



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.177

(09/99)

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

Conexiones y circuitos telefónicos internacionales –
Aspectos del plan de transmisión relativos a los circuitos
especiales y conexiones de la red de conexiones
telefónicas internacionales

**Planificación de la transmisión para servicios
en banda vocal sobre conexiones híbridas
Internet/RTPC**

Recomendación UIT-T G.177

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

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
SISTEMAS INTERNACIONALES ANALÓGICOS DE PORTADORAS	
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DIGITAL	
EQUIPOS TERMINALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999

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

RECOMENDACIÓN UIT-T G.177

PLANIFICACIÓN DE LA TRANSMISIÓN PARA SERVICIOS EN BANDA VOCAL SOBRE CONEXIONES HÍBRIDAS INTERNET/RTPC

Resumen

Esta Recomendación proporciona directrices sobre la calidad de transmisión aplicable a servicios en banda vocal sobre redes que están constituidas por la interconexión de una red IP (por ejemplo, "Internet") y la red telefónica pública conmutada (RTPC). Con la continua evolución de los modernos sistemas de telecomunicaciones, diversos tipos de redes híbridas gozan cada vez más de una mayor presencia. Esta tendencia, junto con el hecho incuestionable de que las comunicaciones en banda vocal van a constituir una fuente importante de tráfico para dichas redes, ha impulsado a la UIT-T a elaborar esta Recomendación. El objetivo de la misma es proporcionar un amplio conjunto de principios relativos a los aspectos de la calidad de transmisión de las conexiones híbridas Internet/RTPC.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.177 ha sido preparada por la Comisión de Estudio 12 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 30 de septiembre de 1999.

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 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.

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 *empresa de explotación reconocida (EER)* designa a toda persona, compañía, empresa u organización gubernamental que explote un servicio de correspondencia pública. Los términos *Administración*, *EER* y *correspondencia pública* están definidos en la *Constitución de la UIT (Ginebra, 1992)*.

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 2000

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	Ámbito, objetivo y aplicación..... 1
1.1	Ámbito 1
1.2	Objetivo 1
1.3	Aplicación..... 2
2	Terminología..... 2
3	Acrónimos y abreviaturas 3
4	Referencias..... 4
5	Calidad de las conexiones híbridas Internet/RTPC 6
6	Características del canal de transmisión de las redes IP 7
7	Calidad de la voz (extremo a extremo)..... 8
7.1	Calidad del codificador de la voz..... 9
7.1.1	Factores de degradación del equipo del modelo E 10
7.1.2	Calidad de funcionamiento de las conexiones en serie 10
7.1.3	Otras consideraciones sobre los codificadores de voz..... 10
7.2	Efectos de los errores de transmisión y de la pérdida de paquetes 11
7.2.1	Errores en los bits 11
7.2.2	Pérdida de paquetes 11
7.3	Índices de sonoridad y características del terminal..... 11
7.4	Retardo y eco 12
7.4.1	Retardo..... 12
7.4.2	Variación del retardo 14
7.4.3	Control de eco..... 14
7.5	Recorte (silábico) temporal..... 16
7.6	Ruido ambiente (acústico) 16
7.7	Ruido de canal en reposo 16
7.8	Contraste de ruido y ruido de confort 16
7.9	Anchura de banda 17
7.10	Pérdida de estabilidad 17
7.11	Distorsión..... 17
8	Planificación de la transmisión de voz en redes híbridas 17
9	Transmisión de no voz (extremo a extremo) 18

Recomendación G.177

PLANIFICACIÓN DE LA TRANSMISIÓN PARA SERVICIOS EN BANDA VOCAL SOBRE CONEXIONES HÍBRIDAS INTERNET/RTPC

(Ginebra, 1999)

1 Ámbito, objetivo y aplicación

1.1 Ámbito

Esta Recomendación proporciona directrices para la planificación de la transmisión aplicables a servicios en banda vocal establecidos sobre conexiones que incluyen segmentos de Internet y de la RTPC, es decir, conexiones híbridas Internet/RTPC. En particular, se consideran conexiones de "voz sobre Internet" o "voz sobre el protocolo Internet" (VoIP, *voice over Internet protocol*) aquéllas en las que al menos parte de la conexión se establece sobre una red cuyo funcionamiento de basa en el protocolo Internet (IP, *Internet protocol*). Las redes en las que sólo se utilizan conexiones de la RTPC (es decir, conexiones que se inician, se terminan y se transportan exclusivamente sobre la RTPC) constituyen una referencia útil para comparar la calidad de las restantes conexiones.

En esta Recomendación se proporcionan directrices de calidad de transmisión extremo a extremo para conexiones híbridas Internet/RTPC que transportan servicios en banda vocal. Si uno de los terminales se encuentra conectado a una red IP, se supone que dicho terminal tiene la funcionalidad definida en la Recomendación H.323 (no es necesario que se trate de un terminal H.323, pero sí que tenga su funcionalidad). Con el objeto de soportar esta capacidad extremo a extremo, se proporcionan directrices sobre las funciones de interfuncionamiento entre Internet y la RTPC. La funcionalidad que ofrecen las pasarelas Internet/RTPC presentan aspectos específicos de calidad que deben tenerse en cuenta para asegurar una elevada calidad del servicio. En esta Recomendación no se analizan los detalles del protocolo IP ni de otros protocolos de nivel superior (por ejemplo, TCP, UDP, RTP, RSVP). Por el contrario, el impacto sobre la calidad de servicio de los servicios en banda vocal de aspectos específicos de las redes de paquetes que caracterizan a las redes IP, tales como el retardo asociado con el ensamblado de paquetes y la pérdida o el descarte de paquetes, son objeto del máximo interés de esta Recomendación.

Asimismo, se considera muy importante tener en cuenta las expectativas del usuario con respecto a servicios en banda vocal sobre redes híbridas Internet/RTPC. Sin embargo, en esta Recomendación no se trata de este asunto ni se presentan propuestas detalladas sobre como evaluar el efecto de las expectativas del usuario sobre el grado de aceptación de estos servicios. En las Recomendaciones UIT-T de la serie P y de la serie G.100 pueden encontrarse directrices adicionales sobre muchas de estas cuestiones.

En esta Recomendación se analizan asimismo elementos asociados a las funciones de interfuncionamiento proporcionadas por las pasarelas Internet/RTPC.

1.2 Objetivo

Esta Recomendación proporciona directrices sobre aspectos del servicio telefónico básico involucrados en el suministro de servicios en banda vocal sobre conexiones híbridas Internet/RTPC. Esta información también es útil para fabricantes de equipos, proveedores de servicios de VoIP, proveedores de servicio Internet (ISP, *Internet service provider*), desarrolladores de soporte lógico y proveedores de RTPC, cuando el servicio cruza una pasarela hacia redes IP. Los ingenieros de la RTPC tradicional estarán familiarizados con los aspectos propios de la telefonía que aparecen en esta

Recomendación, pero encontrarán de utilidad el contenido relativo a las características específicas de Internet de los servicios en banda vocal sobre conexiones que incorporan un segmento de Internet.

1.3 Aplicación

Se pretende que las directrices proporcionadas en esta Recomendación sean aplicables a fabricantes de equipos, proveedores de servicios de VoIP, proveedores de servicio Internet (ISP), desarrolladores de soporte lógico y proveedores de RTPC. Todos aquellos que proporcionen servicios en los que la RTPC se interconecte con redes IP a través de una pasarela, encontrarán de utilidad esta información en la medida que diseñen equipos, soporte lógico y servicios para servicios en banda vocal sobre conexiones híbridas Internet/RTPC. La aplicación de estas directrices por parte de fabricantes de equipos, proveedores de servicios de VoIP, proveedores de servicio Internet (ISP), desarrolladores de soporte lógico y proveedores de RTPC mejorará la calidad de los servicios en banda vocal que se cursan a través de conexiones híbridas Internet/RTPC. Además, si se desea lograr una amplia aceptación por parte del cliente de los servicios de VoIP, la calidad resultante para los servicios en banda vocal debe aproximarse a la de la RTPC.

