

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R F.2113-0
(01/2018)

Objetivos de característica de error y de disponibilidad para los sistemas de radioenlaces digitales reales punto a punto basados en paquetes

Serie F
Servicio fijo



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión (sonora)
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radioastronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2018

© UIT 2018

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R F.2113-0

Objetivos de característica de error y de disponibilidad para los sistemas de radioenlaces digitales reales punto a punto basados en paquetes

(Cuestión UIT-R 255/5)

(2018)

Resumen

En esta Recomendación se describen eventos y parámetros de disponibilidad y característica de error para enlaces y equipos de servicios inalámbricos fijos basados en paquetes, se ofrece una fórmula para los objetivos de enlace, se incorporan relaciones entre sistemas basados en paquetes y en otras tecnologías, y se muestran ejemplos de aplicaciones de casos reales.

Cometido

En esta Recomendación se presenta un método para la asignación de objetivos de disponibilidad y característica de error a fin de diseñar adecuadamente los radioenlaces punto a punto basados en paquetes, en particular los radioenlaces Ethernet.

Palabras clave

Servicio fijo, punto a punto, disponibilidad, característica de error, basado en paquetes, Ethernet

Abreviaturas/glosario

BER	Tasa de errores en los bits
FER	Tasa de errores en las tramas Ethernet
FLR	Tasa de pérdida de tramas Ethernet
PEU	Porcentaje de indisponibilidad del servicio Ethernet
PEA	Porcentaje de disponibilidad del servicio Ethernet
SESETH	Segundos con muchos errores
SFI	Servicio fijo inalámbrico

Recomendaciones de la UIT conexas

Recomendación UIT-R F.1668 – Objetivos de característica de error para los enlaces inalámbricos fijos digitales utilizados en las conexiones ficticias de referencia y trayectos ficticios de referencia de 27 500 km

Recomendación UIT-R F.1703 – Objetivos de disponibilidad para enlaces inalámbricos fijos digitales reales utilizados en las conexiones ficticias de referencia y trayectos ficticios de referencia de 27 500 km

Recomendación UIT-T Y.1563 – Transferencia de tramas Ethernet y calidad de disponibilidad

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

a) que la demanda de ancho de banda está creciendo significativamente y la tecnología de microondas también ha evolucionado desde el soporte de baja capacidad a soporte de alta capacidad que puede proporcionar una transmisión de datos a mucha mayor velocidad;

- b) que las aplicaciones de paquetes constituyen la parte principal de las actuales redes de transporte y acceso y cabe esperar que experimenten un fuerte incremento en un futuro próximo;
- c) que es necesario definir objetivos de disponibilidad y característica de error para facilitar el diseño y el desarrollo de las redes de paquetes;
- d) que no existe una longitud de referencia específica para las redes Ethernet de extremo a extremo y no hay modelos de países disponibles,

reconociendo

- a) que en la Recomendación UIT-T Y.1563 se definen parámetros que pueden emplearse al especificar y evaluar la calidad de velocidad, exactitud, dependencia y disponibilidad de la transferencia de tramas Ethernet de un servicio de comunicación Ethernet;
- b) que en la Recomendación UIT-T Y.1563 se define un red Ethernet de extremo a extremo como un conjunto de EL (enlace de intercambio) y de NS (sección de red) que facilitan el transporte de las tramas Ethernet transmitidas desde el SRC (origen) hasta el DST (destino). Los MP que unen la red Ethernet de extremo a extremo son los MP en el SRC y el DST;
- c) que la metodología de criterios de cálculo adoptada en las Recomendaciones UIT-R F.1668 y UIT-R F.1703 para determinar la característica de error y la disponibilidad de enlaces fijos inalámbricos reales (tráfico SDH y PDH) se basa en las Recomendaciones UIT-T G.826 y UIT-T G.827,

recomienda

- 1 que los eventos y parámetros que se utilicen para determinar las necesidades de característica de error y disponibilidad, incluso para el diseño de enlaces reales, se seleccionen a partir del conjunto descrito en el Anexo 1;
- 2 que los objetivos de característica de error y disponibilidad para enlaces fijos inalámbricos digitales reales que transporten tráfico de paquetes se determinen siguiendo los procedimientos descritos en el Anexo 2.

Anexo 1

Eventos y parámetros

Este Anexo solo atañe a las aplicaciones de paquetes Ethernet.

1 Eventos

Las siguientes definiciones de característica de error y disponibilidad son conformes con la Recomendación UIT-T Y.1563.

Segundo con muchos errores (SESETH)

El segundo con muchos errores (SES_{ETH}) ocurre para un bloque de tramas observado durante un intervalo de un segundo en el MP₀ de ingreso cuando la FLR (es decir, las tramas perdidas en relación con el número total de tramas del bloque) correspondiente en el MP_i de egreso es superior a $s1$. El UIT-T propone para $s1$ un valor provisional de 0,5, aunque también pueden utilizarse valores distintos en función de la clase de servicio (CoS).

Disponibilidad

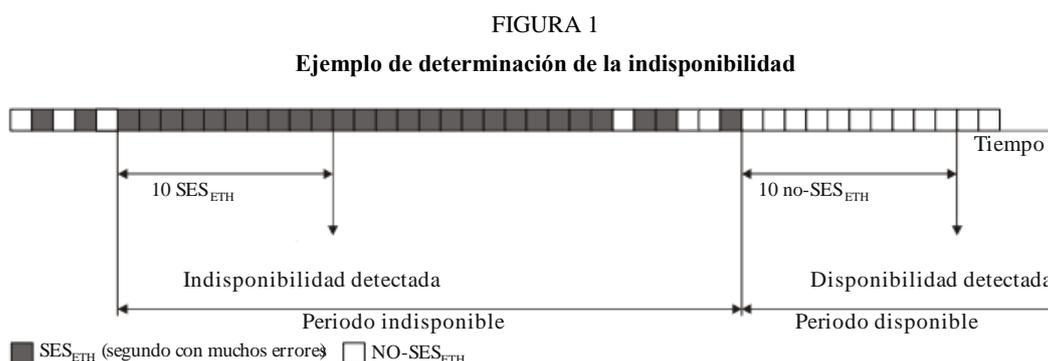
La disponibilidad de una red Ethernet se describe en términos de estado disponible y estado indisponible.

El tiempo de indisponibilidad empieza cuando se obtienen 10 resultados SES_{ETH} consecutivos y termina cuando se obtienen 10 resultados distintos de SES_{ETH} consecutivos. Durante el tiempo de disponibilidad, la red Ethernet se encuentra en estado disponible.

En la Figura 1 se ilustra la definición de los criterios de transición desde/hacia el estado indisponible.

Se ha escogido esta definición de disponibilidad para permitir las comparaciones con otras técnicas de capa de enlace.

Dado que el servicio Ethernet es bidireccional, una red Ethernet se encuentra en estado indisponible si una o ambas direcciones están en estado indisponible. La disponibilidad unidireccional puede medirse con los criterios indicados anteriormente.



F.2006-01

2 Parámetros

Porcentaje de indisponibilidad del servicio Ethernet (PEU)

Porcentaje de tiempo durante el cual la red Ethernet está en estado indisponible con respecto al tiempo de servicio Ethernet total programado (porcentaje de intervalos de un segundo).

Porcentaje de disponibilidad del servicio Ethernet (PEA)

Porcentaje de tiempo durante el cual la red Ethernet está en estado disponible con respecto al tiempo de servicio Ethernet total programado (porcentaje de intervalos de un segundo) utilizando la función de disponibilidad del servicio Ethernet: $PEU = 100 - PEA$.

Tasa de errores en tramas Ethernet (FER)

La tasa de errores en tramas Ethernet es la relación entre el total de tramas Ethernet con errores y el total de tramas Ethernet satisfactorias más las tramas Ethernet con errores en la población de interés.

Tasa de pérdida de tramas Ethernet (FLR)

La relación entre el total de tramas Ethernet perdidas y el número total de tramas Ethernet transmitidas en la población de interés. En una configuración punto a multipunto, también puede resultar útil comparar las transferencias de trama satisfactorias entre destinos utilizando el destino con el mayor número de transferencias de trama satisfactorias como referencia.

Anexo 2

Objetivos

Este Anexo sólo atañe a las aplicaciones de paquetes Ethernet.

1 Distribución de los objetivos

Los objetivos de característica de error y de disponibilidad para los enlaces punto a punto reales que transportan tráfico PDH/SDH están fijados en las Recomendaciones UIT-R F.1668 y UIT-R F.1703, de conformidad con el criterio de distribución independiente de los medios del UIT-T, a partir de la existencia de un valor de referencia fijado para una conexión de extremo a extremo ficticia de 27 500 km de longitud (Recomendación UIT-T G.826).

La evolución de la tecnología y la naturaleza específica de Ethernet han hecho que el UIT-T no considere necesario fijar objetivos de extremo a extremo, por lo que no se dispone de criterios de distribución. Sin embargo, los radioenlaces Ethernet siguen implantándose en el mismo contexto geográfico y logístico utilizado anteriormente para las señales por paquetes (idénticas regiones, torres, propagación, etc.) y es por tanto necesario fijar objetivos para poder diseñar adecuadamente esos enlaces.

En este Anexo se indican los objetivos de característica de error y de disponibilidad para los enlaces punto a punto reales que transporten tráfico Ethernet, de conformidad con la práctica habitual de la UIT de considerar dos grandes contextos de aplicación básicos con dos niveles de calidad prevista diferentes:

- Enlaces de la sección de «alta calidad de funcionamiento» de la conexión (países de tránsito o sección internacional de los países de destino, secciones de largo alcance).
- Enlaces de las secciones de «menor calidad de funcionamiento» del trayecto (parte nacional de los países de destino, corto alcance y acceso).

Se emplean distintas reglas de atribución en función de que el país en cuestión forme parte de la sección de tránsito internacional o sea la terminación del trayecto.

2 Requisito temporal para la evaluación del objetivo

Evaluación de eventos: 1 segundo.

Objetivos de disponibilidad: 1 año.

Objetivos de característica de error: 1 mes.

3 Objetivo

PEA

Los objetivos PEA aplicables a cada sentido de un enlace fijo inalámbrico de longitud L_{link} pueden derivarse de los valores indicados en los Cuadros 1 y 2 utilizando la ecuación (1):

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

(1)

donde:

el valor de j es: para la porción internacional:

- 1 para $L_{min} < L_{link} \leq 250$ km
- 2 para 250 km $< L_{link} \leq 2\ 500$ km
- 3 para $2\ 500$ km $< L_{link} \leq 7\ 500$ km
- 4 para $L_{link} > 7\ 500$ km

para la sección de la porción nacional:

- 5 para la red de acceso
- 6 para corto alcance
- 7 para largo alcance

L_R : longitud de referencia $L_R = 250$ km.

El límite inferior de L_{link} utilizado para adaptar los objetivos es $L_{min} = 50$ km.

CUADRO 1

Parámetros para los objetivos PEA de enlaces que forman parte de una porción internacional de un trayecto digital con velocidad binaria constante

Longitud (km)	$L_{min} \leq L_{link} \leq 250$		$250 < L_{link} \leq 2\ 500$		$2\ 500 < L_{link} \leq 7\ 500$		$L_{link} \geq 7\ 500$	
	B_1	C_1	B_2	C_2	B_3	C_3	B_4	C_4
Porción internacional	$1,9 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-4}$	3×10^{-4}	0	3×10^{-4}	0	3×10^{-4}	0

CUADRO 2

Parámetros para los objetivos PEA de enlaces que forman parte de una porción nacional de un trayecto digital con velocidad binaria constante

Porción de acceso		Porción de corto alcance		Porción de largo alcance			
B_5	C_5	B_6	C_6	B_7		C_7	
0	5×10^{-4}	0	4×10^{-4}	3×10^{-4} para 250 km $\leq L_{link} < 2\ 500$ km $1,9 \times 10^{-4}$ para $L_{min} \leq L_{link} < 250$ km		0 para 250 km $\leq L_{link} < 2\ 500$ km $1,1 \times 10^{-4}$ para $L_{min} \leq L_{link} < 250$ km	

FER

No hay objetivo recomendado.

FLR

No hay objetivo recomendado.

4 Cálculo de los objetivos de disponibilidad

Este punto muestra algunos ejemplos de aplicación de la presente Recomendación a enlaces reales a fin de obtener los objetivos.

En los siguientes cálculos se supone que un año corresponde a 525 960 min.

4.1 Porción internacional

Caso 1: longitud 30 km

La longitud es inferior a $L_{min} = 50$ km, por lo que se utiliza el valor $L_{link} = 50$.

$$PEA = \left(1 - \left(B_1 \frac{L_{link}}{L_R} + C_1\right)\right) * 100 = \left(1 - \left(1.9 \times 10^{-4} \frac{50}{250} + 1.1 \times 10^{-4}\right)\right) * 100 = 99.985$$

Estos valores corresponden a una indisponibilidad de 78 min/año.

Caso 2: longitud 80 km

La longitud se encuentra en la gama 50-250 km, por lo que:

$$PEA = \left(1 - \left(B_1 \frac{L_{link}}{L_R} + C_1\right)\right) = 1 - \left(1.9 \times 10^{-4} \frac{80}{250} + 1.1 \times 10^{-4}\right) * 100 = 99.983$$

Estos valores corresponden a una disponibilidad del 99,983% (indisponibilidad de 90 min/año).

4.2 Porción nacional

Caso 1: longitud de 30 km en la porción de acceso

La longitud es inferior a $L_{min} = 50$ km, por lo que se utiliza el valor $L_{link} = 50$ km.

$$PEA = \left(1 - \left(B_5 \frac{L_{link}}{L_R} + C_5\right)\right) = 1 - \left(0 \frac{50}{250} + 5 \times 10^{-4}\right) * 100 = 99.95$$

Estos valores corresponden a una disponibilidad del 99,95% (indisponibilidad de 263 min/año).

Anexo 3

Relación entre los parámetros basados en paquetes y no basados en paquetes

Antecedentes

Para poder planificar correctamente el enlace es necesario conocer el margen de desvanecimiento o el nivel absoluto en el que se cumple un umbral.

Si para la PDH/SDH la base de medición está muy consolidada, los umbrales de las señales por paquetes no están tan ampliamente referenciados.

En los Cuadros 3, 4 y 5 se muestran ejemplos de mediciones comparativas de parámetros PDH y Ethernet con distintas modulaciones y longitudes de paquetes Ethernet.

En el sistema de referencia (véase el Cuadro 3) se indican las medidas completas. Para las demás modulaciones no se indican las medidas cuyas desviaciones no son significativas.

- La prueba se realizó con un equipo de 18 GHz moderno utilizando un enlace simulado en laboratorio.
- El equipo permite la transmisión de una señal híbrida (PDH + Ethernet) y durante cada prueba la modulación se fijó manualmente en cada uno de los estados posibles.
- Tren de referencia: (2 150 Mbit/s Ethernet + 2 Mbit/s PDH con MAQ 256) en un canal de 56 MHz.

La variación del nivel PRx es $\leq 0,6$ dB para una BER comprendida entre $1,7 \times 10^{-7}$ y $1,0 \times 10^{-3}$.

CUADRO 3

Parámetros PDH/Ethernet – MAQ 256

PDH				Ethernet			
BER	ESR	SES	Indisp.	ESR	FLR (=FER ⁽¹⁾)	SES _{ETH}	Longitud de paquetes (Bytes)
$1,7 \times 10^{-7}$	20%	0	-	35%	$1,7 \times 10^{-5}$	0	64
2×10^{-7}	23%	0	-	40%	3×10^{-5}	0	256
$1,7 \times 10^{-7}$	14%	0	-	34%	$2,7 \times 10^{-5}$	0	1 024
$1,7 \times 10^{-7}$	17%	0	-	34%	$3,6 \times 10^{-5}$	0	1 522
$1,0 \times 10^{-6}$	80%	0	-	94%	$1,3 \times 10^{-4}$	0	64
$1,0 \times 10^{-6}$	80%	0	-	94%	$1,6 \times 10^{-4}$	0	256
$1,0 \times 10^{-6}$	80%	0	-	94%	$2,2 \times 10^{-4}$	0	1 024
$1,0 \times 10^{-6}$	80%	0	-	94%	$2,4 \times 10^{-4}$	0	1 522
$1,0 \times 10^{-5}$	100%	0	-	100%	$1,1 \times 10^{-3}$	0	64
$1,0 \times 10^{-5}$	100%	0	-	100%	$1,6 \times 10^{-3}$	0	256
$1,0 \times 10^{-5}$	100%	0	-	100%	2×10^{-3}	0	1 024
$1,0 \times 10^{-5}$	100%	0	-	100%	$2,2 \times 10^{-3}$	0	1 522
$1,0 \times 10^{-4}$	100%	$\approx 15\%$	-	100%	$1,2 \times 10^{-2}$	0	64
$1,0 \times 10^{-4}$	100%	$\approx 15\%$	-	100%	$1,2 \times 10^{-2}$	0	256
$1,0 \times 10^{-4}$	100%	$\approx 15\%$	-	100%	2×10^{-2}	0	1 024
$1,0 \times 10^{-4}$	100%	$\approx 15\%$	-	100%	$2,5 \times 10^{-2}$	0	1 522
$1,0 \times 10^{-3}$	100%	100%	X ⁽²⁾	100%	$1,1 \times 10^{-1}$	0	64
$1,0 \times 10^{-3}$	100%	100%	X ⁽²⁾	100%	$1,3 \times 10^{-1}$	0	256
$1,0 \times 10^{-3}$	100%	100%	X ⁽²⁾	100%	$1,7 \times 10^{-1}$	0	1 024
$1,0 \times 10^{-3}$	100%	100%	X ⁽²⁾	100%	2×10^{-1}	0	1 522

⁽¹⁾ Cada error en una trama provoca el descarte de la célula.

⁽²⁾ Si la condición persiste durante más de 10s, la lectura de ESR y SES pierde sentido, pues el sistema entra en estado indisponible.

CUADRO 4
Parámetros PDH/Ethernet – MAQ 16

PDH				Ethernet			
BER	ESR	SES	Indisp.	ESR	FLR (=FER ⁽¹⁾)	SES _{ETH}	Longitud de paquetes (Bytes)
$2,0 \times 10^{-6}$	90%	0	-	98%	$1,4 \times 10^{-4}$	0	64
$2,0 \times 10^{-6}$	90%	0	-	98%	$2,3 \times 10^{-4}$	0	1 522
$1,0 \times 10^{-4}$	100%	0	-	100%	9×10^{-3}	0	64
$1,0 \times 10^{-4}$	100%	0	-	100%	2×10^{-2}	0	1 522
$4,0 \times 10^{-4}$	100%	$\approx 15\%$	-	100%	$1,1 \times 10^{-1}$	0	64
$4,0 \times 10^{-4}$	100%	$\approx 15\%$	-	100%	$1,6 \times 10^{-1}$	0	1 522
$1,0 \times 10^{-3}$	100%	100%	X ⁽²⁾	100%	$1,1 \times 10^{-1}$	0	64
$1,0 \times 10^{-3}$	100%	100%	X ⁽²⁾	100%	$2,5 \times 10^{-1}$	0	1 522

⁽¹⁾ Cada error en una trama provoca el descarte de la célula.

⁽²⁾ Si la condición persiste durante más de 10s, la lectura de ESR y SES pierde sentido, pues el sistema entra en estado indisponible.

CUADRO 5
Parámetros PDH/Ethernet – MAQ 1 024

PDH				Ethernet			
BER	ESR	SES	Indisp.	ESR	FLR (=FER ⁽¹⁾)	SES _{ETH}	Longitud de paquetes (Bytes)
$1,0 \times 10^{-6}$	90%	0	-	100%	2×10^{-4}	0	64
$1,0 \times 10^{-6}$	90%	0	-	100%	4×10^{-4}	0	1 522
$1,0 \times 10^{-4}$	100%	0	-	100%	9×10^{-3}	0	64
$1,0 \times 10^{-4}$	100%	0	-	100%	2×10^{-2}	0	1 522
$8,0 \times 10^{-4}$	100%	15%	-		$1,6 \times 10^{-1}$	0	64
$8,0 \times 10^{-4}$	100%	15%	-		3×10^{-1}	0	1 522
$1,0 \times 10^{-3}$	100%	100%	X ⁽²⁾	100%	$1,1 \times 10^{-1}$	0	64
$1,0 \times 10^{-3}$	100%	100%	X ⁽²⁾	100%	$2,3 \times 10^{-1}$	0	1 522

⁽¹⁾ Cada error en una trama provoca el descarte de la célula.

⁽²⁾ Si la condición persiste durante más de 10s, la lectura de ESR y SES pierde sentido, pues el sistema entra en estado indisponible.

Conclusión

La medición indica que, independientemente de la modulación de la longitud de trama que se adopte, los SES_{ETH} se reciben a un nivel ligeramente inferior (fracción de dB) al nivel en que los SES se detectan cuando no se trata de paquetes.

Debido a la fuerte inclinación de la curva BER en los equipos actuales, y habida cuenta de que algunos equipos declaran la pérdida de alineamiento antes de llegar a ese nivel (cuando la BER oscila entre 10^{-4} y 10^{-6}), las diferencias reales entre la utilización de un umbral de paquetes real y el umbral utilizado en otros casos son inapreciables.
