, могут иметь меняющуюся длину очередей или передаваться по разным маршрутам через сеть. Детали такого явления в значительной мере зависят от конкретных механизмов транспортировки, организации очередей и назначения приоритетов, которые могут быть реализованы в такой системе. Тем не менее колебания задержки должны быть устранены, прежде чем пользователю будет послан речевой ответ, в противном случае станет заметным значительное ухудшение качества передачи.

Обычно это достигается путем сбора пакетов в буфере устранения дрожания на стороне приема. Этот буфер меняет порядок следования пакетов во времени и регулируется до такого размера, чтобы учитывать определенный диапазон колебаний сетевых задержек, при этом эффективно задерживаются все пакеты, соответствующие задержке пакета с наибольшим допустимым транзитным временем. Если время доставки пакета превышает длину буфера на приеме, тогда этот пакет считается "прибывшим слишком поздно" относительно предполагаемого времени его использования и будет отбрасываться. Следовательно, речевая информация, передаваемая в этом пакете, является потерянной для процесса декодирования. Такая "потеря пакета" ухудшает качество передачи речи (см. Рекомендацию МСЭ-Т G.113).

Влияние буфера устранения дрожания на задержку при односторонней передаче основано на среднем времени пребывания пакетов в этом буфере, которое меньше максимального размера буфера. В зависимости от конкретного типа реализации, а также от надлежащей настройки буфера устранения дрожания вносимая этим буфером задержка может составлять половину максимального размера буфера (в предположении симметрично распределенных задержек). Пакеты с минимальной задержкой передачи будут находиться максимальное время в состоянии ожидания в буфере устранения дрожания, прежде чем будут выведены в виде синхронного потока, в то время как для пакетов с максимальной приемлемой задержкой передачи верно обратное (эти пакеты находятся в буфере устранения дрожания минимальное время). Для ЦЕЛЕЙ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕКОМЕНДУЕТСЯ считать, что буфер устранения дрожания добавляет половину своей максимальной задержки к средней сетевой задержке.

*Пример* (взят из Добавления III/Y.1541 [13]):

Буфер устранения дрожания, предназначенный для компенсации диапазона колебаний задержки пакета в 50 мс, будет в среднем вводить дополнительную задержку в 25 мс.

Дополнительное руководство по влиянию задержки пакета, вызванной буфером устранения дрожания, содержится в Рекомендации МСЭ-Т У.1541 [13].

Следует отметить, что при использовании реализаций динамического буфера устранения дрожания задержка ответной речевой информации для пользователя будет подвержена редким переходным колебаниям при повторных изменениях размера буфера устранения дрожания.

## Добавление I

### Задержка, вносимая связанной с кодером обработкой

Таблица I.1/G.114 – Значения задержки для кодеров в приложениях в проводной среде

Тип кодера	Скорость (кбит/с)	Размер кадра (мс)	Упреждение (мс)	Средняя задержка при односторонней передаче, вносимая связанной с кодером обработкой (мс)	Ссылка
ИКМ	64	0,125	0	0,375	G.711, G.712
АДИКМ	40	0,125	0	0,375	G.726, G.727
АДИКМ	32	0,125	0	0,375	G.721(1988), G.726, G.727
АДИКМ	24	0,125	0	0,375	G.726, G.727
АДИКМ	16	0,125	0	0,375	G.726, G.727
LD-CELP	16	0,625	0	1,875	G.728
LD-CELP	12,8	0,625	0	1,875	G.728
CS-ACELP	8	10	5	35	G.729
VSELP	7,95	20	0	60	IS-54-B, TIA
ACELP	7,4	20	5	65	IS-641, TIA
QCELP	8	20	0	60	IS-96-A
RCELP	8	20	10	70	IS-127
VSELP	6,7	20	5	65	Японский PDC
RPE-LTP	13	20	0	60	GSM 06.10, полная скорость
VSELP	5,6	20	0	60	GSM 06.20, половинная скорость
ACELP	12,2	20	0	60	GSM 06.60, расширенная полная скорость
ACELP	5,3	30	7,5	97,5	G.723.1
MP-MLQ	6,3	30	7,5	97,5	G.723.1

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – ИКМ-кодер преобразует аналоговую информацию в цифровую и наоборот, в то время как все другие кодеры относятся к ИКМ-области; для ИКМ в аналоговой области имеет место дополнительная задержка (0,375 мс).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для приложений в проводной среде средняя задержка при односторонней передаче, вносимая связанной с кодеком обработкой, составляет  $3 \times$  размер кадра + упреждение (см. п. А.2.1).

**Таблица I.2/G.114 – Значения задержки для кодеров в приложениях в среде подвижной связи и в беспроводной среде**

Тип кодера	Скорость (кбит/с)	Размер кадра (мс)	Упрежде-ние (мс)	Формирование кадров в радиointерфейсе (мс)	Средняя задержка при односторонней передаче, вводимая связанной с кодером обработкой (мс)	Ссылка
ИКМ	64	0,125	0	(См. примечание 3)		G.711, G.712
АДИКМ	40	0,125	0	(См. примечание 3)		G.726, G.727
АДИКМ	32	0,125	0	13,625	14	G.721(1988), G.726, G.727, DECT
АДИКМ	24	0,125	0	(См. примечание 3)		G.726, G.727
АДИКМ	16	0,125	0	(См. примечание 3)		G.726, G.727
LD-CELP	16	0,625	0	(См. примечание 3)		G.728
LD-CELP	12,8	0,625	0	(См. примечание 3)		G.728
CS-ACELP	8	10	5	(См. примечание 3)		G.729
VSELP	7,95	20	0			IS-54-B, TIA
ACELP	7,4	20	5			IS-641, TIA
QCELP	8	20	0			IS-96-A
RCELP	8	20	10			IS-127
VSELP	6,7	20	5			Японский PDC
RPE-LTP	13	20	0	35	95	GSM 06.10, полная скорость
VSELP	5,6	20	0	35	95	GSM 06.20, половинная скорость
ACELP	12,2	20	0	35	95	GSM 06.60, расширенная полная скорость
ACELP	5,3	30	7,5	(См. примечание 3)		G.723.1
MP-MLQ	6,3	30	7,5	(См. примечание 3)		G.723.1

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – ИКМ-кодер преобразует аналоговую информацию в цифровую и обратно, в то время как все другие кодеры относятся к ИКМ-области; для ИКМ в аналоговой области имеет место дополнительная задержка (0,375 мс).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для приложений в среде подвижной связи и в беспроводной среде средняя задержка при односторонней передаче, вносимая связанной с кодером обработкой, составляет 3 × размер кадра + упреждение + формирование кадров радиointерфейса (см. п. А.2.2).

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Для отмеченных типов кодеров 12-я Исследовательская комиссия не располагает информацией о каком-либо приложении в среде подвижной связи или в беспроводной среде.

