

Международный союз электросвязи

**МСЭ-R**  
Сектор радиосвязи МСЭ

**Рекомендация МСЭ-R F.2113-0**  
(01/2018)

**Показатели качества по ошибкам  
и готовности и требования к ним для  
реальных пакетных радиолиний связи  
пункта с пунктом**

**Серия F**  
**Фиксированная служба**



Международный  
союз  
электросвязи

## Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

### Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

### Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

Серия	Название
<b>BO</b>	Спутниковое радиовещание
<b>BR</b>	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
<b>BS</b>	Радиовещательная служба (звуковая)
<b>BT</b>	Радиовещательная служба (телевизионная)
<b>F</b>	<b>Фиксированная служба</b>
<b>M</b>	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
<b>P</b>	Распространение радиоволн
<b>RA</b>	Радиоастрономия
<b>RS</b>	Системы дистанционного зондирования
<b>S</b>	Фиксированная спутниковая служба
<b>SA</b>	Космические применения и метеорология
<b>SF</b>	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
<b>SM</b>	Управление использованием спектра
<b>SNG</b>	Спутниковый сбор новостей
<b>TF</b>	Передача сигналов времени и эталонных частот
<b>V</b>	Словарь и связанные с ним вопросы

*Примечание.* – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация  
Женева, 2018 г.

© ITU 2018

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.

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R F.2113-0

**Показатели качества по ошибкам и готовности и требования к ним  
для реальных пакетных радиолиний связи пункта с пунктом**

(Вопрос МСЭ-R 255/5)

(2018)

**Резюме**

В этой Рекомендации описываются события и параметры показателей качества по ошибкам и готовности для оборудования и линий пакетных систем фиксированной беспроводной службы, приводится формула для показателей линий, включены отношения между пакетными и непaketными системами и приводятся примеры применения к реальным случаям.

**Сфера применения**

В этой Рекомендации предлагается способ определения показателей качества по ошибкам и готовности для правильного проектирования реальных пакетных радиолиний связи пункта с пунктом с конкретными примерами радиолиний на основе Ethernet.

**Ключевые слова**

Фиксированная служба, связь пункта с пунктом, готовность, показатели качества по ошибкам, пакетная передача, Ethernet

**Сокращения/гlossарий**

BER	Bit error rate	КОБ	Коэффициент ошибок по битам
FWS	Fixed wireless service		Фиксированная беспроводная служба
FER	Ethernet frame error ratio		Доля ошибочных кадров Ethernet
FLR	Ethernet frame loss ratio		Доля потерянных кадров Ethernet
PEU	Percent Ethernet service unavailability		Доля времени неготовности услуг Ethernet
PEA	Percent Ethernet service availability		Доля времени готовности услуг Ethernet
SESETH	Severe errored second		Секунда со значительным количеством ошибок

**Соответствующие Рекомендации МСЭ**

Рекомендация МСЭ-R F.1668	Показатели качества по ошибкам для реальных цифровых фиксированных беспроводных линий, используемых на гипотетических эталонных трактах и соединениях протяженностью 27 500 км
Рекомендация МСЭ-R F.1703	Показатели готовности для реальных цифровых радиорелейных линий, используемых на гипотетических эталонных трактах
Рекомендация МСЭ-T Y.1563	Показатели качества и готовности передачи Ethernet-кадров

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a) что по мере существенного повышения спроса на необходимую ширину полосы также развиваются и технологии – от систем, обеспечивающих низкую пропускную способность, к системам с высокой пропускной способностью, которые могут обеспечить гораздо более высокие скорости передачи данных;
- b) что применения, основанные на передаче пакетов, составляют значительную часть существующих транспортных сетей и сетей доступа и в ближайшем будущем их доля, как ожидается, значительно увеличится;
- c) что существует потребность в установлении показателей качества по ошибкам и готовности при проектировании линий и разработке пакетных сетей;
- d) что для сквозной сети Ethernet не определена конкретная эталонная длина и не существует модели на страновом уровне,

*признавая,*

- a) что в Рекомендации МСЭ-T Y.1563 определяются параметры, которые могут использоваться при установлении и оценке характеристик скорости, точности, надежности и готовности передачи кадров по сетям Ethernet в рамках услуг связи Ethernet;
- b) что в Рекомендации МСЭ-T Y.1563 сквозная сеть Ethernet определена как набор линий передачи (EL) и сегментов сети (NS), которые обеспечивают передачу кадров Ethernet от источника (SRC) в пункт назначения (DST); измерительные точки (MP), которые связывают сквозную сеть Ethernet, – это MP в составе SRC и DST;
- c) что метод определения критериев расчета, принятый в Рекомендациях МСЭ-R F.1668 и МСЭ-R F.1703 для определения показателей качества по ошибкам и готовности реальных фиксированных беспроводных линий (трафик СЦИ и ПЦИ), основан на Рекомендациях МСЭ-T G.826 и МСЭ-T G.827,

*рекомендует*

- 1 выбирать события и параметры, используемые для определения показателей качества по ошибкам и готовности, в том числе при проектировании реальных линий, из набора, описанного в Приложении 1;
- 2 устанавливать показатели качества по ошибкам и готовности для реальных цифровых фиксированных беспроводных линий, по которым передается пакетный трафик, в соответствии с процедурами, описанными в Приложении 2.

## Приложение 1

### События и параметры

В этом Приложении рассматриваются только пакетные применения на базе Ethernet.

#### 1 События

Приведенные ниже определения качества по ошибкам и готовности соответствуют Рекомендации МСЭ-T Y.1563.

### Секунда со значительным количеством ошибок (SESETH)

Секунда со значительным количеством ошибок ( $SES_{ETH}$ ) возникает для блока кадров, наблюдаемых в течение интервала в одну секунду на входе MP0, когда соответствующее значение FLR (отношение числа потерянных кадров к общему числу кадров в блоке) на выходе MPi превышает  $s1$ . МСЭ-T предлагает предварительное значение  $s1=0,5$ , и в зависимости от класса обслуживания (CoS) также могут быть выбраны другие значения.

### Готовность

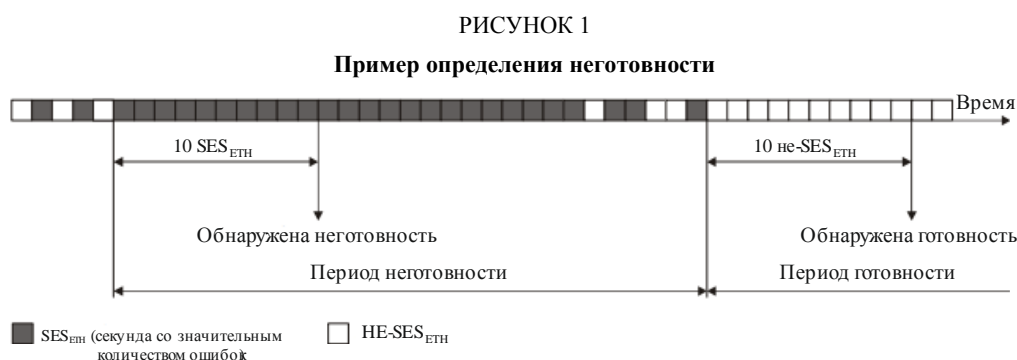
Готовность сети на основе Ethernet определяется по состояниям готовности и неготовности.

Время неготовности начинается в момент начала 10 последовательных  $SES_{ETH}$  результатов и заканчивается в момент начала 10 последовательных не- $SES_{ETH}$  результатов. В течение периода готовности сеть Ethernet находится в состоянии готовности.

Рисунок 1 иллюстрирует определение критериев перехода в состояние неготовности и обратно.

Это определение готовности выбрано так, чтобы оно было сопоставимо с другими методами на уровне канала.

Поскольку Ethernet – двунаправленная служба, сеть Ethernet находится в состоянии неготовности, если в состоянии неготовности находится одно направление или оба. Готовность в одном направлении можно определить по указанным выше критериям.



## 2 Параметры

### Доля времени неготовности услуг Ethernet (PEU)

Доля общего планового времени обслуживания Ethernet (односекундных интервалов), когда сеть Ethernet находится в состоянии неготовности.

### Доля времени готовности услуг Ethernet (PEA)

Доля общего планового времени обслуживания сети Ethernet (односекундных интервалов), когда сеть Ethernet находится в состоянии готовности, определяемая с использованием функции готовности службы Ethernet:  $PEU = 100 - PEA$ .

### Доля ошибочных кадров Ethernet (FER)

Доля ошибочных кадров Ethernet – это отношение общего числа ошибочных кадров Ethernet к общему числу успешно переданных кадров Ethernet плюс число ошибочных кадров Ethernet в исследуемом наборе.

### Доля потерянных кадров Ethernet (FLR)

Отношение общего числа потерянных кадров Ethernet к общему числу переданных кадров Ethernet в исследуемом наборе. В конфигурациях "из пункта во многие пункты" также может быть полезно сравнивать число успешно переданных кадров между пунктами назначения с использованием в качестве эталона пункта назначения с наибольшим числом успешно переданных кадров.

## Приложение 2

### Показатели

В этом Приложении рассматриваются только пакетные применения на базе Ethernet.

#### 1 Распределение показателей

Показатели качества по ошибкам и готовности для любой реальной линии связи пункта с пунктом, по которой передается трафик ПЦИ/СЦИ, установлены в Рекомендациях МСЭ-R F.1668 и МСЭ-R F.1703 в соответствии с независимыми от среды передачи критериями распределения МСЭ-Т, основанными на наличии эталонного значения, установленного для гипотетического сквозного соединения длиной 27 500 км (Рекомендация МСЭ-Т G.826).

Ввиду развития технологий и специфики Ethernet МСЭ-Т не считает необходимым установление значения для сквозного соединения или показателей, и критерии распределения отсутствуют. Тем не менее продолжается развертывание радиолиний на основе Ethernet в том же географическом и логистическом контексте, который использовался до перехода на пакетные сигналы (те же регионы, радиовышки, способы распространения и т. д.), и существует потребность в показателях, позволяющих правильно проектировать такие линии.

В данном Приложении приведены показатели качества по ошибкам и готовности для любой реальной линии связи пункта с пунктом, по которой передается трафик Ethernet, в соответствии с традиционным видением МСЭ, состоящим в рассмотрении двух основных видов контекста применения с двумя разными ожидаемыми уровнями качества:

- линии, относящиеся к "высокопроизводительному" участку соединения (транзитные страны или международный участок в странах назначения, участки большой протяженности);
- линии, относящиеся к "низкопроизводительным" участкам тракта (национальный участок в странах назначения, короткие линии и линии доступа).

В зависимости от того, какой участок расположен в стране – международный транзитный или оконечный, – используются разные правила распределения.

#### 2 Временные требования к оценке показателей

Оценка событий: 1 секунда.

Показатели готовности: 1 год.

Показатели качества по ошибкам: 1 месяц.

#### 3 Показатель

##### PEA

Показатели PEA, применимые к каждому направлению фиксированной беспроводной линии длиной  $L_{\text{link}}$ , можно получить из значений, приведенных в таблицах 1 и 2, с помощью уравнения (1):

$$PEA = \left(1 - \left(B_j \frac{L_{\text{link}}}{L_R} + C_j\right)\right) * 100, \quad (1)$$

где:

значение  $j$  равно: для международного участка:

1	$L_{\min}$	$< L_{\text{link}} \leq 250$ км
2	250 км	$< L_{\text{link}} \leq 2500$ км
3	2500 км	$< L_{\text{link}} \leq 7500$ км
4		$L_{\text{link}} > 7500$ км

для национального участка:

5	сеть доступа
6	короткие линии
7	протяженные линии

$L_R$ : эталонная длина  $L_R = 250$  км.

Нижняя граница  $L_{\text{link}}$ , используемая для масштабирования показателей, составляет  $L_{\min} = 50$  км.

ТАБЛИЦА 1

**Параметры показателей РЕА для линий, составляющих международный участок цифрового тракта с постоянной битовой скоростью**

Длина (км)	$L_{\min} \leq L_{\text{link}} \leq 250$		$250 < L_{\text{link}} \leq 2\,500$		$2500 < L_{\text{link}} \leq 7\,500$		$L_{\text{link}} \geq 7\,500$	
	$B_1$	$C_1$	$B_2$	$C_2$	$B_3$	$C_3$	$B_4$	$C_4$
Международный участок	$1,9 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$	0	$3 \times 10^{-4}$	0	$3 \times 10^{-4}$	0

ТАБЛИЦА 2

**Параметры показателей РЕА для линий, составляющих национальный участок цифрового тракта с постоянной битовой скоростью**

Участок доступа		Короткий участок		Протяженный участок			
$B_5$	$C_5$	$B_6$	$C_6$	$B_7$		$C_7$	
0	$5 \times 10^{-4}$	0	$4 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$ для $250 \text{ км} \leq L_{\text{link}} < 2\,500 \text{ км}$ $1,9 \times 10^{-4}$ для $L_{\min} \leq L_{\text{link}} < 250 \text{ км}$		0 для $250 \text{ км} \leq L_{\text{link}} < 2\,500 \text{ км}$ $1,1 \times 10^{-4}$ для $L_{\min} \leq L_{\text{link}} < 250 \text{ км}$	

**FER**

Рекомендуемые показатели отсутствуют.

**FLR**

Рекомендуемые показатели отсутствуют.

**4 Расчет показателей готовности**

В данном пункте приведено несколько примеров применения настоящей Рекомендации к реальным линиям с целью получения соответствующих показателей.

В нижеследующих пунктах предполагается, что один год соответствует 525 960 мин.

**4.1 Международный участок****Случай 1: длина 30 км**

Длина менее  $L_{\min} = 50$  км, поэтому использовалось значение  $L_{\text{link}} = 50$ .

$$PEA = \left(1 - \left(B_1 \frac{L_{\text{link}}}{L_R} + C_1\right)\right) * 100 = \left(1 - \left(1,9 \times 10^{-4} \frac{50}{250} + 1,1 \times 10^{-4}\right)\right) * 100 = 99,985.$$

Эти значения соответствуют неготовности 78 мин/год.

### Случай 2: длина 80 км

Длина находится в пределах 50–250 км, поэтому:

$$PEA = \left(1 - \left(B_1 \frac{L_{\text{link}}}{L_R} + C_1\right)\right) = 1 - \left(1,9 \times 10^{-4} \frac{80}{250} + 1,1 \times 10^{-4}\right) * 100 = 99,983.$$

Эти значения соответствуют готовности 99,983% (неготовности 90 мин/год).

## 4.2 Национальный участок

### Случай 1: участок доступа длиной 30 км

Длина менее  $L_{\text{min}} = 50$  км, поэтому использовалось значение  $L_{\text{link}} = 50$  км.

$$PEA = \left(1 - \left(B_5 \frac{L_{\text{link}}}{L_R} + C_5\right)\right) = 1 - \left(0 \frac{50}{250} + 5 \times 10^{-4}\right) * 100 = 99,95.$$

Эти значения соответствуют готовности 99,95% (неготовности 263 мин/год).

## Приложение 3

### Соотношение между параметрами для пакетных и непaketных сетей

#### Справочная информация

В целях обеспечения правильного планирования линии необходимо знать запас на замирание или абсолютный уровень, на котором выполняется пороговое условие.

Если для случая ПЦИ/СЦИ существует широко согласованная база измерений, то пороговые уровни для пакетного сигнала менее известны.

В таблицах 3, 4 и 5 приведены примеры сравнительных измерений параметров ПЦИ и Ethernet для разных типов модуляции и разной длины Ethernet-пакетов.

В эталонной системе (см. таблицу 3) указаны полные измерения; для других типов модуляции об измерениях без значительных отклонений не сообщается.

- Испытание проводилось на современном 18-гигагерцевом оборудовании с использованием имитируемого соединения в лаборатории.
- Оборудование позволяет передавать гибридный сигнал (ПЦИ + Ethernet), в котором во время каждого испытания вручную фиксировалось одно из возможных состояний модуляции.
- Эталонный поток: (2150 Мбит/с Ethernet + ПЦИ 2 Мбит/с с модуляцией 256 QAM) в канале 56 МГц.

Изменение уровня  $PRx \leq 0,6$  дБ в диапазоне КОБ от  $1,7 \times 10^{-7}$  до  $1,0 \times 10^{-3}$ .



ТАБЛИЦА 3  
 Параметры ПЦИ/Ethernet – 256 QAM

ПЦИ				Ethernet			
КОБ	ESR	SES	Unav	ESR	FLR (=FER <sup>(1)</sup> )	SESETH	Длина пакетов (байт)
$1,7 \times 10^{-7}$	20%	0	–	35%	$1,7 \cdot 10^{-5}$	0	64
$2 \times 10^{-7}$	23%	0	–	40%	$3 \cdot 10^{-5}$	0	256
$1,7 \times 10^{-7}$	14%	0	–	34%	$2,7 \cdot 10^{-5}$	0	1 024
$1,7 \times 10^{-7}$	17%	0	–	34%	$3,6 \cdot 10^{-5}$	0	1 522
$1,0 \times 10^{-6}$	80%	0	–	94%	$1,3 \cdot 10^{-4}$	0	64
$1,0 \times 10^{-6}$	80%	0	–	94%	$1,6 \cdot 10^{-4}$	0	256
$1,0 \times 10^{-6}$	80%	0	–	94%	$2,2 \cdot 10^{-4}$	0	1 024
$1,0 \times 10^{-6}$	80%	0	–	94%	$2,4 \cdot 10^{-4}$	0	1 522
$1,0 \times 10^{-5}$	100%	0	–	100%	$1,1 \cdot 10^{-3}$	0	64
$1,0 \times 10^{-5}$	100%	0	–	100%	$1,6 \cdot 10^{-3}$	0	256
$1,0 \times 10^{-5}$	100%	0	–	100%	$2 \cdot 10^{-3}$	0	1 024
$1,0 \times 10^{-5}$	100%	0	–	100%	$2,2 \cdot 10^{-3}$	0	1 522
$1,0 \times 10^{-4}$	100%	$\approx 15\%$	–	100%	$1,2 \cdot 10^{-2}$	0	64
$1,0 \times 10^{-4}$	100%	$\approx 15\%$	–	100%	$1,2 \cdot 10^{-2}$	0	256
$1,0 \times 10^{-4}$	100%	$\approx 15\%$	–	100%	$2 \cdot 10^{-2}$	0	1 024
$1,0 \times 10^{-4}$	100%	$\approx 15\%$	–	100%	$2,5 \cdot 10^{-2}$	0	1 522
$1,0 \times 10^{-3}$	100%	100%	X <sup>(2)</sup>	100%	$1,1 \cdot 10^{-1}$	0	64
$1,0 \times 10^{-3}$	100%	100%	X <sup>(2)</sup>	100%	$1,3 \cdot 10^{-1}$	0	256
$1,0 \times 10^{-3}$	100%	100%	X <sup>(2)</sup>	100%	$1,7 \cdot 10^{-1}$	0	1 024
$1,0 \times 10^{-3}$	100%	100%	X <sup>(2)</sup>	100%	$2 \cdot 10^{-1}$	0	1 522

<sup>(1)</sup> Каждая ошибка в кадре приводит к отбрасыванию ячейки.

<sup>(2)</sup> Если условие сохраняется более 10 с, чтение ESR и SES становится бессмысленным, так как система переходит в недоступное состояние.

ТАБЛИЦА 4  
**Параметры ПЦИ/Ethernet – 16 QAM**

ПЦИ				Ethernet			
КОБ	ESR	SES	Unav	ESR	FLR (=FER <sup>(1)</sup> )	SES <sub>ETH</sub>	Длина пакетов (байт)
$2,0 \times 10^{-6}$	90%	0	–	98%	$1,4 \cdot 10^{-4}$	0	64
$2,0 \times 10^{-6}$	90%	0	–	98%	$2,3 \cdot 10^{-4}$	0	1 522
$1,0 \times 10^{-4}$	100%	0	–	100%	$9 \cdot 10^{-3}$	0	64
$1,0 \times 10^{-4}$	100%	0	–	100%	$2 \cdot 10^{-2}$	0	1 522
$4,0 \times 10^{-4}$	100%	$\approx 15\%$	–	100%	$1,1 \cdot 10^{-1}$	0	64
$4,0 \times 10^{-4}$	100%	$\approx 15\%$	–	100%	$1,6 \cdot 10^{-1}$	0	1 522
$1,0 \times 10^{-3}$	100%	100%	X <sup>(2)</sup>	100%	$1,1 \cdot 10^{-1}$	0	64
$1,0 \times 10^{-3}$	100%	100%	X <sup>(2)</sup>	100%	$2,5 \cdot 10^{-1}$	0	1 522

(1) Каждая ошибка в кадре приводит к отбрасыванию ячейки.

(2) Если условие сохраняется более 10 с, чтение ESR и SES становится бессмысленным, так как система переходит в недоступное состояние.

ТАБЛИЦА 5  
**Параметры ПЦИ/Ethernet – 1024 QAM**

ПЦИ				Ethernet			
КОБ	ESR	SES	Unav	ESR	FLR (=FER <sup>(1)</sup> )	SES <sub>ETH</sub>	Длина пакетов (байт)
$1,0 \times 10^{-6}$	90%	0	–	100%	$2 \cdot 10^{-4}$	0	64
$1,0 \times 10^{-6}$	90%	0	–	100%	$4 \cdot 10^{-4}$	0	1 522
$1,0 \times 10^{-4}$	100%	0	–	100%	$9 \cdot 10^{-3}$	0	64
$1,0 \times 10^{-4}$	100%	0	–	100%	$2 \cdot 10^{-2}$	0	1 522
$8,0 \times 10^{-4}$	100%	15%	–		$1,6 \cdot 10^{-1}$	0	64
$8,0 \times 10^{-4}$	100%	15%	–		$3 \cdot 10^{-1}$	0	1 522
$1,0 \times 10^{-3}$	100%	100%	X <sup>(2)</sup>	100%	$1,1 \cdot 10^{-1}$	0	64
$1,0 \times 10^{-3}$	100%	100%	X <sup>(2)</sup>	100%	$2,3 \cdot 10^{-1}$	0	1 522

(1) Каждая ошибка в кадре приводит к отбрасыванию ячейки.

(2) Если условие сохраняется более 10 с, чтение ESR и SES становится бессмысленным, так как система переходит в недоступное состояние.

### Заключение

Измерение показывает, что, независимо от принятого типа модуляции и длины кадра, значение SES<sub>ETH</sub> на уровне приемника получается несколько ниже (на долю дБ) уровня обнаружения SES в случае непакетной сети.

Ввиду большого угла наклона кривой КОБ в современном оборудовании и с учетом того, что некоторое оборудование объявляет о потере согласования до достижения этого уровня (при КОБ порядка  $10^{-4}$ – $10^{-6}$ ), практическая разница при использовании порога для реальной пакетной сети и порога для непaketных сетей представляется незначительной.

---