

RECOMENDACIÓN UIT-R F.634-4*

OBJETIVOS EN MATERIA DE CARACTERÍSTICAS DE ERROR PARA RADIOENLACES DIGITALES REALES QUE FORMAN PARTE DE LA PORCIÓN DE GRADO ALTO DE CALIDAD DE CONEXIONES INTERNACIONALES DIGITALES A UNA VELOCIDAD BINARIA INFERIOR A LA VELOCIDAD PRIMARIA DENTRO DE UNA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

(1986-1990-1991-1994-1997)

Alcance

En esta Recomendación se proporcionan los objetivos de característica de error y de disponibilidad para secciones digitales ficticias de referencia que constituyen un tramo o la totalidad de la parte de grado medio de una conexión de la red digital de servicios integrados a una velocidad binaria inferior a la velocidad primaria que utilizan los sistemas de radioenlaces digitales que forman parte de un circuito de alto grado dentro de una red digital de servicios integrados.

También debe señalarse que esta Recomendación sólo podía utilizarse para sistemas concebidos antes de la aprobación de la Recomendación UIT-R F.1668 en 2004.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que los objetivos de característica de error de un trayecto digital ficticio de referencia (TDFR) de 2 500 km de grado alto de calidad a una velocidad binaria inferior a la velocidad primaria para sistemas de radioenlaces digitales se incluyen en la Recomendación UIT-R F.594, que se aplica a la velocidad de $N \times 64$ kbit/s ($1 \leq N < 24$ ($0 < 32$, respectivamente)) (véase la Nota 1);
- b) que en la Recomendación UIT-T G.921 figuran los objetivos de calidad de funcionamiento de la red para secciones digitales;
- c) que los trayectos reales que forman parte del tramo de grado alto de calidad de una red digital de servicios integrados (RDSI) a veces tienen una composición diferente de la del TDFR (véase la Fig. 1 de la Recomendación UIT-R F.556) y comparten radioenlaces de longitud inferior a 2 500 km con otro tipo de enlaces digitales;
- d) que no puede establecerse fácilmente la conformidad con lo dispuesto en las Recomendaciones sobre calidad de funcionamiento de sistemas radioeléctricos digitales mediante mediciones directas de los sistemas reales debido a las variaciones anuales y estacionales de las condiciones de propagación y que por lo tanto es necesario dar directrices prácticas sobre cómo aplicar las Recomendaciones sobre calidad de funcionamiento;
- e) que, por lo tanto, es necesario definir objetivos relativos a la proporción de bits erróneos (BER) admisible para que sirvan de guía en el diseño y la planificación de radioenlaces reales que puedan formar parte del tramo de grado alto de calidad de una RDSI;
- f) que en las Recomendaciones UIT-R F.1092 y UIT-R F.1189, basadas en la Recomendación UIT-T G.826, se proporcionan objetivos de característica de error para trayectos digitales a velocidad constante o superior a la primaria transportados por sistemas de radioenlaces digitales que pueden formar parte de las porciones internacional y nacional, respectivamente, de un trayecto ficticio de referencia de 27 500 km,

recomienda

- 1 que la característica de error se evalúe en términos de los eventos con segundos con error (ES) y segundos con muchos errores (SES) y los parámetros, proporción de segundos con error (ESR) y proporción de segundos con muchos errores (SESR), según se definen en la Recomendación UIT-T G.821 (véase también la Recomendación UIT-R F.594);
- 2 que cuando se establezcan enlaces radioeléctricos digitales reales con longitud, L , (km), comprendidos entre 280 y 2 500 km, que proporcionen conexiones a una velocidad binaria inferior a la velocidad primaria y con la finalidad de que formen parte de un circuito de grado alto dentro de una RDSI deberán respetarse los objetivos de característica de error que figuran a continuación para cada dirección de la conexión $N \times 64$ kbit/s ($1 \leq N < 24$ ($0 < 32$, respectivamente)) (véanse las Notas 1, 2, 3 y 6):

* La Comisión de Estudio 5 de Radiocomunicaciones introdujo cambios de edición en la presente Recomendación en 2012, con arreglo a lo dispuesto en la Resolución UIT-R 1.

- 2.1** que no se exceda la proporción de segundos con error $(L/2\ 500) \times 0,0032$ en ningún mes (véase la Nota 5);
- 2.2** que no se exceda la proporción de segundos con muchos errores $(L/2\ 500) \times 0,00054$ en ningún mes (véase la Nota 5);
- 3** que debe utilizarse el Anexo 1 como orientación sobre los factores que han de tenerse en cuenta al determinar los requisitos de calidad de funcionamiento de enlaces de relevadores radioeléctricos digitales reales que forman parte de un circuito de alto grado de calidad dentro de una RDSI.

NOTA 1 – N es inferior a 24 en la jerarquía basada en 1,544 Mbit/s, así como a 32 en la jerarquía basada en 2,048 Mbit/s.

NOTA 2 – Con anterioridad a la aprobación de las Recomendaciones UIT-R F.1092 (1994) y UIT-R F.1189 (1995), se diseñaron enlaces radioeléctricos digitales reales que formaban parte de la porción de grado alto de calidad de una RDSI, aplicando los objetivos de característica de error de la versión anterior de esta Recomendación, esto es, UIT-R F.634-3 (publicada en 1994), directamente a la velocidad binaria del sistema. Por esta razón, se sugirió aplicar reglas de traducción para normalizar los resultados de la medición de la característica de error obtenidos a la velocidad binaria del sistema del orden de 64 kbit/s (véase el Anexo 2).

NOTA 3 – Los objetivos de calidad de funcionamiento para circuitos de longitud inferior a 280 km siguen en estudio.

NOTA 4 – Los objetivos de característica de error para circuitos de longitud superior a 2 500 km figuran en el § 1.1 del Anexo 1.

NOTA 5 – La expresión «cualquier mes» empleada en esta Recomendación se define en la Recomendación UIT-R P.581. Si se realizan mediciones para comprobar el cumplimiento de lo dispuesto en la presente Recomendación, también es necesario, en ese caso, evaluar las condiciones de propagación y relacionarlas con los datos de propagación que representan las condiciones de «cualquier mes»

NOTA 6 – Los objetivos de proporción de segundos con error y de proporción de segundos con muchos errores incluyen todas las degradaciones de calidad de funcionamiento, excepto la indisponibilidad.

NOTA 7 – La Recomendación se aplica únicamente cuando se considera que el sistema está disponible de acuerdo con la Recomendación UIT-R F.557 y se aplica a periodos de segundos con muchos errores cuya duración es inferior a 10 s consecutivos. Los periodos de segundos con muchos errores de duración igual o superior a 10 s consecutivos están cubiertos por la Recomendación UIT-R F.557.

NOTA 8 – Debe observarse que el propósito de esta Recomendación es cumplir los objetivos de funcionamiento estipulados en las Recomendaciones UIT-T G.821 y UIT-T G.921, en todas las condiciones de explotación normalmente previstas.

ANEXO 1

Factores que deben tenerse en cuenta al determinar los requisitos de calidad de funcionamiento de enlaces de relevadores radioeléctricos digitales reales que forman parte de un circuito de alto grado de calidad dentro de una RDSI

En este Anexo se examinan los factores que deben tenerse en cuenta al determinar los requisitos de calidad de funcionamiento de enlaces de relevadores radioeléctricos digitales reales que forman parte de un circuito de alto grado de calidad dentro de una RDSI.

1 Objetivos de calidad para los radioenlaces digitales reales

1.1 Consideraciones generales

En la Recomendación UIT-T G.821 se ha definido una conexión digital ficticia de referencia a una velocidad binaria inferior a la velocidad primaria para los objetivos de características de error. Está subdividida en tramos de diferente calidad de circuito, denominados «de grado alto», «de grado medio» y «de grado local». Para estos tramos el deterioro admisible de transmisión se atribuye en porcentajes fijos. Las distribuciones para los tramos de grado local y de grado

medio se consideran como márgenes unitarios, mientras que en el tramo de grado alto se considera una atribución proporcional a la distancia.

De conformidad con la Recomendación UIT-T G.821, el trayecto digital ficticio de referencia (HRDP – hypothetical reference digital path) definido en la Recomendación UIT-R F.556 y los objetivos asociados de característica de error para el trayecto digital ficticio de referencia a una velocidad binaria inferior a la velocidad primaria definidos en la Recomendación UIT-R F.594, y que se aplican a sistemas de relevadores radioeléctricos digitales de grado alto, constituyen la primera etapa de la subdivisión. Es necesaria una subdivisión suplementaria en secciones digitales ficticias de referencia (SDFR) para permitir que cada administración especifique los valores de calidad para sistemas de transmisión. Ésta se da en la Recomendación UIT-T G.921 para sistemas digitales de la jerarquía 2 Mbit/s. Se han definido cuatro clases de calidad para las SDFR, a cada una de las cuales se le ha asignado un porcentaje fijo de deterioro de calidad. La sección de Clase 1 corresponde a la clasificación de circuito de «grado alto», pero también puede utilizarse en un tramo de «grado medio». Las Clases 2 a 4 sirven únicamente para el tramo de grado medio (véase la Recomendación UIT-R F.696). La información sobre el tramo de «grado local», que se da en la Recomendación UIT-R F.697, representa únicamente la línea de abonado.

La Recomendación UIT-R F.594 presenta objetivos de calidad de funcionamiento para el trayecto digital ficticio de referencia tal como se define en la Recomendación UIT-R F.556. Los enlaces reales diferirán del trayecto digital ficticio de referencia tanto en longitud como en constitución. En consecuencia, conviene prever objetivos de planificación para las BER admisibles para dichos trayectos, en particular aquéllos que tienen una longitud más corta que el trayecto digital ficticio de referencia.

En general, los enlaces reales plantean dos consideraciones:

- encontrar un método para distribuir los objetivos de la Recomendación UIT-R F.594 entre aquellos sistemas que se van a conectar en tándem con el fin de formar trayectos similares al trayecto digital ficticio de referencia;
- tomar en consideración las Recomendaciones UIT-T G.821 y UIT-T G.921 al determinar los objetivos para los enlaces de relevadores radioeléctricos digitales que se utilizan en los tramos de grado medio y de grado local de una conexión RDSI.

Debe señalarse que en algunos países los enlaces reales pueden tener dimensiones superiores a 2 500 km.

En estos casos, los objetivos indicados en el *recomienda 2* pueden aplicarse a enlaces con una longitud real, L ($L > 2\,500$ km), pero el objetivo de proporción de segundos con muchos errores calculado para la longitud total, L , del enlace no debe exceder del objetivo de $0,0005 + (L/2\,500) \times 0,00004$ en cualquier mes.

Dado que la calidad de los sistemas de relevadores radioeléctricos digitales depende de los desvanecimientos, se reconoce generalmente que el comportamiento de cualquier sección del trayecto digital ficticio de referencia será estadísticamente independiente. Si se parte de esta hipótesis, entonces se podría determinar matemáticamente la calidad del trayecto digital ficticio de referencia mediante la convolución de las funciones de densidad de probabilidad de todas las secciones. Sin embargo, este procedimiento no resulta práctico, dado que la función de densidad de probabilidad no se conoce con suficiente detalle.

El ejemplo de la Fig. 1 ilustra un principio importante derivado de la aplicación de la Recomendación UIT-T G.102. Esta Recomendación llama la atención sobre la necesidad de un margen entre los objetivos de calidad de la red y los objetivos de diseño del equipo que son, esencialmente, las predicciones de calidad para cada tramo (véase asimismo el § 2.5.5 de la Recomendación UIT-T G.102). En la Fig. 1, la indisponibilidad prevista para el tramo (véase la Recomendación F.1093) tiene en cuenta que sólo una proporción del objetivo del 10% es atribuido a la interferencia procedente del servicio fijo por satélite (SFS), mientras que el resto se utiliza como un margen para tener en cuenta las inexactitudes del método de predicción de la indisponibilidad y para otros efectos no determinísticos.

Es necesario comprobar que se cumplen todos los objetivos de esta Recomendación en el diseño de la ruta, incluyendo la proporción de segundos con muchos errores y la proporción de segundos con error.

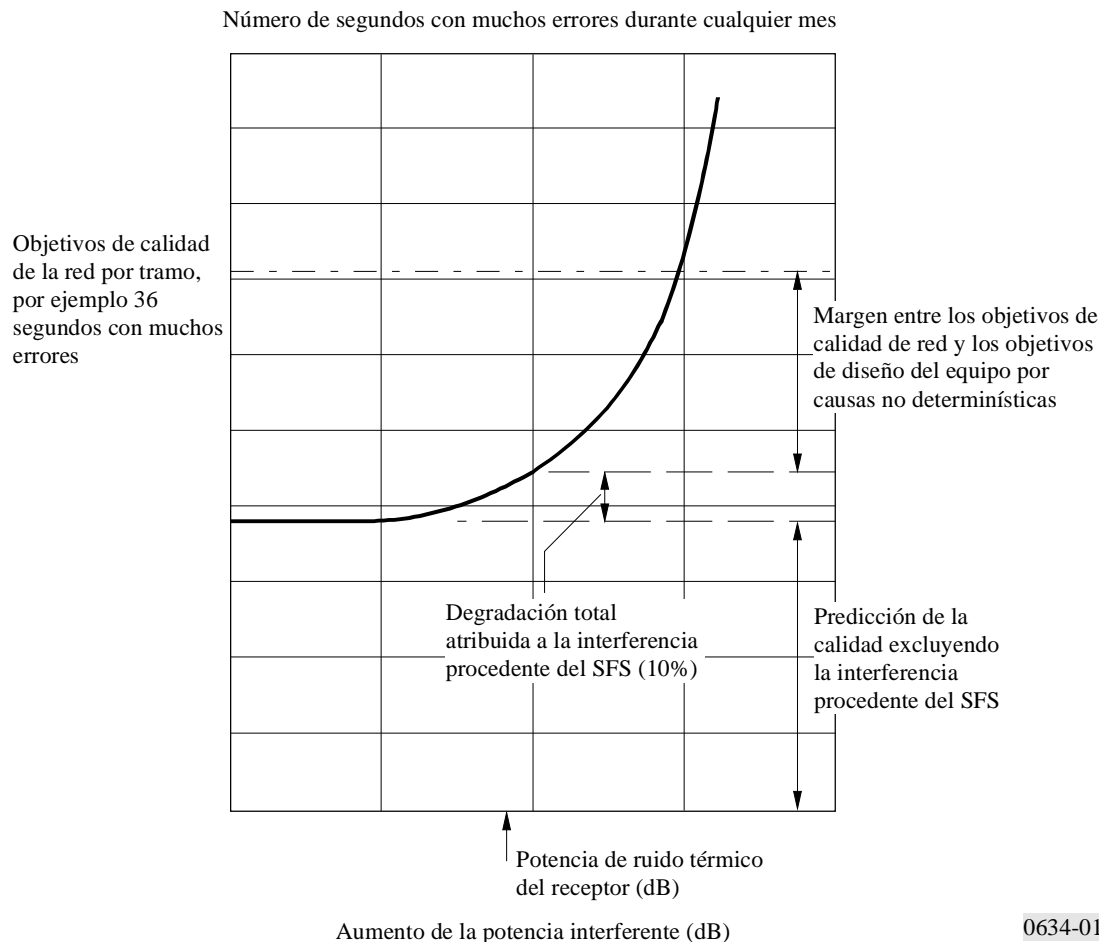
Procedimientos para predecir las características de calidad y modelos descritos en la Recomendación UIT-R F.1093, evalúan generalmente el porcentaje del tiempo en el que se excederá una BER de 1×10^{-3} durante el mes más desfavorable debido a desvanecimientos por trayectos múltiples. La experiencia en medidas de características de calidad ha mostrado que la mayoría de este tiempo se compone de eventos cuya duración es menor de 10 s. Por esta razón, las interrupciones por trayectos múltiples predichas deberían considerarse como segundos con muchos errores, en lugar de como tiempo de indisponibilidad (véase la Recomendación UIT-R F.557 para la definición de tiempo de indisponibilidad).

1.2 Objetivos de calidad de la red y objetivos de diseño del equipo

La Recomendación UIT-T G.801 describe la aplicación de modelos de transmisión digital para la especificación y subdivisión de los parámetros de transmisión. Muestra una manera de cómo puede utilizarse un modelo de referencia

nacional para alcanzar objetivos de calidad de la red y objetivos de diseño de equipo para trayectos de transmisión reales, basándose en objetivos para conexiones digitales ficticias de referencia, enlaces digitales ficticios de referencia y SDFR. Este procedimiento se aplica a todos los medios de transmisión y por lo tanto también a los sistemas de relevadores radioeléctricos.

FIGURA 1

Degradaciones de la calidad causadas por sistemas del SFS

Con la ayuda de estas SDFR, cada administración puede establecer su propia referencia adaptada a las condiciones que prevalecen en su red nacional. Debe asegurarse, sin embargo, que este modelo cumple los objetivos de la Recomendación UIT-T G.821. Para obtener un modelo de red representativo, cada parte individual de la red deberá estar compuesta de secciones digitales de forma que se tengan en cuenta lo más posible los enlaces reales. Se pueden así determinar unos márgenes unitarios para cada parte del modelo de red, a partir de la disposición escogida para las secciones digitales y sus porcentajes atribuidos asociados. Este margen por bloques representa un objetivo de calidad de la red para los tramos de la red en cuestión y debe cumplirse para trayectos reales de transmisión. En términos de diseño, cualquier sistema de relevadores radioeléctricos empleado en estos tramos debe ser capaz de cumplir el objetivo de calidad de la red aplicable. En este método, se definen para cada parte de la red los parámetros aplicables del sistema de relevadores radioeléctricos (por ejemplo, banda de frecuencias, velocidad binaria, etc.). Si se tienen en cuenta los efectos ambientales, el envejecimiento del equipo, etc., se podrían entonces especificar los objetivos de diseño del equipo. Si en la práctica se instalan enlaces que no utilizan totalmente los valores dados para una parte determinada del modelo de red (por ejemplo, tienen menos tramos), se propone que continúe adjudicándose al enlace el mismo margen por bloques. La idea consiste en reducir la necesidad de algunas medidas consideradas en el diseño inicial del sistema. Por ejemplo, se podría reducir el uso de diversidad de espacio, utilización de ecualizadores adaptativos en el dominio del tiempo y podrían usarse antenas pequeñas y transmisores de baja potencia, pudiéndose obtener los márgenes de calidad adecuados para las longitudes de trayectos sobredimensionadas.

1.3 Mecanismos de corrección de los fallos intermitentes

Un sistema puede funcionar mal de manera intermitente antes de que se produzca un fallo total. Es importante, para el mantenimiento de un buen servicio, detectar tal condición lo antes posible y adoptar medidas correctivas.

2 Objetivos de características de error para periodos más cortos que un mes

Los criterios de la Recomendación UIT-T G.821 (y en consecuencia de la Recomendación UIT-R F.594 y la presente Recomendación) suelen ser excesivamente largos para aplicarlos a los límites de mantenimiento o para pruebas de aceptación de circuitos. Pueden ser necesarias medidas realizadas sobre periodos de tiempo mucho más cortos (por ejemplo, un día) para determinar si un circuito es adecuado para dar servicio o si se debe efectuar algún tipo de mantenimiento.

Los sistemas radioeléctricos difieren de los sistemas por cable en que las degradaciones de la calidad (es decir, las debidas a desvanecimientos) tienden a estar concentradas en unos pocos días mientras que los sistemas por cable tienden a tenerlas distribuidas aleatoriamente a lo largo del mes. Por esta razón, los modelos matemáticos examinados por el UIT-T para describir la distribución de las degradaciones de la calidad en un mes pueden no ser adecuadas para los sistemas radioeléctricos. Este tema requiere aún más estudio.

Las mediciones efectuadas en condiciones reales han demostrado que los sistemas radioeléctricos no pueden satisfacer los objetivos de calidad diarios que se encuentren subdivididos de forma lineal con la distancia y el tiempo a partir de un trayecto digital ficticio de referencia de 2 500 km. Las mediciones ponen de relieve que el objetivo de calidad de 24 h equivalente al 20% del objetivo de un mes puede satisfacerse para los criterios de segundos con muchos errores y segundos con error. Es preciso efectuar nuevas mediciones para confirmar la validez de esos límites. Sin embargo, los parámetros que figuran en la Recomendación UIT-T G.821 no son los más idóneos para verificar la calidad de funcionamiento de los sistemas radioeléctricos durante periodos cortos, en particular cuando el desvanecimiento provoca distribuciones de errores en forma de ráfagas. Cualquier evaluación de la calidad realizada sobre la base de un solo periodo de mediciones de 24 h estará afectada por un alto grado de incertidumbre. Por consiguiente se propone que se utilicen los límites correspondientes a periodos menores a un mes únicamente si van acompañados de otros datos complementarios sobre la calidad de funcionamiento del sistema; por ejemplo:

- otros parámetros del sistema (por ejemplo, los niveles de control automático de ganancia (CAG) y tendencias),
- datos meteorológicos locales,
- comportamiento de otros radioenlaces en la zona,
- comportamiento de los sistemas radioeléctricos desde el punto de vista histórico.

3 Interferencia procedente del SFS

Muchas de las bandas de frecuencia utilizadas por los sistemas de relevadores radioeléctricos están actualmente compartidas con el SFS. La interferencia procedente del SFS puede, en general, tomar dos formas:

- procedente de las estaciones terrenas en las bandas utilizadas para los enlaces ascendentes;
- procedente de los satélites en las bandas utilizadas para los enlaces descendentes

para los sistemas radioeléctricos digitales. En el Cuadro 1 se dan los límites citados en la Recomendación UIT-R SF.615 para las degradaciones del trayecto digital ficticio de referencia de 2 500 km.

CUADRO 1

Límites recomendados para las degradaciones de la disponibilidad y de la calidad debida a las interferencias causadas por la compartición con el SFS

Criterio	Objetivo para un trayecto digital ficticio de referencia de 2 500 km (Recomendaciones UIT-R F.594 y UIT-R F.557)	Margen para el caso de las bandas compartidas
1) Proporción de segundos con muchos errores	0,00054 en cualquier mes	0,000054 en cualquier mes
2) Proporción de segundos con error	0,0032 en cualquier mes	0,00032 en cualquier mes
3) Indisponibilidad	0,3% de un periodo probablemente superior a un año	0,03% de un periodo probablemente superior a un año

Se necesita asignar valores para estas degradaciones cuando se establecen objetivos de diseño de rutas reales en sistemas explotados en las bandas de frecuencias compartidas. Es por lo tanto necesario considerar cómo distribuir las degradaciones que figuran en el Cuadro 1 para enlaces más cortos.

Los modelos de compartición han supuesto previamente que para este tipo de interferencia, y dentro de un trayecto digital ficticio de referencia de 2500 km, solamente una o dos estaciones serán afectadas significativamente. Este implicaría que la mayoría de las degradaciones del Cuadro 1 podrían atribuirse a uno o dos tramos y que sobre esta base podrían derivarse criterios de compartición (por ejemplo límites de densidad de flujo de potencia, límites de potencia isotrópica radiada equivalente).

Sin embargo, esto puede ser una hipótesis poco realista para el futuro ya que el número de estaciones terrenas está aumentando (especialmente para los sistemas explotados por encima de 10 GHz) y con frecuencia se encuentran ubicadas cerca de las principales ciudades. En consecuencia también aumentará el número de receptores de relevadores radioeléctricos afectados. Esto podría producir una degradación de la calidad que no se tuvo en cuenta en el diseño inicial de la ruta.

La base más prudente para distribuir las degradaciones provenientes del SFS en el trayecto digital ficticio de referencia sería sobre una base tramo a tramo. Por ello, la degradación del 10% estaría incluida en el balance de calidad en la etapa de diseño de la ruta, tal y como se muestra en la Fig. 1 para el caso de segundos con muchos errores.

ANEXO 2

Reglas de traducción recomendadas para normalizar los resultados de la medición de la característica de error obtenidos a la velocidad binaria del sistema o por encima de la velocidad primaria a nivel de 64 kbit/s

(Aplicable únicamente a los enlaces radioeléctricos digitales diseñados con anterioridad a la aprobación de las Recomendaciones UIT-R F.1092 (1994) y UIT-R F.1189 (1995))

Este Anexo puede utilizarse para enlaces radioeléctricos digitales dentro de la porción de grado alto de calidad de una RDSI que se diseñaron con anterioridad a la aprobación de las Recomendaciones UIT-R F.1092 (1994) y UIT-R F.1189 (1995). En este caso debe tomarse en consideración la relación entre los objetivos a 64 kbit/s y los parámetros correspondientes a la velocidad binaria del sistema.

1 Objetivos SESR

Los diferentes estudios experimentales realizados indican que la traducción directa de la SESR es exacta con un pequeño porcentaje de error, o:

$$SESR_{64} = SESR_{\text{velocidad binaria del sistema}}$$

La SESR normalizada a 64 kbit/s puede calcularse basándose en las mediciones efectuadas a la velocidad binaria del sistema, como sigue:

$$SESR_{64} = Y + Z$$

donde:

Y: SESR a la velocidad binaria del sistema

Z: no SESR a la velocidad binaria del sistema, que contenga una o más pérdidas de alineación de trama a la velocidad binaria del sistema.

El factor Z representa un margen de tolerancia para las ráfagas de error que son ampliadas u ocasionan pérdidas de alineación de trama durante el proceso de demultiplexión entre la velocidad binaria del sistema y 64 kbit/s.

Hay que señalar que Z puede depender del diseño del equipo de transmisión y no incluirá necesariamente todos los «no segundos con muchos errores» en la velocidad binaria de medición que ocasionarán, en última instancia, segundos con muchos errores al nivel de 64 kbit/s. Ciertas ráfagas de error, que pueden pasar transparentemente a través de los

demultiplexadores al nivel jerárquico de la fuente de la ráfaga de errores, sin ocasionar una pérdida de la alineación de trama a dicho nivel, pueden dar lugar a pérdidas de la alineación de trama en demultiplexadores a niveles jerárquicos inferiores. En consecuencia, no cabe evaluar con exactitud estos eventos como segundos con muchos errores en la medición en la fuente del evento.

En el caso de sistemas de enlaces radioeléctricos digitales, se considera que el factor Z está comprendido entre 0,01 y 0,05 de la calidad de funcionamiento medida, Y .

2 Relaciones entre la proporción de segundos con error objetivo a 64 kbit/s y los correspondientes parámetros a la velocidad binaria del sistema

Se aplica la siguiente relación:

La proporción de segundos con error a 64 kbit/s viene dada por:

$$\frac{1}{J} \sum_{i=1}^J (n/N)_i$$

donde:

n : número de errores en el segundo $i^{\text{ésimo}}$ a la velocidad binaria del sistema

N : velocidad binaria del sistema dividida por 64 kbit/s

J : número entero de periodos de 1 s (excluido el tiempo no disponible) en el periodo de medición total.

La relación $(n/N)_i$ para el segundo $i^{\text{ésimo}}$ es:

$$n/N \quad \text{si} \quad 0 < n < N$$

o

$$1 \quad \text{si} \quad n > N.$$

Esta relación es conservadora, ya que entraña que los errores que sobrevienen a la velocidad binaria del sistema se distribuyen uniformemente entre los canales de 64 kbit/s.

En la práctica, debido a la distribución no uniforme de los errores, el resultado real a 64 kbit/s es mejor que el valor calculado utilizando la expresión anterior.

Las mediciones de campo indican concordancia con una traducción menos estricta que presupone una distribución de Poisson de los errores, los cuales ocurren a velocidad binaria de línea en los canales de 64 kbit/s.

Una modalidad práctica para utilizar las fórmulas anteriores consiste en calcular la probabilidad de un segundo con error a 64 kbit/s, $(n/N)_i$, para cada segundo i , y sumando, por otra parte, estas probabilidad durante todos los segundos J en el periodo de medición (por ejemplo, un mes). El resultado constituirá una estimación del número total de segundos con error a 64 kbit/s. Dividiendo por J se obtiene la proporción de segundos con error en el periodo de medición. La exactitud de este proceso depende de que la traducción tenga lugar, cada segundo, utilizando la fórmula anterior. Las mediciones efectuadas han demostrado que este proceso proporciona respuestas dentro de un intervalo aproximado de $\pm 25\%$ en relación con los números exactos correspondientes a los segundos con error obtenidos demultiplexando realmente la señal a 64 kbit/s. Es necesario que el circuito de comprobación efectúe en tiempo real las operaciones antes descritas, a saber, el cómputo de errores en intervalos de 1 s a la velocidad binaria del sistema, truncándose los números en $n = N$ y, acto seguido, acumulándolos y expresándolos en la correspondiente escala. Se cuenta con firme evidencia experimental de que es difícil determinar los objetivos proporción de segundos con error compatibles a velocidades binarias más elevadas ya que dependen en gran medida del tipo de equipo y trayecto radioeléctricos que se utilicen. Por consiguiente, se recomienda aplicar el objetivo proporción de segundos con error únicamente a 64 kbit/s.

Habría que aplicar un método de multiplexión selectivo que extraiga de la señal transmitida a alta velocidad binaria una señal de error secundaria mediante muestreo a 64 kbit/s, lo que permitirá evaluar la calidad de funcionamiento del sistema a la velocidad de 64 kbit/s.