**Таблица I.3/G.114 – Значения задержки для кодеров в приложениях в IP-среде  
(один кадр на пакет)**

Тип кодера	Скорость (кбит/с)	Размер кадра (мс)	Упреждение (мс)	Средняя задержка при односторонней передаче, вносимая связанной с кодером обработкой (мс) (см. примечание 2)		Ссылка
				Минимальное	Максимальное	
ИКМ	64	0,125	0	0,25	0,375	G.711, G.712
АДИКМ	40	0,125	0	0,25	0,375	G.726, G.727
АДИКМ	32	0,125	0	0,25	0,375	G.721(1988), G.726, G.727
АДИКМ	24	0,125	0	0,25	0,375	G.726, G.727
АДИКМ	16	0,125	0	0,25	0,375	G.726, G.727
LD-CELP	16	0,625	0	1,25	1,875	G.728
LD-CELP	12,8	0,625	0	1,25	1,875	G.728
CS-ACELP	8	10	5	25	35	G.729
VSELP	7,95	20	0	40	60	IS-54-B, TIA
ACELP	7,4	20	5	45	65	IS-641, TIA
QCELP	8	20	0	40	60	IS-96-A
RCELP	8	20	10	50	70	IS-127
VSELP	6,7	20	5	45	65	Японский PDC
RPE-LTP	13	20	0	40	60	GSM 06.10, полная скорость
VSELP	5,6	20	0	40	60	GSM 06.20, половинная скорость
ACELP	12,2	20	0	40	60	GSM 06.60, расширенная полная скорость
ACELP	5,3	30	7,5	67,5	97,5	G.723.1
MP-MLQ	6,3	30	7,5	67,5	97,5	G.723.1

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – ИКМ-кодер преобразует аналоговую информацию в цифровую и обратно, в то время как все другие кодеры относятся к ИКМ-области; для ИКМ в аналоговой области имеет место дополнительная задержка (0,375 мс).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для приложений в IP-среде средняя задержка при односторонней передаче, внесенная связанной с кодером обработкой, составляет:

= 2 × размер кадра + упреждение (минимальная, см. п. А.2.3)

= 3 × размер кадра + упреждение (максимальная, см. п. А.2.3).

**Таблица I.4/G.114 – Значения задержки для кодеров в приложениях в IP-среде  
(множество кадров на пакет)**

Тип кодера	Скорость (кбит/с)	Размер кадра (мс)	Упреждение (мс)	Средняя задержка при односторонней передаче, вносимая связанной с кодером обработкой (мс) (см. примечание 2)		Ссылка
				Минимальное	Максимальное	
ИКМ	64	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.711, G.712
АДИКМ	40	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.726, G.727
АДИКМ	32	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.721(1988), G.726, G.727
АДИКМ	24	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.726, G.727
АДИКМ	16	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.726, G.727
LD-CELP	16	0,625	0	$(N + 1) \times 0,625$	$(2N + 1) \times 0,625$	G.728
LD-CELP	12,8	0,625	0	$(N + 1) \times 0,625$	$(2N + 1) \times 0,625$	G.728
CS-ACELP	8	10	5	$(N + 1) \times 10 + 5$	$(2N + 1) \times 10 + 5$	G.729
VSELP	7,95	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	IS-54-B, TIA
ACELP	7,4	20	5	$(N + 1) \times 20 + 5$	$(2N + 1) \times 20 + 5$	IS-641, TIA
QCELP	8	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	IS-96-A
RCELP	8	20	10	$(N + 1) \times 20 + 10$	$(2N + 1) \times 20 + 10$	IS-127
VSELP	6,7	20	5	$(N + 1) \times 20 + 5$	$(2N + 1) \times 20 + 5$	Японский PDC
RPE-LTP	13	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	GSM 06.10, полная скорость
VSELP	5,6	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N+1) \times 20$	GSM 06.20, половинная скорость
ACELP	12,2	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	GSM 06.60, расширенная полная скорость
ACELP	5,3	30	7,5	$(N + 1) \times 30 + 7,5$	$(2N + 1) \times 30 + 7,5$	G.723.1
MP-MLQ	6,3	30	7,5	$(N + 1) \times 30 + 7,5$	$(2N + 1) \times 30 + 7,5$	G.723.1

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – ИКМ-кодер преобразует аналоговую информацию в цифровую и наоборот, в то время как все другие кодеры относятся к ИКМ-области; для ИКМ в аналоговой области имеет место дополнительная задержка (0,375 мс).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для приложений в IP-среде с множеством кадров на один пакет средняя задержка при односторонней передаче, внесенная связанной с кодером обработкой, может быть вычислена следующим образом:  
 =  $(N + 1) \times$  размер кадра + упреждение (минимальная, см. п. А.2.4);  
 =  $(2N + 1) \times$  размер кадра + упреждение (максимальная, см. п. А.2.4).

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – N = число кадров на один пакет.

## Добавление II

### Руководство по задержке при односторонней передаче для передачи речи по протоколу IP

#### II.1 Введение

Данное Добавление содержит дополнительное руководство по применению Рекомендации МСЭ-Т G.114. Основной целью является предоставление практической информации для планирования сети сквозной передачи речи по протоколу IP (VoIP). Кроме того, данное Добавление обеспечивает увязку с показателями задержек IP-сети, приведенными в Рекомендации МСЭ-Т Y.1541.

#### II.2 Получение удовлетворительной задержки

Для многих *внутрирегиональных маршрутов* (например, в пределах Африки, Европы, Северной Америки) в диапазоне 5000 км или меньше пользователи соединений VoIP, по всей вероятности, должны испытывать задержки менее 150 мс при передаче речи от говорящего до слушающего. В Добавлении III/Y.1541 приводятся вычисления этих задержек при использовании эталонных терминалов с суммарной средней задержкой 50 мс (пакеты 10 мс). Эти вычисления показывают, что показатель задержки класса 0 в 100 мс согласно Рекомендации Y.1541 может быть обеспечен в хорошо спроектированной сети доступа (при скорости первичных каналов T1 или E1 или выше, как того требует Рекомендация Y.1541) с числом маршрутизаторов до 12. В Добавлении X/Y.1541 показано, что подобное качество речи может поддерживаться при эталонных терминалах, вносящих суммарную задержку строго менее 80 мс (при использовании пакетов 20 мс и надежного маскирования потери пакетов).

Для *межрегиональных* наземных маршрутов, даже для достигающих 27 500 км при традиционном гипотетическом эталонном соединении МСЭ для наихудшего случая, тракт VoIP для передачи речи от говорящего до слушающего, вероятно, должен иметь задержку чуть выше 300 мс. Это предполагает, что терминалы вносят суммарную задержку 80 мс (пакеты 20 мс), а хорошо спроектированная сеть доступа и тракты поддерживающей IP-сети содержат 20 или меньше сетевых маршрутизаторов (согласно Добавлению III/Y.1541). Очевидно, крайне маловероятно, что по маршруту в 27 500 км для наихудшего случая будет послано много вызовов. Для гораздо более частых межрегиональных вызовов с длиной маршрута, например, 10 000 км или менее соответствующие задержки составляли бы приблизительно 225 мс; естественно, не такие низкие (или не такие, как хотелось бы), как, например, задержки 150 мс, но все еще вполне удовлетворительные для подавляющего большинства пользователей.

Хотя задержки в диапазоне в среднем в 200 мс могут не представлять серьезной проблемы для межрегиональных вызовов на большие расстояния, где, по ожиданиям пользователей, вызовы несколько отличаются от региональных вызовов, крайне важно, чтобы планировщики сетей не допускали таких задержек для местных и региональных вызовов, поскольку ожидания пользователей основаны на том, что такие вызовы будут полностью "прозрачными" относительно задержек.

Хотя признано, что использование технологий VoIP будет приводить к существенному возрастанию задержек по сравнению с непакетной передачей с временным уплотнением, данный анализ показывает, что широкое использование сквозной VoIP не обязательно приводит к создающим проблемы задержкам, если проявить соответствующую предусмотрительность и использовать соответствующие методы планирования.



## СЕРИЯ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия В	Средства выражения: определения, символы, классификация
Серия С	Общая статистика электросвязи
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
<b>Серия G</b>	<b>Системы и среда передачи, цифровые системы и сети</b>
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	TMN и техническое обслуживание сетей: международные системы передачи, телефонные, телеграфные, факсимильные и арендованные каналы
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 и взаимосвязь открытых систем
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура и аспекты межсетевого протокола (IP)
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи