UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T G.114

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

(02/96)

SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES

TIEMPO DE TRANSMISIÓN EN UN SENTIDO

Recomendación UIT-T G.114

(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.° 1 de la CMNT (Helsinki, 1 al 12 de marzo de 1993).

La Recomendación UIT-T G.114 ha sido revisada por la Comisión de Estudio 12 (1993-1996) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.° 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 Introducción 1

2 Límites para el tiempo de transmisión de extremo a extremo 1

3 Asignación del tiempo de transmisión 2

Anexo A – Estimación del retardo en los circuitos 2

A.1 Valores de planificación del tiempo de transmisión 2

A.2 Circuitos nacionales de prolongación 3

A.3 Circuitos internacionales 3

Anexo B – Consideraciones relativas a la aparición de retardo importantes en los circuitos telefónicos, de videotelefonías y de videoconferencia 5

B.1 Introducción 5

B.2 Efecto en los abonados de los retardos de transmisión largos 6

B.3 Resumen y conclusiones 9

Referencias 11

RESUMEN

La presente Recomendación proporciona especificaciones relativas al tiempo de transmisión, incluido el retardo debido al tiempo de procesamiento en los equipos, y el retardo de propagación, en conexiones con eco controlado adecuadamente. Reconociendo que en las redes modernas el retardo tiene que ser limitado, la Recomendación tiene por objeto prestar asistencia a los operadores de red, así como a los fabricantes de equipos para el control de los efectos negativos del retardo (sin eco) sobre la calidad del servicio. Se consideran todos los servicios cuya calidad de funcionamiento global depende de la interactividad con el usuario o el terminal.

Esta Recomendación se divide en tres secciones. La cláusula 1 da una sinopsis general. La cláusula 2 da Recomendaciones relativas a los límites de tiempo de transmisión de extremo a extremo en un sentido. La cláusula 3 contiene directrices en materia de atribución de tiempo de transmisión para los segmentos nacionales e internacionales de la conexión. Las directrices de la cláusula 3 se aplican únicamente a la porción del retardo correspondiente al tiempo de procesamiento. En los dos anexos se suministra información adicional sobre cómo evaluar el retardo en los circuitos internacionales y sobre las repercusiones de los retardos largos sobre la calidad del servicio.

Recomendación G.114

TIEMPO DE TRANSMISIÓN EN UN SENTIDO

(Ginebra, 1964; modificada en Mar del Plata, 1968; Ginebra, 1980; Málaga-Torremolinos, 1984; Melbourne, 1988; Helsinki, 1993; revisada en 1996)

1 Introducción

El tiempo de transmisión para las conexiones con segmentos digitales incluye un retardo vinculado al procesamiento en los equipos y un retardo de propagación, que en conjunto pueden constituir una parte importante del tiempo de transmisión global. Se necesitan orientaciones al respecto, especialmente para el diseño de equipos de telecomunicación cuyos métodos de procesamiento de señales impliquen un aumento del tiempo de transmisión.

En la época del protagonismo de la telefonía vocal se consideraba que 400 ms constituía un límite significativo a efectos de planificación de las redes. Este valor, sin embargo, no podía ser orientativo para los diseñadores de equipo, que, cada vez más, pueden influir considerablemente en el tiempo de transmisión en función del mayor o menor procesamiento de señales previsto en el diseño.

El tiempo de transmisión es un parámetro de gran importancia para todas aquellas aplicaciones cuya efectividad global depende del usuario o de la interactividad en el terminal. Aplicaciones tales como voz, datos en banda vocal, datos digitales o videotelefonía pueden conllevar tareas para el usuario o características del equipo terminal cuya sensibilidad al tiempo de transmisión difiera considerablemente. Puesto que los proveedores de redes y de servicios no pueden alterar las características del tiempo de transmisión ni los medios de transmisión entre dos Administraciones, en previsión de todas las posibles tareas y aplicaciones del usuario, algunas tareas altamente interactivas pueden experimentar degradaciones incluso con retardos del orden de 100 ms. Por lo tanto, es esencial considerar el retardo (tiempo de transmisión) como un recurso vital que debe ser consumido con prudencia, y solamente en aquellos casos en que comporte una clara mejora desde el punto de vista del servicio. Esto se aplica especialmente a los retardos vinculados al procesamiento de señales.

Esta Recomendación tiene por objeto ayudar a los diseñadores de equipos y planificadores de red a que realicen servicios aceptables para los usuarios que efectúen una gran diversidad de tareas con múltiples aplicaciones. Se reconoce la imposibilidad de predecir todas las posibles aplicaciones de usuario y configuraciones de red, y que para ciertas aplicaciones de usuario y configuraciones de red pueden acumularse retardos de procesamiento y tiempos de propagación tales que el tiempo de transmisión total sobrepase 400 ms.

Uno de los objetivos de esta Recomendación consiste pues en marcar el acento en la necesidad de tener en cuenta el efecto del retardo sobre las aplicaciones de los servicios en evolución, así como la conveniencia de evitar siempre que sea posible cualquier aumento del retardo, especialmente los debidos al tiempo de procesamiento.

2 Límites para el tiempo de transmisión de extremo a extremo

Atendiendo a las consideraciones precedentes, el UIT-T *recomienda* los siguientes límites para el tiempo de transmisión en un sentido, en conexiones que cuenten con un control de eco adecuado (véase la Nota 1) conforme a la Recomendación G.131 [1]:

- de 0 a 150 ms: aceptable para la mayoría de las aplicaciones de usuario (véase la Nota 2);
- 150 a 400 ms: aceptable siempre y cuando las Administraciones conozcan la influencia del tiempo de transmisión en la calidad de transmisión de las aplicaciones de usuario (véase la Nota 3);
- por encima de 400 ms: inaceptable a efectos de planificación general de la red; se acepta, sin embargo, que este límite pueda ser rebasado en ciertos casos excepcionales (véase la Nota 4).

NOTAS

1 A fin de lograr una calidad de transmisión aceptable, podría ser necesario controlar la utilización de los equipos de control de eco que causen otros tipos de degradaciones, por ejemplo, recorte vocal o contraste de ruido.

2 Algunas aplicaciones de voz y datos altamente interactivas pueden experimentar degradación para valores inferiores a 150 ms. Por consiguiente, será desaconsejable todo aumento del tiempo de procesamiento en conexiones con tiempos de transmisión muy por debajo incluso de 150 ms, a menos que los beneficios obtenidos desde el punto de vista del servicio y de la aplicación sean evidentes.

3 Así, por ejemplo, se consideran aceptables conexiones internacionales con saltos de satélite cuyos tiempos de transmisión sean inferiores a 400 ms.

4 Como excepción, se puede citar por ejemplo: los saltos de satélite dobles inevitables, la utilización de satélites para restaurar rutas terrenales, las interconexiones del servicio fijo por satélite y el servicio celular digital, la videotelefonía por circuitos de satélite o las conexiones internacionales de gran longitud con dos sistemas celulares digitales conectados mediante facilidades terrenales de larga distancia.

La información del Anexo B permitirá interpretar más adecuadamente los límites aquí recomendados. Así, por ejemplo, los resultados de las pruebas de calidad vocal indican que, incluso en ausencia absoluta de eco, un 10% o más de los hablantes puede tener dificultades causadas por la presencia de retardos de 400 ms. Todo aumento del retardo por encima de este valor causará a su vez un aumento de conexiones inaceptables, especialmente para conversaciones altamente interactivas. Excepcionalmente, para la prestación de servicios con diversidad de rutas y capacidades de restauración, las Administraciones podrían decidirse a superar los 400 ms. Los datos del Anexo A permiten hacerse una idea de las repercusiones sobre la calidad de servicio vinculadas a esta decisión.

3 Asignación del tiempo de transmisión

Dado que el tiempo de transmisión se convierte cada vez más en un recurso limitado en las modernas redes digitales, es importante hacer un esfuerzo para minimizar el aumento de dicho tiempo de transmisión, causado por la introducción de nuevas tecnologías propensas al retardo.

Las reglas de asignación de los retardos aquí recomendadas se aplican únicamente al tiempo de procesamiento y no incluyen la componente del retardo total de la conexión correspondiente al tiempo de propagación. El tiempo de propagación está determinado por la distancia y la velocidad de la señal en el medio de transmisión y los planificadores de red sólo pueden controlarlo de un modo muy limitado. El factor predominante es la distancia geográfica que varía notablemente dentro de los diversos países y entre ellos. Además, en la práctica en las redes nacionales e internacionales las razones que determinan la elección del encaminamiento a menudo son distintas de las relacionadas con el funcionamiento (por ejemplo, aspectos económicos, y de tráfico) ya que las facilidades tales como satélites o radioenlaces utilizados comúnmente para asegurar la diversidad de encaminamiento, representan una gran inversión que no se puede sustituir fácilmente.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se recomienda limitar a 50 ms el tiempo de procesamiento en un sentido para cada uno de los sistemas nacionales y para la cadena internacional de circuitos de una conexión internacional (terrenal o por satélite) que transmite señales vocales. Si bien el tiempo de procesamiento total en cada una de estas tres partes de la conexión internacional debe mantenerse por debajo de 50 ms, será generalmente mucho menor a este valor. Por ejemplo, para la conexión de referencia que figura en la Recomendación G.801 [2] (véase la Figura 2/G.801), el tiempo de procesamiento total asociado con conmutadores, distribuidores-multiplexores, multiplexores, etc., sería de aproximadamente 6 ms para un sistema nacional y 3 ms para la cadena internacional. Debe señalarse que con la tecnología actual los valores recomendados se pueden superar si se encuentra un escenario del caso más desfavorable [por ejemplo, un circuito internacional muy largo con equipos digitales de multiplicación de circuitos (DCME, *digital circuit multiplication equipment*) y sistemas de transmisión de fibra óptica submarinos, sistema móvil terrestre público (PLMS, *public land mobile system*), etc.].

Anexo A

Estimación del retardo en los circuitos

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

Al establecer el plan general de interconexión dentro de los límites de esta Recomendación, debe tenerse en cuenta el tiempo de transmisión en un solo sentido de los circuitos nacionales de prolongación y de los circuitos internacionales. El tiempo de transmisión de los circuitos y conexiones es una suma de varios componentes: por ejemplo, el retardo de grupo en los cables, los tiempos de procesamiento de los equipos (por ejemplo, las centrales digitales), etc.

Pueden utilizarse los valores de planificación indicados en el Cuadro A.1 para evaluar el tiempo de transmisión total de conjuntos específicos de elementos que pueden constituir circuitos o conexiones.

A.1 Valores de planificación del tiempo de transmisión

A título provisional, pueden utilizarse los valores de planificación del tiempo de transmisión indicados en el Cuadro A.1.

A.2 Circuitos nacionales de prolongación

Las arterias principales de la red nacional deben estar constituidas por líneas de gran velocidad de propagación. En estas condiciones, el tiempo de transmisión entre el centro internacional y el abonado más distante en una red nacional puede calcularse de la siguiente manera:

a) En redes totalmente analógicas el tiempo de transmisión no excederá probablemente de:

$$12 + (0{,}004 \times \text{distancia en kilómetros}) \text{ ms}$$

En esta fórmula, el coeficiente 0,004 se basa en la hipótesis de que los circuitos interurbanos nacionales se encaminarán por líneas de gran velocidad de propagación (250 km/ms). En el término constante de 12 ms se tienen en cuenta los equipos terminales y la presencia probable en la red nacional de cierto número de cables cargados (por ejemplo, tres paredes de equipos de modulación de canal más unos 160 km de cables cargados H 88/36). En un país de extensión media (véase la Figura 2/G.103 [3]), el tiempo de propagación en un solo sentido será inferior a 18 ms.

b) En redes mixtas analógico/digitales, el tiempo de transmisión puede calcularse generalmente con la ecuación dada para redes totalmente analógicas. Sin embargo, en determinadas condiciones desfavorables, el retardo puede ser mayor que en el caso de las redes totalmente analógicas. Esto ocurre, en particular, cuando las centrales digitales se conectan a sistemas de transmisión analógicos por medio de equipos MIC/FDM en cascada o de transmultiplexores. Con el grado creciente de digitalización, el tiempo de transmisión se aproximará gradualmente a la condición de las redes totalmente digitales.

c) En redes totalmente digitales entre centrales locales (por ejemplo, una RDI), el tiempo de transmisión definido anteriormente no excederá probablemente de:

$$3 + (0{,}004 \times \text{distancia de kilómetros}) \text{ ms}$$

En el término constante de 3 ms se tienen en cuenta un codificador o decodificador MIC y cinco centrales de conmutación digital.

NOTA – El valor de 0,004 es un valor medio para sistemas de cables coaxiales y sistemas de radioenlaces; para sistemas de fibra óptica deberá utilizarse 0,005.

d) En redes totalmente digitales entre abonados (por ejemplo, una RDSI), el tiempo indicado en el apartado c) tiene que aumentarse hasta 3,6 ms si se utiliza la transmisión en el modo ráfaga (multiplexación con compresión en el tiempo) por líneas de abonado locales a dos hilos.

Estos valores no cubren los retardos adicionales introducidos por las centralitas privadas y las redes privadas (RP).

A.3 Circuitos internacionales

Los circuitos internacionales[1)] utilizarán sistemas de transmisión de gran velocidad, por ejemplo sistemas de cables terrenales o radioenlaces, sistemas de cables submarinos, sistemas por satélite. Pueden utilizarse los valores de planificación indicados en el Cuadro A.1.

El valor medio del tiempo de transmisión en un solo sentido en los circuitos establecidos mediante sistemas por satélite de gran altitud aconseja imponer ciertas restricciones de encaminamiento en el empleo de dichos circuitos. La Recomendación E.171 [4] contiene informaciones detalladas sobre esas restricciones.

CUADRO A.1/G.114

Sistema de transmisión o de procesamiento	Contribución al tiempo de transmisión en un sentido	Observaciones
Sistema de cable coaxial terrenal o radioenlace; transmisión FDM y digital	4 μs/km	Se tiene en cuenta el retardo en repetidores y regeneradores
Sistema de cable de fibra óptica; transmisión digital	5 μs/km (Nota 6)	
Sistema de cable coaxial submarino	6 μs/km	

1) En el caso de los enlaces cercanos cortos también podrán utilizarse, en las condiciones previstas en la introducción de la subcláusula 5.4 del Fascículo III.2 del *Libro Azul*.

CUADRO A.1/G.114 *(continuación)*

Sistema de transmisión o de procesamiento	Contribución al tiempo de transmisión en un sentido	Observaciones
Sistema de fibra óptica submarino: – terminal transmisor; – terminal receptor.	 13 ms 10 ms	Caso más desfavorable
Sistema por satélite: – a 1400 km de altitud; – a 14 000 km de altitud; – a 36 000 km de altitud.	 12 ms 110 ms 260 ms	Propagación en el espacio exclusivamente (entre estaciones terrenas)
Equipo de modulación o demodulación de canal FDM	0,75 ms (Nota 1)	Semisuma de los tiempos de transmisión en ambos sentidos de transmisión
Equipo de modulación o demodulación de canal FDM con compansor	0,5 ms (Nota 2)	
Codificador y decodificador MIC (Rec. G.712)	0,75 ms (Nota 1)	
Codificador y decodificador MICDA (Recs. G.721, G.726, G.727)	 0,25 ms	
Transcodificación MIC/MICDA/MIC	0,5 ms	
Codificador y decodificador LD-CELP (Rec. G.728)	2,0 ms	
Codificador y decodificador CS-ACELP a 8 kbit/s; (Rec. G.729)	15 ms (Nota 7)	
Sistema móvil terrestre público (PLMS) – objetivo 40 ms,	80-110 ms	
Codificadores y decodificadores de vídeo de la serie de Recomendaciones H.260	En estudio (Nota 8)	
DCME (Rec. G.763), por par: – con señales vocales y datos en la banda vocal sin remodulación; – con datos en la banda vocal con remodulación.	 30 ms 350 ms	
Equipo MIC (Rec. G.764), por par: – con señales vocales y datos en la banda vocal sin remodulación; – con datos en la banda vocal con remodulación.	 35 ms 70 ms	
Transmultiplexor	1,5 ms (Nota 3)	
Central de tránsito digital, digital-digital	0,45 ms (Nota 4)	
Central local digital, analógico-analógico	1,5 ms (Nota 4)	
Central local digital, línea de abonado analógica-enlace digital	0,975 ms (Nota 4)	
Central local digital, línea de abonado digital-enlace digital	0,825 ms (Nota 4)	
Compensadores de eco	0,5 ms (Nota 5)	
Modo de transferencia asíncrono ATM (CBR utilizando AAL1)	6,0 ms (Nota 9)	

CUADRO A.1/G.114 *(fin)*

NOTAS

1 Estos valores tienen en cuenta la distorsión por retardo de grupo en frecuencias próximas a la de máxima potencia de las señales vocales, y también el retardo introducido por los equipos múltiplex y de transferencia intermedios de orden superior.

2 Este valor se refiere a equipos FDM diseñados para ser utilizados con un compansor y filtros especiales.

3 Para comunicaciones digitales por satélite en las que el transmultiplexor está instalado en la estación terrena, este valor puede aumentarse a 3,3 ms.

4 Estos son valores medios; según la carga de tráfico pueden encontrarse valores mayores, por ejemplo, 0,75 ms (1,950 ms, 1,350 ms o 1,250 ms, respectivamente) con una probabilidad de no ser rebasado del 0,95. (Véanse los detalles en la Recomendación Q.551.)

5 Equivale al promedio de ambos sentidos de transmisión.

6 Este valor es provisional y queda en estudio.

7 Retardo propio del algoritmo únicamente. Debe señalarse que el sistema de codificación G.729 introduce un retardo total que está constituido del retardo propio del algoritmo (fijado) mas el retardo de procesamiento (variable con la tecnología). En las aplicaciones en tiempo real el retardo de procesamiento no supera el valor del retardo propio del algoritmo.

8 Queda en estudio. El retardo de estos dispositivos no es normalmente constante, y su magnitud varía con la implementación. Las implementaciones actuales están en el orden de varios cientos de milisegundos por lo que se suma un considerable retardo a los canales de audio a fin de conseguir la sincronización con los labios. Se alienta a los fabricantes a reducir su contribución al tiempo de transmisión, de acuerdo con esta Recomendación.

9 Este valor corresponde al retardo de formación de la célula de flujo 64 kbit/s cuando se rellena completamente la célula (un canal vocal por canal virtual (VC, *virtual channel*)). En las aplicaciones prácticas aparecerá un retardo adicional, por ejemplo por la detección de pérdida de células y almacenamiento en memoria. Otros retardos pueden ser aplicables a otras capas de adaptación ATM (AAL, ATM *adaptation layer*) y a otras disposiciones de mapeado de célula, y las cuales quedan en estudio.

Anexo B

Consideraciones relativas a la aparición de retardo importantes en los circuitos telefónicos, de videotelefonías y de videoconferencia

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

B.1 Introducción

En las conexiones internacionales (véase la Figura 1/G.103) que incluyen cables submarino, el tiempo de transmisión máximo en un sentido puede alcanzar unos 170 ms.

Una conexión de un solo salto por satélite, incluso con un enlace entre satélites (ISL, *inter-satellite link*) de longitud moderada, introduce un retardo de transmisión en un sentido que no rebasa el límite recomendado de 400 ms. Sin embargo, un detenido análisis de las contribuciones adicionales al retardo probables debidas, entre otras cosas, al procesamiento de la señal digital (por ejemplo, acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA, *time division multiple access*), interpolación digital de la palabra (DSI, *digital speech interpolation*), DCME, codificación a velocidades binarias de 32 kbit/s, 16 kbit/s y más bajas, regeneración digital, conmutación de paquetes, etc.), muestra que, en algunos casos, podría rebasarse el límite recomendado de 400 ms para el tiempo medio de transmisión en un sentido.

A la luz de las últimas mejoras de las técnicas de control de eco y teniendo en cuenta que en algunos sistemas de diseño actual (por ejemplo, los sistemas móviles digitales de baja velocidad binaria) los retardos de procesamiento fijos pueden alcanzar cientos de milisegundos, es importante comprender también los efectos del retardo, en ausencia de eco, en las comunicaciones. En este anexo se aborda este tema.

Los circuitos a cuatro hilos constituyen una buena aproximación de las conexiones libres de eco, suponiendo una pérdida de acoplamiento acústico adecuada en el microteléfono. Se espera que a largo plazo aumente el uso de circuitos a cuatro hilos, al generalizarse la implantación de las RDSI. Pero los circuitos a dos hilos con sus correspondientes conexiones híbridas y otros componentes que causan eco subsistirán probablemente, en un grado variable, durante el futuro previsible. Así pues, el empleo de compensadores de eco modernos en circuitos por satélite se considera actualmente como el método más eficaz para resolver el problema del eco, siempre y cuando las características del trayecto de eco que tenga que modelar el compensador de eco sean lineales e invariables en el tiempo, o sólo varíen lentamente en comparación con la velocidad de convergencia del compensador de eco.

A continuación se analiza brevemente el efecto del retardo en ausencia de eco sobre la calidad de la las comunicaciones.

B.2 Efecto en los abonados de los retardos de transmisión largos

B.2.1 Efectos de los compensadores de eco

En 1987 una serie de pruebas se efectuaron para determinar la eficacia de los compensadores de eco en los circuitos terrenales y por satélite, utilizando compensadores de eco que cumplen lo especificado en la Recomendación G.165 [13] y según el procedimiento de la entrevista con retorno de llamada conforme al Anexo A/P.82 [14]. Se han publicado en [15] algunos detalles relativos al procedimiento; en la Figura B.1 se resumen los resultados, representándose el porcentaje de entrevistas con dificultades en función del tiempo de transmisión en un sentido. Se tomó como referencia un valor de retardo en un sentido de 45 ms en circuitos terrenales y se evaluaron los efectos de incrementar el valor del retardo a 300 ms y 500 ms en los enlaces terrenales y por satélite.

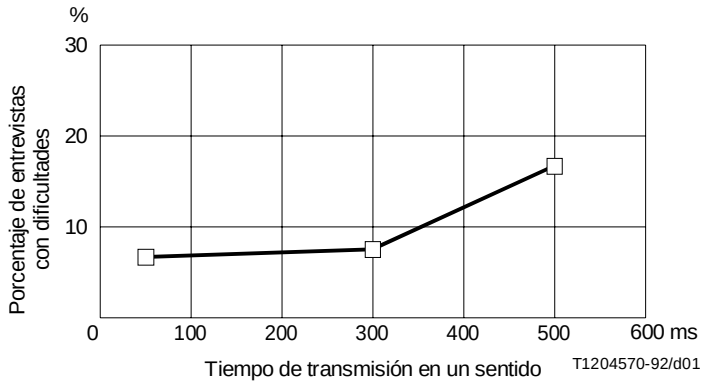


FIGURA B.1/G.114

Efecto de los tiempos de transmisión largos en un sentido sobre la dificultad de conversación cuando hay compensadores de eco en el circuito

Estos resultados muestran que no hay gran diferencia del «porcentaje con dificultad» entre 45 ms y 300 ms de retardo. Con un retardo de 500 ms, el porcentaje con dificultad casi se duplicaba (de 7,3% a 15,8%) pero este valor es todavía notablemente menor que el de resultados previos, en que se situaba por encima del 60%, obtenidos con supresores del eco.

Los resultados anteriores corroboran la opinión de que podrían aceptarse conexiones con retardos algo superiores a 400 ms, siempre y cuando se utilicen compensadores de eco conformes a las especificaciones de la Recomendación G.165, u otros dispositivos de compensación de eco de características equivalentes.

B.2.2 Efectos del retardo en la dinámica de la conversación

Pruebas recientes presentadas por algunas Administraciones sugieren que la degradación de la calidad de funcionamiento debida a la degradación de la dinámica de la conversación es notable incluso por debajo del límite de 400 ms de retardo en un sentido. Este efecto puede observarse cuando en la experimentación subjetiva se emplean tareas interactivas estructuradas y medidas sensibles seleccionadas.

En 1989 una serie de experimentos subjetivos [16] para determinar las repercusiones del retardo en las características relativas a la conversación consideradas importantes en un entorno de tipo comercial. En el experimento se formularon y utilizaron tareas estructuradas relativas a la conversación, junto con medidas objetivas y subjetivas de la dinámica temporal de la conversación. Las medidas subjetivas incluían notas sobre la facilidad de interrupción, la necesidad de repetir palabras, la atención, la sensibilidad y la amabilidad del interlocutor. Se utilizó también la nota media de opinión (MOS, *mean opinion score*) normalizada sobre la calidad global. En la Figura B.2 se muestran los resultados de este experimento.

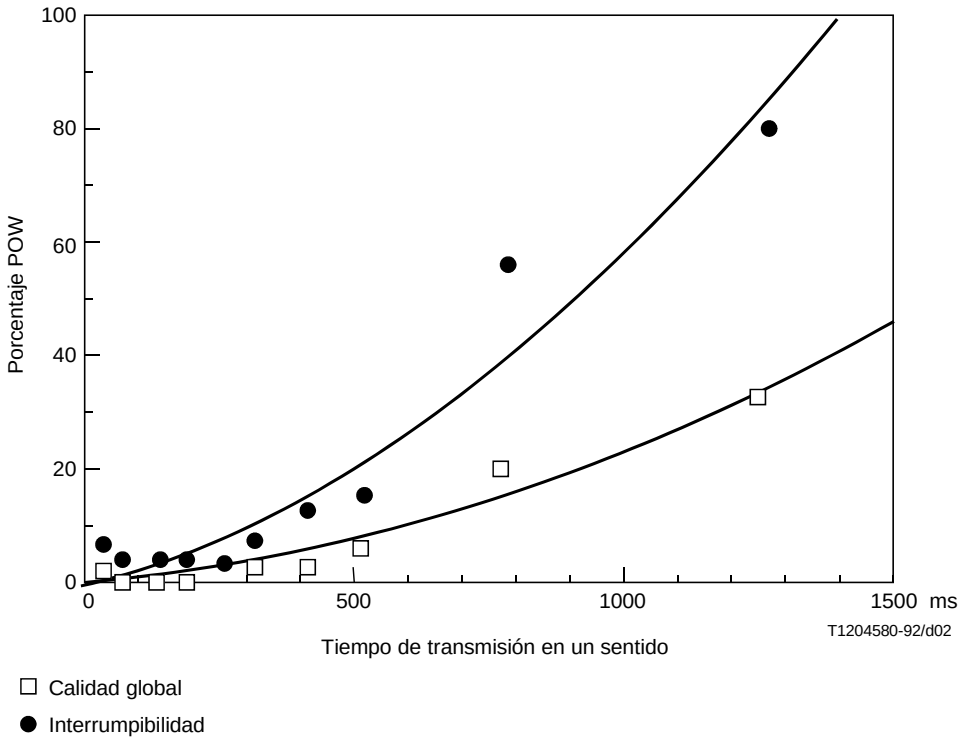


FIGURA B.2/G.114

Comparación de POW para la calidad global y la facilidad de interrupción

En 1990 se concluyó una prueba subjetiva destinada a evaluar los efectos del retardo puro sobre la calidad vocal [17]. La prueba fue diseñada para obtener reacciones subjetivas, sobre la facilidad de interrupción y la calidad, con circuitos telefónicos libres de eco en los cuales se introdujeron distintos retardos. Los resultados indican que los retardos largos no reducen considerablemente las notas medias de opinión en la gama de retardo analizada, es decir, de 0 a 1000 ms en un sentido. Además, la medida de la facilidad de interrupción no muestra que la divergencia con respecto a la calidad global sea tan significativa como se indica en la Figura B.2. Sin embargo, las observaciones realizadas durante la prueba y las entrevistas hechas a los individuos después de ella muestran que los sujetos experimentan algunas dificultades reales de comunicación con retardos más largos, aunque no siempre asocian esa dificultad con el retardo.

En 1991 se concluyó una segunda prueba subjetiva [18] destinada a evaluar los efectos del retardo puro en conexiones telefónicas utilizadas por clientes voluntarios. Las llamadas de esos clientes fueron encaminadas a través de un laboratorio, donde se añadieron retardos variables, a saber, de 0 a 750 ms en un sentido. Según la prueba, los resultados de las llamadas con retardo en un sentido fueron los siguientes: con 0 ms de retardo insertado fueron clasificadas «buenas»; con 250 ms, «regulares»; y con 500 ms, «mediocres». En la Figura B.3 se presentan los resultados de esta prueba.

Se describen experimentos similares en [19], [20] y [21]. Se ofrecen a continuación los principales resultados del experimento presentado en [20].

El efecto del retardo se midió utilizando una combinación de parámetros físicos objetivos relativos a la eficacia de una conversación. Dicho efecto se analizó utilizando los seis modos (tareas) de conversación siguientes :

– Tarea 1: Leer lo más rápidamente posible números aleatorios uno tras otro.

– Tarea 2: Verificar lo más rápidamente posible números aleatorios uno tras otro.

– Tarea 3: Completar lo más rápidamente posible y mediante intercambio de información palabras a las que les faltan algunas letras.

– Tarea 4: Verificar lo más rápidamente posible nombres de ciudades uno tras otro.

– Tarea 5: Determinar la forma de una figura según la información oral recibida.

– Tarea 6: Conversación libre.

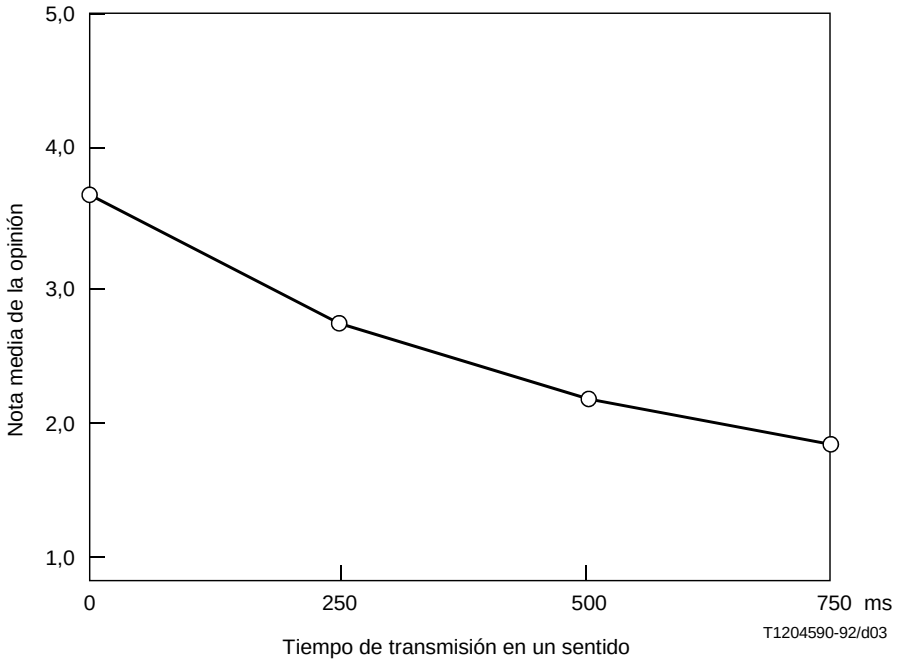


FIGURA B.3/G.114

Notas medias de opinión (MOS)
para las cuatro condiciones de retardo

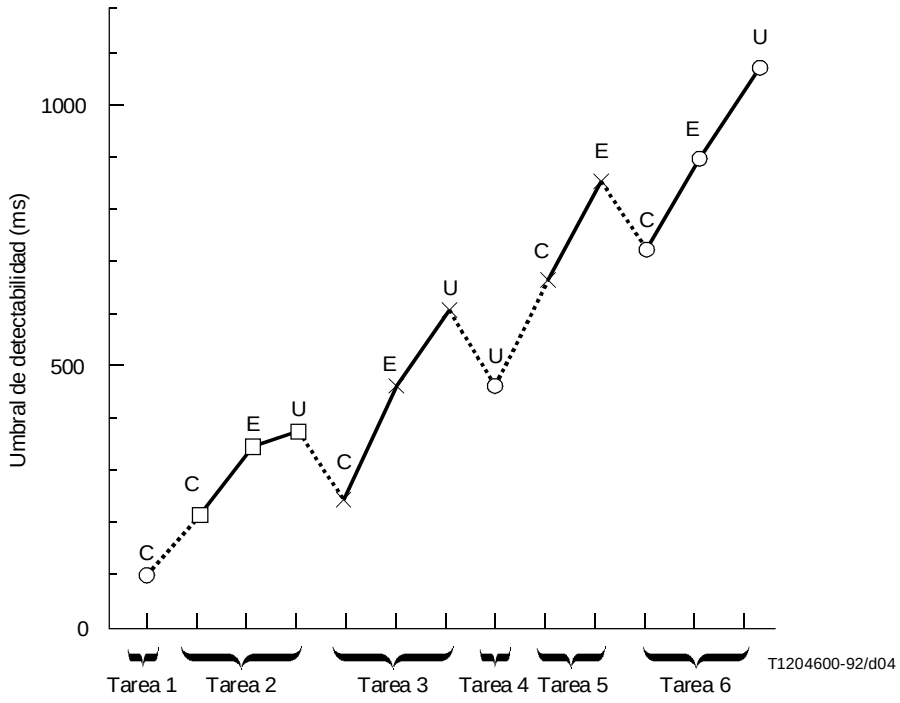
Se realizaron pruebas de opinión subjetivas y se obtuvieron umbrales de detectabilidad de retardo y notas medias de opinión (MOS, *mean opinion scores*) y de eficacia de la conversación. En la Figura B.4 se muestran los umbrales de detectabilidad para varias tareas relacionadas con la conversación. Los resultados indican que la calidad subjetiva en función del retardo varía según el modo de conversación y el grupo de sujetos (entrenados, no entrenados).

En la Figura B.4 el umbral de detectabilidad del tiempo de propagación de ida y retardo se definió como el retardo detectado por el 50% de los sujetos que participaron en una tarea. Ese umbral ofrece cierta orientación a los planificadores de red con respecto a la prestación de un servicio aceptable al usuario.

B.2.3 Interacción entre el retardo y las aplicaciones de usuario

Se realizaron pruebas para evaluar la interacción entre el retardo y las aplicaciones de usuario. En estas pruebas se hizo una comparación entre conversaciones telefónicas y comunicaciones de videotelefonía, y se mostró que existe muy poca diferencia entre ambos tipos de conexión. En la Figura B.5 se muestran las degradaciones de la MOS, utilizando como referencia una condición sin retardo [22].

Utilizando los resultados de los experimentos subjetivos antes mencionados, se elaboró una metodología de evaluación objetiva de los efectos del retardo en la comunicación vocal en redes reales.



U No entrenados (hombres de negocios, amas de casa, estudiantes)
C Entrenados (tripulaciones)
E No entrenados (empleados de laboratorio)

FIGURA B.4/G.114

Umbrales de detectabilidad para varios modelos de conversación

La información sobre características temporales y su correlación con opiniones subjetivas se extrajo de datos subjetivos. Esos datos se utilizaron después para formular las ecuaciones que predicen el umbral de detectabilidad y la MOS en función del retardo. Los efectos del retardo en la calidad de funcionamiento de las redes comerciales pueden estimarse midiendo los parámetros temporales básicos en condiciones de tráfico real y utilizando luego esos datos para calcular las medidas objetivas mediante las ecuaciones obtenidas experimentalmente.

En el Cuadro B.1 se presenta un ejemplo de los resultados obtenidos utilizando esta metodología para un circuito comercial.

En 1992 se realizó un estudio para evaluar la repercusión subjetiva del retardo de transmisión de extremo a extremo en las comunicaciones audiovisuales [23]. Las condiciones experimentales incluían tres conexiones de videoteléfono punto a punto con retardos de 200, 450 y 700 ms para tiempos de transmisión en un sentido. Los sujetos participaron en una serie de conversaciones de 5 minutos y, al final de cada comunicación experimental, así como después de la sesión completa, fueron interrogados. Los resultados se resumen en el Cuadro B.2. Se obtuvieron resultados similares en una prueba de videotelefonía presentada en [24].

B.3 Resumen y conclusiones

Los factores de degradación de la transmisión asociados con circuitos de gran retardo se analizan mejor si se separa la degradación debida al eco y la dificultad subjetiva debida al retardo puro. Se ha mostrado que el uso adecuado de compensadores del eco ofrece conexiones por satélite internacionales o nacionales cuyo funcionamiento y calidad son prácticamente equivalentes a los de las conexiones telefónicas terrenales. Estos resultados sólo se refieren al eco eléctrico y serán necesarios estudios adicionales para determinar el efecto del eco acústico.

Así pues, en esas condiciones, los factores de degradación dominantes están asociados con el componente de retardo puro.

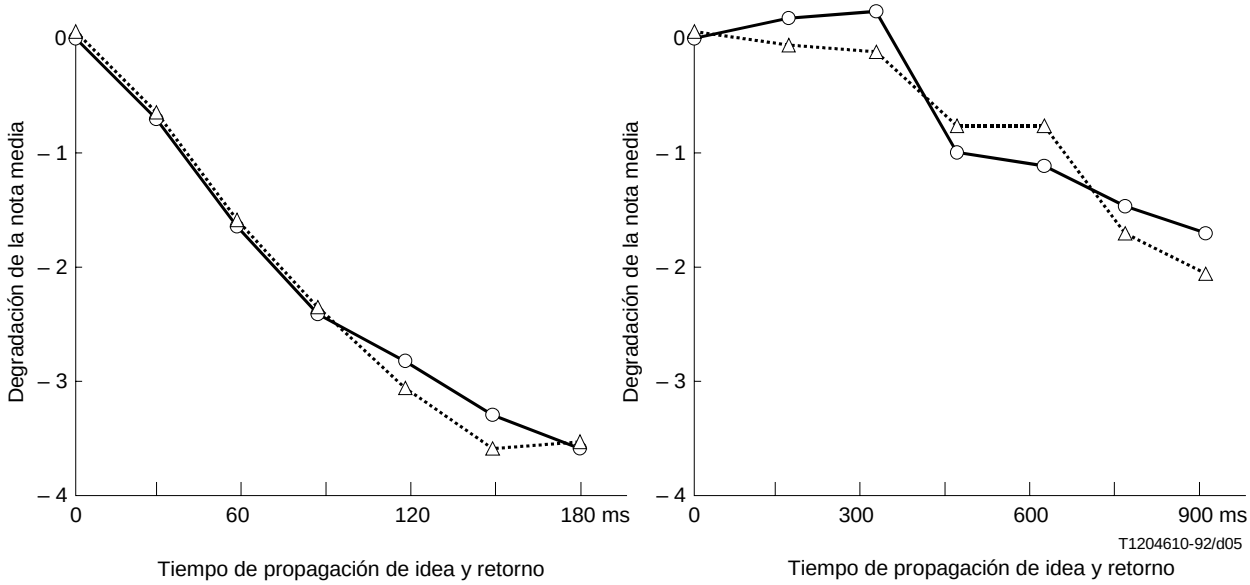


FIGURA B.5/G.114

Efectos del retardo en la calidad de las comunicaciones telefónicas y videofónicas

CUADRO B.1/G.114

Efecto del retardo en la calidad vocal en una red real

Modo de conversación	Calidad	Distribución acumulativa (%)	Umbral de detectabilidad (Tiempo de transmisión de ida y retorno – ms)
Tipos de llamadas comerciales	Tarea 1	0,1	90
	Tarea 2	1	210
	Tarea 3	9	290
	Tarea 4	21	480
	Tarea 5	86	680
	Tarea 6	80	740
NOTA – En [20] se ofrece más información sobre este cuadro.			

CUADRO B.2/G.114

Variación de la calidad de funcionamiento subjetiva de tres conexiones de videotelefonía de extremo a extremo

	Retardos de transmisión en un sentido		
	200 ms	450 ms	700 ms
MOS calidad de conexión	3,74 ± 0,52	3,69 ± 0,51	3,48 ± 0,48
MOS facilidad de interrupción	4,00 ± 0,55	3,79 ± 0,53	3,56 ± 0,49
Dificultad de comunicación	28 ± 4%	35 ± 5%	46 ± 6%
Aceptabilidad de la conexión	80 ± 11%	78 ± 11%	73 ± 10%
NOTA – Los valores MOS se obtuvieron mediante una escala de cinco puntos (1 a 5). Todos los errores se definen con un nivel de confianza del 95%.			

Informaciones recientemente presentadas sugieren que:

- Los efectos del retardo puro (sin eco) sobre la dinámica de la conversación pueden detectarse muy por debajo de un retardo de 400 ms en un sentido si se emplean tareas altamente interactivas en los experimentos subjetivos y si se utilizan medidas subjetivas relacionadas con las dificultades de conversación específicas, como la facilidad de interrupción.
- Los efectos del retardo puro (sin eco) en la calidad de la conversación parecen aumentar moderadamente a medida que aumenta el retardo.

Sin embargo, como no se ha normalizado ningún conjunto de pruebas, los resultados experimentales obtenidos dependen del tipo de actividad seleccionada para evaluar la repercusión del retardo y varían significativamente de un laboratorio a otro. Así pues, los diseñadores deben determinar el tipo de servicios y, por lo tanto, las necesidades de interactividad de la comunicación que se adoptarán para que la calidad de funcionamiento del sistema sea evaluada adecuadamente.

Referencias

[1] Recomendación G.131 del CCITT (1988), *Estabilidad y ecos*.

[2] Recomendación G.801 del CCITT (1988), *Modelos de transmisión digital*.

[3] Recomendación G.103 del CCITT (1988), *Conexiones ficticias de referencia*.

[4] Recomendación E.171 del CCITT (1988), *Plan de encaminamiento telefónico internacional*.

[5] Recomendación G.726 del CCITT (1990), *Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) a 40, 32, 24, 16 kbit/s*.

[6] Recomendación G.727 del CCITT (1990), *Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) jerarquizada con 5, 4, 3 y 2 bits/muestra*.

[7] Recomendación G.728 del CCITT (1992), *Codificación de señales vocales a 16 kbit/s utilizando predicción lineal con excitación por código de bajo retardo*.

[8] Recomendación UIT-T G.173 (1993), *Aspectos relativos a la planificación de la transmisión del servicio vocal en las redes móviles terrestres públicas digitales*.

[9] Recomendación UIT-T H.261 (1993), *Códec vídeo para servicios audiovisuales a p × 64 kbit/s*.

[10] Recomendación UIT-T G.763 (1994), *Equipo de multiplicación de circuitos digitales que emplea modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (Recomendación G.726) e interpolación digital de la palabra*.

[11] Recomendación G.764 del CCITT (1990), *Paquetización de voz – Protocolo de voz paquetizada*.

[12] Recomendación UIT-T Q.551 (1994), *Características de transmisión de las centrales digitales*.

[13] Recomendación UIT-T G.165 (1993), *Compensadores de eco*.

[14] Recomendación P.82 del CCITT (1988), *Método para la evaluación del servicio desde el punto de vista de calidad de transmisión de la palabra*.

[15] Contribución COM XII-177 del CCITT (1987), COMSAT, Estados Unidos.

[16] Contribución Tardía D.21 del CCITT (1989), Bell-Northern Research, Canadá.

[17] Contribución COM XII-62 del CCITT (1990), Bellcore, Estados Unidos.

[18] Contribución Tardía D.131 del CCITT (1992), Bellcore, Estados Unidos.

[19] Contribución COM XII-94 del CCITT (1991), CSELT, Italia.

[20] Contribución COM XII-85 del CCITT (1991), NTT, Japón.

[21] Contribución Tardía D.80 del CCITT (1991), Royal PTT, Países Bajos.

[22] Contribución COM XII-84 del CCITT (1991), NTT, Japón.

[23] Contribución Tardía D.126 del CCITT (1992), COMSAT, Estados Unidos.

[24] Contribución Tardía D.128 del CCITT (1992), CSELT, Italia.