Las directrices de esta Recomendación se aplican a las situaciones y conexiones en las que al menos parte de la conexión se realiza sobre una red IP. Se presta especial atención a la "función de interfuncionamiento de la pasarela" (que proporciona las capacidades esenciales de interfuncionamiento de dicha conexiones híbridas). Una aplicación principal de esta Recomendación es la telefonía sobre Internet en la que el terminal (por ejemplo, una computadora personal, PC) dispone de las funcionalidades de la pila H.323. Tal como se ha indicado anteriormente, esta Recomendación utiliza las conexiones exclusivamente RTPC como una referencia con la que se compara la calidad de otras conexiones.

Esta Recomendación se aplica a conexiones en las que la fase de transferencia de datos tiene lugar sobre conexiones híbridas Internet/RTPC. En esta Recomendación no se consideran aspectos relativos al establecimiento de la llamada, la traducción de números (entre la numeración de la RTPC y de IP), etc.

Esta Recomendación se aplica a redes IP que proporcionan telefonía vocal conforme a cualquiera de los escenarios que se describen en la cláusula 5, Calidad de las conexiones híbridas Internet/RTPC. Contiene información general sobre la calidad extremo a extremo y la forma en la que ésta se ve afectada por los diversos componentes de un sistema de VoIP. También se incluye una descripción de la calidad de los terminales y de la red.

2 Terminología

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

2.1 híbrido(a) RTPC/Internet: Conexión que incluye al menos un segmento en el que el tráfico se transporta por la RTPC y al menos un segmento en el que el tráfico se transporta por una red que utiliza el protocolo Internet.

2.2 pasarela/función de interfuncionamiento: Elemento de conexión que interconecta distintas redes y que realiza las traducciones necesarias entre los protocolos utilizados en dichas redes.

2.3 interfuncionamiento: Capacidad de dos redes para ser interconectadas y transferir tráfico entre una y otra.

2.4 terminal basado en la Rec. H.323: Terminal que puede ser dedicado (por ejemplo, un terminal telefónico) o de propósito general (por ejemplo, una computadora que ejecute una aplicación que realiza la función de terminal) y que:

- tenga por objetivo la conexión con una red IP;
- proporcione la funcionalidad definida en la Recomendación H.323.

3 Acrónimos y abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

%GoB	Porcentaje bueno o mejor (<i>per cent good-or-better</i>)
%PoW	Porcentaje malo o peor (<i>per cent poor-or-worse</i>)
ACELP	Predicción lineal con excitación por código algebraico (<i>algebraic-code-excited linear-prediction</i>)
ACR	Índice absoluto de categorías (<i>absolute category rating</i>)
ADSL	Línea de abonado digital asimétrica (<i>asymmetric digital subscriber line</i>)
ATM	Modo de transferencia asíncrono (<i>asynchronous transfer mode</i>)
BER	Tasa de errores en los bits (<i>bit error ratio</i>)
CNG	Generador de ruido de confort (<i>comfort noise generator</i>)
CS-ACELP	Predicción lineal con excitación por código algebraico con estructura conjugada (<i>conjugate structure algebraic-code-excited linear-prediction</i>)
dB(A)	dB SPL, ponderado con A
dBm	decibelios relativos a 1 milivatio (<i>decibels referred to 1 milliwatt</i>)
dBm0p	dBm medidos en un punto de cero dBr, con ponderación sofométrica (<i>dBm, as measured at the zero dBr point, weighted psophometrically</i>)
dBmp	dBm, con ponderación sofométrica (<i>dBm, psophometrically weighted</i>)
DTMF	Multifrecuencia bitono (<i>dual-tone multi-frequency</i>)
EC	Compensador cancelador de eco (<i>echo canceller</i>)
eif	Factor de degradación de equipo del modelo E (<i>E-model equipment impairment factor</i>)
ERL	Pérdida de retorno del eco (<i>echo return loss</i>)
GSM	Sistema global para comunicaciones móviles (<i>global system for mobile communications</i>)
GSM EFR	Codificador vocal GSM mejorado de velocidad completa (<i>GSM enhanced full rate speech coder</i>)
GSM FR	Codificador vocal GSM de velocidad completa (<i>GSM full rate speech coder</i>)
GSM HR	Codificador vocal GSM de velocidad mitad (<i>GSM half rate speech coder</i>)
GW	Pasarela (<i>gateway</i>)
IP	Protocolo Internet (<i>Internet protocol</i>)
ISP	Proveedor de servicio Internet (<i>Internet service provider</i>)
IWF	Función de interfuncionamiento (<i>interworking function</i>)
LAN	Red de área local (<i>local area network</i>)
LD-CELP	Predicción lineal con excitación por código de bajo retardo (<i>low-delay code-excited linear prediction</i>)
MICDA	Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa
PCME	Equipo de multiplicación de circuitos por paquetes (<i>packetized circuit multiplication equipment</i>)

PPP	Protocolo punto a punto
QoS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)
RCC	Red de comunicaciones conmutada
RDSI	Red digital de servicios integrados
RLR	Índice de sonoridad en recepción (<i>receive loudness rating</i>)
RSVP	Protocolo de establecimiento de reserva de recursos (<i>resource reservation set-up protocol</i>)
RTP	Protocolo de transporte en tiempo real (<i>real-time transport protocol</i>)
RTPC	Red telefónica pública conmutada
SLR	Índice de sonoridad en emisión (<i>send loudness rating</i>)
SPL	Nivel de presión sonora (<i>sound pressure level</i>)
STU	Terminal telefónico con seguridad (<i>secure telephone unit</i>)
TCL _w	Atenuación ponderada por acoplamiento de terminal (<i>weighted terminal coupling loss</i>)
TCP	Protocolo de control de transmisión (<i>transmission control protocol</i>)
TDD	Telecomunicaciones para sordos (<i>telecommunications terminal for the deaf</i>)
TTY	Teletipo
UDP	Protocolo de datagrama de usuario (<i>user datagram protocol</i>)
VBD	Datos en banda vocal (<i>voiceband data</i>)
VDSL	Línea de abonado digital de muy alta velocidad (<i>very high speed digital subscriber line</i>)
VoIP	Voz sobre el protocolo Internet (<i>voice over Internet protocol</i>)
VTOA	Voz y telefonía sobre el modo de transferencia asíncrono (<i>voice and telephony over ATM</i>)
xDSL	ADSL, VDSL y otras técnicas de líneas de abonado digitales

4 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.

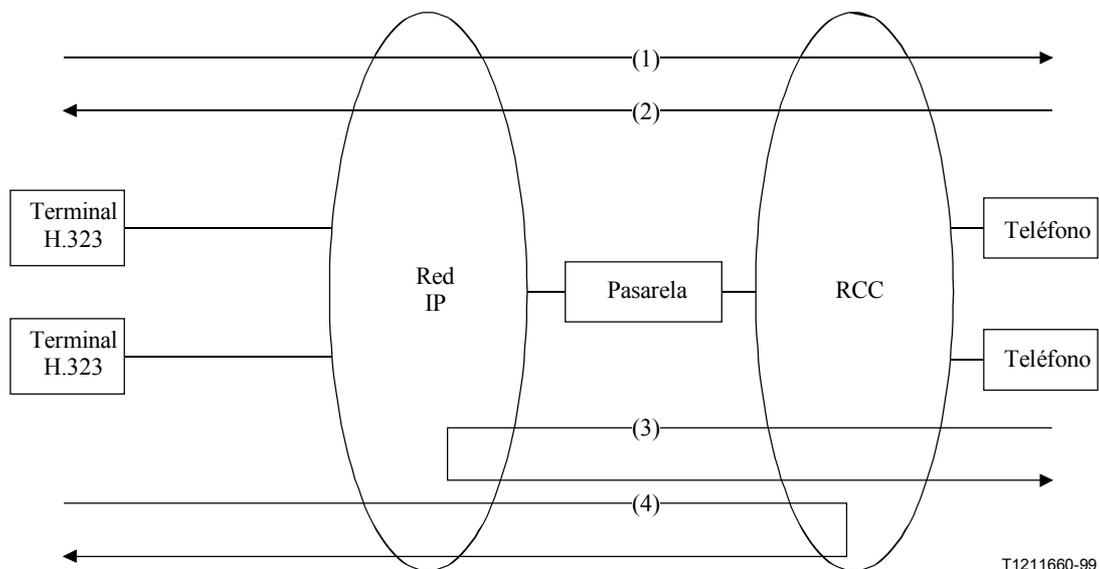
- Recomendación UIT-T G.101 (1996), *Plan de transmisión*.
- Recomendación UIT-T G.107 (1998), *El modelo E, un modelo informático para su utilización en la planificación de la transmisión*.
- Recomendación UIT-T G.108 (1999), *Aplicación del modelo E – Guía para la planificación*.
- Recomendación UIT-T G.109 (1999), *Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal*.

- Recomendación UIT-T G.113 (1996), *Degradaciones de la transmisión.*
- Recomendación UIT-T G.114 (1996), *Tiempo de transmisión en un sentido.*
- Recomendación UIT-T G.116 (1999), *Objetivos de calidad de transmisión aplicables a conexiones internacionales de extremo a extremo.*
- Recomendación UIT-T G.131 (1996), *Control del eco para el hablante.*
- Recomendación UIT-T G.168 (1997), *Compensadores de eco de redes digitales.*
- Recomendación UIT-T G.173 (1993), *Aspectos relativos a la planificación de la transmisión del servicio vocal en las redes móviles terrestres públicas digitales.*
- Recomendación UIT-T G.174 (1994), *Objetivos de calidad de transmisión para los sistemas digitales terrenales sin hilos que utilizan terminales portátiles para acceder a la red telefónica pública conmutada.*
- Recomendación UIT-T G.175 (1997), *Planificación de la transmisión en la interconexión de redes privadas con redes públicas para tráfico vocal.*
- Recomendación UIT-T G.176 (1997), *Directrices de planificación para la integración de la tecnología modo de transferencia asíncrono en redes que soportan servicios en la banda vocal.*
- Recomendación CCITT G.711 (1988), *Modulación por impulsos codificados (MIC) de frecuencias vocales.*
- Recomendación UIT-T G.723.1 (1996), *Codificadores vocales: Codificador de voz de doble velocidad para transmisión en comunicaciones multimedios a 5,3 y 6,3 kbit/s.*
- Recomendación CCITT G.726 (1990), *Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) a 40, 32, 24, 16 kbit/s.*
- Recomendación CCITT G.728 (1992), *Codificación de señales vocales a 16 kbit/s utilizando predicción lineal con excitación por código de bajo retardo.*
- Recomendación UIT-T G.729 (1996), *Codificación de la voz a 8 kbit/s mediante predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada.*
- Recomendación UIT-T G.729 anexo A (1996), *Codificador de la voz mediante predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada a 8 kbit/s de complejidad reducida.*
- Recomendación UIT-T G.764 (1990), *Paquetización de voz – Protocolo de voz paquetizada.*
- Recomendación UIT-T H.225.0 (1998), *Protocolos de señalización de llamada y paquetización de trenes de medios para sistemas de comunicación multimedios por paquetes.*
- Recomendación UIT-T H.245 (1998), *Protocolo de control para comunicaciones multimedios.*
- Recomendación UIT-T H.323 (1998), *Sistemas de comunicación multimedios basados en paquetes.*
- Recomendación UIT-T P.11 (1993), *Efectos de las degradaciones de la transmisión.*
- Recomendación UIT-T P.56 (1993), *Medición objetiva del nivel vocal activo.*
- Recomendación UIT-T P.79 (1993), *Cálculo de índices de sonoridad de aparatos telefónicos.*

- Recomendación CCITT P.82 (1988), *Métodos para la evaluación del servicio desde el punto de vista de calidad de transmisión de la palabra.*
- Recomendación UIT-T P.310 (1996), *Características de transmisión de los teléfonos digitales en banda ancha.*
- Recomendación UIT-T P.561 (1996), *Dispositivo de medida en servicio no intrusivo – Medidas para los servicios vocales.*
- Recomendación UIT-T P.800 (1996), *Métodos de determinación subjetiva de la calidad de transmisión.*
- Recomendación UIT-T P.861 (1998), *Medición objetiva de la calidad de los códecs vocales de banda telefónica (300-3400 Hz).*
- RFC 1889, *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications.*
- RFC 2205, *Resource ReSerVation Protocol (RSVP) – Version 1 Functional Specification.*
- RFC 2212, *Specification of Guaranteed Quality of Service.*

5 Calidad de las conexiones híbridas Internet/RTPC

En la figura 1 se muestran configuraciones específicas de conexiones Internet/RTPC que resultan de interés a los efectos de esta Recomendación. Se supone que los terminales que están conectados a Internet tienen la funcionalidad H.323 desde el punto de vista de la transmisión de la voz. Estos terminales pueden estar conectados a Internet mediante una conexión directa (por ejemplo, Ethernet, Token-ring, etc.) o mediante una conexión conmutada (por ejemplo, un módem y un enlace PPP). Las secciones de Internet y de la RTPC se conectan a través de una pasarela. Por conveniencia, en la figura 1 dicha pasarela se representa mediante una caja. En la práctica, la pasarela puede estar formada por múltiples equipos, con funciones especializadas. A los efectos de esta Recomendación, resultan de especial interés los aspectos de calidad de funcionamiento de la pasarela.



NOTA – Se muestran cuatro tipos de conexiones. Para más información, véase el texto principal.

Figura 1/G.177 – Tipos de conexiones específicas de interés para esta Recomendación

Las funciones específicas de la pasarela dependerán de si el sentido de transmisión es desde Internet a la RTPC o viceversa. En particular, las funciones de la pasarela incluyen (aunque no se limitan a) las siguientes:

- Internet → RTPC
 - Desensamblado de paquetes (incluyendo la "pila IP").
 - El decodificador de voz (incluyendo la ocultación de errores, el ruido de confort, la inserción de silencio, etc.).
 - La gestión o regulación de la variación de retardo.
 - La compensación del eco.
- RTPC → Internet
 - El codificador de voz (incluyendo, la supresión del silencio, las decisiones sobre el ruido de confort, etc.).
 - Ensamblado de paquetes (incluyendo la "pila IP").
 - La gestión o regulación de la variación de retardo.

En esta Recomendación se consideran cuatro configuraciones de conexión, las cuales se muestran en la figura 1. Son las siguientes:

- 1) H.323 → Teléfono (H.323 → Internet → RTPC → Teléfono)
- 2) Teléfono → H.323 (Teléfono → RTPC → Internet → H.323)
- 3) Teléfono → Teléfono (Teléfono → RTPC → Internet → RTPC → Teléfono)
- 4) H.323 → H.323 (H.323 → Internet → RTPC → Internet → H.323)

Cada una de estas configuraciones de conexión requieren al menos una utilización de la pasarela. Por lo tanto, las conexiones que están exclusivamente basadas en la RTPC o que son estrictamente entre terminales H.323 utilizando sólo Internet, no son objeto de esta Recomendación.

- Esta Recomendación describe factores que juegan un papel importante en la determinación de la calidad de servicio (QoS) extremo a extremo, así como los parámetros que caracterizan dicha QoS.

6 Características del canal de transmisión de las redes IP

En muchos aspectos, la transmisión en redes IP es semejante a la transmisión de servicios en banda vocal sobre sistemas y redes de paquetes. El apéndice I/G.764 proporciona una introducción a los sistemas de paquetes y a los aspectos de calidad asociados a los mismos.

La transmisión en las redes IP se realiza ensamblando bytes en paquetes. Dichos paquetes incluyen cabeceras con información esencial tales como el origen y el destino de los paquetes, que se añade a las capas de transporte y de red. El tamaño de la cabida útil y de la cabecera puede variar, dependiendo de la aplicación y de la naturaleza del protocolo que se utiliza. La comunicación entre dos puntos extremos se realiza a través de un "tren de datos" (algo análogo a una conexión en una red con conexión tal como es la RTPC), que normalmente consiste de una serie de paquetes. Cada uno de los paquetes originados en una fuente puede tomar una ruta distinta hacia un destino dado. En consecuencia, los paquetes de un tren de datos determinado pueden llegar al destino en un orden distinto a aquél con el que fueron transmitidos (es decir, los paquetes llegan fuera de secuencia). Algunas características del protocolo, tales como el número de secuencia o la indicación de tiempo, permiten que los paquetes sean ensamblados de nuevo en el destino en el orden correcto.

La adecuada ordenación en secuencia de los paquetes del tren de datos es responsabilidad de las capas superiores de la pila del protocolo y no forma parte del protocolo IP. Cuando una aplicación debe utilizar los paquetes recibidos en el orden correcto, debe incluirse un retardo suficiente para permitir la integración de los paquetes rezagados. En aplicaciones tales como las comunicaciones de voz, en las que debe conseguirse que el retardo extremo a extremo sea lo más reducido posible, puede ser necesario que los paquetes que se reciben muy rezagadamente se califiquen como paquetes perdidos a fin de que el retardo resultante sea aceptable. Cuando se diseñan redes para servicios VoIP es necesario prestar una atención muy cuidadosa al equilibrio entre un retardo largo (que puede dar lugar a una elevada calidad de transmisión, pero que aumenta la dificultad para mantener una conversación) y el descarte de paquetes (que da lugar a una menor calidad de transmisión de la voz pero que facilita mantener una conversación interactiva).

7 Calidad de la voz (extremo a extremo)

Existen muchos factores que influyen en la calidad de servicio extremo a extremo de los servicios VoIP. Dichos factores incluyen el codificador de la voz, en el retardo (y cualquier eco asociado), el nivel de conjunto (sonoridad), etc. En consecuencia, en esta cláusula se consideran factores que son de gran importancia. La amplia utilización en la RTPC de terminales inalámbricos (y su codificación de voz asociada), así como la interacción entre los sistemas inalámbricos y los elementos de procesamiento de voz de los sistemas VoIP, constituyen áreas que requieren estudios adicionales.

El modelo E constituye una útil herramienta de trabajo para evaluar el impacto relativo de las decisiones de planificación sobre la calidad de la voz al que se hace referencia en diversas Recomendaciones UIT-T sobre la planificación de la transmisión. En particular, el modelo E se presenta en la Recomendación G.107.

El modelo E introduce el concepto de "factor de degradación del equipo" (eif, *equipment impairment factor*), que ha demostrado ser de gran utilidad para identificar los efectos sobre la calidad de transmisión de nuevos dispositivos de procesamiento de la señal vocal. En la Recomendación G.113 se describe la metodología eif.

En la Recomendación G.109 se proporcionan directrices útiles sobre categorías de calidad de voz, utilizando los valores R del modelo E, así como sobre su utilización en las comunicaciones de voz

Es recomendable realizar la evaluación global de la calidad de transmisión de la voz de un servicio híbrido Internet/RTPC. Aunque es importante evaluar la calidad de la voz de los diversos componentes del sistema (por ejemplo, codificadores de voz, compensadores de eco) el efecto acumulado de las degradaciones que producen los diversos dispositivos de procesamiento de la voz, constituye el factor que limita el grado de aceptación de un nuevo servicio por parte del usuario. La Recomendación P.800 proporciona las directrices básicas para realizar evaluaciones subjetivas de la calidad de la transmisión de la voz. La Recomendación P.830 proporciona las directrices para la evaluación de los códecs de voz.

También pueden ser adecuado realizar medidas objetivas de la calidad de la voz. La Recomendación P.861 describe uno de dichos algoritmos de medida objetivos para la evaluación de códecs de voz. La aplicación de la Recomendación P.861 para otros fines debe realizarse con suma prudencia. Debe tenerse en cuenta cuál es el ámbito de la Recomendación P.861.

NOTA – El UIT-T está estudiando las técnicas objetivas, sean nuevas o modificadas, que pueden aplicarse a situaciones relevantes de VoIP. En particular, el apéndice I/P.861 proporciona un método bastante robusto con respecto al borrado de trama.

7.1 Calidad del codificador de la voz

La transmisión en redes IP se caracteriza por la existencia de periodos de transmisión relativamente libres de errores, salpicados por ráfagas ocasionales de tramas perdidas. Las tramas perdidas tienen lugar cuando se pierden paquetes en tránsito o éstos son descartados por haber llegado con demasiado retardo en el contexto de una estrategia de gestión del retardo realizada en el destino. Por lo tanto, los codificadores de voz para aplicaciones de VoIP deben evaluarse en términos de su calidad cuando se pierden o se descartan múltiples tramas consecutivas. En algunas aplicaciones de VoIP se pueden dar condiciones de ruido acústico ambiente elevado en el extremo de transmisión de la conexión (por ejemplo, cuando uno de los extremos es una computadora personal). En esos casos, también es deseable que el codificador de voz tenga características de calidad de gran robustez frente al ruido de fondo acústico.

El efecto sobre la calidad que tiene la pérdida de paquetes en el destino y el efecto asociado a los codificadores de voz de baja velocidad constituye un aspecto de particular interés. En muchas aplicaciones será necesario incluir varias tramas de voz codificada en un único paquete IP. Por tanto, es deseable que los codificadores de voz para aplicaciones de VoIP sean robustos en relación con la pérdida de tramas consecutivas. En consecuencia, se recomienda utilizar uno de los códecs de la serie de Recomendaciones G.700. Estos codificadores se han probado ampliamente y han demostrado una buena calidad y robustez en una amplia gama de condiciones. En particular, se ha evaluado la calidad de los correspondientes a las Recomendaciones G.723.1, G.728 y G.729 en condiciones que causan la pérdida aleatoria de tramas, así como la pérdida de tramas en ráfagas. Sin embargo, no se han probado todo lo necesario en lo que se refiere a un aspecto que puede ser específico de la transmisión IP, a saber, el efecto de la pérdida de múltiples tramas consecutivas, tanto de forma aislada como en ráfagas. La Recomendación H.323 contiene provisiones específicas en relación con las Recomendaciones G.711, G.723.1, G.728 y G.729 (incluidos los anexos A y B).

Las pruebas de opinión del codificador que se seleccione para aplicaciones de VoIP deben indicar (individualmente) que su calidad global, en condiciones libres de error, no es peor que la de un codificador MICDA a 32 kbit/s (Recomendación G.726). El codificador CS-ACELP a 8 kbit/s del UIT-T (Recomendación G.729 y su anexo A) satisface este requisito aunque la calidad a la que da lugar su interfuncionamiento con otras tecnologías de codificación es distinta a la de la Recomendación G.726. Por este motivo, el eif provisional que se ha asignado a G.729 y al anexo A/G.729 es mayor que el eif establecido para la G.726 a 32 kbit/s.

En las condiciones de pérdida de hasta el 3% de tramas en ráfagas, se recomienda que la proporción de opiniones de nivel pobre o peor, no aumente en más del 0,1 en relación con la de MICDA a 32 kbit/s para el caso sin errores. No se han determinado requisitos similares de pérdida de múltiples tramas consecutivas del tipo antes indicado.

En sistemas de VoIP debe considerarse la utilización de los codificadores de voz utilizados en sistemas inalámbricos digitales (o de nuevos codificadores que estén siendo considerados para dichas aplicaciones). Aunque las características de transmisión de los canales de sistemas inalámbricos y de sistemas IP pueden ser distintos, los codificadores de voz para aplicaciones inalámbricas están diseñados de forma tal que se caracterizan por su robustez en relación con las tramas codificadas que se han degradado, que se han declarado inutilizables o que se han descartado. Además, dado que un número creciente de llamadas de voz incluyen una pasarela IP/RTPC y un terminal inalámbrico, es deseable que ambos sistemas utilicen el mismo codificador de voz. En particular, se recomienda que cuando sea posible, sólo se realice una operación de codificación/decodificación de la voz. Para conseguirlo, es necesario que se establezcan los adecuados métodos de comunicación del tipo del códec que se utiliza a fin de que la pasarela IP/RTPC no realice la codificación o decodificación en tales situaciones. El objetivo es eliminar, siempre que sea posible, el procesamiento en serie de codificadores de voz.

7.1.1 Factores de degradación del equipo del modelo E

La calidad subjetiva de un codificador de voz se refleja adecuadamente en el factor de degradación del equipo (eif) del modelo E (véase en la Recomendación G.113 un resumen de los eif y los métodos de extracción de eif a partir de datos subjetivos). Los eif del modelo E se determinan empíricamente (subjetivamente) y proporcionan una métrica de gran utilidad para comparar codificadores de voz utilizando una escala de calidad subjetiva (es decir, calidad de voz). El eif para un códec determinado recoge el efecto subjetivo de las degradaciones de la voz que introduce el codificador de voz. La calidad de una serie de códecs conectados en serie (ya sean del mismo tipo o no), constituye un factor importante en la calidad global de la voz de una conexión. El eif recoge igualmente los efectos de dichas disposiciones. Siendo iguales el resto de los factores, es preferible un eif menor a uno mayor. Para codificadores de voz con los mismos eif, otras consideraciones (tales como el retardo o la velocidad binaria) pueden jugar un papel decisivo en la elección de un codificador de voz. En el apéndice I/G.113 figura una lista actualizada de asignaciones de eif para muchos códecs de voz, incluidos aquellos que están disponibles como opciones en la Recomendación H.323.

El modelo E también tiene en cuenta el retardo de procesamiento asociado con un códec, pero éste no forma parte del eif.

7.1.2 Calidad de funcionamiento de las conexiones en serie

En algunos escenarios de llamada, la señal de voz se ve sometida a codificación por más de un codificador de voz. Un ejemplo de ello es el caso de H.323 → H.323 que se ilustra en la figura 1. El trayecto de transmisión pasa a través de dos pasarelas. En consecuencia, por dos veces se produce la codificación y decodificación de la señal de voz. Otro caso significativo es aquél en el que uno de los terminales es inalámbrico, contestador digital automático o sistema de correo de voz digital. En estos casos, debe tenerse especialmente en cuenta la capacidad del códec de VoIP para funcionar correctamente (desde un punto de vista subjetivo) en serie con otro codificador.

En general, la conexión en serie de codificadores de voz provoca una degradación general de la voz. Si los factores de degradación del equipo están disponibles, puede utilizarse el modelo E (Recomendación G.107) para evaluar el impacto potencial de la existencia de múltiples codificadores de voz en el trayecto de transmisión.

La utilización de un códec G.711 en el terminal de VoIP da lugar a resultados de calidad similares a los que se encuentran en una red de larga distancia basada en la RTPC o en la RDSI y a la calidad que normalmente se encuentra en sistemas inalámbricos digitales cuando la llamada termina en una red inalámbrica digital.

7.1.3 Otras consideraciones sobre los codificadores de voz

Tal como se ha señalado anteriormente, la utilización de códecs de voz tiene una serie de posibles efectos negativos sobre los servicios de voz. Los diseñadores de servicios de VoIP que utilizan códecs de voz deben tener en cuenta en la construcción de sus redes los requisitos de tales servicios. En particular, deben tenerse en cuenta los efectos de la codificación de la voz en las aplicaciones siguientes:

- Reconocimiento del hablante – Los códecs de voz no deben tener un efecto adverso sobre la capacidad de los humanos o de las máquinas para reconocer e identificar al hablante.
- Reconocimiento del habla – Los códecs de voz no deben tener un efecto adverso sobre la capacidad de los humanos o de las máquinas para reconocer el contenido de la conversación.
- Texto a conversación (TTS, *text-to-speech*) – La voz artificial que generan los sistemas de producción de voz puede no tener las mismas características que la voz real. Dado que los códecs de voz modernos explotan dichas características, es posible que la codificación de voz artificial pueda dar lugar a degradaciones imprevistas.

7.2 Efectos de los errores de transmisión y de la pérdida de paquetes

En aplicaciones de VoIP, pueden ocurrir dos tipos de errores de transmisión:

- 1) errores en los bits en el medio de transmisión; y
- 2) pérdida o descarte de paquetes IP.

7.2.1 Errores en los bits

En los medios de transmisión pueden producirse errores en los bits. Como consecuencia de ello, los paquetes IP que lleguen a un destino puede estar degradados. La capa IP detectará las cabeceras IP degradadas, pero no detectará los errores existentes en la carga útil del paquete IP, es decir, en la voz codificada. Los protocolos de nivel superior son los que deben detectar las tramas de voz degradadas. El hecho de que dicha detección y corrección se realice en la capa de transporte o en la capa de aplicación, y la forma en que se realicen la detección y corrección, puede, en última instancia, afectar a la calidad de la transmisión de la voz.

7.2.2 Pérdida de paquetes

Un aspecto de la calidad que potencialmente es más importante es el de la pérdida o descarte de paquetes. Un paquete IP puede perderse debido a congestión en la red IP. Asimismo, un paquete IP puede ser descartado en el destino. Ello ocurre, por ejemplo, cuando un paquete llega a su destino tan rezagado en el tiempo como para que en el destino se declare paquete perdido. Es preferible descartar los paquetes que llegan demasiado tarde que aumentar el retardo y la variación de retardo por largos periodos de tiempo (véase 7.4, Retardo y eco).

La pérdida de un solo paquete IP produce la pérdida de una o más tramas de voz codificada, dependiendo del codificador de voz utilizado y del número de tramas por paquete. Tal como se ha indicado anteriormente, el codificador de voz debe ser robusto frente a la pérdida de tramas codificadas. En concreto, si en un paquete IP se ensamblan múltiples tramas, debe evaluarse la calidad del codificador de voz en condiciones de pérdida de tramas que reflejen las que tienen lugar en la red. Debe evaluarse el efecto que tienen unos porcentajes elevados de pérdida de tramas (de hasta el 20-30 %).

7.3 Índices de sonoridad y características del terminal

En la Recomendación P.79 se describen dos características importantes de los teléfonos, a saber, el índice de sonoridad de transmisión (SLR, *send loudness rating*) y el índice de sonoridad de recepción (RLR, *receive loudness rating*). El SLR y el RLR definen, respectivamente, la eficiencia acústico-eléctrica del transmisor y la eficiencia eléctrico-acústica del receptor. Los transmisores y receptores para aplicaciones de VoIP pueden no ser los típicos terminales de voz telefónicos. Los microauriculares para la cabeza que incorporan micrófono, los micrófonos autónomos con altavoces separados y los micrófonos y altavoces integrados (como es el caso en los PC) constituyen otras posibilidades que deben considerarse.

Los microterminales de mano y los de cabeza disponen de medios específicos para controlar los niveles de entrada y de salida. Asimismo, las características en frecuencia están normalmente bien adaptadas a la telefonía. El eco acústico es un problema menor ya que la pérdida de acoplamiento es generalmente superior a 50 dB. Los microterminales de mano y de cabeza proporcionan típicamente un mayor rechazo al ruido de fondo que los micrófonos autónomos. Cuando se utilizan micrófonos autónomos y altavoces en situaciones de manos libres, la calidad depende mucho de varios factores, incluyendo la linealidad de los equipos y su posición. El acoplamiento acústico necesita también el adecuado control del eco en forma de soluciones de conmutación semidúplex o de soluciones de compensación de eco dúplex. El compensador de eco debe ser capaz de funcionar en situaciones de ruido de fondo (por ejemplo, un entorno de oficina) o condiciones de habla simultánea (ambos usuarios hablan al mismo tiempo), así como realizar la compensación del eco en condiciones de un

único hablante (condiciones normales). Una mala calidad relativa a las condiciones del eco afecta principalmente al usuario en el otro extremo de la conexión.

La respuesta en frecuencia de la emisión y recepción de los micrófonos, altavoces y auriculares utilizados deben estar adaptadas a la anchura de banda de audio disponible. En el caso de telefonía de banda estrecha, la anchura de banda es de [300-3400] Hz con una respuesta plana en frecuencia (± 3 dB).

Aunque los índices de sonoridad de los terminales de voz no tradicionales son, en principio, fáciles de especificar, no se han definido los procedimientos de medida para verificar su cumplimiento. Pueden proporcionarse algunas directrices generales. Así, los niveles de voz activos en la red tienen un valor medio de unos -20 dBm, con una desviación típica de 5 dBm. Estos valores producen normalmente niveles acústicos a la salida de un receptor telefónico típico que se encuentran centrados alrededor de 80 dB SPL. Un hablante "típico" produce un nivel de voz activo (medido conforme a la Recomendación P.56) de unos -20 dBm en el punto de 0 dBr, lo cual produce un nivel acústico de unos 80 dB SPL a la salida del receptor.

Cuando se utilizan los terminales o microterminales telefónicos tradicionales, éstos deben cumplir los requisitos de la Recomendación P.310. En el UIT-T se están realizando estudios adicionales para definir las características de la calidad de funcionamiento de un terminal de voz digital en sistemas de paquetes.

7.4 Retardo y eco

Los tiempos de transmisión extremadamente largos hacen que resulte difícil mantener conversaciones interactivas. Conforme aumenta el retardo, la interacción entre los usuarios degenera en un estilo de conversación "pulsar para hablar" o "cambio y corto". Si se desea conseguir un despliegue generalizado de servicios de voz basados en IP, debe evitarse al máximo que se den dichas situaciones.

7.4.1 Retardo

En las modernas redes de telecomunicaciones, el retardo es un parámetro de calidad clave cuyo aumento debe minimizarse. Aunque el retardo de las redes IP puede exceder el retardo típico de la RTPC, la degradación que produce un retardo adicional puede verse compensado por los beneficios derivados de las nuevas capacidades de red y de servicios. Este análisis comparativo debe de ser cuantificado.

El retardo puede tener dos efectos sobre la calidad de la voz. En primer lugar, aumenta el efecto subjetivo de cualquier degradación del eco. En segundo lugar, y tal como se indica en la Recomendación G.114, incluso cuando el eco está controlado, un retardo en un sentido de más de 150 ms pueden interferir con la dinámica de una conversación de voz, dependiendo del tipo de conversación y el grado de interacción. La Recomendaciones G.114, G.131 y anexo A/G.173 proporcionan información adicional relativa a los efectos del retardo y del eco.

Además, el retardo puede degradar la calidad de determinadas aplicaciones de datos en banda vocal, pudiendo algunas aplicaciones ser incluso más sensibles al retardo que la voz. El retardo total de las redes híbridas Internet/RTPC debe estar limitado, incluso con la utilización del control de eco. Para más información, véase la Recomendación G.114.

7.4.1.1 Retardo del códec

Los códecs de voz modernos funcionan sobre una serie de muestras de voz denominadas tramas. Cada trama de entrada se procesa y convierte en una trama comprimida. La trama de voz codificada no se genera hasta que el codificador no ha recopilado todas las muestras de voz de la trama de entrada. Por lo tanto, antes de que comience el procesamiento ya se produce un retardo de una trama. Además, muchos codificadores examinan la trama siguiente a fin de mejorar la eficiencia de la

comprensión. La duración de dicho examen previo se denomina tiempo de exploración anticipada del codificador. Se supone que el tiempo necesario para procesar una trama de entrada coincide con la duración de la trama, dado que la utilización eficiente de los recursos del procesador se consigue cuando una pareja codificador/decodificador (o múltiples parejas de codificadores/decodificadores que funcionan en paralelo sobre múltiples trenes de entrada) utiliza plenamente la potencia de procesamiento disponible (distribuida de forma uniforme en el dominio del tiempo). Por lo tanto, se supone que el retardo a través de una pareja codificador/decodificador es normalmente el siguiente:

$$2 \times \text{tamaño de trama} + \text{tiempo de exploración anticipada}$$

Si el medio de salida trabaja a la misma velocidad que el códec de voz (por ejemplo, una facilidad a 8 kbit/s para G.729), se incurre entonces en un retardo adicional de una trama cuando la trama comprimida se inserta de forma sincronizada en el medio. Por tanto, el retardo máximo que puede atribuirse al procesamiento del códec en sistemas convencionales (por ejemplo, la RTPC) es:

$$3 \times \text{tamaño de trama} + \text{tiempo de exploración anticipada}$$

Si el medio de salida es una red IP, la salida del codificador en forma de trama se inserta instantáneamente en un paquete IP. El retardo adicional necesario para el ensamblado y presentación a la capa de enlace subyacente dependerá de la capa de enlace. Cuando la capa de enlace es una LAN (por ejemplo, Ethernet), dicho tiempo adicional podrá ser bastante pequeño.

Si se agrupan múltiples tramas de voz en un único paquete IP, se añade un retardo adicional a la señal de palabra. Este retardo tendrá una duración de una trama de palabra adicional para cada trama de palabra que se añade al paquete IP:

$$(N + 1) \times \text{tamaño de trama} + \text{tiempo de exploración anticipada}$$

donde N es el número de tramas de cada paquete.

7.4.1.2 Retardo debido a la memoria intermedia del terminal IP

Las tarjetas de sonido y las tarjetas telefónicas de los PC incluyen normalmente memorias intermedias internas de gran tamaño cuyo fin es proporcionar una interfaz de velocidad fija hacia el convertidor A/D y D/A, y una interfaz asíncrona hacia la capa de aplicación.

Además, los módems y los adaptadores de red utilizan memorias intermedias internas para aumentar la eficiencia del acceso a la red. Dichos elementos han sido optimizados para la transmisión de datos, donde el retardo no es un problema, pero esta optimización puede no ser la más adecuada para la transmisión de voz, para la que el retardo constituye un aspecto crítico.

Existen también retardos debidos a los procesos que realiza el soporte lógico. Los controladores de aplicaciones o de dispositivos pueden almacenar grandes cantidades de datos con el fin de procesarlos fácil y eficientemente o para gestionar la fluctuación de fase del retardo de los paquetes recibidos.

7.4.1.3 Retardos debidos a la paquetización y a la memoria intermedia de terminales H.323

El retardo por paquetización puede producirse durante el proceso de conformación de los paquetes. El retardo debido a la memoria intermedia puede producirse debido al proceso de desensamblado de paquetes.

El retardo por paquetización es el tiempo necesario para recopilar información suficiente como para rellenar un paquete. Cuando se utilizan paquetes de longitud fija con un códec orientado a trama, la paquetización puede introducir un retardo adicional si la longitud de los paquetes difiere de la longitud de la trama del códec.

El retardo de la memoria intermedia se genera debido a la cola que se forma en el receptor y que normalmente se utiliza para compensar las fluctuaciones de fase de la red. La reproducción de la voz requiere paquetes equiespaciados (en el tiempo), pero dado que los retardos de la red son variables, el receptor debe retrasar los primeros paquetes recibidos a fin de sincronizarlos con los que llegan más tarde.

7.4.1.4 Retardos de transmisión de la red

El retardo de transmisión es el tiempo invertido por los paquetes en su tránsito a través de la red para alcanzar su destino. El retardo debido a la red incluye los componentes siguientes:

- el retardo de transmisión, que se introduce cuando se envía un paquete por un enlace (por ejemplo, el envío de un paquete de 256 bytes por un enlace de 64 kbit/s consume 32 ms);
- el retardo de propagación, debido a la propagación de la señal a través del enlace físico. Este retardo es normalmente despreciable si los enlaces son de longitud inferior a 1000 km;
- el retardo del nodo, debido a la cola y al procesamiento de los paquetes en el encaminador;
- el retardo del protocolo, debido a las retransmisiones de paquetes (si se utilizan, por ejemplo, en TCP) o al acceso a la red (por ejemplo, CSMA-CD para Ethernet);
- retardo de la pasarela, que se introduce en la interconexión entre las redes (por ejemplo, ensamblado/desensamblado de paquetes y codificación/decodificación de la voz).

Los retardos de transmisión de la red pueden ser despreciables en redes RCC. No obstante, en las redes de datos pueden producirse retardos de transmisión significativos (por ejemplo, enlaces de datos o redes IP).

7.4.2 Variación del retardo

Los sistemas de transmisión de paquetes presentan un retardo variable de los tiempos de entrega de paquetes. La variación del retardo puede tener un efecto negativo sobre la calidad de transmisión de la voz. Dependiendo de la naturaleza de las variaciones del retardo, el resultado puede experimentarse como deformación temporal de la voz o como degradaciones asociadas a la pérdida de paquetes de voz.

Las variaciones del retardo afectan especialmente a la calidad de los módems con compensadores de eco de autocalibrado de distancia. En consecuencia, es importante disponer de directrices sobre la limitación en la variación del retardo, cuestión que necesita estudios adicionales.

7.4.3 Control de eco

La evaluación actual del retardo en conexiones híbridas Internet/RTPC indica que el control del eco es necesario en todo tipo de llamadas. El control del eco procedente de la RTPC debe realizarse en la pasarela entre la red IP y la RTPC.

Un terminal basado en H.323 de una red IP debe controlar el eco que se produzca en dicho terminal. El eco que se produce en un terminal basado en H.323 a cuatro hilos es principalmente de tipo acústico.

7.4.3.1 Eco desde terminales basados en H.323

En la figura 2 se ilustra el trayecto del eco que se produce en un terminal basado en H.323. Cuando el terminal utiliza como transmisor y receptor un micrófono y un altavoz, el eco se debe al acoplamiento acústico entre ambos. Si la pérdida de acoplamiento acústico del terminal es demasiado baja y el retardo es demasiado alto, la infraestructura existente en la RTPC no proporcionará, probablemente, una adecuada protección contra el eco. En la Recomendación H.225.0 se indica que el control del eco acústico desde un terminal H.323 es responsabilidad del mismo. A fin de proporcionar protección contra el eco, todos los terminales basados en H.323 deben cumplir el objetivo de 45 dB de atenuación ponderada por acoplamiento de

terminal (TCL_W , *weighted terminal coupling loss*), tal como se especifica en la Recomendación P.310 para terminales alámbricos digitales. Dicho aislamiento acústico puede conseguirse de forma relativamente fácil en microterminales normalizados mediante un diseño cuidadoso. No obstante, en caso de funcionamiento con manos libres (por ejemplo, con microteléfono y altavoz), pueden utilizarse otras técnicas más complejas. Por ejemplo, puede ser necesario introducir tecnologías de control de eco avanzadas para aumentar el aislamiento acústico en dichos terminales de manos libres (los compensadores de eco pueden no ser capaces de proporcionar un aislamiento suficiente en entornos de acústica no lineal).

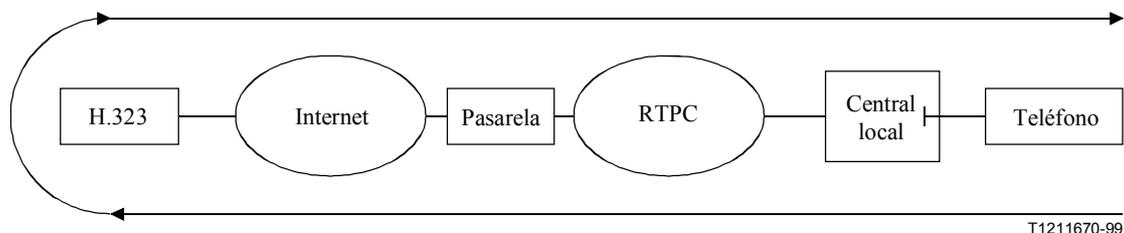


Figura 2/G.177 – Eco acústico generado en un terminal H.323 a cuatro hilos

7.4.3.2 Eco procedente de la RTPC

En la figura 3 se ilustra el trayecto de eco que aparece en el extremo RTPC de la conexión debido a una baja adaptación de impedancia en el punto de conversión de 4 a 2 hilos. En esta configuración, se incluye un compensador de eco en la función de interfuncionamiento para controlar el eco. La función de compensación de eco puede, en la práctica, implementarse en cualquier punto del sistema. Sin embargo, consideraciones prácticas (es decir, las posibilidades de los actuales compensadores de eco) confirman que la ubicación más adecuada para los mismos es la pasarela.

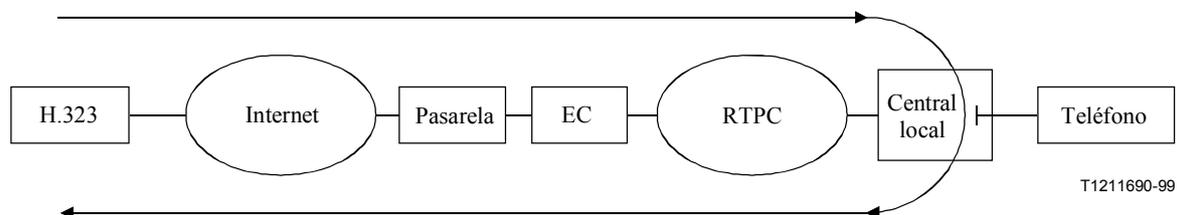


Figura 3/G.177 – Ejemplo de despliegue del compensador de eco para controlar el eco procedente de la RTPC

En base a la infraestructura RTPC existente, la pasarela debe proporcionar la compensación del eco. Es probable que tales compensadores de eco trabajen, en algunas de las configuraciones, en serie con los dispositivos de control del eco de la RTPC. Ello no debe degradar la función general de control del eco de la conexión. Además, en el UIT-T está en estudio determinar cuales son los efectos de la interacción de los compensadores de eco de la pasarela con los dispositivos de procesamiento de señal de la RTPC (por ejemplo, PCME o puentes de conferencia).

En la Recomendación G.168 figuran las especificaciones de los compensadores de eco digitales. Los compensadores de eco que se despliegan en la pasarela deben cumplir, como mínimo, dichos requisitos.

7.4.3.3 Consideraciones relativas a los datos en banda vocal

Aún no se ha resuelto la cuestión de si los dispositivos de control del eco, tales como los compensadores de eco, degradan de forma significativa algunos tipos de transmisiones de datos en banda vocal. En el apéndice I/G.168 se proporciona información adicional sobre este asunto.

7.5 Recorte (silábico) temporal

El recorte temporal de la señal de voz es la pérdida de señal de voz que puede producirse en cualquier momento, y que puede ocurrir, por ejemplo, cuando se utiliza la detección de actividad vocal, cuando los codificadores de baja velocidad binaria cambian su velocidad de trabajo, durante la conmutación de protección y durante los deslizamientos incontrolados. El impacto subjetivo del recorte depende de cuatro factores: duración del recorte, porcentaje de voz recortada, frecuencia de recorte y actividad global de la voz. En base a resultados de pruebas subjetivas, se han identificado dos directrices básicas (que se especifican en la Recomendación G.116) para mantener una buena calidad de la señal de voz:

- siempre debe de evitarse el recorte de segmentos de voz ≥ 64 ms; y
- los segmentos recortados que sean < 64 ms, deben ser menos del 0,2% de la voz activa.

7.6 Ruido ambiente (acústico)

El ruido acústico del extremo transmisor de una conexión tiene un efecto negativo sobre la calidad de funcionamiento de los codificadores de voz. Los codificadores de voz de las Recomendaciones de la serie G.72x, se han probado en lo que se refiere a los efectos del ruido ambiente en el extremo transmisor de una conexión. Sin embargo, algunos códecs se han probado más exhaustivamente que otros. Todos han mostrado ser bastante robustos en condiciones en las que se ha añadido a la señal de voz de entrada ruido del circuito o un murmullo de voces. Si en una aplicación existe un tipo de ruido de fondo que es dominante, es recomendable verificar que la calidad del códec de voz es satisfactoria para dichas condiciones.

La captación de ruido de fondo en microterminales no normalizados puede presentar problemas especiales para la calidad de la voz cuando se utilizan codificadores de baja velocidad. En tales situaciones, es especialmente importante la selección de un códec de voz que sea robusto frente a la presencia de ruido de fondo acústico.

7.7 Ruido de canal en reposo

El ruido de los canales en reposo en aplicaciones de VoIP debe ser despreciable. No obstante, si está presente, el ruido de fondo de un canal en reposo debe ser inferior a -68 dBm0p, un valor que es consistente con la Recomendación G.106.

7.8 Contraste de ruido y ruido de confort

El contraste de ruido tiene lugar cuando el ruido de fondo se interrumpe debido al procesamiento digital de la voz, tal como ocurre con los compensadores de eco que utilizan recortadores centrales y durante a actividad de detección de voz (supresión del silencio). El ruido de confort es un ruido que puede introducirse para enmascarar los efectos negativos del contraste de ruido. Las Recomendaciones relativas a los límites del contraste de ruido y de los valores del ruido de confort quedan en estudio.

Para la inserción de ruido de confort, algunos sistemas celulares digitales (por ejemplo, el GSM) utilizan un enfoque consistente en extraer los parámetros de ruido en el extremo emisor, que se transmiten hasta al extremo receptor a una velocidad binaria baja. Entonces, se puede reconstruir (con una buena aproximación) el ruido de fondo. Este enfoque debe proporcionar una calidad subjetiva superior para usuarios de voz que hacen uso de circuitos con detección de actividad vocal e

inserción de ruido de confort. Los detectores de actividad vocal y los generadores de ruido de confort que se describen en el anexo B/G.729 y en el anexo A/G.723.1 funcionan ambos de esta forma.

La mejor calidad (subjetiva) se consigue cuando el ruido que se inserta en el extremo receptor se corresponde en la mayor medida posible con el ruido de fondo en el extremo transmisor. En relación con los generadores de ruido confortativo pueden hacerse los comentarios siguientes:

- el ruido utilizado debe corresponderse con el ruido de fondo, en frecuencia y en nivel;
- el nivel del ruido que se inserta debe corresponder con el del ruido de fondo; deben realizarse las adecuadas mediciones y ajustes del nivel de ruido utilizando el dBm0p como unidad de medida;
- el régimen de variación del nivel de ruido que se inserta debe corresponderse al máximo posible con los cambios de nivel que tienen lugar en el ruido de fondo.

7.9 Anchura de banda

Para mantener una buena calidad e inteligibilidad de la voz, es necesaria una anchura de banda mínima de 300-3400 Hz (puntos a 3 dB). En el caso de codificadores sin forma de onda, los métodos de medida tradicionales que utilizan ondas sinusoidales de una sola frecuencia pueden no ser adecuados para evaluar la anchura de banda efectiva y la estabilidad del nivel. A la fecha de publicación de esta Recomendación, no existe ningún método ampliamente aceptado por la industria para evaluar la anchura de banda de dichos sistemas no lineales.

7.10 Pérdida de estabilidad

En sistemas de VoIP que presentan interfaces digitales con la RTPC, se recomienda una pérdida mínima de 6 dB entre los trayectos de entrada y de salida digitales del sistema de VoIP en el puerto de acceso del terminal. Esta directriz tiene por objeto asegurar que no se produce oscilación parásita cuando el microterminal se utiliza en condiciones distintas de aquellas para las que se aplica la medida de TCL_W (por ejemplo, el hecho de colocar el microterminal sobre una superficie dura no debe causar oscilación parásita).

7.11 Distorsión

La distorsión que se produce en sistemas de paquetes, tales como en telefonía sobre Internet, se debe principalmente al funcionamiento de los códecs de voz. Es esencial que se utilicen códecs de alta calidad y que éstos se hayan probado intensivamente (pruebas subjetivas) para asegurar que no se producen efectos perjudiciales.

8 Planificación de la transmisión de voz en redes híbridas

El modelo E (Recomendación G.107) es el enfoque que se recomienda utilicen los diseñadores de redes y los planificadores de transmisión para describir y planificar el tratamiento de las degradaciones que afectan a la calidad de la voz transmitida. Este enfoque utiliza el "método del factor de degradación del equipo" (Recomendación G.113) y está concebido para su utilización en una amplia gama de escenarios de planificación de la transmisión. El cuadro 1 muestra algunos cálculos del modelo E para combinaciones de retardos y de factores de degradación del equipo. La Recomendación G.108 proporciona directrices generales relativas a la utilización del modelo E para la planificación de la transmisión. Los valores de I_e que figuran en el cuadro 1 están tomados del apéndice I/G.113. Las celdas del cuadro están sombreadas de acuerdo con las categorías que se definen en la Recomendación G.109.

Cuadro 1/G.177 – Valores de R para las combinaciones indicadas de Ie y del retardo unidireccional medio extremo a extremo

Retardo (ms)	Ie value								
	0	5	7	10	15	19	19	20	26
	G.711	GSM-EFR	G.726@32	G.729	G.723.1@6.3	G.729A+VAD con pérdida del 2%	G.723.1@5.3	GSM-FR	G.729A+VAD con pérdida del 4%
			G.728@16				G.723.1@6.3 +VAD con pérdida del 1%	IS-54	
~0	94		87						
50	93		86	83		74			67
100	92	87	85	82	77	73	73	72	66
150	90	85	83	80	75	71	71	70	64
200	87	82	80	77	72	68	68	67	61
250	80	75	73	70	65	61	61	60	54
300	74	69	67	64	59	55	55	54	48
350	68	63	61	58	53	49	49	48	42
400	63	58	56	53	48	44	44	43	37
450	59	54	52	49	44	40	40	39	33

NOTA 1 – Los valores de R de este cuadro se han calculado utilizando los valores indicados para Ie y T ($T=T_a=Tr/2$), junto con los valores por defecto del cuadro 3/G.107 para todos los restantes parámetros.

NOTA 2 – Salvo que se indique lo contrario, los ejemplos no incluyen la pérdida de paquetes o el valor de detección de actividad de la voz (VAD, *voice activity detection*).

NOTA 3 – Las celdas en negro indican combinaciones de retardo y de códec cuya realización es imposible.

9 Transmisión de no voz (extremo a extremo)

Existen una serie de aplicaciones de usuario en la RTPC que deben continuar funcionando correctamente en caso de que existan conexiones híbridas. Entre ellas se encuentran el facsímil, la criptación de voz y de datos (por ejemplo, STU-III), la transferencia de ficheros ASCII y la utilización de terminales especiales. La pérdida de paquetes y/o los efectos de la codificación de voz a baja velocidad pueden limitar el éxito de las aplicaciones más exigentes. Las dificultades asociadas a la codificación a baja velocidad requieren un tratamiento especial para asegurar que dichas aplicaciones continúen funcionando con niveles satisfactorios para los usuarios finales. Entre dichas aplicaciones se encuentran las siguientes:

- Facsímil – La correcta transmisión de facsímil sobre conexiones híbridas Internet/RTPC exige consideraciones especiales. El papel de la pasarela es esencial en este proceso. Deben considerarse todos y cada uno de los escenarios que se describen en la figura 1.
- DTMF – Las señales DTMF procedentes de los terminales de VoIP pueden utilizarse para interactuar con los servicios basados en DTMF, tales como la recuperación de mensajes. Por lo tanto, los sistemas de VoIP deben soportar una buena transmisión extremo a extremo de las señales DTMF. Debido a que algunos códecs degradan las señales DTMF, es necesario realizar las medidas necesarias para asegurar la adecuada transmisión de las señales DTMF. En ANSI/TIA/EIA/464-B-96 se recogen algunos ejemplos de requisitos típicos para DTMF.

- Señales de progresión de llamada – Es también de esperar que las señales de progresión de llamada, tales como las señales audibles de timbre y de ocupado no se vean degradadas seriamente por un sistema de VoIP. Las directrices detalladas quedan en estudio.
- Dispositivos de TTY y TDD – En la RTPC se utilizan terminales de muy baja velocidad binaria cuyo uso puede seguir resultando de interés en las conexiones híbridas.

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	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión 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 protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación