



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.650.2

Enmienda 1
(03/2003)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Características de los medios de transmisión – Cables
de fibra óptica

Definiciones y métodos de prueba de los atributos
conexos de las características estadísticas y no
lineales de fibras y cables monomodo

Enmienda 1

Recomendación UIT-T G.650.2 (2002)– Enmienda 1

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
Generalidades	G.600–G.609
Cables de pares simétricos	G.610–G.619
Cables terrestres de pares coaxiales	G.620–G.629
Cables submarinos	G.630–G.649
Cables de fibra óptica	G.650–G.659
Características de los componentes y los subsistemas ópticos	G.660–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.7000–G.7999
REDES DIGITALES	G.8000–G.8999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Recomendación UIT-T G.650.2

Definiciones y métodos de prueba de los atributos conexos de las características estadísticas y no lineales de fibras y cables monomodo

Enmienda 1

Resumen

La presente enmienda 1 a la Rec. UIT-T G.650.2 contiene un cambio en el título de la Recomendación y un nuevo apéndice IV relativo a las estadísticas de la PMD.

Orígenes

La enmienda 1 a la Recomendación UIT-T G.650.2 (2002), preprada por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 16 de marzo de 2003.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2003

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

ÍNDICE

	Página
1) Título.....	1
2) Nuevo apéndice IV	1

Recomendación UIT-T G.650.2

Definiciones y métodos de prueba de los atributos conexos de las características estadísticas y no lineales de fibras y cables monomodo

Enmienda 1

1) Título

Insértese en el título de la Rec. UIT-T G.650.2 la palabra "conexos", de manera que éste sea a partir de ahora:

Definiciones y métodos de prueba de los atributos conexos de las características estadísticas y no lineales conexos de fibras y cables monomodo.

2) Nuevo apéndice IV

Añádase el nuevo apéndice IV como sigue:

Apéndice IV

Información sobre estadísticas de la dispersión por modo de polarización

Este apéndice tiene por objeto resumir algunos de los cálculos estadísticos de la dispersión por modo de polarización (PMD). En CEI 61282-3 se documentan con mayor detalle los cálculos y la teoría aplicada. Este apéndice se estructura en las cláusulas siguientes:

- Introducción.
- Registro de datos.
- Cálculo de PMD_Q (Monte Carlo).
- Cálculo de $DGD_{m\acute{a}x}$ (Monte Carlo).

NOTA – En CEI 61282-3 se definen y utilizan otros métodos de cálculo. En este caso se utiliza el método de Monte Carlo por ser el de más fácil descripción.

IV.1 Introducción

La dispersión por modo de polarización (PMD, *polarization mode dispersion*) es un atributo estadístico que se define, para una fibra determinada, como el valor medio de los valores del retardo diferencial de grupo (DGD, *differential group delay*) para una serie de longitudes de onda. Dado que los valores de DGD son aleatorios con el tiempo y la longitud de onda, es más bajo el límite teórico de reproducibilidad que puede conseguirse para el valor de $PMD \pm 15\%$ aproximadamente. Por eso no es adecuado seleccionar determinadas fibras o cables según una especificación que es más estricta que la propia capacidad del proceso. Esta forma de selección puede ser apropiada para atributos determinísticos como la atenuación, pero no lo es en general para la PMD. Ello significa que es más razonable disponer de una especificación de la distribución global del proceso.

Una segunda consideración referida a la funcionalidad de la PMD es que las degradaciones del sistema para un instante y una longitud de onda dadas están controladas por el valor de DGD, que varía estadísticamente alrededor del valor de PMD. Si para una fibra cableada en particular se dispone del valor de PMD, puede calcularse la probabilidad de que DGD supere un valor dado. No

obstante, es patente que la aplicación de estas fórmulas a un valor máximo especificado produce una visión muy inexacta del comportamiento real del sistema. Sin embargo, con una especificación estadística basada en la PMD se puede obtener un límite estadístico de los valores de DGD para todo el sistema. Este límite, definido en términos de probabilidad, conduce a un valor que se utiliza en el diseño del sistema, que es aproximadamente un 20% inferior al valor de DGD y dos órdenes de magnitud inferior a los valores que se obtendrían sin utilizar una especificación estadística.

Debido a la primera consideración, es conveniente definir una sola métrica estadística para la distribución de los valores de PMD medidos en cables de fibra óptica. Por tanto, la métrica debe incorporar ambos aspectos, a saber, la media y la variabilidad del proceso. La métrica es precisamente el límite de confianza superior para un nivel de probabilidad.

Es bien conocido que el coeficiente de PMD de un conjunto de cables concatenados puede estimarse mediante el cálculo del valor cuadrático medio de los coeficientes de PMD de los distintos cables. Para que la métrica del límite de confianza superior tenga un significado más preciso en términos de aplicación, se calcula el límite superior de un enlace concatenado formado por veinte cables. Es inferior al número de cables utilizado en la mayoría de los enlaces, pero es suficientemente grande para permitir la estimación de distribuciones de DGD en enlaces concatenados. También se ha normalizado un valor de probabilidad del 0,01% – parcialmente sobre la base de obtener la equivalencia con la probabilidad de que el DGD supere un límite que debe ser muy bajo. El límite de confianza superior se denomina PMD_Q , o valor de diseño del enlace, y este tipo de especificación se denomina método 1.

El límite de probabilidad para DGD se fija en $6,5 \cdot 10^{-8}$ en función de varias consideraciones del sistema, incluida la presencia en los enlaces de otros componentes que generan PMD. En CEI 61282-3 se describe un método para determinar un máximo (definido en términos de probabilidad), de tal forma que si una distribución cumple los requisitos del método 1, el DGD a lo largo de enlaces formados exclusivamente por cable de fibra óptica será superior al valor máximo de DGD con una probabilidad inferior a $6,5 \cdot 10^{-8}$. El valor $DGD_{m\acute{a}x}$ se establece para una amplia gama de formas de la distribución. Este método para la especificación de la distribución de la PMD de cables de fibra óptica basado en el $DGD_{m\acute{a}x}$, se conoce como método 2. En CEI 61282-3 se presentan algunos métodos para combinar los parámetros del método 2 con los de otros componentes ópticos.

El método 1 es una métrica basada en mediciones y, por tanto, de utilización más directa como requisito normativo en transacciones y en el comercio en general. El método 2 es una forma de extrapolar las implicaciones para el diseño del sistema y, por tanto, constituye información para el diseño del mismo.

IV.2 Registro de datos

Los cálculos se realizan con valores de PMD que son representativos de una determinada construcción de cable y un instante de fabricación específico. Normalmente se requieren 100 valores. La muestra se toma normalmente de distintos cables en producción y en distintas ubicaciones de fibras en los cables.

La distribución del cable puede ampliarse mediante medidas de fibras no cableadas, siempre que exista una relación estable entre la fibra no cableada y los valores de cable para un tipo de construcción dado. Una forma de ampliación es obtener varios valores posibles para el cable a partir del valor de cada fibra no cableada. Estos valores deben ser seleccionados de forma aleatoria para representar la relación habitual y la variabilidad derivada, por ejemplo, de la reproducibilidad de las mediciones. Dado que la gama de variaciones incluye un error de reproducibilidad, este método de estimación de la distribución de los valores de PMD del cable puede dar lugar a una sobreestimación del valor de PMD_Q .

La longitud de las muestras medidas puede influir en los resultados del método 2. Tras estudiar este asunto, se ha llegado a la conclusión siguiente. Las implicaciones del método 2 son válidas para cualquier enlace de menos de 400 km en la medida en que:

- las secciones de cable instaladas sean menores de 10 km, o
- las longitudes medidas sean menores de 10 km.

IV.3 Cálculo de PMD_Q (Monte Carlo)

En CEI 61282-3 se presentan otros métodos de cálculo. A continuación se describe el método de Monte Carlo pues es el más sencillo de describir y el que hace un menor número de supuestos.

Los valores medidos de los coeficientes de PMD se representan por x_i , siendo i de 1 a N , el número de mediciones realizadas. Estos valores se utilizan para generar 100 000 valores de coeficientes de PMD de enlaces concatenados, calculado cada uno como el valor cuadrático medio de los 20 valores de cable individuales seleccionados de forma aleatoria de la población muestral.

NOTA – Si $N = 100$, existen $5,3 \cdot 10^{20}$ posibles valores de enlaces.

Seleccionar 20 números aleatorios comprendidos entre 1 y N , para cada cálculo de valor de enlace, y asignar a cada uno un índice k . El coeficiente de PMD del enlace, y , se calcula de esta forma:

$$y = \left(\frac{1}{20} \sum_{k=1}^{20} x_k^2 \right)^{1/2} \quad (IV-1)$$

Representar los 100 000 valores de y en un histograma de alta densidad conforme se van calculando. Una vez realizado dicho cálculo, se calcula la función de probabilidad acumulada del histograma para determinar el valor de PMD asociado con un nivel del 99,99%. Dicho valor se denomina PMD_Q . Si el valor calculado de PMD_Q es menor que el valor especificado $\{0,5 \text{ ps}/\sqrt{(\text{km})}\}$, se considera que la distribución pasa el método 1.

IV.4 Cálculo para $DGD_{\text{máx}}$ (Monte Carlo)

Este cálculo se basa a su vez en el cálculo de PMD_Q . Se predefine un valor de $DGD_{\text{máx}}$ (a 25 ps) y se calcula la probabilidad, P_F , de que se supere dicho valor. Si la probabilidad calculada es inferior al valor especificado ($6,5 \cdot 10^{-8}$), la distribución pasa el método 2.

Antes de iniciar el procedimiento de Monte Carlo, se calcula el límite del coeficiente de PMD, $P_{\text{máx}}$, como sigue:

$$P_{\text{máx}} = \frac{DGD_{\text{máx}}}{\sqrt{L_{\text{ref}}}} = \frac{25}{20} = 1,25$$

Para los siguientes pares de valores de concatenación, y_j e y_{j+1} , correspondientes a enlaces de 20 cables, se genera un valor de concatenación, z_j correspondiente a enlaces de 40 cables:

$$z_j = \left(\frac{y_j^2 + y_{j+1}^2}{2} \right)^{1/2} \quad (IV-2)$$

NOTA – Con ello se generan 50 000 valores de z_j , que constituye un número adecuado.

Calcular la probabilidad de que se supere $DGD_{\text{máx}}$ en la concatenación j -ésima de enlaces de 40 cables, p_j , de esta forma:

$$p_j = 1 - \int_0^{P_{\text{máx}}/z_j} 2 \left(\frac{4}{\pi} \right)^{3/2} \frac{t^2}{\Gamma(3/2)} \exp \left[-\frac{4}{\pi} t^2 \right] dt \quad (IV-3)$$

En la hoja de cálculo ExcelTM existe una función que puede realizar el cálculo de p_j , en concreto la función GAMMADIST(X, ALFA, BETA, Acum). La llamada a esta función debe hacerse de la forma siguiente:

$$PJ = 1 - \text{GAMMADIST}(4 * P_{MAX} * P_{MAX} / (PI() * ZI * ZI), 1.5, 1, \text{TRUE}) \quad (\text{IV-4})$$

La probabilidad de que se supere $DGD_{\text{máx}}$, P_F , es:

$$P_F = \frac{1}{50000} \sum_j P_j \quad (\text{IV-5})$$

Si P_F es menor que el valor especificado, la distribución pasa el método 2.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación