



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.114

(05/2003)

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

Conexiones y circuitos telefónicos internacionales –
Recomendaciones generales sobre la calidad de
transmisión para una conexión telefónica internacional
completa

Tiempo de transmisión en un sentido

Recomendación UIT-T G.114

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

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
Definiciones generales	G.100–G.109
Recomendaciones generales sobre la calidad de transmisión para una conexión telefónica internacional completa	G.110–G.119
Características generales de los sistemas nacionales que forman parte de conexiones internacionales	G.120–G.129
Características generales de la cadena a cuatro hilos formada por los circuitos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.130–G.139
Características generales de la cadena a cuatro hilos de los circuitos internacionales; tránsito internacional	G.140–G.149
Características generales de los circuitos telefónicos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.150–G.159
Dispositivos asociados a circuitos telefónicos de larga distancia	G.160–G.169
Aspectos del plan de transmisión relativos a los circuitos especiales y conexiones de la red de conexiones telefónicas internacionales	G.170–G.179
Protección y restablecimiento de sistemas de transmisión	G.180–G.189
Herramientas de soporte lógico para sistemas de transmisión	G.190–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATELITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.7000–G.7999
REDES DIGITALES	G.8000–G.8999

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

Recomendación UIT-T G.114

Tiempo de transmisión en un sentido

Resumen

Esta Recomendación proporciona información sobre los efectos del retardo de extremo a extremo en un sentido (denominado algunas veces latencia) y un límite superior para el retardo de red en un sentido.

Aunque se recomienda que el retardo en un sentido no supere 400 ms para la planificación general de redes, es importante destacar que retardos muy inferiores pueden afectar a tareas muy interactivas (por ejemplo, muchas llamadas de voz, aplicaciones de datos interactivos, videoconferencias).

Los efectos de los retardos inferiores a 500 ms en señales vocales de conversación se evalúan utilizando una curva derivada del modelo E (Rec. UIT-T G.107).

La presente versión de esta Recomendación supone una revisión importante para alinearla con otras Recomendaciones UIT-T de la serie G.100.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.114 fue aprobada por la Comisión de Estudio 12 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8 el 6 de mayo de 2003. Esta Recomendación incluye las modificaciones introducidas por el apéndice II aprobado el 30 de septiembre de 2003.

PREFACIO

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

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

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

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

NOTA

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

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

PROPIEDAD INTELECTUAL

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

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

© UIT 2004

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

ÍNDICE

		Página
1	Introducción.....	1
2	Referencias	1
3	Aplicabilidad a la calidad de transmisión vocal – Utilización del modelo E	2
4	Recomendaciones para el tiempo de transmisión en un sentido.....	2
5	Estimación del retardo de extremo a extremo basada en conjuntos de elementos de transmisión.....	4
	Anexo A – Estimación del retardo de extremo a extremo	4
	A.1 Valores de planificación para el retardo de elementos de transmisión	4
	A.2 Retardo del códec	6
	A.3 Retardo debido a la memoria intermedia de variación del retardo IP	7
	Apéndice I – Retardo introducido por el procesamiento correspondiente al codificador.....	9
	Apéndice II – Directrices relativas al retardo en un sentido de la transmisión de la voz por Internet.....	13
	II.1 Introducción.....	13
	II.2 Cómo lograr un retardo satisfactorio	13

Recomendación UIT-T G.114

Tiempo de transmisión en un sentido

1 Introducción

La presente Recomendación proporciona información sobre los efectos del retardo de extremo a extremo en un sentido (algunas veces denominado latencia) y un límite superior para el retardo de red en un sentido. El efecto del retardo sobre la calidad de transmisión vocal se puede estimar utilizando una curva derivada del modelo de determinación de índices de transmisión de la Rec. UIT-T G.107 [3], que es el método recomendado por el UIT-T para la planificación de la transmisión vocal de extremo a extremo. La Rec. UIT-T G.108 [4] proporciona ejemplos detallados de cómo utilizar el modelo para evaluar las características de transmisión en conexiones que impliquen diversas degradaciones, incluido el retardo en un sentido; y la Rec. UIT-T G.109 [5] clasifica los resultados de los índices de transmisión del modelo en categorías de la calidad de transmisión vocal. Por lo tanto, mientras la Rec. UIT-T G.114 proporciona información útil relativa al retardo en un sentido como un parámetro en sí mismo, la Rec. UIT-T G.107 [3] (y sus compañeras Rec. UIT-T G.108 [4] y Rec. UIT-T G.109 [5]) se deben utilizar para evaluar los efectos del retardo junto con otras perturbaciones (por ejemplo, distorsiones debidas al procesamiento de la voz).

Retardos inferiores a 100 ms pueden afectar a tareas muy interactivas (por ejemplo, algunas aplicaciones vocales, de videoconferencia y de datos interactivos), como se puede observar en los resultados de las pruebas incluidos en el anexo B a las anteriores versiones de la Rec. UIT-T G.114. Por esta razón, las versiones anteriores de esta Recomendación destacaban que si los retardos se mantuvieran por debajo de 150 ms, entonces no se afectaría de modo significativo a la mayoría de las *aplicaciones*. Además, siempre se consideró en la Rec. UIT-T G.114 un límite superior de 400 ms para la planificación de *redes*. Sin embargo, este tratamiento en paralelo de los retardos de red junto con los retardos de nivel de aplicación ("de boca a oído") resultan confusos sobre cómo aplicar la Rec. UIT-T G.114.

Afortunadamente, con el desarrollo y aprobación del modelo E (Rec. UIT-T G.107 [3]), que se basa en pruebas subjetivas del retardo (entre otros parámetros) existe actualmente una forma acordada de estimar los efectos del retardo sobre la calidad de transmisión vocal de boca a oído.

Por consiguiente, ahora se puede proporcionar una información sencilla y directa sobre los efectos del retardo en la transmisión de la voz que se incluye en la presente Recomendación.

La falta de herramientas similares para aplicaciones distintas de la voz es un tema que queda en estudio, de forma que esta Recomendación sólo puede proporcionar directrices para la planificación general.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [1] Recomendación UIT-T G.100 (2001), *Definiciones utilizadas en las Recomendaciones sobre características generales de las conexiones y circuitos telefónicos internacionales*.

- [2] Recomendación UIT-T G.101 (1996), *Plan de transmisión*.
- [3] Recomendación UIT-T G.107 (2003), *El modelo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión*.
- [4] Recomendación UIT-T G.108 (1999), *Aplicación del modelo E: directrices para la planificación*.
- [5] Recomendación UIT-T G.109 (1999), *Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal*.
- [6] Recomendación UIT-T G.131 (1996), *Control del eco para el hablante*.
- [7] Recomendación UIT-T G.168 (2002), *Compensadores de eco de redes digitales*.
- [8] Recomendación UIT-T G.763 (1998), *Equipo de multiplicación de circuitos digitales que emplean modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (Recomendación G.726) e interpolación digital de la palabra*.
- [9] Recomendación UIT-T G.764 (1990), *Paquetización de voz – Protocolo de voz paquetizada*.
- [10] Recomendación UIT-T G.766 (1996), *Demodulación/remodulación facsímil para equipo de multiplicación de circuitos digitales*.
- [11] Recomendación UIT-T G.767 (1998), *Equipo de multiplicación de circuitos digitales que emplea predicción lineal con excitación por código de bajo retardo a 16 kbit/s, interpolación digital de la palabra y demodulación/remodulación facsímil*.
- [12] Recomendación UIT-T Q.551 (2002), *Características de transmisión de las centrales digitales*.
- [13] Recomendación UIT-T Y.1541 (2002), *Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet*.

3 Aplicabilidad a la calidad de transmisión vocal – Utilización del modelo E

Esta Recomendación proporciona límites de extremo a extremo para el retardo medio en un sentido, independientes de las demás degradaciones de transmisión. La necesidad de considerar los efectos combinados de todas las degradaciones en la calidad de transmisión vocal se considera en el modelo de determinación de índices de transmisión de la Rec. UIT-T G.107 [3], que es el método recomendado por el UIT-T para la planificación de la transmisión vocal de extremo a extremo. La Rec. UIT-T G.108 [4] ofrece ejemplos detallados de cómo utilizar el modelo para evaluar las características de transmisión en conexiones que impliquen diferentes degradaciones, incluido el retardo; y la Rec. UIT-T G.109 [5] clasifica las predicciones de los índices de transmisión del modelo en categorías de la calidad de transmisión vocal. Por lo tanto, mientras esta Recomendación ofrece información útil relativa al retardo medio en un sentido como un parámetro en sí mismo, la Rec. UIT-T G.107 [3] (y sus compañeras Rec. UIT-T G.108 [4] y Rec. UIT-T G.109 [5]) se deben utilizar para evaluar los efectos del retardo junto con otras perturbaciones (por ejemplo, distorsiones debidas al procesamiento de la voz).

4 Recomendaciones para el tiempo de transmisión en un sentido

Independientemente del tipo de aplicación, se recomienda que el retardo en un sentido no supere 400 ms para la planificación general de la red (es decir, UNI a UNI, como se muestra, por ejemplo, en la Rec. UIT-T Y.1541 [13]); este valor permite flexibilidad a la hora de desplegar redes mundiales, sin que resulte inaceptable para un número excesivo de usuarios.

Sin embargo, es deseable mantener tan reducidos como sea posible los retardos que sufren las aplicaciones de usuario. El modelo E se debería utilizar para evaluar el efecto del retardo en un

sentido (incluidas todas las fuentes de retardo, es decir, "de boca a oído") sobre la calidad de transmisión vocal para conversaciones como se muestra más adelante. Para aplicaciones distintas de las vocales tales como datos interactivos o vídeo, no se han acordado herramientas de evaluación como el modelo E, por lo que los efectos del retardo en estas aplicaciones deben comprobarse con cuidado. Aunque son pocas las aplicaciones que pueden ser ligeramente afectadas por retardos de extremo a extremo (es decir "de boca a oído" en el caso de la voz) inferiores a 150 ms, si los retardos se pueden mantener por debajo de esta cifra, la mayoría de las aplicaciones, tanto de voz como no de voz, experimentarán una interactividad fundamentalmente transparente.

Aunque no se pueden aceptar retardos superiores a 400 ms para la planificación general de las redes, se admite que en algunos casos excepcionales pueda superarse este límite. Un ejemplo de esta excepción es cuando no se puede evitar un doble salto por satélite para un emplazamiento difícil de enlazar, cuyo impacto puede estimarse mediante la utilización del factor de mejora en el modelo E.

En lo que respecta a la utilización del modelo E para aplicaciones vocales, el efecto del retardo se puede observar en el siguiente gráfico de los índices de transmisión, R, en función del retardo. También se muestran las categorías de la calidad vocal de la Rec. UIT-T G.109 [5], que transforma los valores de R en valores de aceptación de usuario.

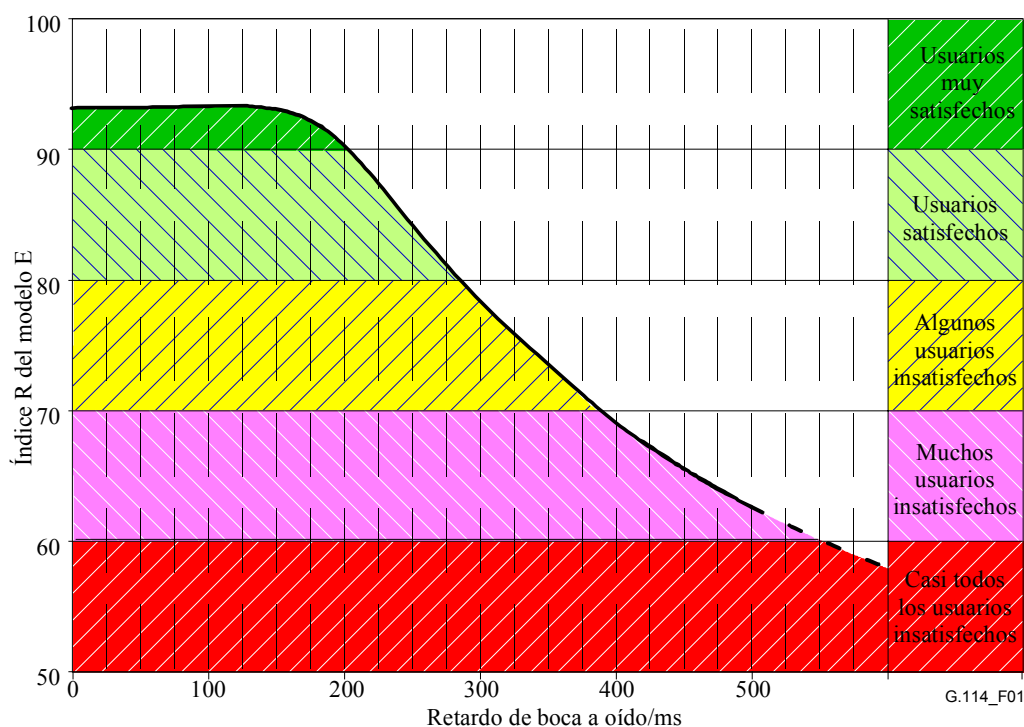


Figura 1/G.114 – Determinación por el modelo E de los efectos del retardo absoluto

NOTA 1 – La curva de la figura 1 se basa únicamente en el efecto del retardo, es decir, en total ausencia de cualquier eco. Se calcula fijando el parámetro T_a del modelo E G.107 igual al valor del retardo total en un sentido desde el origen al oído, estando los restantes valores de los parámetros de entrada del modelo E fijados a sus valores por defecto. El efecto del eco, que se produciría si no se controlara perfectamente el eco, dará lugar a una calidad vocal inferior para un determinado valor del retardo en un sentido.

NOTA 2 – El cálculo también considera un factor de degradación del equipo (I_e , *equipment impairment factor*) igual a cero. Los valores distintos de cero, que se producirían en la codificación/tratamiento de la voz, darán lugar a una calidad vocal inferior para un determinado valor del retardo en un sentido.

NOTA 3 – Para valores del retardo en un sentido que superen los 500 ms, el gráfico muestra una línea de puntos para indicar que estos resultados no están totalmente comprobados, sino que son la mejor estimación de los valores esperados y que, por lo tanto, proporcionan una orientación útil.

5 Estimación del retardo de extremo a extremo basada en conjuntos de elementos de transmisión

Los valores nominales del retardo y las normas de la planificación general se indican en el anexo A. Para estimar el tiempo total de transmisión de extremo a extremo se pueden utilizar los retardos relativos al codificador del apéndice I.

Anexo A

Estimación del retardo de extremo a extremo

A.1 Valores de planificación para el retardo de elementos de transmisión

Cuadro A.1/G.114 – Valores de planificación para el retardo de elementos de transmisión

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 μ s/km	Se tiene en cuenta el retardo en repetidores y regeneradores
Sistema de cable de fibra óptica; transmisión digital	5 μ s/km (nota 1)	
Sistema de cable coaxial submarino	6 μ s/km	
Sistema de fibra óptica submarino: – terminal transmisor – terminal receptor	13 ms 10 ms	Caso más desfavorable
Sistema por satélite: – 400 km altitud – 14 000 km altitud – 36 000 km 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 2)	
Sistema móvil terrestre público (PLMS, <i>public land mobile system</i>) – objetivo 40 ms	80-110 ms	
Codificadores y decodificadores de vídeo de la serie H.260	En estudio (nota 3)	
DCME (Rec. UIT-T G.763 [8]) por par: para señales vocales, datos en la banda vocal y facsímil sin remodulación	30 ms	Semisuma de los tiempos de transmisión en ambos sentidos de transmisión
DCME (Rec. UIT-T G.767 [11]) por par: para señales vocales, datos en la banda vocal y facsímil sin remodulación	30 ms	
DCME (Rec. UIT-T G.766 [10] en unión de Rec. UIT-T G.763 [8] o Rec. UIT-T G.767 [11]), por par: para facsímil con remodulación	200 ms	

Cuadro A.1/G.114 – Valores de planificación para el retardo de elementos de transmisión

Sistema de transmisión o de procesamiento	Contribución al tiempo de transmisión en un sentido	Observaciones
Equipo PCME (Rec. UIT-T G.764 [9]), por par:		
– con señales vocales y datos en la banda vocal sin remodulación	35 ms	
– con datos en la banda vocal con remodulación	70 ms	
Transmultiplexor	1,5 ms (nota 4)	Semisuma de los tiempos de transmisión en ambos sentidos de transmisión
Central de tránsito digital, digital-digital	0,45 ms (nota 5)	
Central local digital, analógico-analógico	1,5 ms (nota 5)	
Central local digital, línea de abonado analógica-enlace digital	0,975 ms (nota 5)	
Central local digital, línea de abonado digital-enlace digital	0,825 ms (nota 5)	
Compensadores de eco	0,5 ms (nota 6)	
Modo de transferencia asíncrono ATM (CBR utilizando AAL 1)	6,0 ms (nota 7)	
NOTA 1 – Este valor es provisional y queda en estudio. NOTA 2 – 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 multiplex y de transferencia intermedios de orden superior. NOTA 3 – 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. NOTA 4 – Para comunicaciones digitales por satélite en las que el transmultiplexor está instalado en la estación terrena, este valor puede aumentarse a 3,3 ms. NOTA 5 – 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 Rec. UIT-T Q.551 [12].) NOTA 6 – Equivale al promedio de ambos sentidos de transmisión. NOTA 7 – 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, <i>virtual channel</i>)]. 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, <i>ATM adaptation layer</i>) y a otras disposiciones de correspondencia de célula, y las cuales quedan en estudio.		

A.2 Retardo del códec

Los modernos códecs vocales actúan sobre conjuntos de muestras vocales conocidos como tramas. Cada bloque de muestras vocales de entrada se procesa para convertirlo en una trama comprimida. La trama vocal codificada no se genera hasta que todas las tramas vocales del bloque de entrada hayan sido recogidas por el codificador. De este modo, hay un retardo de una trama antes de que pueda comenzar el procesamiento. Además, muchos codificadores también miran a la trama siguiente para mejorar la eficacia de compresión. La longitud de esta indagación se sabe que es igual al tiempo de indagación del codificador. El tiempo requerido para procesar una trama de entrada se supone que es el mismo que la longitud de trama, ya que el uso eficiente de los recursos de procesador se conseguirá cuando un par codificador/decodificador (o múltiples pares codificador/decodificador que actúan en paralelo sobre trenes de entrada múltiples) utiliza totalmente la potencia de procesamiento disponible (uniformemente distribuida en el dominio del tiempo). Por tanto, el retardo a través de un par codificador/decodificador se supone que es normal:

$$2 \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación}$$

A.2.1 Retardo en un entorno alámbrico

Si la facilidad de salida funciona a la misma velocidad que el códec vocal (por ejemplo, una facilidad a 8 kbit/s para la Rec. UIT-T G.729), se produce entonces una trama adicional de retardo cuando se sincroniza la trama comprimida a la facilidad. Por tanto, el máximo retardo atribuible al procesamiento correspondiente al códec en los sistemas alámbricos convencionales (es decir, la RTPC) es:

$$3 \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación}$$

A.2.2 Retardo en un entorno móvil e inalámbrico

Si la facilidad de salida es una red móvil o una facilidad sin cordón, la salida de trama por el codificador funcionará de manera similar al funcionamiento en un entorno alámbrico, pero se produce un retardo adicional para afectar la trama comprimida al trayecto aéreo (se supone de nuevo que la facilidad móvil funciona a la misma velocidad que el códec vocal). Por tanto, el máximo retardo atribuible al procesamiento correspondiente al códec en los sistemas móviles e inalámbricos es:

$$3 \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación} + \text{ajuste de trama a la interfaz aérea}$$

A.2.3 Retardo en un entorno IP (una trama por paquete)

Si la facilidad de salida es una red IP, la salida de trama del codificador se excluirá instantáneamente en un paquete IP. El retardo adicional requerido para un ensamblado de paquetes IP y la presentación a la capa de enlace subyacente dependerá de la capa de enlace. Cuando la capa de enlace es una LAN (por ejemplo, Ethernet), este tiempo adicional será normalmente bastante pequeño. Por tanto, el máximo retardo atribuible al procesamiento correspondiente al códec en los sistemas basados en IP es:

$$2 \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación}$$

Cuando la capa de enlace es una capa con velocidad de temporización inferior (por ejemplo, conexión del módem) o una con alta carga de tráfico (por ejemplo, una LAN congestionada), el retardo adicional aumentará sustancialmente. A fin de sincronizar las tramas comprimidas al menos con la misma velocidad a la facilidad que se recogen las tramas vocales a la entrada del codificador, el retardo adicional no debe ser superior a un tamaño de trama. Por tanto, el máximo retardo atribuible al procesamiento correspondiente al códec en los sistemas basados en IP que funcionan en tiempo real es:

$$3 \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación}$$

A.2.4 Retardo en un entorno IP (múltiples tramas por paquete)

Si se agrupan múltiples tramas de voz en un único paquete IP, se añade más retardo a la señal vocal. Este retardo será al menos igual a la duración de una trama de voz extra en el codificador para cada trama de voz adicional añadida al paquete IP. Por tanto, el mínimo retardo atribuible al procesamiento correspondiente al códec en los sistemas basados en IP con múltiples tramas por paquete es:

$$(N + 1) \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación}$$

donde N es el número de tramas en cada paquete.

Cuando la capa de enlace es una capa con velocidad de temporización inferior (por ejemplo, conexión del módem) o una con alta carga del tráfico (por ejemplo, LAN congestionada), se producirá retardo adicional al entregar el paquete a la facilidad. A fin de sincronizar las tramas comprimidas al menos con la misma velocidad a la facilidad que se recogen las tramas vocales a la entrada del codificador, el retardo adicional no debe, en caso de múltiples tramas por paquete, ser superior a la longitud de las tramas contenidas en un paquete. Debe señalarse que la sincronización de un paquete a la facilidad IP no puede empezar antes de que estén disponibles todas las tramas vocales para este paquete. Por tanto, el máximo retardo atribuible al procesamiento correspondiente al códec en los sistemas basados en IP que funcionan en tiempo real con múltiples tramas por paquete es:

$$(2N + 1) \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación}$$

donde N es el número de tramas en cada paquete.

La figura A.1 proporciona un ejemplo para N = 2:

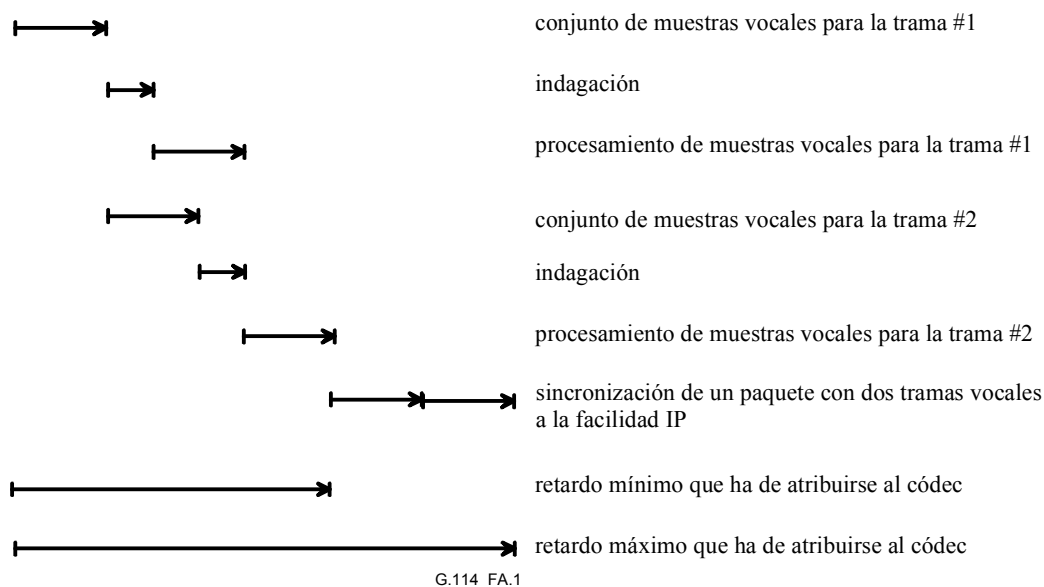


Figura A.1/G.114 – Ejemplo: Composición del retardo total correspondiente al códec en un entorno IP para N = 2

A.3 Retardo debido a la memoria intermedia de variación del retardo IP

Los sistemas de transmisión paquetizada presentan un retardo variable en el tiempo de entrega de los paquetes. Esto se debe al hecho de que diferentes paquetes que transportan muestras vocales de la misma conversación telefónica pueden encontrarse con diferentes longitudes de cola o con diferentes rutas a través de la red. El efecto detallado depende mucho del mecanismo específico para el transporte, las colas o las prioridades que se pueden implementar en este tipo de sistemas.

No obstante, hay que suprimir la variación del retardo antes de reproducir la conversación al usuario, porque sino se notará una degradación importante.

Esto se logra normalmente recogiendo paquetes en una memoria intermedia en el extremo receptor. Esta memoria intermedia reorganiza el orden cronológico de los paquetes y está dimensionada para tener en cuenta una cierta gama de variaciones del retardo de red, suprimiendo eficazmente todos los paquetes que corresponden al retardo del paquete con el mayor tiempo de tránsito que se puede aceptar. Si el tiempo de entrega de un paquete supera la longitud de la memoria intermedia de recepción, entonces este paquete "llega demasiado tarde" en relación con su tiempo previsto de reproducción y será descartado. Por consiguiente, la señal vocal transportada en este paquete se pierde para el proceso de decodificación. Esta "pérdida de paquetes" degrada la calidad de transmisión vocal (véase la Rec. UIT-T G.113).

La contribución de la memoria intermedia de recepción al retardo en un sentido se basa en el promedio del tiempo que pasan los paquetes en la memoria, que es inferior al tamaño máximo de la memoria intermedia. Dependiendo del tipo específico de implementación, así como del ajuste adecuado de la memoria, éste puede ser tan pequeño como la mitad del tamaño máximo de la memoria (suponiendo retardos distribuidos de forma simétrica). Los paquetes que sufren el retardo de transferencia mínimo esperarán durante el tiempo máximo en la memoria intermedia antes de retransmitirse como un tren síncrono, lo contrario es cierto para paquetes con el retardo de transferencia máximo (estos paquetes están el tiempo mínimo en la memoria intermedia). Para FINES DE PLANIFICACIÓN, SE RECOMIENDA suponer que una memoria intermedia de recepción añade la mitad de su retardo máximo al promedio del retardo de red.

Ejemplo (tomado del apéndice III/Y.1541 [13]):

Una memoria intermedia de fluctuación de fase diseñada para compensar una gama de variaciones del retardo de paquetes de 50 ms introducirá un retardo adicional de 25 ms, en promedio.

La Rec. UIT-T Y.1541 [13] proporciona más información sobre los efectos en el retardo de paquetes producidos por la memoria intermedia de fluctuación de fase.

Hay que destacar que, con la utilización de memorias intermedias de fluctuación de fase dinámicas, el retardo de las señales vocales recibidas por el usuario estará sometido a variaciones transitorias poco frecuentes cuando se redimensiona la memoria intermedia de fluctuación de fase.

Apéndice I

Retardo introducido por el procesamiento correspondiente al codificador

**Cuadro I.1/G.114 – Valores del retardo para los codificadores
en aplicaciones alámbricas**

Tipo de codificador	Velocidad (kbit/s)	Tamaño de trama (ms)	Indagación (ms)	Retardo unidireccional medio introducido por el procesamiento correspondiente al codificador (ms)	Referencia
MIC	64	0,125	0	0,375	G.711, G.712
MICDA	40	0,125	0	0,375	G.726, G.727
MICDA	32	0,125	0	0,375	G.721 (1988), G.726, G.727
MICDA	24	0,125	0	0,375	G.726, G.727
MICDA	16	0,125	0	0,375	G.726, G.727
LD-CELP	16	0,625	0	1,875	G.728
LD-CELP	12,8	0,625	0	1,875	G.728
CS-ACELP	8	10	5	35	G.729
VSELP	7,95	20	0	60	IS-54-B, TIA
ACELP	7,4	20	5	65	IS-641, TIA
QCELP	8	20	0	60	IS-96-A
RCELP	8	20	10	70	IS-127
VSELP	6,7	20	5	65	PDC de Japón
RPE-LTP	13	20	0	60	GSM 06.10, Velocidad normal
VSELP	5,6	20	0	60	GSM 06.20, Velocidad mitad
ACELP	12,2	20	0	60	GSM 06.60, FR mejorada
ACELP	5,3	30	7,5	97,5	G.723.1
MP-MLQ	6,3	30	7,5	97,5	G.723.1
NOTA 1 – El codificador MIC convierte de analógico a digital y viceversa, mientras que todos los demás codificadores se refieren al dominio MIC; para MIC en el dominio analógico, se tiene un retardo adicional (0,375 ms). NOTA 2 – Para aplicaciones alámbricas, el retardo unidireccional medio introducido por el procesamiento correspondiente al códec = $3 \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación}$ (véase A.2.1).					

Cuadro I.2/G.114 – Valores de retardo de los codificadores en aplicaciones móviles o sin cordón

Tipo de codificador	Velocidad (kbit/s)	Tamaño de trama (ms)	Indagación (ms)	Ajuste de trama con la interfaz aérea (ms)	Retardo unidireccional medio introducido por el procesamiento correspondiente al codificador (ms)	Referencia
MIC	64	0,125	0	(Véase nota 3)		G.711, G.712
MICDA	40	0,125	0	(Véase nota 3)		G.726, G.727
MICDA	32	0,125	0	13,625	14	G.721 (1988), G.726, G.727, DECT
MICDA	24	0,125	0	(Véase nota 3)		G.726, G.727
MICDA	16	0,125	0	(Véase nota 3)		G.726, G.727
LD-CELP	16	0,625	0	(Véase nota 3)		G.728
LD-CELP	12,8	0,625	0	(Véase nota 3)		G.728
CS-ACELP	8	10	5	(Véase nota 3)		G.729
VSELP	7,95	20	0			IS-54-B, TIA
ACELP	7,4	20	5			IS-641, TIA
QCELP	8	20	0			IS-96-A
RCELP	8	20	10			IS-127
VSELP	6,7	20	5			PDC de Japón
RPE-LTP	13	20	0	35	95	GSM 06.10, Velocidad normal
VSELP	5,6	20	0	35	95	GSM 06.20, Velocidad mitad
ACELP	12,2	20	0	35	95	GSM 06.60, FR mejorada
ACELP	5,3	30	7,5	(Véase nota 3)		G.723.1
MP-MLQ	6,3	30	7,5	(Véase nota 3)		G.723.1

NOTA 1 – El codificador MIC convierte de analógico a digital y viceversa, mientras que todos los demás codificadores se refieren al dominio MIC; para MIC en el dominio analógico, se tiene un retardo adicional (0,375 ms).

NOTA 2 – Para aplicaciones móviles o sin cordón, el retardo unidireccional medio introducido por el procesamiento correspondiente al códec = $3 \times$ tamaño de trama + indagación + ajuste de trama con la interfaz aérea (véase A.2.2).

NOTA 3 – Para los tipos de codificadores marcados, la Comisión de Estudio 12 no conoce ninguna aplicación móvil o sin cordón.

**Cuadro I.3/G.114 – Valores de retardo de los codificadores en aplicaciones
basadas en IP (una trama por paquete)**

Tipo de codificador	Velocidad (kbit/s)	Tamaño de trama (ms)	Indagación (ms)	Retardo unidireccional medio introducido por procesamiento correspondiente al codificador (ms) (véase nota 2)		Referencia
				Mínimo	Máximo	
MIC	64	0,125	0	0,25	0,375	G.711, G.712
MICDA	40	0,125	0	0,25	0,375	G.726, G.727
MICDA	32	0,125	0	0,25	0,375	G.721 (1988), G.726, G.727
MICDA	24	0,125	0	0,25	0,375	G.726, G.727
MICDA	16	0,125	0	0,25	0,375	G.726, G.727
LD-CELP	16	0,625	0	1,25	1,875	G.728
LD-CELP	12,8	0,625	0	1,25	1,875	G.728
CS-ACELP	8	10	5	25	35	G.729
VSELP	7,95	20	0	40	60	IS-54-B, TIA
ACELP	7,4	20	5	45	65	IS-641, TIA
QCELP	8	20	0	40	60	IS-96-A
RCELP	8	20	10	50	70	IS-127
VSELP	6,7	20	5	45	65	PDC de Japón
RPE-LTP	13	20	0	40	60	GSM 06.10, Velocidad normal
VSELP	5,6	20	0	40	60	GSM 06.20, Velocidad mitad
ACELP	12,2	20	0	40	60	GSM 06.60, FR mejorada
ACELP	5,3	30	7,5	67,5	97,5	G.723.1
MP-MLQ	6,3	30	7,5	67,5	97,5	G.723.1

NOTA 1 – El codificador MIC convierte de analógico a digital y viceversa, mientras que todos los demás codificadores se refieren al dominio MIC; para MIC en el dominio analógico, se tiene un retardo adicional (0,375 ms).

NOTA 2 – Para aplicaciones basadas en IP, el retardo unidireccional medio introducido por el procesamiento correspondiente al códec:

= $2 \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación}$ (mínimo, véase A.2.3)

= $3 \times \text{tamaño de trama} + \text{indagación}$ (máximo, véase A.2.3).

**Cuadro I.4/G.114 – Valores de retardo de los codificadores en aplicaciones
basadas en IP (múltiples tramas por paquete)**

Tipo de codificador	Velocidad (kbit/s)	Tamaño de trama (ms)	Inda- gación (ms)	Retardo unidireccional medio introducido por procesamiento correspondiente al codificador (ms) (véase nota 2)		Referencia
				Mínimo	Máximo	
MIC	64	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.711, G.712
MICDA	40	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.726, G.727
MICDA	32	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.721(1988), G.726, G.727
MICDA	24	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.726, G.727
MICDA	16	0,125	0	$(N + 1) \times 0,125$	$(2N + 1) \times 0,125$	G.726, G.727
LD-CELP	16	0,625	0	$(N + 1) \times 0,625$	$(2N + 1) \times 0,625$	G.728
LD-CELP	12,8	0,625	0	$(N + 1) \times 0,625$	$(2N + 1) \times 0,625$	G.728
CS-ACELP	8	10	5	$(N + 1) \times 10 + 5$	$(2N + 1) \times 10 + 5$	G.729
VSELP	7,95	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	IS-54-B, TIA
ACELP	7,4	20	5	$(N + 1) \times 20 + 5$	$(2N + 1) \times 20 + 5$	IS-641, TIA
QCELP	8	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	IS-96-A
RCELP	8	20	10	$(N + 1) \times 20 + 10$	$(2N + 1) \times 20 + 10$	IS-127
VSELP	6,7	20	5	$(N + 1) \times 20 + 5$	$(2N + 1) \times 20 + 5$	PDC de Japón
RPE-LTP	13	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	GSM 06.10, Velocidad normal
VSELP	5,6	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N+1) \times 20$	GSM 06.20, Velocidad mitad
ACELP	12,2	20	0	$(N + 1) \times 20$	$(2N + 1) \times 20$	GSM 06.60, FR mejorada
ACELP	5,3	30	7,5	$(N + 1) \times 30 + 7,5$	$(2N + 1) \times 30 + 7,5$	G.723.1
MP-MLQ	6,3	30	7,5	$(N + 1) \times 30 + 7,5$	$(2N + 1) \times 30 + 7,5$	G.723.1
NOTA 1 – El codificador MIC convierte de analógico a digital y viceversa, mientras que todos los demás codificadores se refieren al dominio MIC; para MIC en el dominio analógico, se tiene un retardo adicional (0,375 ms). NOTA 2 – Para aplicaciones basadas en IP con múltiples tramas por paquete, el retardo unidireccional medio introducido por el procesamiento correspondiente al códec puede calcularse como sigue: = $(N + 1) \times$ tamaño de trama + indagación (mínimo, véase A.2.4) = $(2N + 1) \times$ tamaño de trama + indagación (máximo, véase A.2.4). NOTA 3 – N = número de tramas por paquete.						

Apéndice II

Directrices relativas al retardo en un sentido de la transmisión de la voz por Internet

II.1 Introducción

El presente apéndice proporciona directrices suplementarias para la aplicación de la Rec. UIT-T G.114. Su principal objetivo es brindar información práctica para la planificación de redes VoIP de extremo a extremo. Asimismo, establece una relación con los objetivos de retardo de red IP definidos en la Rec. UIT-T Y.1541.

II.2 Cómo lograr un retardo satisfactorio

En numerosas rutas *intrarregionales* (por ejemplo, en África, Europa o América del Norte) de longitud igual o menor que 5000 km, los usuarios de las conexiones VoIP pueden experimentar retardos en la transmisión de boca a oído inferiores a 150 ms. El apéndice III/Y.1541 ilustra este cálculo mediante terminales de referencia con un retardo medio total de 50 ms (paquetes de 10 ms). El cálculo indica que el objetivo de 100 ms para la clase 0 de Y.1541 se puede alcanzar con una red de acceso bien construida (con velocidades de T1 o E1 o superiores como lo establece la Y.1541) y dotada de 12 encaminadores de red. El apéndice X/Y.1541 muestra que es posible mantener una calidad vocal similar mediante terminales de referencia que permitan un retardo total menos estricto de 80 ms (utilizando paquetes de 20 ms y una ocultación de pérdida de paquete importante).

Para las rutas *interregionales* terrestre, incluso las que recorren los 27 500 km de la tradicional conexión ficticia de referencia más desfavorable de la UIT, es probable que el retardo del trayecto VoIP de boca a oído supere apenas los 300 ms. Ello suponiendo que los terminales crean un retardo total de 80 ms (paquetes de 20 ms), que se dispone de una red de acceso bien construida y que se soportan trayectos de red IP que encuentran como máximo 20 encaminadores de red (conforme al apéndice III/Y.1541). Claro está, es extremadamente poco probable que muchas llamadas tengan que recorrer la distancia más desfavorable de 27 500 km. Para las llamadas interregionales, que son sin duda las más frecuentes, que recorren por ejemplo 10 000 km o menos, los retardos correspondientes serán de aproximadamente 225 ms. Sin duda este valor sigue siendo superior a los 150 ms deseados, pero resulta bastante satisfactorio para la gran mayoría de usuarios.

Si bien los retardos de alrededor de 200 ms quizá no sean un problema serio para las llamadas interregionales de larga distancia, puesto que los usuarios las consideran diferentes de las llamadas regionales, es sumamente importante que los planificadores de redes no admitan esos retardos en las llamadas locales y regionales, ya que los usuarios confían que en esas llamadas no habrá ningún retardo.

Aunque se reconoce que la utilización de las tecnologías VoIP ha de aumentar los retardos con respecto a las transmisiones TDM no paquetizadas, el presente estudio demuestra que el uso difundido de la transmisión de la voz de extremo a extremo por Internet no producirá obligatoriamente retardos problemáticos si se efectúa una planificación adecuada y se toman las precauciones necesarias.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

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