|  |
| --- |
| **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** |

**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-Т/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-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

|  |  |
| --- | --- |
| **Серии Рекомендаций МСЭ-R**  (Представлены также в онлайновой форме по адресу <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>) | |
| **Серия** | **Название** |
| **BO** | Спутниковое радиовещание |
| **BR** | Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения |
| **BS** | Радиовещательная служба (звуковая) |
| **BT** | Радиовещательная служба (телевизионная) |
| **F** | **Фиксированная служба** |
| **M** | Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы |
| **P** | Распространение радиоволн |
| **RA** | Радиоастрономия |
| **RS** | Системы дистанционного зондирования |
| **S** | Фиксированная спутниковая служба |
| **SA** | Космические применения и метеорология |
| **SF** | Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы |
| **SM** | Управление использованием спектра |
| **SNG** | Спутниковый сбор новостей |
| **TF** | Передача сигналов времени и эталонных частот |
| **V** | 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 непакетными 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/глоссарий

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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-Т 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-Т 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-Т 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-Т Y.1563.

Секунда со значительным количеством ошибок (SESETH)

Секунда со значительным количеством ошибок (SESETH) 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-Т 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 SESETH результатов и заканчивается в момент начала 10 последовательных не-SESETH 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.

РИСУНОК 1

Пример определения неготовности



# 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*link, можно получить из значений, приведенных в таблицах 1 и 2, с помощью уравнения (1):

 (1)

где:

значение *j* равно: для международного участка:

1 *L*min  *L*link 250 км  
2 250 км  *L*link 2500 км  
3 2500 км  *L*link  7500 км  
4 *L*link 7500 км

для национального участка:

5 сеть доступа

6 короткие линии

7 протяженные линии

*LR* :эталонная длина *LR* 250 км.

Нижняя граница *L*link, используемая для масштабирования показателей, составляет *L*min= 50 км.

ТАБЛИЦА 1

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Длина (км) | *L*min ≤ *L*link ≤ 250 | | 250  *L*link ≤ 2 500 | | 2500  *L*link ≤ 7 500 | | *L*link  7 500 | |
|  | *B*1 | *C*1 | *B*2 | *C*2 | *B*3 | *C*3 | *B*4 | *C*4 |
| Международный участок | 1,9  10–4 | 1,1  10–4 | 3  10–4 | 0 | 3  10–4 | 0 | 3  10–4 | 0 |

ТАБЛИЦА 2

Параметры показателей PEA 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  10–4 | 0 | 4  10–4 | 3  10–4 для 250 км ≤ *L*link  2 500 км  1,9  10–4 для *L*min ≤ *L*link  250 км | 0 для 250 км ≤ *L*link  2 500 км  1,1  10–4 для *L*min ≤ *L*link  250 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*link  50.



Эти значения соответствуют неготовности 78 мин/год.

Случай 2: длина 80 км

Длина находится в пределах 50–250 км, поэтому:



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

## 4.2 Национальный участок

Случай 1: участок доступа длиной 30 км

Длина менее *L*min = 50 км, поэтому использовалось значение *L*link = 50 км.



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

Приложение 3  
  
Соотношение между параметрами для пакетных и непакетных 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 ≤ 0,6 дБ в диапазоне КОБ от 1,7 10–7 до 1,0 10–3.

ТАБЛИЦА 3

Параметры ПЦИ/Ethernet – 256 QAM

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ПЦИ | | | | Ethernet | | | |
| КОБ | ESR | SES | Unav | ESR | FLR (=FER(1)) | SESETH | Длина пакетов (байт) |
| 1,710−7 | 20% | 0 | – | 35% | 1,7\*10−5 | 0 | 64 |
| 210−7 | 23% | 0 | – | 40% | 3\*10−5 | 0 | 256 |
| 1,710−7 | 14% | 0 | – | 34% | 2,7\*10−5 | 0 | 1 024 |
| 1,710−7 | 17% | 0 | – | 34% | 3,6\*10−5 | 0 | 1 522 |
| 1,010−6 | 80% | 0 | – | 94% | 1,3\*10−4 | 0 | 64 |
| 1,010−6 | 80% | 0 | – | 94% | 1,6\*10−4 | 0 | 256 |
| 1,010−6 | 80% | 0 | – | 94% | 2,2\*10−4 | 0 | 1 024 |
| 1,010−6 | 80% | 0 | – | 94% | 2,4\*10−4 | 0 | 1 522 |
| 1,010−5 | 100% | 0 | – | 100% | 1,1\*10−3 | 0 | 64 |
| 1,010−5 | 100% | 0 | – | 100% | 1,6\*10−3 | 0 | 256 |
| 1,010−5 | 100% | 0 | – | 100% | 2\*10−3 | 0 | 1 024 |
| 1,010−5 | 100% | 0 | – | 100% | 2,2\*10−3 | 0 | 1 522 |
| 1,010−4 | 100% | ≈ 15% | – | 100% | 1,2\*10−2 | 0 | 64 |
| 1,010−4 | 100% | ≈ 15% | – | 100% | 1,2\*10−2 | 0 | 256 |
| 1,010−4 | 100% | ≈ 15% | – | 100% | 2\*10−2 | 0 | 1 024 |
| 1,010−4 | 100% | ≈ 15% | – | 100% | 2,5\*10−2 | 0 | 1 522 |
| 1,010−3 | 100% | 100% | X(2) | 100% | 1,1\*10−1 | 0 | 64 |
| 1,010−3 | 100% | 100% | X(2) | 100% | 1,3\*10−1 | 0 | 256 |
| 1,010−3 | 100% | 100% | X(2) | 100% | 1,7\*10−1 | 0 | 1 024 |
| 1,010−3 | 100% | 100% | X(2) | 100% | 2\*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 4

Параметры ПЦИ/Ethernet – 16 QAM

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ПЦИ | | | | Ethernet | | | |
| КОБ | ESR | SES | Unav | ESR | FLR (=FER(1)) | SESETH | Длина пакетов (байт) |
| 2,010−6 | 90% | 0 | – | 98% | 1,4\*10−4 | 0 | 64 |
| 2,010−6 | 90% | 0 | – | 98% | 2,3\*10−4 | 0 | 1 522 |
| 1,010−4 | 100% | 0 | – | 100% | 9\*10−3 | 0 | 64 |
| 1,010−4 | 100% | 0 | – | 100% | 2\*10−2 | 0 | 1 522 |
| 4,010−4 | 100% | ≈ 15% | – | 100% | 1,1\*10−1 | 0 | 64 |
| 4,010−4 | 100% | ≈ 15% | – | 100% | 1,6\*10−1 | 0 | 1 522 |
| 1,010−3 | 100% | 100% | X(2) | 100% | 1,1\*10−1 | 0 | 64 |
| 1,010−3 | 100% | 100% | X(2) | 100% | 2,5\*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(1)) | SESETH | Длина пакетов (байт) |
| 1,010−6 | 90% | 0 | – | 100% | 2\*10−4 | 0 | 64 |
| 1,010−6 | 90% | 0 | – | 100% | 4\*10−4 | 0 | 1 522 |
| 1,010−4 | 100% | 0 | – | 100% | 9\*10−3 | 0 | 64 |
| 1,010−4 | 100% | 0 | – | 100% | 2\*10−2 | 0 | 1 522 |
| 8,010−4 | 100% | 15% | – |  | 1,6\*10−1 | 0 | 64 |
| 8,010−4 | 100% | 15% | – |  | 3\*10−1 | 0 | 1 522 |
| 1,010−3 | 100% | 100% | X(2) | 100% | 1,1\*10−1 | 0 | 64 |
| 1,010−3 | 100% | 100% | X(2) | 100% | 2,3\*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 SESETH 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 непакетных сетей представляется незначительной.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_