



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.113

(02/96)

**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE
LAS CONEXIONES Y CIRCUITOS
TELEFÓNICOS INTERNACIONALES**

DEGRADACIONES DE LA TRANSMISIÓN

Recomendación UIT-T G.113

(Anteriormente «Recomendación del CCITT»)

PREFACIO

El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones) es un órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (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 Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), 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 N.º 1 de la CMNT (Helsinki, 1 al 12 de marzo de 1993).

La Recomendación UIT-T G.113 ha sido revisada por la Comisión de Estudio 12 (1993-1996) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 6 de febrero de 1996.

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.

© UIT 1996

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

Página

1	Preámbulo	1
2	Introducción	1
3	Definiciones	1
4	Directrices en cuanto a los límites de parámetros individuales de transmisión.....	2
4.1	Objetivo de calidad de funcionamiento de la red para la distorsión de atenuación	2
4.2	Objetivo de calidad de funcionamiento de la red para el ruido de circuito.....	3
4.3	Objetivo de calidad de funcionamiento de la red para la distorsión por retardo de grupo	3
4.4	Objetivo de calidad de funcionamiento para el eco del hablante	3
4.5	Tiempo de transmisión en un sentido	3
4.6	Efecto de los errores aleatorios en los bits.....	3
4.7	Efecto de las ráfagas de errores	3
4.8	Efecto del recorte de las palabras	3
4.9	Degradaciones de la transmisión debidas a procesos digitales	3
5	Método de la distorsión de cuantificación.....	4
5.1	Consideraciones generales.....	4
5.2	Análisis	4
5.3	Umbral de aceptabilidad	5
5.4	Limitaciones	5
5.5	Atribuciones de la distorsión de cuantificación a procesos digitales	5
5.6	Regla de planificación	5
5.7	Limitaciones de la regla de planificación	6
6	Método del factor de degradación de equipo	6
7	Consideración de los efectos de la combinación de las degradaciones de la transmisión.....	8
7.1	Consideraciones generales.....	8
7.2	Factores de degradación y valor de degradación total	8
7.3	Valores de planificación para factores de degradación.....	9
8	Consideraciones relativas al factor de expectativa A	11
9	Consideraciones asociadas con el factor de degradación calculado para la planificación, <i>Icpif</i>	12
10	Efecto de las degradaciones de transmisión en la calidad de los datos en la banda vocal	14
Anexo A	– Información destinada a la planificación sobre la distorsión de atenuación y la distorsión por retardo de grupo introducidas por los circuitos y centrales de la red telefónica conmutada	15
Anexo B	– Efecto de las degradaciones de transmisión sobre la transmisión de datos en la banda vocal	15
B.1	Introducción	15
B.2	Ruido impulsivo.....	16
B.3	Retardo de grupo	16
B.4	Fluctuación de fase	16
B.5	Distorsión no lineal.....	17
B.6	Relación tono/ruido	18
B.7	Deslizamiento de frecuencia.....	18
B.8	Transitorios de ganancia y de fase	18

Anexo C – Repercusiones de las características de funcionamiento de la modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) sobre la transmisión de datos en la banda vocal	19
C.1 Introducción	19
C.2 Arquitectura de las condiciones de prueba	20
C.3 Conclusiones.....	25
Anexo D – Compatibilidad entre algoritmos de codificación de señales de voz y de datos en banda vocal.....	26
Anexo E – Método de cálculo de los factores de degradación	27

RESUMEN

La presente Recomendación fue elaborada para orientar a los conceptores de redes destinadas a formar parte de conexiones telefónicas internacionales. Por ejemplo, se daba orientación, en forma de reglas de planificación, sobre el número máximo de conversiones A/D y sobre las repercusiones en la degradación de los códecs, que modifican la forma de la onda. Este método se conoce como el método de distorsión de cuantificación. Sin embargo, estas reglas de planificación no eran adecuadas para el caso de las degradaciones de los codificadores que no modifican la forma de la onda, como tampoco lo eran para otras degradaciones. Se ha modificado esta Recomendación para hacerla más útil, conservándose el método de distorsión de cuantificación e incorporándose un nuevo método de planificación denominado el método del factor de degradación del equipo. Este método permite evaluar las repercusiones de: los códecs que no modifican la forma de la onda, los índices de sonoridad global no óptima, el eco para el hablante y la dificultad vocal asociada con un retardo largo en un sentido.

DEGRADACIONES DE LA TRANSMISIÓN

(revisada en 1996)

1 Preámbulo

La finalidad de esta Recomendación es dar directrices a los planificadores de redes y servicios, interesados en la calidad global del funcionamiento de la transmisión. Se presenta aquí información relativa a las conexiones en las redes: analógica, analógica/digital, digital integrada y digital de servicio integrado.

La utilización de esta información por parte de las Administraciones nacionales depende tanto de sus tipos de redes como de sus requisitos nacionales.

El actual marco reglamentario en vigor en ciertos países ha permitido interconectar a la red telefónica pública conmutada (RTPC) con otras redes, por ejemplo, redes privadas y redes celulares digitales, e igualmente ha permitido a los clientes aportar su propio equipo terminal. La información contenida en esta Recomendación servirá de orientación para todos aquéllos que deseen operar en el presente entorno cambiante.

2 Introducción

Esta Recomendación trata de las degradaciones que afectan a la calidad de las comunicaciones vocales, y en cierta medida, a la transmisión de datos en una conexión telefónica moderna. En particular, en esta Recomendación se tratan los siguientes parámetros: atenuación y distorsión de atenuación, ruido de circuito, distorsión por codificación códec, distorsión por retardo de grupo, tiempo de transmisión en un sentido, eco para el hablante, y algunos parámetros adicionales de especial importancia para la transmisión de datos en la banda vocal. (Se señala que existen otros parámetros de transmisión que también pueden influir en la calidad de la conexión, aunque en una medida mucho menor.)

La aproximación que se utiliza aquí consiste en enumerar las degradaciones individuales de transmisión y proporcionar directrices y/o referencias relacionadas con el efecto de tales degradaciones. (Estas degradaciones serían consideradas bien individualmente o en forma combinada, según sea necesario por parte del planificador). En el caso de procesos digitales, puede ser de utilidad considerar la acumulación de las degradaciones. En consecuencia, los métodos de las cláusulas 5 y 6 se pueden utilizar según convenga.

Existen dos aproximaciones recomendadas provisionalmente que pueden ser utilizadas por los planificadores de red y de servicios. Una aproximación, «el método de la distorsión de cuantificación» tiene su finalidad en ayudar en la planificación del emplazamiento/utilización de los códecs del tipo de forma de onda (no predictivos), mientras que la otra aproximación, «el método del factor de degradación de equipo» tiene su finalidad en ayudar en la planificación del emplazamiento/utilización de los códecs del tipo sin forma de onda (predictivos), pero también puede utilizarse para los códecs del tipo de forma de onda. (Información adicional acerca del modelo de cómputo para utilizar de guía en la planificación de la transmisión, puede encontrarse en la propuesta de Apéndice I/G.101, COM 12-63. Dado que se trata de dos métodos claramente distintos para la evaluación anticipada de la calidad de las conexiones en la red, se advierte a los usuarios de esta Recomendación que los valores de los parámetros no son necesariamente intercambiables entre los dos métodos.

Las redes se hallan en diferentes etapas de evolución hacia el entorno digital. Así, habrá casos en los que las conexiones se encaminarán utilizando componentes totalmente digitales (de extremo a extremo incluyendo los terminales); otras conexiones utilizarán componentes de red totalmente digitales y facilidades de acceso analógicas; y aún habrá otras conexiones que utilizarán partes de la red que son analógicas mientras que otros componentes de red podrían ser digitales. Esta Recomendación pretende analizar cada uno de esos escenarios.

3 Definiciones

A los efectos de la presente Recomendación, son aplicables las definiciones siguientes:

3.1 red analógica: Una red en que la interfaz de acceso así como todos los elementos de red se consideran analógicos.

- 3.2 red analógica/digital:** Una red en que la interfaz de acceso es analógica y algunos componentes de red son analógicos mientras que el resto son digitales.
- 3.3 calidad de radiocomunicación:** Calidad que se observa en muchos sistemas móviles, caracterizada por una buena inteligibilidad y capacidad de identificación del hablante, pero cierta pérdida de calidad si se compara directamente con la calidad ofrecida por la RTPC.
- 3.4 factor de degradación de elemento:** Un número asignado a un elemento de red, en unidades de «eif», que indica el aumento previsto del nivel de degradación que se produciría cuando se insertase este elemento en una conexión.
- 3.5 unidad del factor de degradación de elemento (eif, *element impairment factor*):** La unidad de «eif» se utiliza para especificar la degradación asociada a un elemento de red determinado, por ejemplo, un circuito de transmisión o una unidad de procesamiento de señal digital.
- 3.6 factor de expectativa:** Una cantidad normalmente positiva que refleja la ventaja que, desde el punto de vista del acceso, presentan unos ciertos sistemas en comparación con la utilización de microteléfonos alámbricos en telefonía.
- 3.7 red digital integrada (RDI):** Una red en la que la interfaz de acceso es analógica mientras que el resto de los elementos de red son digitales.
- 3.8 red digital de servicios integrados (RDSI):** Una red en la que la interfaz de acceso y los elementos de red son todos digitales.
- 3.9 calidad RTPC:** Calidad media de las conexiones de larga distancia en la red telefónica pública conmutada, es decir, buena inteligibilidad, buena identificación del hablante, naturalidad, sólo pequeñas degradaciones perturbadoras.
- 3.10 unidad de distorsión de cuantificación (qdu, *quantization distortion unit*):** Una unidad de distorsión de cuantificación fue definida en 1982 como aquella distorsión que equivale a la introducida por una única codificación y decodificación que responde a un códec G.711 medio. Tal dispositivo tiene una relación señal/ruido de 35 dB cuando se mide conforme a lo establecido en la Recomendación O.132.
- 3.11 eco para el hablante:** Es el eco producido por la reflexión cerca del extremo del oyente de una conexión y que afecta al hablante.
- 3.12 valor de degradación total:** Un valor numérico, obtenido mediante la suma de todos los factores de degradación de los elementos de la conexión de extremo a extremo y que proporciona una indicación de la calidad prevista de la comunicación vocal de la conexión telefónica de que se trate. El valor de degradación total está constituido por la suma de varios factores de degradación y se expresa en unidades de «eif».

4 Directrices en cuanto a los límites de parámetros individuales de transmisión

4.1 Objetivo de calidad de funcionamiento de la red para la distorsión de atenuación

La distorsión de atenuación resultante en una conexión de la red internacional es una función del número de conversiones hacia y desde la banda vocal que se producen dentro de la red. En la Recomendación G.132 se dan los objetivos de distorsión de atenuación de una cadena a 4 hilos de longitud máxima para equipos totalmente analógicos o mixtos analógicos/digitales. Las conexiones totalmente digitales, con interfaces de acceso analógicas, deben cumplir los requisitos de distorsión de atenuación indicados en las Recomendaciones de la serie G.550 (Características de transmisión de las centrales digitales). En las conexiones totalmente digitales que utilicen aparatos telefónicos digitales y facilidades totalmente digitales, la respuesta de atenuación debe cumplir los requisitos de distorsión de atenuación de la Recomendación P.310 para los teléfonos de banda estrecha; la Recomendación P.311 para los microteléfonos de banda ancha; o la Recomendación P.314 para los teléfonos manos libres de banda ancha. La evolución hacia una red totalmente digital está dando como resultado a un gran número de conexiones menos complicadas, que reducirán la atenuación global y darán lugar a unos índices de sonoridad medios y mínimos tal como preconiza la Recomendación G.121. Tal evolución garantizará, por ello, una calidad de transmisión adecuada en las conexiones internacionales.

En el caso de que los valores de distorsión de atenuación o de ruido sean muy diferentes de los recomendados por el UIT-T para sistemas y equipos, podrá hallarse una orientación sobre las posibles modificaciones de la calidad de transmisión en la Recomendación P.11 y sus anexos [1], donde se indican también posibles soluciones de compromiso entre ellos.

4.2 Objetivo de calidad de funcionamiento de la red para el ruido de circuito

El UIT-T recomienda que el objetivo de calidad de funcionamiento de la red para el valor medio, expresado en decibelios y tomado en un gran número de conexiones mundiales (comprendiendo cada una de ellas cuatro circuitos internacionales), de la distribución del valor medio durante un minuto de potencia de ruido independiente de la señal no exceda de -43 dBm0p, referido a la entrada del primer circuito de la cadena de circuitos internacionales (véase la Recomendación G.143).

Las conexiones totalmente digitales, con interfaces de acceso analógicas, tendrán una calidad de funcionamiento con respecto al ruido aceptable, básicamente independiente de la longitud de la conexión [1] entre las interfaces analógicas de las centrales locales digitales. Las conexiones totalmente digitales que utilicen aparatos telefónicos digitales tendrán una calidad de funcionamiento con respecto al ruido aceptable, básicamente independiente de la longitud de la conexión [1] y controlada por los aparatos telefónicos [2].

4.3 Objetivo de calidad de funcionamiento de la red para la distorsión por retardo de grupo

La distorsión por retardo de grupo resultante en una conexión de la red internacional es una función del número de conversiones hacia la banda vocal que se producen dentro de la red. Se prevé que una cadena mundial a 4 hilos de 12 circuitos analógicos (internacionales y nacionales de prolongación) (véase la Recomendación G.133) y una cadena mundial de circuitos a 4 hilos con 14 conversiones de analógico a digital mantenga la distorsión por retardo de grupo dentro de límites aceptables. La evolución hacia una red totalmente digital está dando como resultado a un gran número de conexiones menos complicadas que reducirán la distorsión total por retardo de grupo y garantizarán, por ello, una calidad de transmisión adecuada en las conexiones internacionales.

4.4 Objetivo de calidad de funcionamiento para el eco del hablante

Con la creciente utilización de la tecnología digital en transmisión y en conmutación las atenuaciones tienden a disminuir y los retardos a aumentar. Estos dos efectos hacen a su vez más perceptibles los efectos del eco para el hablante. La Recomendación G.131 da orientaciones sobre este tema.

4.5 Tiempo de transmisión en un sentido

La Recomendación G.114 da orientaciones sobre este tema.

4.6 Efecto de los errores aleatorios en los bits

Por lo general, si la tasa de errores en los bits (BER, *bit error rate*) es $< 10^{-6}$, no se producen repercusiones importantes en los servicios en banda vocal.

4.7 Efecto de las ráfagas de errores

Las ráfagas de errores de un canal digital afectarán a los servicios en banda vocal de forma variable dependiendo de la longitud de la ráfaga y del sistema de codificación utilizado. Actualmente, la única orientación significativa a propósito de la calidad vocal, en presencia de ráfagas de errores sólo puede obtenerse a partir de evaluaciones subjetivas.

4.8 Efecto del recorte de las palabras

El recorte de las palabras en equipos digitales de multiplicación de circuitos (DCME, *digital circuit multiplication equipment*), equipos de multiplicación de circuitos de paquetes (PCME, *package circuit multiplication equipment*) o accesos sin hilos afectará a la calidad vocal de forma variable, dependiendo de la longitud de los segmentos de palabras recortadas y del porcentaje total de tiempo en que se produce el recorte. Actualmente, la única orientación significativa a propósito de la calidad vocal, en presencia de recortes de palabras, sólo puede obtenerse a partir de evaluaciones subjetivas.

4.9 Degradaciones de la transmisión debidas a procesos digitales

La incorporación de procesos digitales no integrados en conexiones telefónicas internacionales, sobre todo durante el periodo de las redes mixtas analógicas/digitales y las redes totalmente digitales, puede acarrear una acumulación apreciable de degradaciones de la transmisión. Es necesario, por tanto, asegurarse de que esta acumulación de degradaciones debidas a procesos digitales no llega al punto de dañar gravemente la calidad de la transmisión global. Existen dos procedimientos recomendados provisionalmente que pueden ser utilizados por los planificadores de redes y servicios. En las dos cláusulas siguientes se proporcionan detalles acerca de estos dos métodos que pueden utilizarse para evaluar el efecto de las degradaciones individuales debidas a los procesos.

5 Método de la distorsión de cuantificación

Este fue el método tradicionalmente utilizado para la evaluación de las degradaciones de la transmisión digital y se muestra todavía útil para las conexiones que no incluyen códecs sin forma de onda (predictivos) a baja velocidad binaria. Este método puede utilizarse en redes mixtas/híbridas y en redes totalmente digitales.

5.1 Consideraciones generales

El método de la distorsión de cuantificación es un método que atribuye un valor de distorsión a cada proceso digital y permite luego, mediante la simple suma de esas degradaciones, determinar anticipadamente la calidad global de la conexión.

Se recomienda la utilización de este método cuando el procesamiento digital se efectúe empleando codificadores de forma de onda. Por ejemplo, en esta categoría podrían incluirse los codificadores de ley A y ley μ , los codificadores a 32 kbit/s diseñados conforme a la Recomendación G.726, los atenuadores digitales, las conversiones MIC-MICDA-MIC y los convertidores de ley μ /ley A. Ejemplos de codificadores digitales que no se prestarían a esta metodología serían los siguientes: LD-CELP, VSELP, RP-LTP y CELP+. Tanto para estos últimos codificadores como para la evaluación de conexiones que utilizan estos codificadores, se recomienda utilizar el método del factor de degradación del equipo.

5.2 Análisis

El método de la distorsión de cuantificación se basa en el principio de que puede realizarse una atribución de distorsión a los procesos digitales comparando la distorsión que ellos introducen con la de una unidad de distorsión normalizada. La unidad de distorsión normalizada seleccionada se denomina unidad de distorsión de cuantificación (qdu) y se define como el nivel de degradación de distorsión introducida por un proceso de codificación y decodificación MIC de 8 bits ideal, según la Recomendación G.711. En otras palabras, la atribución de distorsión a un proceso digital se expresa en unidades qdu. Así, se considera que un dispositivo al que se ha asignado un valor de 4 qdu genera un nivel de degradación equivalente a 4 procesos MIC de 8 bits no integrados, en cascada.

Hay varios métodos posibles de comparación; cabe citar, entre ellos, las medidas objetivas (o análisis equivalente), las pruebas subjetivas y las pruebas de datos en que se emplea como criterio el efecto producido por el codificador en la tasa de errores en los bits a la salida de un módem receptor de datos en banda vocal.

Actualmente no existe ningún método de medición objetivo que pueda arrojar resultados [por ejemplo, la relación señal/ruido (SNR, *signal to noise ratio*)] estrechamente correlacionados con los resultados de mediciones subjetivas del efecto sobre la calidad de transmisión de las señales vocales de muchos de los procesos digitales que se están estudiando. Por consiguiente, el número de unidades de distorsión de cuantificación asociadas a los procesos digitales se determinará generalmente mediante métodos de medida subjetivos, como los que se recogen en la Recomendación P.83. En algunos casos, el número de unidades de distorsión de cuantificación de un proceso digital puede determinarse sin necesidad de medidas subjetivas, descomponiendo ese proceso digital en dos o más partes y atribuyendo a cada una de estas partes una cierta fracción del número total de unidades asignadas al proceso digital. No obstante, si bien este método puede considerarse como un método objetivo de determinación de las asignaciones de qdu entre los componentes del proceso, utiliza como punto de partida un valor determinado subjetivamente. Además, salvo para los procesos digitales relativamente simples en que la descomposición no es compleja, este método puede no ser fiable y debe utilizarse con cuidado.

Habida cuenta de que las normas de planificación deben ser aplicables a todas las señales transmitidas en la banda de frecuencias vocales, es preciso considerar tanto la calidad de la palabra como la de los datos. La primera debe evaluarse en general mediante pruebas subjetivas y la segunda por medio de pruebas objetivas que den estimaciones de la tasa previsible de errores en los bits y el comportamiento de la señalización. Actualmente, sin embargo, debido a la carencia de un método objetivo para evaluar el efecto de los procesos digitales sobre la calidad de los datos en banda vocal, la regla de planificación de esta Recomendación se limita exclusivamente a la planificación de las conexiones vocales. En la cláusula 10 se examinan algunos problemas asociados con la elaboración de una regla de planificación aplicable a las conexiones que transmiten datos en banda vocal y otras señales no vocales. Dicha regla se basaría en una unidad que reflejase la contribución de los procesos digitales a la degradación o degradaciones que afecten a los módems de datos en banda vocal y/o a los sistemas de señalización. Todavía no existe una unidad de ese tipo.

NOTA – La unidad qdu se define como la distorsión de cuantificación presente en el codificador MIC y otros codificadores de forma de onda y supone que la distorsión de cuantificación se acumula según una ley de $15 \log_{10}(n)$ para n pares códec en cascada. Ciertos datos permiten sugerir que mientras el códec MICDA a 32 kbit/s (que cumple con la Recomendación G.726) presenta la misma distorsión y obedece a la misma ley de aditividad que el códec MIC, la codificación lineal predictiva excitada por código de bajo retardo (LD-CELP, *low delay code – excited lineal predictive coding*) a 16 kbit/s probada y estudiada en 1991 tiene una aditividad más próxima a $20 \log_{10}(n)$. Sin embargo, pruebas subjetivas, realizadas con el asesoramiento del Grupo de Expertos sobre la calidad vocal (SQEG, *experts group on speech quality*), indican que el par códec a 16 kbit/s sigue de cerca la calidad subjetiva del

códec G.726 con hasta cuatro codecs en cascada. Más allá de esta cifra, la calidad del códec a 16 kbit/s disminuye más rápidamente que la del códec G.726. Así pues, se propone que el códec a 16 kbit/s sea tratado de la misma manera que el códec G.726 para determinar la calidad de funcionamiento de la red, con la limitación de que no se permitan más de tres codecs a 16 kbit/s en la conexión mundial y destacando que la distorsión del códec LD-CELP no se suma a las qdu de otros codecs.

5.3 Umbral de aceptabilidad

Para la transmisión de las señales de voz se seleccionó un umbral de aceptabilidad de 14 qdus, ya que este valor representa el límite subjetivo de la relación señal/distorsión global (*Libro Rojo*, Fascículo III.1, Suplemento 21). De forma similar, se seleccionó un valor de 14 qdu como umbral de aceptabilidad para la transmisión de datos. Un par códec MIC de 8 bits produce en promedio una distorsión de atenuación de aproximadamente 2 dB menos que los límites indicados en la Recomendación G.712. Esto correspondería a una relación señal/distorsión de 35 dB para el método de prueba de onda sinusoidal a la entrada y unos 36 dB para el método de prueba de ruido a la entrada. (Así, un total de 14 procesos MIC de 8 bits en cascada, cumpliendo cada uno de ellos justo con los límites de la relación señal/distorsión que figuran en la Recomendación G.712, proporcionarían una calidad de funcionamiento inaceptable.) El mismo principio se deberá aplicar cuando se trate de proponer valores de planificación de unidades de distorsión de cuantificación para otros procesos digitales.

5.4 Limitaciones

En el método de la distorsión de cuantificación se supone que está permitido sumar simplemente las unidades de distorsión de cuantificación que han sido asignadas a los procesos digitales individuales, a fin de determinar la distorsión de cuantificación total o global, para conexiones telefónicas que incorporan procesos digitales no integrados.

Conceptualmente, el número de unidades qdu asignadas a un proceso digital debe reflejar únicamente el efecto sobre la palabra del ruido de cuantificación producido por el proceso. En la práctica, el valor de qdu debe determinarse mediante medidas subjetivas de procesos reales o simulados en que los sujetos estén expuestos no solamente a ruido de cuantificación, sino también a otras degradaciones producidas por el proceso digital sometido a prueba.

Por consiguiente, los resultados de las pruebas subjetivas estarán influenciados por esas otras degradaciones si los niveles de éstas difieren en mayor o menor medida de los niveles producidos por el códec MIC (como referencia). Esas influencias harán que el valor de qdu obtenido no de la medida exacta del efecto de la distorsión de cuantificación. La asignación de qdu reflejará en cambio el efecto de todas las degradaciones sobre la calidad de las señales de la voz y, por consiguiente, para reducir las posibilidades de que exista esa influencia cuando se determinan las asignaciones de qdu a procesos digitales, es importante elaborar la prueba subjetiva de tal modo que:

- 1) se reduzcan al mínimo las contribuciones de las degradaciones distintas de la distorsión de cuantificación a los resultados de las pruebas subjetivas; o
- 2) se igualen los niveles de esas otras degradaciones en las condiciones de la prueba y en las de referencia.

5.5 Atribuciones de la distorsión de cuantificación a procesos digitales

Las unidades de distorsión de cuantificación (qdu) asignadas provisionalmente a varios procesos digitales se indican en el Cuadro 1. Los Suplementos N.º 21 y 22, *Libro Rojo*, Fascículos III.1 y III.2 (1985) respectivamente, y las notas asociadas al Cuadro 1, contienen información de base sobre estas asignaciones.

5.6 Regla de planificación

Desde el punto de vista de la distorsión de cuantificación, expresada en unidades qdu, se recomienda no introducir más de 14 unidades de distorsión de cuantificación (qdu) en una conexión telefónica internacional.

Como consecuencia de las relaciones indicadas en 4.1, 4.2 y 4.3 sobre las distorsiones de cuantificación, de atenuación y por retardo de grupo es posible recomendar una regla provisional de planificación que rija la incorporación de procesos digitales no integrados en conexiones telefónicas internacionales. Esta regla de planificación viene expresada en términos de unidades de distorsión de cuantificación (qdu) que son numéricamente iguales a las unidades de distorsión de cuantificación atribuidas a los procesos digitales específicos indicados en el Cuadro 1. La regla de planificación es la siguiente:

El número de unidades de distorsión de cuantificación en una conexión telefónica internacional no debe ser superior a $5 + 4 + 5 = 14$ qdu.

De acuerdo con esta regla, cada una de las dos partes nacionales de una conexión telefónica internacional estará autorizada a introducir hasta un máximo de 5 qdu de degradación de la transmisión, y la parte internacional hasta un máximo de 4 qdu.

NOTAS

1 Se reconoce que en el periodo mixto analógico/digital pudiera no ser práctico, durante cierto tiempo y en algunos países, limitar las contribuciones nacionales a un máximo de 5 qdu de degradación de la transmisión. Para tener en cuenta estas situaciones se está permitiendo cierta mitigación temporal de la regla provisional de planificación. En virtud de esta mitigación, la parte nacional de una conexión telefónica internacional estaría autorizada a introducir hasta 7 qdu de degradación de la transmisión. Teóricamente, esto podría dar por resultado conexiones telefónicas internacionales con un total de 18 qdu de degradación de la transmisión. Estas conexiones menoscabarían aún más la transmisión en lo que respecta al servicio telefónico vocal. Las Administraciones que consideren indispensable disponer de una atribución nacional de más de 5 qdu (pero no mayor que 7 qdu) deberán cerciorarse de que sólo un pequeño porcentaje del tráfico de las prolongaciones nacionales excede de 5 qdu.

2 Debe tenerse en cuenta que, por motivos económicos, los circuitos internacionales largos emplean equipos digitales de multiplicación de circuitos (DCME, *digital circuit multiplication equipment*), u otros sistemas similares, que pueden producir una distorsión de cuantificación que sobrepase ligeramente el límite recomendado de 4 qdu.

5.7 Limitaciones de la regla de planificación

Se ha supuesto que, para la estimación de la degradación de la transmisión como consecuencia de la presencia de procesos digitales no integrados en conexiones telefónicas internacionales, las unidades de distorsión de cuantificación se pueden sumar a fin de determinar el nivel global de degradación.

Cuando se trata de telefonía internacional que comprende procesos digitales en cascada, en un entorno totalmente digital, la adición de las unidades de distorsión de cuantificación correspondientes a los distintos procesos pudiera no reflejar exactamente la distorsión de cuantificación acumulada (y, por consiguiente, no corresponder a las unidades de degradación de la transmisión acumuladas). Tal caso podría darse, pues los distintos valores de potencia de la distorsión de cuantificación producida por los diversos procesos digitales pudieran presentar cierta correlación y, por tal razón, la adición de las unidades de distorsión de cuantificación correspondientes a los distintos procesos pudiera, en ciertas circunstancias, dar valores totales que diferirían de los que se encuentran en la realidad. Esto se explica de forma bastante detallada en el Suplemento N.º 21 al Fascículo III.1 del *Libro Rojo*.

Se considera que la regla de $5 + 4 + 5 = 14$ qdu indicada en 5.6, aunque en ciertas circunstancias pudiera proporcionar resultados solamente aproximados, es, no obstante, adecuada para la mayor parte de los fines de la planificación en los casos en que intervienen procesos digitales no integrados. En el Cuadro 1 se tiene expresamente en cuenta, como ejemplos de procesos digitales en cascada, la conversión de código A- μ -A, la conversión de código μ -A- μ y la conversión MIC-MICDA-MIC.

6 Método del factor de degradación de equipo

Se trata del 2º método para la evaluación de las degradaciones digitales, tal como se indicó en 4.9.

El método del factor de degradación de equipo se basa en el principio de que las degradaciones de la transmisión pueden transformarse en «factores psicológicos» y que éstos son aditivos en una cierta escala psicológica.

El método del factor de degradación de equipo atribuye un valor de distorsión a cada elemento de la red y permite entonces la simple suma de esas degradaciones, para determinar las degradaciones globales introducidas por los equipos, *Itot*. A continuación se resta el factor de expectativa A de este número para obtener el factor de degradación calculado para la planificación, *Icpif*.

Se recomienda utilizar el método del factor de degradación de equipo cuando el procesamiento digital se efectúe empleando codificadores sin forma de onda (predictivos). Por ejemplo, en esta categoría podrían incluirse los codificadores siguientes: LD-CELP, VSELP, RP-LTP y CELP+.

NOTA – Este método también puede utilizarse para codificadores de forma de onda (no predictivos), siempre que se haya atribuido un factor de degradación de equipo al proceso digital, o indirectamente, utilizando el valor de qdu atribuido.

La atribución de distorsión del factor de degradación de equipo para procesos digitales sólo puede realizarse utilizando resultados de pruebas subjetivas con notas medias de opinión y empleando las fórmulas desarrolladas y presentadas más adelante en esta Recomendación. En el Anexo E se analiza este método con más detalle. Por consiguiente, el factor de degradación de equipo podría determinarse, en general, mediante métodos de medida subjetivos, como los recogidos en las Recomendaciones P.800 y P.830. Aunque las reglas de planificación deben ser aplicables a todas las señales transmitidas en la banda de frecuencia vocal, este método concreto sólo se aplica a la transmisión vocal.

En la cláusula 7 pueden encontrarse consideraciones acerca de los efectos de la combinación de las degradaciones de la transmisión, y en la cláusula 8 las relativas al factor de expectativa. Las consideraciones relativas al factor de degradación calculado para la planificación se muestran en la cláusula 9.

CUADRO 1/G.113

Valores de planificación para la distorsión de cuantificación
(Sólo servicios vocales; véase la cláusula 10 para el estudio de los datos en banda vocal)
 (véanse las Notas 1, 11 y 12)

Proceso digital	Unidades de distorsión de cuantificación (qdu)	Notas
<i>Procesos con conversión analógica/digital:</i>		
Par códec MIC de 8 bits (según la Recomendación G.711 (ley A o ley μ))	1	2, 3
Par códec MIC de 7 bits (ley A o ley μ)	3	3, 4, 5
Par transmultiplexor basado en MIC de 8 bits, ley A o ley μ (según la Recomendación G.792)	1	3
MICDA a 32 kbit/s (con predictor adaptativo) (combinación de un par códec MIC de 8 bits y una conversión en cascada MIC-MICDA-MIC) (según las Recomendaciones G.721/G.726/G.727)	3,5	6
<i>Procesos totalmente digitales:</i>		
Atenuador digital (MIC de 8 bits, ley A o ley μ)	0,7	7
Convertidor ley A/ μ o ley μ /A (según la Recomendación G.711)	0,5	10
Conversión en cascada ley A/ μ /A	0,5	
Conversión en cascada ley μ /A/ μ	0,25	
Conversión en cascada MIC-MICDA-MIC (según las Recomendaciones G.721/G.726/G.727)	2,5	8, 9
Transcodificación de 8-7-8 bits (ley A o ley μ)	3	9
<p>NOTAS</p> <p>1 Como observación general, el número de unidades de distorsión de cuantificación indicado para los procesos digitales corresponde al valor obtenido para una señal gaussiana con un nivel medio de unos -20 dBm0. Los casos tratados en el Suplemento N.º 21 [3], concuerdan con este planteamiento.</p> <p>2 Por definición.</p> <p>3 Para la planificación general, se puede asignar la mitad del valor indicado a las partes emisora o receptora.</p> <p>4 Este sistema no está recomendado por el UIT-T, pero lo emplean algunas Administraciones en sus redes nacionales.</p> <p>5 La degradación correspondiente a este proceso se basa en pruebas subjetivas.</p> <p>6 Las Recomendaciones G.726 y G.727 son equivalentes a velocidades binarias correspondientes, incluidas las de 24 y 40 kbit/s. Sin embargo, no pueden asignarse por ahora valores qdu a los procesos a 24 y 40 kbit/s. Para evaluar los códec MICDA en el contexto de la calidad global del circuito, el método «factor de degradación del equipo» descrito en la cláusula 6 ofrece una descripción más precisa sobre sus efectos subjetivos en la calidad de las señales de voz.</p> <p>7 La degradación indicada es aproximadamente la misma para todos los valores de atenuación digital comprendidos en una gama de 1 a 8 dB. Una excepción la constituye el atenuador ley A de 6 dB y que introduce una degradación despreciable para señales de hasta unos -30 dBm0, considerándose por tanto que contribuye con 0 unidades de distorsión de cuantificación.</p> <p>8 El valor de 2,5 unidades se halló restando el valor correspondiente a un par códec MIC de 8 bits de las 3,5 qdus determinadas subjetivamente en el caso de la combinación de un par códec MIC de 8 bits y una conversión MIC-MICDA-MIC. A las conversiones digitales síncronas múltiples, como MIC-MICDA y MIC-MICDA-MIC, se les asigna un valor de 2,5 qdus. Para evaluar los códec MICDA en el contexto de la calidad global del circuito, el método «factor de degradación de equipo» descrito en la cláusula 6 ofrece una descripción más precisa sobre sus efectos subjetivos en la calidad vocal.</p> <p>9 Este proceso podría emplearse en un sistema de interpolación digital de la palabra.</p> <p>10 Las contribuciones a las qdu de los convertidores de ley de codificación (por ejemplo, ley μ a ley A) se asignan a la parte internacional.</p> <p>11 Las asignaciones de qdu a esos procesos digitales reflejan, en la medida de lo posible, únicamente el efecto de la distorsión de cuantificación sobre la calidad de las señales de voz. Otras degradaciones, como el ruido de circuito, el eco y la distorsión de atenuación, afectan también a la calidad de las señales de voz. Este proceso de planificación deberá tener pues en cuenta el efecto de esas otras degradaciones.</p> <p>12 Las degradaciones de qdu indicadas en este cuadro se han deducido en el supuesto de que la tasa de bits erróneos es despreciable.</p>		

7 Consideración de los efectos de la combinación de las degradaciones de la transmisión

En la cláusula anterior se describe el método del factor de degradación de equipo a emplear cuando se utilizan en una conexión procesos digitales sin forma de onda, es decir códecs a 16 kbit/s o a velocidades más bajas. El método del factor de degradación de equipo también es aplicable a todos los tipos de redes (por ejemplo: red analógica, red mixta analógica/digital), tanto si contienen o no códecs sin forma de onda (predictivos) a baja velocidad binaria.

7.1 Consideraciones generales

La cláusula 4 da una visión general de los valores límites que pueden tomar cada uno de los parámetros individuales para conservar una calidad de transmisión aceptable. Sin embargo, hay que considerar también los *efectos de la combinación* de aquellas degradaciones que puedan producirse simultáneamente en una conexión. En el «caso más desfavorable», en que todas las degradaciones alcanzan el valor límite permitido, se produciría seguramente una calidad de transmisión bastante mala. Por otra parte, también hay casos en que una degradación enmascara el efecto de otra. Además, es conveniente poder encontrar un compromiso entre las degradaciones y tolerar por ejemplo que en una conexión en que la mayoría de las degradaciones son bastante pequeñas, pueda permitirse que uno de los parámetros tenga un nivel de degradación mayor y siga aún considerándose la calidad de transmisión suficientemente buena.

Existe un cierto número de modelos de cálculo mediante los cuales puede realizarse tal evaluación, al menos para algunos de los parámetros de transmisión; véase al respecto el Anexo A/P.11 y el Suplemento 3 a las Recomendaciones de la serie P [1]. El método que se describe a continuación es una versión muy simplificada del modelo de cálculo provisional del ETSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación), véase la bibliografía, que trate los diferentes parámetros considerados en esta Recomendación. (El método simplificado debe bastar para dar la información de planificación adecuada en la mayor parte de los casos. El modelo completo del ETSI incluye el efecto de degradaciones adicionales así como algunos efectos de enmascaramiento mutuo. El tratamiento matemático es mucho más elaborado y permite prever las opiniones de los usuarios.)

En este contexto, es conveniente señalar que, de una manera general, «la percepción por parte del usuario de la calidad de un producto o servicio viene determinada por el grado en que se cumplen o sobrepasan las expectativas del usuario». Así, para la calidad de transmisión de las señales de voz, el planificador de la transmisión debe considerar (en la actualidad) dos categorías, a saber:

- 1) Calidad RTPC – Calidad media de las conexiones de larga distancia en la red telefónica pública conmutada de larga distancia, es decir, buena inteligibilidad, buena identificación del hablante, naturalidad, sólo pequeñas degradaciones perturbadoras.
- 2) Calidad de radiocomunicación – Calidad que se observa en muchos sistemas móviles, caracterizada por una buena inteligibilidad y capacidad de identificación del hablante, pero con cierta pérdida de la calidad si se compara directamente con la calidad de la RTPC.

Para cada categoría, el usuario puede considerar que la calidad de funcionamiento del sistema que se le ofrece es bastante satisfactoria, es decir, que «la calidad es buena» en relación con sus necesidades y expectativas. Sólo en casos excepcionales el usuario tiene interés en hacer comparaciones de la calidad relativa entre ambas categorías.

7.2 Factores de degradación y valor de degradación total

El valor de degradación total I_{tot} es la suma de los factores de degradación individuales.

$$I_{tot} = I_o + I_q + I_{dte} + I_{dd} + I_e \quad (7.1)$$

I_o Representa las degradaciones producidas por un índice de sonoridad global (OLR, *overall loudness rating*), no óptimo y/o un ruido de circuito alto.

I_q Representa la degradación producida por la distorsión de cuantificación tipo MIC.

NOTA 1 – I_o e I_q corresponden a degradaciones que se producen simultáneamente a la conversación.

I_{dte} Representa las degradaciones producidas por el eco para el hablante.

I_{dd} Se debe a las dificultades de comunicación vocal producidas por largos tiempos de transmisión en un sentido.

NOTA 2 – I_{dte} e I_{dd} se producen por degradaciones que aparecen retardadas con respecto a la señal vocal.

Ie Representa las degradaciones de transmisión producidas por equipos especiales de la conexión, en especial los códecs sin forma de onda (predictivos) de baja velocidad binaria.

NOTA 3 – Los factores de degradación de equipo pueden ser asimétricos y por consiguiente, *Itot* puede también ser asimétrico.

7.3 Valores de planificación para factores de degradación

7.3.1 Factor de degradación *Io*

Para la gama de valores normales del índice de sonoridad global (OLR, *overall loudness ratings*) y del ruido de circuito *Nc* dBm0p (en el punto de referencia de 0 dBr más cercano al extremo receptor), se cumple aproximadamente la siguiente relación:

$$I_o = I_{lr}(OLR) + I_n(N_c) \quad (7.2)$$

I_{lr} e *I_n* figuran en los Cuadros 2 y 3, respectivamente.

CUADRO 2/G.113

Relación entre OLR e *I_{lr}*

OLR (dB)	<i>I_{lr}</i> (eif)
5...10	0
15	7
20	14
25	21

CUADRO 3/G.113

Relación entre *Nc* e *I_n*

<i>Nc</i> (dBm0p)	<i>I_n</i> (eif)
≤60	0
-60	4
-50	15
-40	30

7.3.2 Factor de degradación *Iq*

El Cuadro 4 muestra el factor *Iq*, aplicable a procesos MIC, como una función de las unidades de distorsión de cuantificación qdu para valores normales y bajos del ruido de circuito. (Si el ruido de circuito es sensiblemente más alto, se produce un cierto enmascaramiento, lo que reduce el valor de *Iq*, pero en general se puede ignorar este efecto.)

NOTA - En el Cuadro 4 sólo se incluirán unidades qdu derivadas de procesos MIC. Las degradaciones causadas por códecs MICDA se han de considerar en la forma de factores de degradación de equipo (véase el Cuadro 7).

7.3.3 Factor de degradación *Idte*

El eco para el hablante puede estar, hasta cierto punto, algo enmascarado por un ruido de circuito alto o por un efecto local muy fuerte. No obstante, en el caso de las conexiones modernas normales, estos efectos pueden ignorarse. Para evaluar *Idte*, se toman como referencia las «curvas del 1%» de la Figura 2/G.131 para conexiones totalmente digitales. Para un determinado retardo medio en un sentido T, el índice de sonoridad del eco para el hablante (TEL*R*, *talker echo loudness rating*) efectivo se compara con el valor leído en la curva, TEL*Rc*. El factor de degradación *Idte* se obtiene a continuación a partir del Cuadro 5.

CUADRO 4/G.113

Relación entre qdu e I_q

qdu	I_q (eif)
0	0
2	0
4	0
6	2
8	7
10	11
15	20
20	28

CUADRO 5/G.113

Relación entre el eco para el hablante residual e $Idte$

(TEL _R – TEL _{Rc}) (dB)	$Idte$ (eif)
15	0
10	3
5	8
0	17
-5	30
-10	40
-15	50

NOTAS

1 Las «curvas del 1%» de la Figura 2/G.131 representan un valor fijo de degradación y se aproximan bastante a los valores del Cuadro 5.

2 Los compensadores de eco reducirán el eco residual para el hablante y este hecho debe tenerse en cuenta.

7.3.4 Factor de degradación I_{dd}

El valor de la degradación producida por un largo retardo medio en un sentido de T_a ms depende en gran parte del índice de interactividad entre las partes comunicantes (véase la Recomendación G.114). Los valores del Cuadro 6 representan una combinación de las degradaciones resultantes de la «calidad general» y de la «posibilidad de interrupción».

Obsérvese que los valores del Cuadro 6 son válidos incluso cuando la compensación de eco para el hablante es muy buena. Si ésta no es perfecta, hay que tener en cuenta también la degradación debida al eco.

7.3.5 Factor de degradación I_e

El factor de degradación I_e se aplica a dispositivos de procesamiento de señales vocales complejos, especialmente en códecs de baja velocidad binaria. Cada tipo de códec está representado por un valor específico K de su degradación correspondiente. Cuando varios códecs, ya sean del mismo tipo o de tipos diferentes, se ponen en cascada, el factor de degradación de equipo total se obtiene sumando los valores K individuales.

$$I_e = \sum K_i \quad (7.3)$$

En el Cuadro 7 se dan los valores K para algunos códecs de baja velocidad binaria.

CUADRO 6/G.113

Relación entre retardo en un sentido e I_{dd}

T_a (ms)	I_{dd} (eif)
150	0
200	3
250	10
300	15
400	25
500	30
600	35
800	40
> 800	40

CUADRO 7/G.113

Valores de planificación para la contribución del factor de degradación de equipo**(Sólo servicio vocal; para las consideraciones relativas a datos en la banda vocal, véase la cláusula 10)**

Tipo de códec	Velocidad de funcionamiento (kbit/s)	K (eif) (Nota)
MICDA (Recomendaciones G.726, G.727)	40	2
	32	7
	24	25
	16	50
LD-CELP (Recomendación G.728)	16	7
	12,8	20
VSELP (IS 54; Estados Unidos)	8	20
RPE-LTP (GSM)	13	20

NOTA – $I_e = \sum K_i$.

El Anexo E ofrece información sobre cómo determinar los factores de degradación de equipo mediante pruebas subjetivas.

8 Consideraciones relativas al factor de expectativa A

El factor de expectativa A representa una «ventaja de acceso» que ciertos sistemas tienen sobre las RTPC convencionales. La calidad global de transmisión tal como es percibida por el usuario, se ve influenciada por la facilidad o por la dificultad en establecer una conexión. En ciertos casos, los sistemas sin hilos tienen la ventaja de que permiten una flexibilidad en el espacio en la provisión del servicio y, como resultado de ello, el usuario puede «descotar» las degradaciones subjetivas resultantes de los efectos de la transmisión de las señales de voz asociadas con los sistemas sin hilos (inalámbricos). Como ejemplos, se puede citar a la telefonía móvil y a las conexiones telefónicas que utilizan múltiples saltos por satélite para alcanzar regiones de difícil acceso. Sin embargo, el factor de expectativa puede ser asimétrico. Por ejemplo, para una llamada de un usuario móvil a otro de la RTPC, el abonado de la RTPC puede esperar calidad RTPC mientras que el usuario móvil puede esperar calidad móvil.

El factor de expectativas *A* se refiere a la calidad que espera el usuario del servicio de comunicación vocal utilizado. Es responsabilidad del planificador la asignación de un valor para el factor de expectativa. En el Cuadro 8 se proporcionan valores máximos provisionales de *A* para varias disposiciones de acceso. (¡Atención! las expectativas del usuario pueden cambiar con el tiempo). Se sugiere cierta cautela en la utilización del factor de expectativa dado que los valores son provisionales y su aplicabilidad a todas las disposiciones de operación no ha sido validada.

CUADRO 8/G.113

Relación entre tipo de acceso y factor de expectativa *A*

Sistemas de comunicación ejemplo	<i>A Max</i> (eif) (Nota 1)
Convencional (alámbrico)	0
Redes privadas	(Nota 2)
Movilidad permitida en un edificio	5
Movilidad en un área geográfica o en un vehículo	10
Acceso a la RTPC desde localizaciones de difícil acceso (por ejemplo, vía conexiones de múltiples saltos por satélite)	20
NOTAS	
1 El planificador es responsable de asignar un valor de planificación al factor de expectativa. Provisionalmente, se recomienda que el valor asignado no sea mayor que el valor mostrado en esta tabla.	
2 La necesidad de un factor de expectativa para redes privadas es un tema que queda en estudio.	

9 Consideraciones asociadas con el factor de degradación calculado para la planificación, *Icpif*

El factor de degradación calculado para la planificación *Icpif* (*calculated planning impairment factor*) se obtiene por medio de la siguiente ecuación.

$$Icpif = Itot - A \tag{9.1}$$

Debe señalarse que cuando el factor de expectativa es cero entonces $Icpif = Itot$ y la calidad de transmisión es, para este caso, función únicamente de los factores de degradación de equipo. Esto es especialmente cierto en aquellas situaciones en que se utilizan accesos alámbricos convencionales.

En el Cuadro 9 figuran los límites recomendados (provisionales) para el valor de la degradación total *Icpif* para diferentes niveles de calidad.

CUADRO 9/G.113

Niveles de calidad en función del valor de degradación total *Icpif*

Límite superior para <i>Icpif</i>	Calidad de la comunicación vocal
5	Muy buena
10	Buena
20	Adecuada
30	Caso límite
45	Caso límite excepcional
55	Posibilidad de que los clientes reaccionen con disgusto (Quejas, cambio de operador de red)
NOTA – <i>Itot</i> , en la ecuación $Icpif = Itot - A$, es un valor muy próximo numéricamente a la disminución en el índice <i>R</i> , obtenido aplicando degradaciones similares en el modelo «Índice de transmisión» de Bellcore, descrito en el Suplemento 3 a las Recomendaciones de la serie P.	

Los siguientes ejemplos se muestran para mostrar al planificador cómo puede utilizar el concepto del *Icpif*.

Ejemplo 1

En este caso se supone que el sistema de telecomunicación está diseñado para proporcionar movilidad en el edificio. Si se supone que el sistema tiene los siguientes valores de degradación:

$$I_o = 0; I_q = 0; I_{dte} = 0; I_{dd} = 3; I_e = 7$$

Entonces $I_{tot} = 10$

El planificador puede desear asignar a esta instalación el máximo valor permitido en el Cuadro 8 para el factor de expectativa, es decir 5.

El valor para $I_{cpif} = I_{tot} - A = 10 - 5 = 5$.

Si se observa el Cuadro 9, se sugeriría que la calidad de este sistema sería considerada, cuando se trate de una llamada entre el usuario con movilidad y otro de la red fija datado de línea física de abonado, de «muy buena» por el usuario con terminal móvil y de «buena» por el cliente con línea de cable.

Ejemplo 2

En este caso se supone que el sistema de telecomunicación está diseñado para proporcionar movilidad en un área geográfica. Si se supone que el sistema tiene los siguientes valores de degradación:

$$I_o = 7; I_q = 0; I_{dte} = 0; I_{dd} = 0; I_e = 20 \text{ (móvil digital)}$$

Entonces $I_{tot} = 27$

El planificador puede desear asignar a esta instalación el máximo valor permitido en el Cuadro 8 para el factor de expectativa, es decir 10.

El valor para $I_{cpif} = I_{tot} - A = 27 - 10 = 17$.

Si se observa el Cuadro 9, se sugeriría que la calidad de este sistema sería considerada, cuando se trate de una llamada entre el usuario con movilidad geográfica y otro de la red fija datado de línea física de abonado, de «adecuada» por el usuario con terminal móvil y de «caso límite» por el cliente con línea de cable.

Ejemplo 3

En este caso se supone que el sistema de telecomunicación está diseñado con la posibilidad de alcanzar áreas geográficamente remotas mediante dos saltos por satélite. Si se supone que el sistema tiene los siguientes valores de degradación:

$$I_o = 11; I_q = 0; I_{dte} = 0; I_{dd} = 30; I_e = 7$$

Entonces $I_{tot} = 48$.

El planificador puede desear asignar a esta instalación el máximo valor permitido en el Cuadro 8 para el factor de expectativa, es decir 20.

El valor para $I_{cpif} = I_{tot} - A = 48 - 20 = 28$.

Si se observa el Cuadro 9, se sugeriría que la calidad de este sistema sería considerada, cuando se trate de una llamada entre el usuario del área remota y otro de la red fija datado de línea física de abonado, de «caso límite» por el usuario con terminal móvil y probablemente se obtendría una fuerte reacción de disgusto por parte del cliente con línea de cable que no es consciente del extremo lejano del sistema de comunicación.

10 Efecto de las degradaciones de transmisión en la calidad de los datos en la banda vocal

La calidad de las señales de voz se ve afectada por las degradaciones de transmisión de las conexiones telefónicas, y lo mismo sucede con la calidad de los datos en banda vocal. En una conexión se producen numerosas degradaciones distintas; algunas degradaciones tienen carácter permanente (por ejemplo, atenuación, ruido, distorsión de cuantificación, fluctuación de fase, distorsión armónica y de intermodulación, distorsión de retardo de grupo, eco y distorsión de atenuación), y otras son transitorias (por ejemplo, ruido impulsivo, variaciones bruscas de fase o de ganancia y desvanecimientos de transmisión) y pueden ocurrir con poca frecuencia. Las degradaciones de régimen permanente y transitorias pueden afectar a la voz y a los datos en banda vocal. Sin embargo, las degradaciones transitorias tienen casi siempre más efecto sobre los datos que sobre la voz. Esto también es cierto para algunas de las degradaciones de régimen permanente, como la fluctuación de fase y la distorsión de retardo de grupo. Por este motivo, las reglas de planificación de los circuitos de transmisión de las señales de voz suelen centrarse en el control de las degradaciones de régimen permanente y prestan menos atención a las transitorias. Si han de establecerse nuevas reglas de planificación para controlar la acumulación de degradaciones que afectan a los datos en banda vocal, las mismas tendrán que reflejar tanto las degradaciones transitorias como las de régimen permanente.

Los efectos de determinadas degradaciones sobre los datos en banda vocal dependen de la velocidad del módem, de la modulación utilizada y de otras características, como el hecho de que el módem tenga o no un ecualizador para corregir la distorsión de retardo de grupo. Los módems de baja velocidad, que funcionan a 1200 bit/s o menos, suelen tolerar una relación señal/ruido más baja que los módems de alta velocidad. También tienden a ser menos sensibles a la distorsión de retardo de grupo que los módems de mayor velocidad. Los módems que funcionan a 4800 bit/s y más tendrán normalmente un ecualizador de distorsión de retardo de grupo para reducir al mínimo el efecto de la distorsión de retardo de grupo sobre la calidad de transmisión. Las degradaciones transitorias afectan en mayor o menor medida a todos los módems, en función de numerosos factores.

Otros dos factores que determinan el efecto de las degradaciones sobre la calidad de los datos en banda vocal son:

- a) el empleo o no de técnicas de detección y/o corrección de errores; y
- b) la codificación de la información a transmitir.

Si no se utiliza corrección de errores, los errores que causan degradaciones causarán también errores en los datos de salida, pero si se utiliza corrección de errores, los errores que causan degradaciones no harán sino reducir la velocidad efectiva de los datos. Según como esté codificada la información de usuario, los errores tendrán efectos más o menos graves. Por ejemplo, la pérdida de una letra de una palabra, debida a un error binario en los 8 bits que representan cada letra del alfabeto, será probablemente menos importante que un error en 8 bits utilizados para transmitir información sobre el tamaño, la forma y la ubicación de un símbolo gráfico en una imagen.

Las técnicas de compresión binaria como la MICDA (según la Recomendación G.726) tienen efectos muy importantes sobre la calidad de funcionamiento de los módems de alta velocidad (≥ 4800 bit/s).

En el Anexo C se ofrecen resultados de los estudios realizados utilizando la MICDA a 32 kbit/s. Estos resultados demuestran la necesidad de utilizar velocidades de codificación mayores, como la MICDA a 40 kbit/s, para la transmisión de datos en la banda vocal (VBD, *voice band data*) de 9,6 kbit/s. Los equipos de multiplicación de circuitos digitales modernos (DCME, *digital circuit multiplication equipment*) (véase la Recomendación G.763) utilizan clasificadores de señales para detectar datos en la banda vocal a velocidades más altas y codificar estos datos utilizando MICDA a 40 kbit/s.

En lo que se refiere a la elaboración de una regla simple de planificación que pueda utilizarse para evaluar los efectos de los procesos digitales sobre la calidad de los datos en banda vocal, cabe destacar varios puntos:

- 1) Las degradaciones (especialmente transitorias) distintas de las que se suele medir para la calidad de las señales de voz cobran importancia para la medida de la calidad de datos en banda vocal.
- 2) Una medida simple de las degradaciones de régimen permanente (por ejemplo, relación señal/ruido total) puede no proporcionar una base satisfactoria para una regla de planificación de datos en banda vocal. Es posible que la regla de planificación tenga que reflejar las degradaciones transitorias.
- 3) Debe tenerse en cuenta el tipo y la velocidad del módem. Por este motivo, a diferencia de las reglas de planificación para la voz, puede que las reglas para datos en banda vocal dependan más del tipo de módem.
- 4) La importancia de determinados tipos de errores en los datos, y por consiguiente de determinadas degradaciones, puede depender del tipo de servicio de datos. Por este motivo, las reglas de planificación pueden depender del servicio particular.

- 5) Sólo un método de medida objetiva que tenga en cuenta los cuatro primeros puntos podría servir realmente de base para establecer reglas de planificación útiles.
- 6) Este método de medida no existe actualmente.

Por este motivo, hasta que se haya avanzado mucho más en la determinación de las degradaciones que afectan a la calidad de los datos en banda vocal, de los métodos de medida de esas degradaciones, de los niveles de las mismas a partir de los cuales las degradaciones son importantes y de la manera de tener en cuenta los diversos tipos, velocidades y otras características de los módems, la aplicación de esta Recomendación debe limitarse exclusivamente a los servicios vocales.

Referencias

- [1] Recomendación UIT-T P.11 (1993), *Efectos de las degradaciones de la transmisión*.
- [2] Recomendación UIT-T P.31 (1993), *Características de transmisión de los teléfonos digitales*.
- [3] Suplemento 21, *Utilización de unidades de distorsión de cuantificación en la planificación de conexiones internacionales*, página 326, Fascículo III.1, *Libro Rojo*, Ginebra, 1985.

Bibliografía

ETSI prETR «VTQM-E», Versión: 2.1, 1995, *Speech Communication Quality from Mouth to Ear of 3.1 kHz Handset Telephony across Networks*.

Anexo A

Información destinada a la planificación sobre la distorsión de atenuación y la distorsión por retardo de grupo introducidas por los circuitos y centrales de la red telefónica conmutada

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación)

La información del Anexo A a la Recomendación G.113 del *Libro Azul* (Melbourne, noviembre de 1988) no se ha incluido aquí en razón a la sustitución de los sistemas de portadora y los bancos de canales analógicos por sus equivalentes digitales. Si a pesar de ello se requiere esa información a efectos de planificación, el lector deberá consultar el anexo del *Libro Azul*, pero para su información se señala que se han suprimido los equipos terminales de 8 canales de la Recomendación G.234 y los equipos terminales de 16 canales de la Recomendación G.235, ya que se consideran obsoletos.

Anexo B

Efecto de las degradaciones de transmisión sobre la transmisión de datos en la banda vocal

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación)

B.1 Introducción

El actual plan de transmisión para conexiones internacionales facilita directrices para el control de la calidad de funcionamiento de la transmisión, en particular para permitir la transmisión satisfactoria de señales de voz. Las degradaciones significativas y su efecto en las señales de voz se describen en la Recomendación P.11. Entre estas degradaciones figuran la pérdida de sonoridad, el ruido de circuito, la pérdida de sonoridad por efecto local, el ruido ambiente, la distorsión de atenuación, el eco para la persona que habla, el eco para la persona que escucha, la distorsión de cuantificación y la fluctuación de fase. En otras Recomendaciones, a saber, H.12, M.1020 y M.1025, se hace referencia a la calidad de funcionamiento de la transmisión de datos por circuitos arrendados.

Como consecuencia del empleo de las conexiones internacionales para la transmisión de señales que no son de voz, como los datos en la banda de frecuencias vocales, es necesario aumentar el ámbito de aplicación del plan de transmisión, incluyendo en el mismo directrices relativas al control de degradaciones adicionales. Entre las degradaciones significativas para la transmisión de datos en la banda de frecuencias vocales figuran el ruido impulsivo, la distorsión de retardo de grupo, la fluctuación de fase, la distorsión no lineal, la relación tono/ruido, el deslizamiento de frecuencia, los fenómenos transitorios de ganancia y de fase. En las subcláusulas siguientes se facilita información sobre estas relaciones basada en la experiencia adquirida por AT&T. Todos los valores de los parámetros indicados corresponden a objetivos de calidad mínima de extremo a extremo de la red pública conmutada de AT&T, antes de la desmembración. Los valores típicos obtenidos en la red son mucho mejores que los objetivos mínimos. Se considera que estos valores mínimos corresponden a una calidad satisfactoria de funcionamiento de los módems a velocidades de hasta 4,8 kbit/s. Para una calidad de funcionamiento satisfactoria a velocidades más elevadas, como 9,6 kbit/s, se consideran necesarios objetivos mínimos más estrictos. Los valores de los parámetros indicados son sólo ejemplos y no representan una propuesta de Recomendación.

B.2 Ruido impulsivo

El ruido impulsivo se ha definido como toda excursión de la forma de onda de ruido en un canal que rebasa un umbral de nivel especificado. El ruido impulsivo se evalúa en los canales computando el número de excursiones durante un intervalo de tiempo determinado previamente. A fin de reducir al mínimo las contribuciones debidas al ruido térmico, el umbral mínimo se fija normalmente entre 12 y 18 dB por encima del valor eficaz del ruido. El umbral correspondiente al nivel de ruido impulsivo es aquél en que la tasa media de cómputo es igual a 1 por minuto.

Los aparatos de medida utilizados para contar los impulsos de ruido pueden emplear contadores electromecánicos o electrónicos. En algunos conjuntos, se ha comprobado una tasa máxima de cómputo de siete por segundo.

La contribución de ruido impulsivo en la tasa de errores llega a ser significativa cuando las crestas de ruido alcanzan un nivel de 3 a 12 dB por debajo del nivel eficaz de la señal de datos en función del tipo de modulación utilizado por los módems de datos, la velocidad de transmisión en bits por segundo y las magnitudes de otras degradaciones de transmisión en el canal. El objetivo de ruido impulsivo de AT&T es no llegar a más de 15 cuentas por 15 minutos a un nivel por encima del umbral que está situado a 6 dB por debajo del nivel de los datos recibidos. El control se efectúa mediante disposiciones técnicas y por la fijación de límites en los niveles de ruido impulsivo medidos.

Teniendo en cuenta que la mayor parte del ruido impulsivo tiene su origen en fenómenos transitorios provocados por la utilización de relés y demás equipo de conmutación, las disposiciones técnicas y medidas reductoras tienen por objeto proteger las señales portadoras de bajo nivel contra la radiación asociada a estos fenómenos transitorios.

B.3 Retardo de grupo

El retardo de grupo se define como la derivada con respecto a la frecuencia de la característica de fase del canal. Teniendo en cuenta que medir esta derivada no resulta práctico, se procede a su cálculo aproximado por medida de una diferencia. Existen numerosos aparatos de medida del retardo de envolvente que emplean una diversidad de anchuras de frecuencia para esta medición de diferencia. La norma AT&T es 166-2/3 Hz. En resultados de pruebas, estas diferencias se traducen diferencias en la resolución de las ondulaciones que comporta la curva del retardo de grupo. Amplitudes de frecuencia inferiores producen una resolución mayor, pero reducen la exactitud.

La frecuencia correspondiente al retardo de grupo mínimo en los canales de telecomunicación se sitúa por lo general en las proximidades de 1800 Hz, por lo que las medidas de retardo de grupo suelen normalizarse a cero en 1800 Hz. La desviación con respecto a cero en otras frecuencias se considera como distorsión de retardo de grupo. La distorsión de retardo de grupo provoca interferencia entre símbolos en la transmisión de datos, lo que causa errores y aumenta la sensibilidad al ruido de fondo.

En la red, el retardo de grupo se controla principalmente al diseñar los filtros de canal y demás equipos. Son objetivos típicos para la distorsión de retardo de grupo 800 μ s como máximo en la banda de 1004 a 2404 Hz y 2600 μ s como máximo en la banda de 604 a 2804 Hz.

B.4 Fluctuación de fase

La fluctuación de fase es la modulación angular no deseada de una señal transmitida. Su característica más corriente es que provoca una perturbación en el paso por cero de la señal. Teniendo en cuenta que el ruido también perturba los pasos por cero de la señal, suele provocar indicaciones en un aparato de medida de la fluctuación de fase incluso en ausencia de modulación incidente.

La fluctuación de fase degrada la transmisión de datos reduciendo la tolerancia del receptor de datos a otras degradaciones. La fluctuación de fase se controla mediante el diseño del equipo de transmisión. Si bien se han localizado en condiciones prácticas fuentes específicas de fluctuación, como las fuentes de frecuencias portadoras primarias, las técnicas de corrección han requerido por regla general modificaciones de diseño en equipos específicos. El objetivo mínimo de extremo a extremo para la fluctuación de fase es de 10° pico a pico para la banda de frecuencias de 20 a 300 Hz y 15° pico a pico para la banda de 4 a 300 Hz.

B.5 Distorsión no lineal

Los elementos no lineales del equipo de transmisión provocan distorsión armónica y de intermodulación, denominados más frecuentemente distorsión no lineal. Las medidas de la distorsión no lineal se suelen efectuar en términos de medidas de distorsión de intermodulación.

La distorsión no lineal puede definirse, de forma general, como la generación de componentes de la señal transmitida que se agregan a la misma de forma generalmente no deseada. La distorsión no lineal de interés en esta Recomendación es la que se produce dentro de un canal vocal individual. No debe confundirse con el ruido de intermodulación causado por la no linealidad del equipo múltiplex y de los amplificadores de línea de un sistema múltiplex por división de frecuencia. Si bien estas no linealidades pueden contribuir a la distorsión no lineal en frecuencias vocales, su contribución es generalmente despreciable.

La distorsión no lineal se mide e identifica generalmente por el efecto que produce en ciertas señales. Por ejemplo, si la señal es un tono cuya frecuencia es A , la distorsión no lineal aparece como armónicos de la señal de entrada, a saber, como tonos en $2A$, $3A$, etc. Teniendo en cuenta que la mayor parte de la energía producida por la distorsión aparece generalmente en el segundo y tercer armónicos, la distorsión se cuantifica a menudo midiendo la potencia de cada uno de estos armónicos y se denomina distorsión de segundo y tercer armónico. Si la magnitud de la distorsión no lineal se mide mediante la suma de potencias de todos los armónicos, el resultado se denomina distorsión armónica total. Estas potencias de distorsión no tienen significado, a no ser que se conozca la potencia de la señal deseada (señal fundamental), por lo que por regla general las medidas se refieren a la potencia de la fundamental y se denominan distorsión de segundo o tercer armónico o distorsión armónica total.

Hasta ahora se han utilizado dos métodos diferentes para medir la distorsión no lineal en canales de la banda de frecuencias vocales: el método de un solo tono y el método de cuatro tonos. No obstante, el método de un solo tono ha dejado de utilizarse.

Para el método de cuatro tonos, se transmiten cuatro tonos del mismo nivel como dos conjuntos de tonos a una potencia de señal compuesta correspondiente al nivel de los datos (-13 dBm0). Uno de los conjuntos está compuesto por tonos a 856 y 863 Hz (separación de 7 Hz). Un segundo conjunto utiliza frecuencias de 1374 y 1385 Hz (separación de 11 Hz). La separación de frecuencia dentro de cada conjunto de tonos no es crítica, pero tiene que ser diferente en cada caso. Estos cuatro tonos pueden denominarse: A_1 , A_2 , B_1 y B_2 . Los productos de segundo orden ($A + B$) se sitúan en $A_1 + B_1$, $A_1 + B_2$, $A_2 + B_1$ y $A_2 + B_2$. Si la separación entre A_1 y A_2 es la misma que entre B_1 y B_2 , entonces $A_1 + B_2 = A_2 + B_1$ y estos dos componentes se agregarán en tensión y proporcionarán una indicación errónea.

Los productos de tercer orden ($2B - A$) se sitúan en $2B_1 - A_1$, $2B_1 - A_2$, $2B_2 - A_1$, $2B_2 - A_2$, $B_1 + B_2 - A_1$ y $B_1 + B_2 - A_2$. El receptor utiliza filtros de una anchura de 50 Hz para seleccionar los productos $A + B$, $B - A$ y $2B - A$. R_2 es la relación entre la potencia de las frecuencias fundamentales compuestas recibidas y la potencia media de los productos $A + B$ y $B - A$. R_3 es la relación entre las fundamentales compuestas recibidas de los productos $2B - A$.

Una ventaja del método de cuatro tonos, actualmente empleado por AT&T, es que la señal de prueba de cuatro tonos tiene una función de densidad de amplitud bastante similar a la de la señal de datos. Sin embargo, teniendo en cuenta la banda de paso relativamente ancha (50 Hz) de los filtros del receptor, las medidas con el método de cuatro tonos resultan más afectadas por el ruido de circuito.

Los productos de intermodulación procedentes de la distorsión no lineal se agregan a la señal deseada e interfieren con la misma de igual forma que el ruido. No obstante, los productos de intermodulación son más perturbadores que el ruido y la relación entre la frecuencia fundamental y los productos de segundo o tercer orden debe situarse en la gama de 25 a 38 dB, según el tipo de transmisión de datos, para que el funcionamiento sea satisfactorio.

La distorsión no lineal se controla principalmente mediante el diseño del equipo. Sin embargo, factores como el envejecimiento de los tubos de vacío en los equipos más antiguos y el ajuste poco preciso de los bancos de canales MIC pueden hacer que esta distorsión aumente por encima de los límites previstos en el diseño. El objetivo global a largo plazo de abonado a abonado para la distorsión no lineal utilizando el método de medida de cuatro tonos es de 27 dB como mínimo para R_2 y 32 dB como mínimo para R_3 .

B.6 Relación tono/ruido

Para la transmisión telefónica, el ruido que se oye durante los intervalos de silencio es más intenso y, por lo tanto, éste es el que se evalúa al medir el ruido de circuito de mensaje normal. Para transmisión de datos, el ruido en el canal durante la transmisión activa y la relación señal/ruido correspondiente es importante. En sistemas que utilizan compansores o cuantificadores, el ruido aumenta durante la transmisión activa. A fin de medir este ruido, se transmite un tono de -16 , -13 , ó -10 dBm0 desde el extremo distante del canal sometido a prueba y seguidamente se procede a su filtrado en el aparato de medida de ruido. El filtro utilizado para suprimir el tono es un filtro de ranura estrecha centrado en la frecuencia del tono. Este tipo de medición también se conoce bajo la denominación de «ruido con tono». Se dispone actualmente de equipo de prueba que utiliza un tono de 1004 Hz para esta medición.

Es evidente que el ruido puede provocar errores en la transmisión de datos y que debe mantenerse el objetivo de relación tono/ruido en 24 dB para que el funcionamiento sea satisfactorio. El ruido se controla al diseñar el equipo de transmisión, en la ingeniería de los sistemas de transmisión (mediante factores como la separación entre repetidores) y al proceder al mantenimiento de estos sistemas.

B.7 Deslizamiento de frecuencia

Cuando un tono experimenta un cambio en la frecuencia transmitida por un canal, se dice que en el canal se ha producido un deslizamiento o desviación de frecuencia. El deslizamiento de frecuencia se puede medir utilizando contadores de frecuencia en ambos extremos de un canal. Cuando la frecuencia de entrada difiere de la frecuencia de salida, la diferencia es el deslizamiento de frecuencia en el canal.

En los equipos de telecomunicaciones modernos, el deslizamiento de frecuencia, si lo hay, suele ser de 1 Hz o inferior. Algunos sistemas portadores antiguos pueden tener valores considerables de deslizamiento, por ejemplo, 15 a 20 Hz.

El deslizamiento de frecuencia es importante en sistemas que utilizan filtros receptores de banda estrecha, como los multiplexores telegráficos y equipos de lectura de contadores a distancia. Cuando los sistemas que utilizan estos tipos de transmisión experimentan deslizamientos de frecuencia, las señales recibidas se sitúan fuera de la anchura de banda de los filtros. Se puede producir deslizamiento de frecuencia en facilidades que utilicen transmisión por portadoras de banda única suprimida. En AT&T, el deslizamiento de frecuencia se controla por medio de la red de sincronización de frecuencias. El objetivo global para el deslizamiento de frecuencia es de ± 5 Hz.

B.8 Transitorios de ganancia y de fase

En los canales de telecomunicación puede haber cambios de ganancia y de fase que se producen con mucha rapidez. Algunas de las causas más corrientes de estos fenómenos son la conmutación automática a facilidades o portadoras de reserva, la puesta fuera de servicio de facilidades para realizar operaciones de mantenimiento de rutina, los desvanecimientos o cambios de trayecto en facilidades de microondas y los transitorios de ruido acoplados en fuentes de frecuencias portadoras. La ganancia de canal y el desplazamiento de fase (o de frecuencia) puede volver a su valor original después de un breve momento o permanecer de forma indefinida en los nuevos valores.

Los cambios de ganancia se detectan generalmente por modificaciones en un circuito de control automático de ganancia y los cambios de fase por medio del bucle de enganche de fase. A fin de facilitar protección contra detectores de equipos de prueba que funcionen de modo inadecuado en picos de ruido sin correlación (ruido impulsivo), se prevé un intervalo de guarda de 4 ms en el instrumento indicador del pico de ganancia o de fase. Lamentablemente, este intervalo de guarda también oculta efectivamente verdaderos saltos de fase de duración inferior a 4 ms que no van acompañados por una excursión de amplitud de pico. El riesgo se considera justificado en este momento, cuando se comparan las frecuencias relativas conocidas de los saltos de fase con las del ruido impulsivo.

Los instrumentos para medir los saltos de ganancia y de fase, como se suelen designar generalmente los cambios rápidos de ganancia y de fase, efectúan esta medición por supervisión de la magnitud y fase de un tono sinusoidal. Los saltos se registran y acumulan en contadores con niveles de umbral ajustable. Los contadores de saltos de ganancia suelen acumular eventos que rebasan umbrales de 2, 3, 4 y 6 dB, si bien no pueden establecer la diferencia entre un aumento y una disminución de magnitud. De forma similar, los contadores de saltos de fase acumulan cambios en umbrales de 5° a 45° , por escalones de 5° . Responden a saltos que alcanzan o rebasan el umbral seleccionado. Puede ser conveniente disponer de un conmutador que suprima la característica de enmascaramiento de ruido impulsivo, que el usuario puede utilizar según su buen criterio, cuando se prevé la existencia de saltos de fase por impulsos. La amplia variedad de las formas de onda del salto, el efecto del ruido en las medidas y las tolerancias admisibles en umbrales y circuitos de medición contribuirán, por regla general, a diferentes resultados de cómputo de saltos incluso con instrumentos de diseño idéntico. Esta variedad conducirá a cierta confusión entre quienes efectúen pruebas con contadores de saltos de fabricantes diferentes. El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos tiene en estudio una especificación alternativa del circuito completo de cómputo de saltos.

Los saltos de ganancia empiezan a provocar errores en la transmisión de datos de gran velocidad cuando su magnitud alcanza 2 ó 3 dB. Los saltos de fase empiezan a causar errores cuando su magnitud es de unos 20° a 25°. El objetivo de extremo a extremo para saltos de ganancia consiste en tener no más de ocho saltos de ganancia que rebasen 3 dB en 15 minutos; el objetivo para los saltos de fase es tener no más de ocho saltos de fase en 15 minutos con un umbral de 20°. Una caída se define como una disminución de nivel superior o igual a 12 dB que dure por lo menos 4 ms. El objetivo en materia de caídas es que no se produzcan más de dos en una hora.

Anexo C

Repercusiones de las características de funcionamiento de la modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) sobre la transmisión de datos en la banda vocal

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación)

Resumen

Este anexo se basa principalmente en el documento de los Laboratorios Bell AT&T presentado en la «IEEE Global Telecommunications Conference» celebrada del 2 al 5 de diciembre de 1985. Se ha enviado para apoyar esta Recomendación en lo que se refiere a la calidad de los circuitos de datos en banda vocal. Los resultados indican que sería muy difícil asignar un valor de qdu a los equipos que utilizan MICDA a 32 kbit/s (véase la Recomendación G.726) ya que la calidad de transmisión depende en gran medida del tipo y velocidad del módem.

El anexo informa de los resultados de una serie de pruebas empíricas sobre características de error de módems de datos de alta velocidad en la banda vocal utilizados en canales con sistemas MICDA a 32 kbit/s (Recomendación G.726) colocados en cascada asincrónicamente y mezclados con degradaciones analógicas simuladas. Se probó una muestra representativa de transmisión a 4,8 kbit/s y dos dispositivos a 9,6 kbit/s: un diseño experimental de la Recomendación V.32 que opera a 9,6 kbit/s para un módem dúplex y otro producto actualmente disponible a 9,6 kbit/s. El resultado de los ensayos prueba que la transmisión de datos a 4,8 kbit/s se realizará correctamente a través de sistemas MICDA en cascada de manera síncrona pero sin embargo la transmisión a 9,6 kbit/s está limitada y bajo las mismas condiciones, resulta inaceptable con ciertos módems.

C.1 Introducción

Es posible usar la modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA, *adaptive differential pulse code modulation*) a velocidades binarias menores que 64 kbit/s por canal con una degradación de la calidad de transmisión analógica, en muchos casos proporcionalmente inferior a la disminución de la velocidad. Por lo tanto, el uso del algoritmo MICDA a 32 kbit/s sobre canales de calidad vocal debería doblar la capacidad por canal de los medios asociados.

Junto al potencial beneficio económico debido al incremento de capacidad, surge la posibilidad de una degradación de la calidad del canal. Nuestros resultados muestran que los datos a alta velocidad en banda vocal (por ejemplo, 4,8 kbit/s o mayor) sufrirían degradaciones significativas de su calidad de transmisión utilizando esta nueva tecnología.

En este anexo informamos de los resultados de una serie de pruebas empíricas sobre las características de error de módems de datos de alta velocidad en banda vocal a través de canales que incluyen sistemas MICDA a 32 kbit/s (véase la Recomendación G.726), mezclados con degradaciones analógicas de transmisión simuladas [1]. Las configuraciones del canal están diseñadas para que sean representativas de las topologías posibles en las redes públicas conmutadas con sistemas MICDA. El equipo físico MICDA colocado en cascada asincrónicamente¹⁾ utilizado en los canales de prueba varía en un número comprendido entre 0 y 7, mientras que las degradaciones analógicas intercaladas se obtienen asignando parámetros a partir de las distribuciones de las degradaciones dadas en el end office connections study (EOCS) [2], en el estudio de bucles de 1970 [3] y en las pruebas de bucles de 1980. También realizamos medidas de calidad utilizando conexiones con sistemas MIC a 64 kbit/s colocados en cascada asincrónicamente, construyendo bancos de canales D4, para comparar con las configuraciones MICDA que mostraron una calidad especialmente pobre, de esta manera se podría determinar si la utilización del algoritmo MICDA o la codificación MIC estaba en la raíz del problema.

¹⁾ La colocación en tándem asíncrona ocurre cuando una señal codificada MICDA es decodificada y su versión analógica recodificada en una MICDA posterior.

Se utilizaron módems de alta velocidad en las pruebas. Se probó una muestra representativa de transmisión a 4,8 kbit/s de tipo V.29, y dos módems a 9,6 kbit/s: un diseño experimental de la Recomendación V.32 para un módem dúplex y otro dispositivo actualmente disponible (de tipo V.29). Estos dispositivos eran módems a dos hilos que están o estarán en el mercado para su uso en las redes públicas conmutadas.

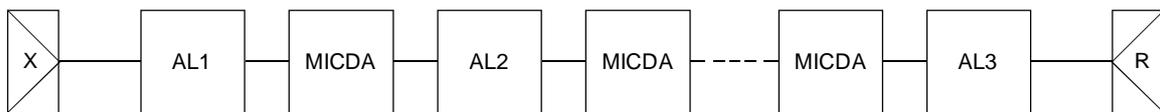
Los resultados de las pruebas indican que la transmisión de datos en banda vocal a 4,8 kbit/s se realizará adecuadamente a través de sistemas MICDA colocados en tándem asincrónicamente, sin embargo, la transmisión a 9,6 kbit/s está limitada y bajo la misma configuración es inaceptable con ciertos módems.

C.2 Arquitectura de las condiciones de prueba

Es conocido que la precisión del algoritmo MICDA depende en gran medida de la naturaleza de la señal a codificar y transmitir. Señales con poca o ninguna componente estocástica, tales como los tonos puros, atraviesan estos sistemas muy bien con muy poca o ninguna distorsión. Por el contrario, señales de datos de alta velocidad en banda vocal que tienen inherente una gran componente estocástica y una considerable anchura de banda son afectadas de manera significativa por la codificación MICDA. Debido a ello nuestra arquitectura de las condiciones de prueba examina estos tipos de módem de alta velocidad. Asimismo, hemos intentado limitar eficazmente la cantidad de pruebas requeridas utilizando una arquitectura universal para todos nuestros estudios.

C.2.1 Semidúplex a 4,8 kbit/s

La Figura C.1 muestra la arquitectura de la configuración de pruebas para las conexiones semidúplex a 4,8 kbit/s. La configuración está terminada en ambos extremos con módems. La secuencia de aparatos utilizados empieza desde la izquierda con un simulador de degradaciones analógicas (AL1) representativo del bucle analógico y del enlace de acceso (AT, *access trunk*). A continuación el segmento de larga distancia consiste en un sistema MICDA, un enlace analógico de portadora L equivalente a 500 millas (AL2), seguido de 1 a 6 sistemas MICDA. Esta estructura es representativa de una parte entre centrales consistente en enlaces múltiples y modela el segmento como si todas las degradaciones analógicas ocurrieran al principio del mismo. Aunque esta situación de las degradaciones analógicas es algo conservadora, está compensada por el hecho de que las degradaciones son las de un enlace con portadora L sencilla, siendo esto una buena aproximación a la realidad dadas las limitaciones de usar un único simulador de degradación para la parte de larga distancia. Finalmente, la salida al receptor se realiza a través de un simulador de degradación analógica (AL3) que es representativo de un bucle y enlace analógico. Dadas las actuales aplicaciones y topologías es más representativo situar de esta manera las degradaciones analógicas con sistemas MICDA que colocar todas las degradaciones analógicas en un solo lugar.



Módem	Entrada	LH			Salida	Módem
	Bucle + entrada	MICDA	1 LMX	n (MICDA)	Bucle + entrada	# pruebas
4,8 kbit/s	85	Ninguno	85	Ninguno	85	1
	Ninguno	MICDA	Ninguno	1-6 MICDA	Ninguno	6
	Ninguno	MIC	Ninguno	1-6 MIC	Ninguno	6 AN
	μ, 85	MICDA	μ, 85	1-6 MICDA	μ, 85	48
	μ, 85	MIC	μ, 85	1-6 MIC	μ, 85	48 AN

T1205460-93/d01

FIGURA C.1/G.113

Arquitectura de las condiciones de prueba para módem a 4,8 kbit/s

Para esta configuración es necesario determinar los tipos y valores de las degradaciones analógicas a incluir en los simuladores AL1, AL2 y AL3. Usando una herramienta de modelado de las características de la red, los resultados del estudio de conexiones de la central de extremo (EOCS, *end office connections study*) y la suposición de que los usuarios con datos a alta velocidad se conectan a la red vía jacks de datos, obtuvimos la media de extremo a extremo (M) y las condiciones del 85° percentil del principal subconjunto de degradaciones para canales por red conmutada. Nótese que aunque nos referimos al canal con las degradaciones a un nivel del 85% como el canal de 85° percentil la realidad es que la situación es algo peor, ya que durante menos del 15% del tiempo aparecen simultáneamente en un mismo canal todas las degradaciones al 85%. Sin embargo, nosotros atribuimos estos valores de extremo a extremo a los simuladores de las degradaciones analógicas. En el Cuadro C.1 se muestran los resultados de esta atribución, los tipos de degradación, y los valores extremo a extremo. Los valores designados (M) se extraen de la media de extremo a extremo, mientras los valores designados «85» se extraen de los valores de degradación extremo a extremo al 85%. La discusión de la Figura C.1 puede completarse describiendo los diversos valores de degradaciones analógicas así como el tipo y número de equipos digitales presentes. La primera configuración no incluye MICDA pero contiene las degradaciones extraídas del canal de 85° por ciento. Posteriormente para una referencia adicional fueron tomados 6 canales conteniendo de 2 a 7 MICDA sin degradaciones analógicas. Se probaron otros 6 canales con dispositivos MIC puestos en cascada asincrónicamente si, y sólo si, las pruebas MICDA previas mostraban un desempeño pobre. Finalmente se realizaron las importantes pruebas que incluían degradaciones analógicas atribuidas a los simuladores basados en la media (μ) y en el canal de 85° percentil con un número entre 2 y 7 de MICDA (o MIC, según fuera necesario).

C.2.2 Dúplex y semidúplex a 9,6 kbit/s

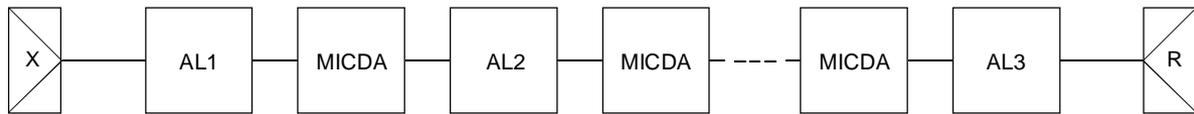
La Figura C.2 muestra la arquitectura con la que se realizó la prueba. Se probó una realización práctica de la Recomendación V.32 para un módem dúplex a 9,6 kbit/s bajo los mismos valores de degradaciones analógicas usadas para el módem de 4,8 kbit/s. Aunque en el esquema los segmentos de canal tienen la misma representación se probaron sólo 1 a 3 MICDA en el segmento de larga distancia. El funcionamiento dúplex simulado se probó con datos en el canal en sentido contrario, con una relación entre la señal y el eco del oyente de 12 dB, y con un retardo de eco del oyente de 25 ms, de acuerdo con las pruebas de las que se había informado [4]. Para estas pruebas el Cuadro C.1 contiene los valores relevantes de los simuladores de degradaciones analógicas.

También se muestran tres pruebas realizadas sólo con sistemas MICDA sobre otro módem dúplex a 9,6 kbit/s. Este módem está especialmente diseñado para su uso en la red pública conmutada y representa las características típicas de la tecnología a 9,6 kbit/s actualmente disponible.

CUADRO C.1/G.113

Condiciones de prueba derivadas del EOCS

	AL1	AL2	AL3	E-E
Degradación	$\mu/85$	$\mu/85$	$\mu/85$	M/85
Pérdidas (dB)	11,0/11,4	1,1/1,7	11,0/11,4	23,0/24,5
Ruido de ranura C (dBmC)	32,0/35,6	37,5/38,5	24,0/27,6	29,4/31,0
Pendiente (dB)	1,5/3,0	0,0/0,2	1,5/3,0	2,9/6,1
Retardo de la envolvente (μ s)	226/388	632/755	226/388	1084/1535
Intermod. 2.º orden (dB)	66,0/50,2	58,4/53,8	66,0/50,2	52,7/46,3
Intermod. 3.º orden (dB)	74,0/53,0	56,9/50,3	74,0/53,0	51,7/44,3
Fluctuación de fase (p-p)	0,5/0,7	1,9/3,7	0,5/0,7	3,5/5,1
Nivel (dBm)				-27,0/28,5
S/N (dB)				31,6/28,5



Módem	Entrada	LH			Salida	Módem
	Bucle + entrada	MICDA	1 LMX	n (MICDA)	Bucle + entrada	# pruebas
V.32	85	Ninguno	85	Ninguno	85	1
9,6 kbit/s	Ninguno	MICDA	Ninguno	1-3 MICDA	Ninguno	3
V.32	Ninguno	MIC	Ninguno	1-3 MIC	Ninguno	3 AN
	μ , 85	MICDA	μ , 85	1-3 MICDA	μ , 85	24
	μ , 85	MIC	μ , 85	1-3 MIC	μ , 85	24 AN

T1205470-93/d02

FIGURA C.2/G.113

Arquitectura de las condiciones de prueba para módem a 9,6 kbit/s

C.2.3 Calidad de funcionamiento de la MICDA a 4,8 kbit/s

En la Figura C.3 se muestran los resultados más destacados de la transmisión a 4,8 kbit/s. Se han dibujado cuatro curvas: dos para la tasa de errores en los bloques (BLER, *block error rates*) de 1000 bits y dos para las tasas de errores en los bits (BER), cada uno para canales medios y canales EOCS al 85%. La abscisa indica el número de MICDA conectados en tándem de manera asíncrona. Debido a la arquitectura de las pruebas, están numeradas como $1 + n$. La «1» representa la MICDA entre AL1 y AL2, mientras que n es el número de sistemas MICDA entre AL2 y AL3.

Puede verse claramente en los gráficos que todas las características de error medidas se degradan conforme el número de procesos MICDA puestos en tándem asíncronamente aumenta y que las características del canal correspondiente al 85%, que tiene peores valores de degradaciones analógicas, es inferior a los resultados para el canal medio. Suponemos que un límite aceptable para la calidad de funcionamiento adecuada del módem es una BER $< 10^{-5}$ y una BLER $< 10^{-2}$ para el 85% de los canales. De esta manera, si nos centramos en un canal al 85% del EOCS, vemos que la calidad de funcionamiento a 4,8 kbit/s está dentro de los límites aceptables si el número de procesos MICDA está entre 4 y 5 en lo que a la BLER se refiere, y entre 3 y 4 para la BER. Resultados más recientes parecen demostrar que para algunos módems el criterio de BER es marginal con 3 elementos en tándem y que sólo sería aceptable tener 2. Por supuesto, sabemos que el criterio de BER es más estricto que el límite de BLER ya que los errores en los bits representan un fenómeno que se produce por ráfagas, lo cual es en gran medida superable mediante el uso de transmisión por bloques realizadas con protocolos de detección y corrección de errores. Sin embargo, probamos y presentamos aquí ambos resultados porque las aplicaciones de las comunicaciones de datos de los abonados nos indicarán qué tipo de medida es más relevante.

C.2.4 Calidad de funcionamiento de la MICDA con módem Recomendación V.32

En la Figura C.4 se muestran los resultados de las pruebas sobre el banco de pruebas experimental que representa un dispositivo conforme a la Recomendación V.32 a 9,6 kbit/s. Nótese que también hemos dibujado cuatro curvas de calidad de funcionamiento. Como antes, la calidad de funcionamiento del canal correspondiente al 85% es inferior a la del canal medio. Si nos centramos en la BLER del canal correspondiente al 85% vemos que el límite de calidad de funcionamiento aceptable ocurre para un número de procesos MICDA puestos en tándem de manera asíncrona comprendido entre 2 y 3, mientras que para BER el número está comprendido entre 0 y 1. Dependiendo de la aplicación del usuario, una u otra medida de calidad de funcionamiento será la más adecuada. Se observa que una componente estocástica mayor de las señales de datos implica una característica de error más pobre del módem. En este caso, el uso de 9,6 kbit/s muestra una degradación definitiva en cuanto a la calidad de funcionamiento con la misma topología que con los dispositivos a 4,8 kbit/s.

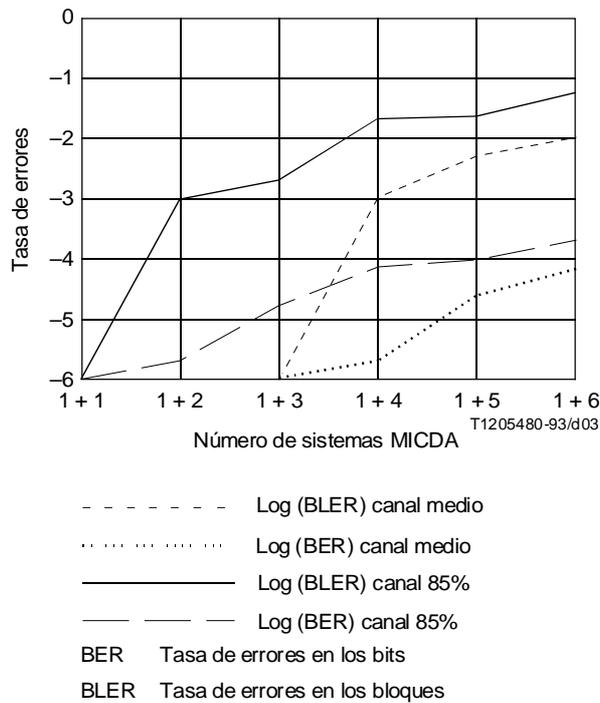


FIGURA C.3/G.113
**Calidad de funcionamiento de la MICDA con un módem a 4,8 kbit/s
 (canales medio y correspondiente al 85%)**

Es también interesante comprobar si cambios en la posición de los segmentos con valores de degradaciones más pobres afectan a la calidad de funcionamiento del módem. La Figura C.5 muestra un gráfico de tres curvas BLER para módem Recomendación V.32 donde se ha considerado en primer lugar el segmento de porcentaje 85, a continuación la parte de larga distancia y finalmente, a la salida del canal de prueba, el otro segmento con valores medios de degradaciones. Nótese, en primer lugar, que en cuanto a la calidad de funcionamiento estas curvas están situadas entre el canal correspondiente al 85% y el canal medio. Nótese también que parece haber una ligera dependencia con respecto a la situación de los valores de degradación más severos. La situación próxima al transmisor de las degradaciones peores parece tener un efecto más nocivo en la calidad de funcionamiento de la BLER del módem que si estuvieran más cercanas al receptor. Esto significa que las degradaciones analógicas en la vía de acceso tienen probablemente un efecto más significativo sobre el régimen de errores del módem que aquéllas situadas en la salida o en la red de larga distancia. El efecto observado es suavizado sin embargo, probablemente porque los valores de degradación atribuidos a los segmentos de porcentaje 85 no son realmente mucho más pobres que aquéllos atribuidos a los segmentos medios.

C.2.5 Calidad de funcionamiento de la MICDA a 9,6 kbit/s

Como prueba final de la calidad de funcionamiento del módem hemos sometido otro dispositivo de 9,6 kbit/s, de una tecnología más tradicional, a una secuencia de procesos MICDA situados en tándem asincrónicamente. Este módem es un dispositivo a dos hilos recomendado por el suministrador para uso en la red pública conmutada a velocidad de transmisión de 9,6 kbit/s. Hemos probado la calidad de funcionamiento del dispositivo sin degradaciones analógicas de ningún tipo en el canal de prueba. Durante el curso de la determinación empírica se detectó que la secuencia de arranque del módem y el algoritmo MICDA interactuaban evitando el comienzo de la comunicación entre transmisor y receptor. Fue por tanto necesario realizar la prueba permitiendo que la secuencia de acondicionamiento del módem se realizara sobre un canal MIC normal, después de lo cual se suprimía la MICDA para observar su calidad de funcionamiento. Problemas de disponibilidad semejantes ocurrirían probablemente para cualquier módem cuya secuencia de acondicionamiento sea similar a la de este módem a 9,6 kbit/s.

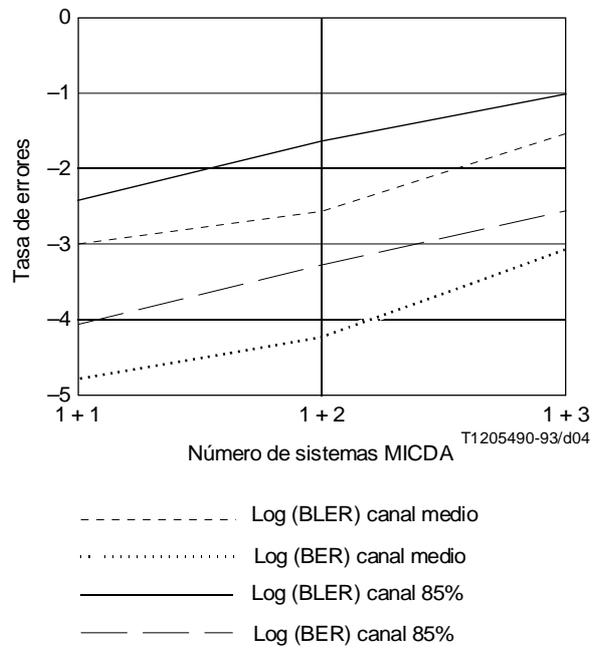


FIGURA C.4/G.113
Calidad de funcionamiento de la MICDA con un módem Rec. V.32 (canales medio y 85%)

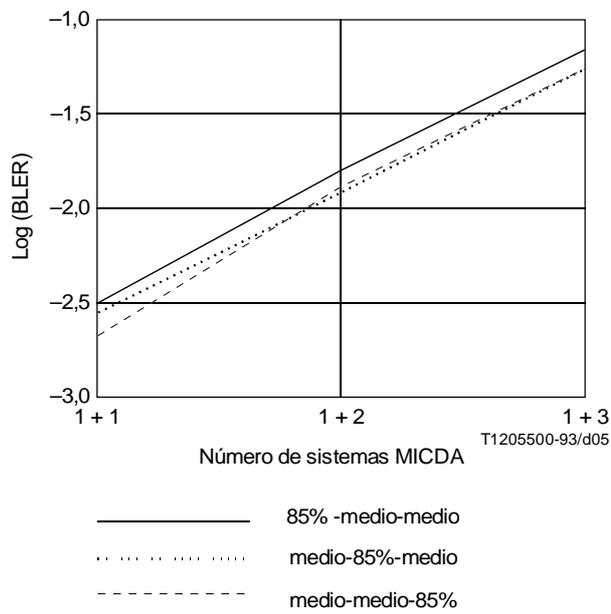


FIGURA C.5/G.113
Calidad de funcionamiento de la MICDA con un módem Rec. V.32 (estudio de la posición de las degradaciones)

La Figura C.6 muestra los resultados de la calidad de funcionamiento de este módem. Sin degradaciones analógicas el número de procesos MICDA puede enumerarse secuencialmente. Los resultados de BLER indican que nuestros criterios de calidad de funcionamiento sólo se cumplen con 0 ó 1 codificador MICDA. En cuanto a la BER parece, de nuevo para nuestro criterio normal, que la MICDA es incompatible con el funcionamiento adecuado del módem. Ya que se espera que muchos suministradores de módems anuncien, o de hecho ya hayan anunciado, dispositivos a dos hilos de alta velocidad para su uso en redes públicas conmutadas, la presencia de procesos MICDA en dichos canales probablemente causará problemas de calidad de funcionamiento para aquellos dispositivos similares al que aquí se ha probado en cuanto a secuencia de pruebas, modulación y detección.

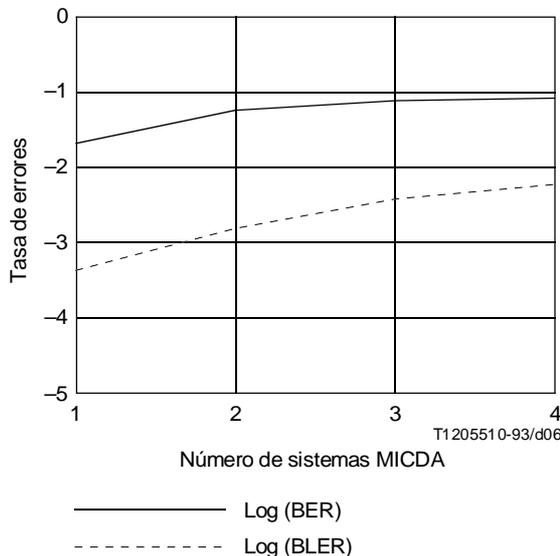


FIGURA C.6/G.113
Calidad de funcionamiento de la MICDA con un módem a 9,6 kbit/s
(sin degradaciones analógicas)

C.3 Conclusiones

En este anexo hemos informado de la arquitectura, aparatos de laboratorio, y resultados de una serie de pruebas empíricas sobre características de error de módem de datos de alta velocidad en banda vocal a través de canales con sistemas MICDA puestos en tándem asincrónamente y entremezclados con degradaciones analógicas simuladas. Los resultados se muestran de manera compacta en el Cuadro C.2 en el cual se ve que las comunicaciones a 4,8 kbit/s pueden establecerse a través de un mayor número de sistemas MICDA puestos en tándem asincrónamente que los dispositivos a 9,6 kbit/s. Aun más, las comunicaciones a 9,6 kbit/s pueden resultar inaceptables cuando se aplica el criterio de BER pero aceptables en algunas ocasiones cuando se utiliza el criterio BLER. Claramente el criterio más adecuado depende de la aplicación del usuario de la comunicación de datos.

CUADRO C.2/G.113

Número de sistemas MICDA permitidos sobre un canal de EOCS al 85%

Módem	BER = 10^{-5}	BLER = 10^{-2}
4,8 kbit/s (V.29)	3/4 ^{a)}	4/5
V.32	0/1	2/3
9,6 kbit/s	0	0/1

a) Resultados más recientes dan un valor de 2/4.

Bibliografía

- [1] Draft-Proposed American National Standard: 32 kbit/s ADPCM Algorithm and Line Format, Committee T1, Subcommittee T1Y1, Documento N.º T1Y1, LB 85-01, 28 marzo, 1985.
- [2] CAREY (M. B.), CHEN (H.-T.), DESCIOUX (A.), INGLE (J. F.) y PARK (K. I.): 1982/83 End Office Connection Study: Analogue voice and Voiceband Data Transmission Performance Characterization of the Public Switched Network, *AT&T Bell Lab. Tech. J.*, 63, 2059, 1984.
- [3] MANHIRE (L. M.): Physical and Transmission Characteristics of Customer Loop Plant, *BSTJ*, 57, 1/70.
- [4] KALB (M.), MORTON (C. H.) y SHYNK (J. J.): DATACAL – A Voiceband Data Communication Connection Performance Model, *Proc. of the Second International Network Planning Symposium, University of Sussex*, Brighton, UK, 21-25 marzo 1983.

Anexo D

Compatibilidad entre algoritmos de codificación de señales de voz y de datos en banda vocal

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación)

Como se indica en los Anexos B y C, los codificadores de señales de voz digitales tienen repercusiones sobre los datos en banda vocal. La siguiente lista ofrece información aproximada con respecto a la capacidad de diversos algoritmos de codificación de señales de voz para tratar señales de datos en banda vocal.

- 1) El algoritmo LD-CELP a 16 kbit/s (véase la Recomendación G.728) admite datos en la banda vocal sólo hasta 2400 bit/s.
- 2) La MICDA a 32 kbit/s (véase la Recomendación G.726) admite datos en banda vocal hasta 4800 bit/s.
- 3) La MICDA a 40 kbit/s (véase la Recomendación G.726) admite datos en banda vocal hasta 9600 bit/s; los admite hasta 14 400 bit/s sólo en conexiones que no están en cascada.

Esta lista sólo pretende dar una orientación general y será ampliada en el futuro. En el Anexo C se proporcionan más detalles con respecto a la cláusula 2, y en [1] pueden hallarse datos adicionales en relación con la cláusula 3.

Bibliografía

- [1] DIMOLITSAS (S.), CORCORAN (F. L.), ONUFRY (M.), SUYDERHOUD (H. G.): Evaluation of ADPCM Coders for Digital Circuit Multiplication Equipment, *COMSAT Technical Review*, Vol. 17, N.º 2, pp. 323-345, otoño de 1987.

Anexo E

Método de cálculo de los factores de degradación

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación)

El factor de degradación se puede determinar una vez que se ha asignado la nota media de opinión (MOS, *mean opinion score*). Las directrices para llevar a cabo las pruebas subjetivas con las que se asigna una MOS figuran en diversas Recomendaciones UIT-T. Específicamente la Recomendación P.80 «Métodos de determinación subjetiva de la calidad de transmisión» proporciona información general, mientras que la Recomendación P.83 «Evaluación de la calidad de funcionamiento subjetiva de los códecs digitales de banda telefónica y de banda ancha» se ocupa de los códecs digitales y la Recomendación P.84 «Método de pruebas de escucha subjetiva para la evaluación de equipos de multiplicación de circuitos digitales y de sistemas de voz por paquetes» trata de los equipos de multiplicación de circuitos digitales.

Una vez que se dispone del valor de la nota media de opinión es posible deducir el factor de degradación de un equipo determinado, en particular para codificadores de baja velocidad binaria, adoptando el siguiente procedimiento.

Es conveniente evaluar los códecs a partir de varios experimentos diferentes. Para ello, es necesario normalizar los valores de MOS mediante el denominado método de «Q equivalente». Este método se basa en la comparación con la atenuación de la distorsión de cuantificación creada con un aparato de referencia para la producción de ruido modulado (MNRU, *modulated noise reference unit*), caracterizada por la unidad Q dB.

Se puede demostrar que con el método de «Q equivalente», la relación entre notas MOS debidas al generador MNRU y la degradación Q se ajusta con bastante exactitud a la siguiente relación:

$$MOS = 1 + A + B \cdot \tanh \left[\frac{Q - Q_m}{C} \right] \quad (E.1)$$

Donde A, B, C y Q_m son constantes obtenidas ajustando las curvas correspondientes a cada conjunto de valores MOS(Q) de referencia medido, es decir, los participantes en la prueba subjetiva dan las notas de MOS para un cierto número de distorsiones de cuantificación introducidas por valores Q del MNRU. (Se debe señalar que las constantes son, en general, diferentes para cada curva de referencia.)

El valor de MOS del códec sometido a prueba se transforma a continuación en un valor de «Q equivalente», mediante la siguiente relación:

$$Q = Q_m + \frac{C}{2} \cdot \ln \frac{B - A - 1 + MOS}{B + A + 1 - MOS} \quad (E.2)$$

El valor I_e correspondiente se puede obtener utilizando la siguiente ecuación:

$$I_e = I_q = 15 \cdot \log \left[1 + 10^{(R_0-100)/15} \cdot 10^{(46-G)/10} \right] \quad (E.3)$$

donde $R_0 = 95$ y:

$$G = 1,07 + 0,258 \cdot Q + 0,0602 \cdot Q^2 \quad (E.4)$$

Cada conjunto de pruebas subjetivas dará un determinado valor del factor de degradación I_e . Sin embargo, por el análisis de los resultados se llegó a comprobar en general que, a los efectos de la planificación de transmisión, cada tipo de códec puede estar asociado con un factor de degradación K específico y que se pueden sumar esos factores para obtener el factor de degradación total cuando los códecs se conectan en cascada.

Bibliografía

- [1] SHERIF (M. H.), BOWKER (D. O. K.), BERTOCCI (G.), ORFORD (B. A.), MARIANO (G. A.): Overview and performance of CCITT/ANSI embedded ADPCM algorithms, *Speech Communication* 12, N.º 2, pp. 113-133, 1993.