

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R S.2099-0
(12/2016)

Objetivos de la característica de error a corto plazo para un trayecto digital ficticio de referencia por satélite

Serie S
Servicio fijo por satélite



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, 2017

© UIT 2017

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 S.2099-0

Objetivos de la característica de error a corto plazo para un trayecto digital ficticio de referencia por satélite

(Cuestión ITU-R 277/4)

(2016)

Cometido

En la presente Recomendación se define el término *a corto plazo* en los sistemas de comunicación por satélite, habida cuenta de las últimas tendencias técnicas en las normas y sistemas de comunicaciones por satélite, y se especifica los objetivos de la característica de error en función del servicio y de la información.

Palabra clave

Objetivos de la característica de error, trayecto digital ficticio de referencia por satélite, a corto plazo

Acrónimos/Glosario

3GPP	3 rd generation partnership project
ACM	Codificación y modulación adaptativas
BBE	Error de bloque de fondo
BER	Proporción de bits erróneos
bit/s	bits por segundo
CQI	Información sobre la calidad del canal
DVB	Radiodifusión de vídeo digital
DVB-S2	Radiodifusión de vídeo digital por satélite de segunda generación
DVB-RCS	DVB con canal de retorno por satélite
EB	Bloque con errores
EN	Norma europea
ES	Segundo con errores
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación
FER	Proporción de tramas erróneas
GEO	Órbita terrena geoestacionaria
LTE	Long term evolution
PER	Proporción de paquetes erróneos
SES	Segundo con muchos errores
SNR	Relación señal-ruido
TR	Informe técnico
TS	Especificación técnica
L_b	Longitud de un bloque
L_p	Longitud de un paquete

N_{bit_adm}	Número admisible de bits erróneos
$N_{paquete_adm}$	Número admisible de paquetes erróneos
R_b	Velocidad binaria de la información, expresada en bit/s
R_p	Velocidad de paquetes, número de paquetes por segundo
P_{b_req}	BER requerida
P_{p_req}	PER requerida

Recomendaciones, Informes y Resoluciones del UIT-R relacionados

Recomendación UIT-R S.614-4	Objetivos de características de error para un trayecto digital ficticio de referencia de satélite del servicio fijo por satélite que funciona por debajo de 15 GHz, cuando forma parte de una conexión internacional en una red digital de servicios integrados
Recomendación UIT-R S.1061-1	Utilización de estrategias y técnicas contra el desvanecimiento en el servicio fijo por satélite
Recomendación UIT-R S.1062-4	Característica de error admisible para el trayecto digital ficticio de referencia por satélite por debajo de 15 GHz
Recomendación UIT-R S.1323-2	Máximos niveles de interferencia admisible en una red de satélites (servicio fijo por satélite (SFS)/satélites geoestacionarios (OSG), SFS/no OSG y enlaces de conexión del servicio móvil por satélite (SMS)/no OSG) del SFS provocada por otras redes codireccionales del SFS por debajo de 30 GHz
Recomendación UIT-R SF.1006	Determinación de la interferencia potencial entre estaciones terrenas del servicio fijo por satélite y estaciones del servicio fijo
Recomendación UIT-T G.826	Parámetros y objetivos de las características de error de extremo a extremo para conexiones y trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la evolución de las comunicaciones por satélite ha hecho necesaria la especificación de criterios de interferencia a corto plazo;
- b) que los objetivos de la característica de error a corto plazo pueden utilizarse para definir criterios de interferencia a corto plazo;
- c) que la calidad de funcionamiento del enlace por satélite debe ser suficiente para cumplir los objetivos globales de funcionamiento de extremo a extremo y los requisitos del usuario final;
- d) que al definir los criterios de característica de error es necesario tener en cuenta todos los mecanismos previsible que pueden producir errores, especialmente las condiciones de propagación que varían en función del tiempo y la interferencia,

reconociendo

- a) que en las Recomendaciones UIT-R S.614 y UIT-R S.1062 se indican los objetivos de la característica de error a largo plazo;

- b) que en la Recomendación UIT-R S.1061 se describen técnicas adaptativas de transmisión y control de potencia para contrarrestar la atenuación que varía con el tiempo;
- c) que en la Recomendación UIT-R S.1323 se indican los márgenes de tiempo para la proporción de bits erróneos (BER) especificada en los objetivos de calidad de funcionamiento a corto plazo, debido a la interferencia en una red de satélites;
- d) que en la Recomendación UIT-R SF.1006 se indican los criterios de interferencia a corto plazo aplicables a la interferencia entre estaciones terrenas del servicio fijo por satélite y estaciones del servicio fijo,

recomienda

- 1 que el número de bits erróneos en un periodo de corto plazo, N_{bit_adm} no sea mayor que $R_b \times P_{b_req}$, cuando la calidad de funcionamiento necesaria en función del servicio se especifica mediante la proporción de bits erróneos (BER) (véase la Nota 1);
- 2 que el número de paquetes erróneos en un periodo de corto plazo, $N_{paquete_adm}$ no sea mayor que $R_p \times P_{p_req}$, cuando la calidad de funcionamiento necesaria en función del servicio se especifica mediante la proporción de paquetes erróneos (PER) (véanse las Notas 2 y 3);
- 3 que el periodo de corto plazo se defina como 1 segundo para enlaces de satélites geoestacionarios «e guionadas acodado» que utiliza codificación y modulación adaptativas (ACM);
- 4 que el periodo de corto plazo pueda reducirse en función de la órbita del satélite o de la configuración del transpondedor del satélite, por ejemplo, el procesador de abordo (el mínimo periodo de corto plazo será el tiempo de transmisión de extremo a extremo de un salto);
- 5 que la conformidad con el objetivo N_{bit_adm} o $N_{paquete_adm}$ pueda determinarse a la salida de cualquier bloque funcional utilizado para mejorar la característica de error, como decodificadores y desentrelazadores;
- 6 que las siguientes Notas se consideren parte de la presente Recomendación.

NOTA 1 – R_b es la velocidad binaria de la información expresada en bits por segundo (bit/s) y P_{b_req} es la BER requerida del servicio suministrado por el sistema de satélites.

NOTA 2 – El término «paquete» puede utilizarse con el significado de «trama» si la calidad de funcionamiento exigida dependiente del servicio se especifica mediante la proporción de tramas erróneas (FER).

NOTA 3 – R_p es el número de paquetes por segundo y es igual a R_b dividido por el número de bits por paquete, mientras que P_{p_req} es la PER requerida del servicio proporcionado por el sistema de satélites.

NOTA 4 – Los valores de P_{b_req} y P_{p_req} dependen del servicio y la aplicación, y para lograr uno de estos valores se debe utilizar un margen de potencia adecuado.

NOTA 5 – La relación entre N_{bit_adm} o $N_{paquete_adm}$ y las definiciones de los términos utilizados en la Recomendación UIT-R S.1062 (Recomendación UIT-T G.826), incluyen los segundos con muchos errores y la velocidad de bloques erróneos de fondo, puede consultarse en el § 1.3 del Anexo 1.

Anexo 1

Objetivos de la característica de error a corto plazo para sistemas de comunicaciones por satélite

1 Antecedentes

1.1 Definición de corto plazo en el contexto de sistemas de satélites

Los sistemas de satélites pueden estar equipados con mecanismos de codificación y modulación adaptativas (ACM) y/o mecanismos de control de potencia para contrarrestar adecuadamente el desvanecimiento del canal. La adopción de ACM puede considerarse una opción obligatoria para contrarrestar el desvanecimiento grave debido a la lluvia, sobre todo cuando el sistema funciona en gamas de frecuencias por encima de 10 GHz.

Como se describe en la Recomendación UIT-R S.1061 – Utilización de estrategias y técnicas contra el desvanecimiento en el servicio fijo por satélite, es necesario utilizar un sistema adaptativo de compensación de desvanecimiento debido a la lluvia para predecir con anticipación el grado de atenuación debida a la lluvia o la calidad de la señal teniendo en cuenta el retardo en el trayecto de ida y vuelta. Suponiendo un tiempo de ida y vuelta de 0,25 segundos del sistema de satélites en órbita terrestre geostacionaria (GEO), el periodo de actualización para cambiar los modos (o el periodo de estimación de la información sobre la calidad del canal (CQI)) no debe ser muy inferior a un segundo, suponiendo un transpondedor de «guiaondas acodado». El intervalo mínimo será de 0,5 segundos en el caso del satélite GEO. Los factores de atenuación o interferencia de mayor duración a este periodo se pueden detectar y compensar debidamente con los medios adecuados.

En el caso de enlaces de satélite que no utilicen ACM, el intervalo a corto plazo puede definirse como el tiempo de transmisión en un enlace de la central al nodo, o aproximadamente 0,25 segundos, para un satélite geostacionario. Por «central» se entiende una estación y por «nodo» una estación remota.

Los satélites no geostacionarios tendrán intervalos de corto plazo menores, dependiendo de la altitud de los satélites en la constelación.

Por consiguiente, si nos limitamos a los populares sistemas de satélites OSG, es necesario definir el periodo de corto plazo como 1 segundo. Por otra parte, con referencia a una especificación de transmisión por satélite publicada recientemente por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI), se considera que el bucle de recuperación de temporización tiene un tiempo de respuesta del orden de 1 segundo, en el terminan receptor (véase ETSI TR 102 768 V1.1.1 (2009-04), «*Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for Satellite Distribution Systems; Guidelines for the use of EN 301 790 in mobile scenarios*»).

1.2 Objetivos de la característica de error a corto plazo en cuanto el número bits o paquetes erróneos

Al definir el corto plazo como 1 segundo, es necesario definir objetivos de calidad de funcionamiento mediante la proporción de bits erróneos (BER) o la proporción de paquetes erróneos (PER) dependiendo del servicio, teniendo en cuenta los servicios multimediales prevalecientes por sistemas de satélites en el futuro. Por ejemplo, la característica de BER típica exigida para servicios de voz y datos son 10^{-3} y 10^{-6} , respectivamente. Pueden encontrarse ejemplos más específicos de objetivos de calidad de funcionamiento dependientes del servicio figuran en el Cuadro 17 de las directrices de usuario para usuarios móviles de DVB-RCS, en ETSI TR 102 768 V1.1.1 (2009-04), y en el Cuadro 6.1.7 de la especificación de sistemas LTE-Avanzados de 3GPP, 3GPP TS 23.203 v.11.12.0 (2013-12). Los requisitos de la proporción de errores de la radiodifusión de vídeo digital por satélite

de segunda generación (DVB-S2) se define mediante la PER, y el número de resultados de estimación del PER con diversos mecanismos de codificación y modulación se definen en la norma ETSI TR 102 376-1 V1.2.1 (2015-11).

Si el periodo de corto plazo se define como 1 segundo, la característica BER debido al desvanecimiento o la interferencia dependerá de la velocidad de la información. Cuanto mayor sea la velocidad de la información, mayor será el número de bits que se recibirán corruptos por la interferencia o el desvanecimiento durante un intervalo fijo. A fin de mantener la BER requerida durante el periodo de corto plazo, el número de bits erróneos admisible, N_{bit_adm} puede calcularse del modo siguiente:

$$N_{bit_adm} = R_b \times P_{b_req} \tag{1}$$

siendo R_b la velocidad binaria de la información expresada en bits por segundo (bit/s) y P_{b_req} la BER necesaria definida por un servicio específico en el sistema de satélites. En el Cuadro 1 se muestran ejemplos de N_{bit_adm} estimado con arreglo a R_b y P_{b_req} , cuando el periodo a corto plazo se define como 1 segundo.

CUADRO 1

Número admisible de bits erróneos durante el periodo de corta duración, de 1 segundo, con arreglo a la BER requerida

Velocidad de la información, R_b	BER requerida, P_{b_req}	Número admisible de bits erróneos, N_{bit_adm}
9,6 kbit/s	10^{-3}	9
	10^{-6}	0
1,5 Mbit/s	10^{-3}	$1,5 \times 10^3$
	10^{-6}	1
155 Mbit/s	10^{-3}	$1,5 \times 10^5$
	10^{-6}	$1,5 \times 10^2$
1 Gbit/s	10^{-3}	$1,0 \times 10^6$
	10^{-6}	10^3

Si el requisito de característica de error del sistema se define mediante PER (o FER), el número admisible de paquetes erróneos, $N_{paquete_adm}$, a fin de mantener la PER requerida durante el periodo de corto plazo puede calcularse del modo siguiente:

$$N_{paquete_adm} = R_p \times P_{p_req} \tag{2}$$

siendo R_p el número de paquetes por segundo y $R_p = R_b/L_p$, donde L_p es la longitud del paquete en número de bits. P_{p_req} es la PER requerida definida por un servicio específico en el sistema de satélites. El tamaño característico de los paquetes MPEG sea 188 bytes.

1.3 Relaciones entre los términos utilizados en la presente Recomendación y los utilizados en la Recomendación UIT-R S.1062

La Recomendación UIT-R S.1062 utiliza parámetros de características de error que fueron definidos inicialmente en la Recomendación UIT-T G.826. Cada uno de los parámetros puede expresarse en términos de medidas de la característica de error, N_{adm} , R_b , y P_{b_req} utilizados en la presente Recomendación.

1.3.1 Eventos de la característica de error para trayectos

- Un bloque erróneo (EB) se define como un bloque que contiene uno o varios bits erróneos. En el Cuadro 1 de la Recomendación UIT-T G.826 figuran las definiciones generales y los ejemplos de los bloques. La longitud de un bloque oscila entre 800 y 30 000 bits, dependiendo de la velocidad del servicio.

Si la longitud de un bloque viene dada por L_b , el EB es un bloque en el que $L_b \times P_{b_req}$ o $L_b \times P_{p_req}$ es mayor o igual a 1, para un intervalo de corto plazo de 1 segundo.

- Un segundo erróneo (ES) se define como un periodo de 1 segundo con uno o varios EB. Durante un ES, N_{bit_adm} o $N_{paquete_adm}$ es siempre mayor o igual a 1, para un intervalo de corto plazo de 1 segundo.
- El segundo con muchos errores (SES) como un periodo de 1 segundo que contiene un 30% o más de EB o al menos un defecto (véase la Recomendación UIT-T G.826, donde se definen los defectos).

Obsérvese que los SES constituyen un subconjunto de los ES.

- Un bloque erróneo de fondo (BBE, *background block error*) se define como un EB que no forma parte de un SES.

1.3.2 Eventos de la característica de error para conexiones

- Un segundo con errores (ES) se define como un periodo de 1 segundo en el que uno o más bits son erróneos o durante el cual se detecta una pérdida de señal o una señal de indicación de alarma.

Durante ES, N_{bit_adm} o $N_{paquete_adm}$ es siempre mayor o igual a 1, para un intervalo de corto plazo de 1 segundo.

- El segundo con muchos errores (SES) como un periodo de 1 segundo que contiene una BER mayor o igual a 10^{-3} .

Durante SES, N_{bit_adm} es siempre mayor o igual a $R_b \times 10^{-3}$.

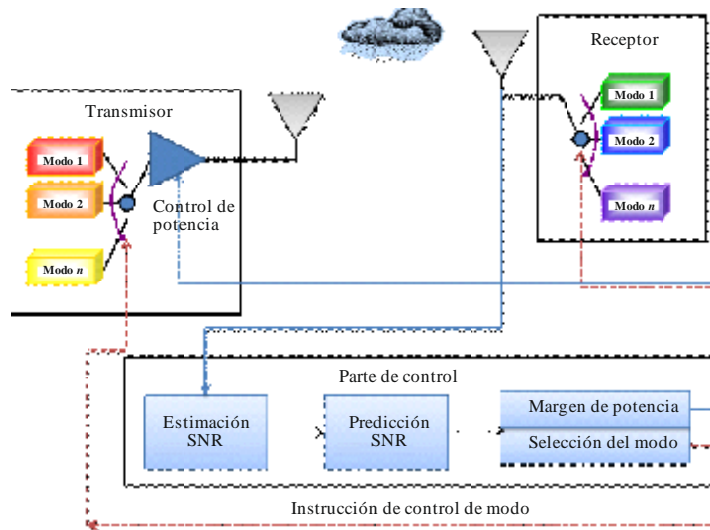
2 Principios operativos de ACM

Debido a las características que varían con el tiempo de los canales inalámbricos, la mayoría de los sistemas de comunicaciones por satélites modernos tienen en cuenta mecanismos ACM. La utilización de ACM afecta sobremanera la capacidad de un enlace de satélite de satisfacer los objetivos de la característica de error. Este efecto se observa en el balance del enlace. El objetivo de esta sección es proporcionar los principios operativos básicos de ACM, que ayudarán a los ingenieros de sistemas de satélites a utilizar el objetivo especificado de la característica de error. En la Recomendación UIT-R S.1061 figura material adicional sobre la utilización de ACM para aplicaciones punto a multipunto.

El diagrama de bloques de la Fig. 1 ilustra un ejemplo de concepto operativo de ACM para enlaces punto a punto. Puede recurrirse a la técnica de transmisión adaptativa que utiliza ACM y control de potencia para compensar el desvanecimiento o la interferencia a corto plazo que puede producirse en el enlace. La técnica adaptativa recurre a mecanismos de transmisión eficaces en cuanto a la utilización del espectro en condiciones normales y conmuta a mecanismos eficaces en lo que a la utilización de la potencia se refiere con el fin de contrarrestar el desvanecimiento o la interferencia. Como la conmutación supone investigar el historial de la calidad de la señal recibida o la relación señal-ruido (SNR) y predecir la SNR en el siguiente periodo de transmisión, es imprescindible utilizar un sistema de control.

El mecanismo de control consiste en la estimación de SNR, predicción de SNR y selección del modo. La predicción de la SNR, en el lado receptor, debe tener en cuenta el tiempo de ida y vuelta por el enlace del satélite. El intervalo de actualización de la atribución del modo no puede ser menor que el doble del tiempo de transmisión de un salto. La selección del modo atribuye adaptativamente mecanismos de transmisión adecuados, como la codificación y modulación, tanto en el lado de transmisión como el de recepción. Asimismo, se puede aplicar de manera adaptativa un margen de potencia para compensar cualquier error que se pueda producir debido a la estimación de la SNR, la predicción de la SNR o los errores de selección del modo.

FIGURA 1
Concepto operativo de ACM

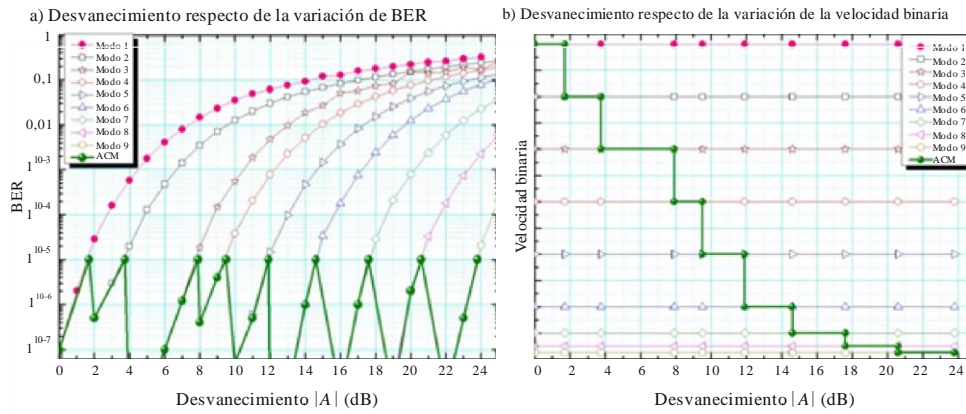


S.2099-0

Las Figs 2(a) y (b) ilustra la relación entre el desvanecimiento (o interferencia) respecto de la BER, y el desvanecimiento respecto de la velocidad binaria, respectivamente, dependiendo de si se utiliza o no ACM. En el ejemplo de la Fig. 2, se supone que se utilizan nueve modos ACM, Modo 1 a Modo 9, con el fin de compensar el desvanecimiento, y que la BER requerida es 10^{-5} . También se parte del supuesto de que la SNR del sistema se configura a un valor que produce una BER de 10^{-5} con Modo 1.

FIGURA 2

Impacto del desvanecimiento en la BER y la velocidad binaria utilizando ACM



S.2099-01

Para más información sobre el funcionamiento de ACM en el enlace directo con DVB-S2, véase la norma ETSI TR 102 376-1 V1.2.1 (2015-11), y sobre su funcionamiento por el enlace de retorno con DVB-RCS2, véase la norma ETSI TR 101 545-4 V1.1.1 (2014-04).