



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telemática



Sistemas de Conmutación

Telefonía IP

Voz sobre IP (VoIP)

Conceptos y arquitectura

Dr. Juan Carlos Corrales Muñoz
Dr. Álvaro Rendón Gallón
Popayán, octubre de 2011



2

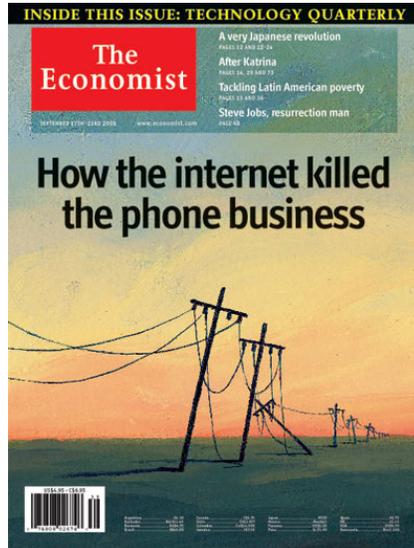
Departamento de
Telemática

Temario

1. Introducción
2. Principales componentes de VoIP
3. Códecs para VoIP
4. Protocolos de VoIP
5. Funcionamiento de una red VoIP
6. Tipos de arquitecturas
7. Ventajas de VoIP
8. Factores que afectan la calidad de voz

VoIP

The Economist
Sep 15th 2005



Introducción

- **VoIP** viene de las palabras en inglés **Voice Over Internet Protocol** (voz sobre IP).
- **VoIP** permite que la voz viaje en **paquetes IP** y obviamente a través de **Internet**.
- Es la base de la telefonía IP, que conjuga dos mundos históricamente separados: la **transmisión de voz y la de datos**.
- Se trata de transportar la voz previamente convertida a datos, entre dos puntos distantes



Introducción

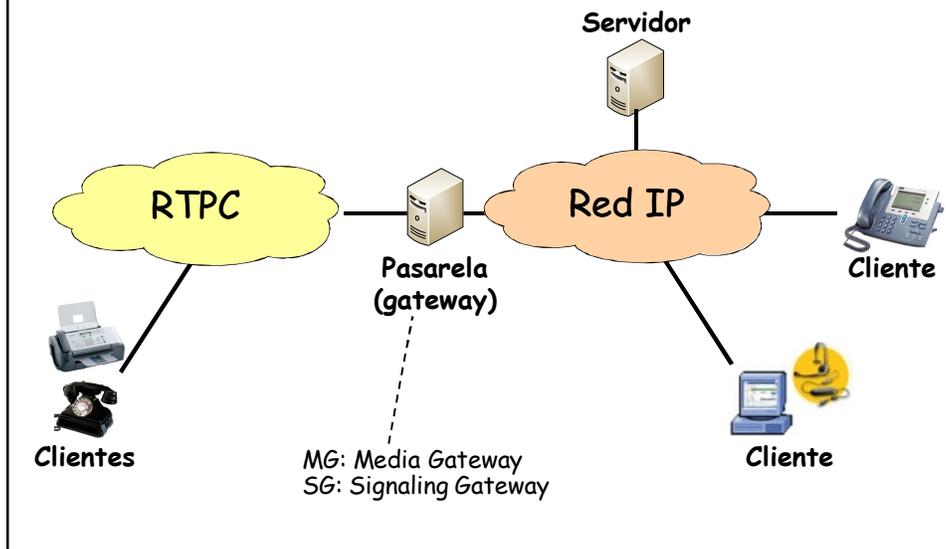
VoIP por lo tanto, **no es en sí mismo un servicio** sino una tecnología que permite encapsular la voz en paquetes para ser transportados sobre redes de datos **sin necesidad de disponer de los circuitos conmutados convencionales** de la **RTPC (PSTN)**, que son redes desarrolladas a lo largo de los años para transmitir las señales vocales.



Introducción

- La **RTPC** se basa en **conmutación de circuitos**:
Una comunicación requiere el **establecimiento de un circuito físico** durante el tiempo que dura ésta, lo que significa que los recursos que intervienen en la realización de una llamada no pueden ser utilizados en otra hasta que la primera no finalice.
- La **telefonía IP** se basa **conmutación de paquetes**:
Envía **múltiples conversaciones a través del mismo canal físico**, codificadas en paquetes y en flujos independientes.

Principales componentes de VoIP



Principales componentes de VoIP

Cliente. Establece y termina las llamadas de voz. Codifica, empaqueta y transmite la información de salida generada por el micrófono del usuario. Asimismo, recibe, decodifica y reproduce la información de voz de entrada a través de los altavoces o audífonos del usuario.

Servidor. Realiza operaciones de validación de usuarios, tasación, contabilidad, tarificación, recolección, distribución de utilidades, enrutamiento, administración general del servicio, carga de clientes, control del servicio, registro de usuarios y servicios de directorio, entre otros.

Pasarela (gateway). Provee las interfaces con la telefonía tradicional, funcionando como una plataforma para clientes virtuales.

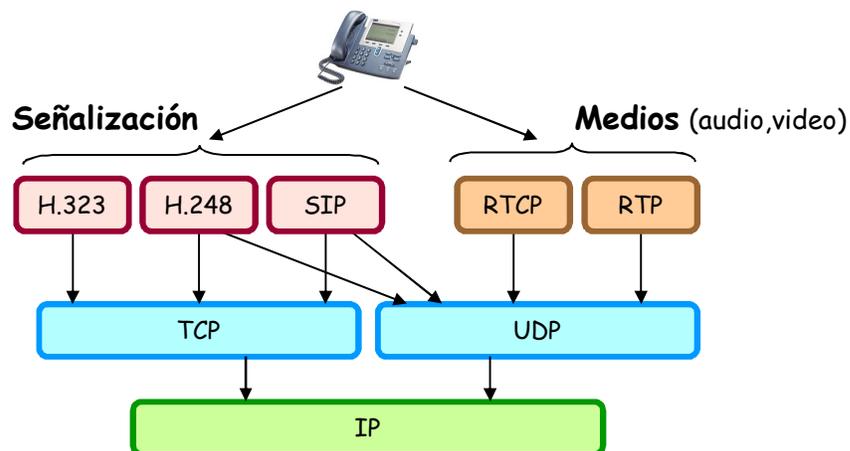
Estos equipos también juegan un papel importante en la seguridad de acceso, la contabilidad, el control de calidad del servicio (QoS; Quality of Service) y en el mejoramiento del mismo.

Códecs para VoIP

- **G.711**: MIC (PCM). B=64 Kbps, $f_m=8$ KHz (RTPC)
- **G.723.1**: Codificación predictiva, comprime la voz en tramas de 30 ms. B=5,3 y 6,3 Kbps, $f_m=8$ KHz
- **G.726**: ADPCM. B=16/24/32/40 Kbps, $f_m=8$ KHz
- **G.729**: Codificación predictiva. B=8 Kbps, $f_m=8$ KHz. Muy usado en VoIP. Versiones a 6,4 y 11,8 Kbps. Versión G729B con **supresión de silencios**.
- **GSM 06.10**: B=13 Kbps, $f_m=8$ KHz. Desarrollado para telefonía móvil celular
- **iLBC** (Internet Low Bit rate Codec): Códec libre, usa tramas de 30 ms. B=8 Kbps, $f_m=13,3$ KHz.
- **Speex**: Códec libre, usa un algoritmo VBR (Variable Bit Rate) con tramas de 30/40 ms. B=8, 16, 32 Kbps, $f_m=2,15$ a 44,2 KHz.

B: Ancho de banda del canal (velocidad de bits), f_m = Frecuencia de muestreo

Protocolos de VoIP



RTP: Real-time Transport Protocol
 RTCP: RTP Control Protocol
 SIP: Session Initiation Protocol

Protocolos de VoIP

Protocolos de medios

- **RTP (Real-time Transport Protocol)**
Transmisión de flujos de audio y video en tiempo real.
Suministra servicios de:
 - Secuenciación de paquetes
 - Sincronización intra-medios
 - Sincronización inter-medios
 - Identificación del tipo de carga
 - Indicación de trama
- **RTCP (RTP Control Protocol)**
Control y gestión de sesiones RTP

Protocolos de VoIP

Protocolos de señalización

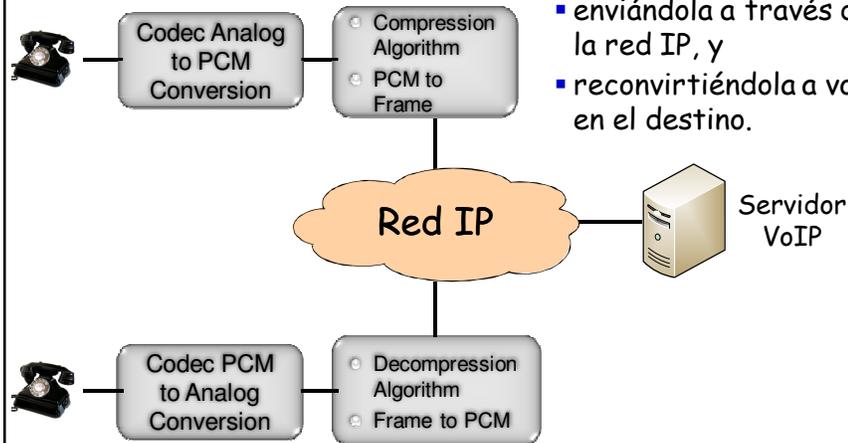
Existen 4 diferentes **protocolos de control de llamadas y señalización** para VoIP:

- **H.323**
- **SIP** (Session Initiation Protocol): Protocolo de inicio de sesión (SIP).
- **MGCP** (Media Gateway Control Protocol): Protocolo de control de la pasarela de medios (RFC 2805).
- **MEGACO** (Gateway Media Control)/ H.248.

Funcionamiento de una red VoIP

VoIP funciona:

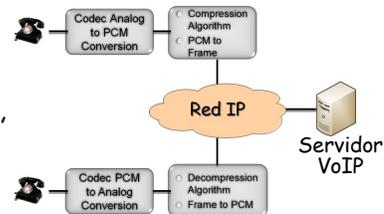
- digitalizando la voz en paquetes de datos,
- enviándola a través de la red IP, y
- reconvirtiéndola a voz en el destino.



Funcionamiento de una red VoIP

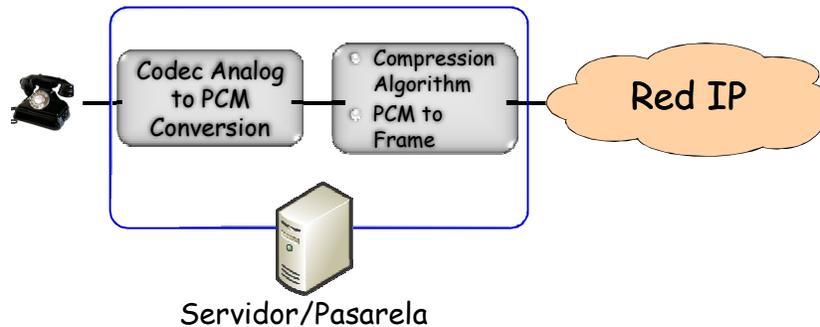
Pasos de una comunicación

- Los dos comunicantes se registran en el servidor VoIP con sus teléfonos
- El equipo emisor pregunta al servidor VoIP por el equipo receptor con un protocolo de señalización (H.323, SIP)
- El servidor VoIP devuelve los datos de contacto al emisor (e.g. dirección IP)
- Los teléfonos establecen comunicación y acuerdan un tipo de códec (G.711, G.729, GSM)
- Los datos de voz se comprimen y se envían por el protocolo RTP
- El receptor recibe los paquetes RTP, decodifica los datos de voz
- Escucha de voz



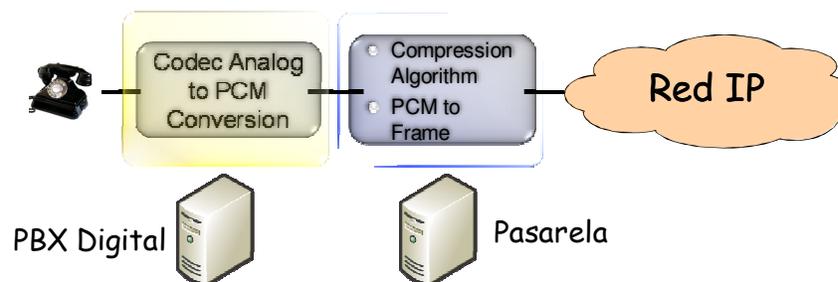
Funcionamiento de una red VoIP

Dependiendo de la forma en la que la red este configurada, el **Servidor** o la **Pasarela** pueden realizar la labor de codificación, decodificación y/o compresión.



Funcionamiento de una red VoIP

Si el dispositivo utilizado es una **PBX digital**, entonces es esta la que realiza la función de **codificación y decodificación**, y la **Pasarela solo se dedica a procesar y encapsular las muestras PCM** de los paquetes de voz que le envía la PBX



Temario

1. Introducción
2. Principales componentes de VoIP
3. Códecs para VoIP
4. Protocolos de VoIP
5. Funcionamiento de una red VoIP
6. Tipos de arquitecturas
7. Ventajas de VoIP
8. Factores que afectan la calidad de voz

Tipos de Arquitecturas

Uno de los beneficios de la tecnología VoIP, es que permite a las redes ser construidas usando una arquitectura centralizada o distribuida.

Esta flexibilidad permite a las compañías construir redes caracterizadas por una **administración simplificada** y la **innovación de terminales** (teléfonos), dependiendo del protocolo usado.

- **Arquitectura centralizada**
- **Arquitectura distribuida**

Tipos de Arquitecturas

Arquitectura centralizada

- En general, está asociada con los protocolos **MGCP** y **MEGACO**. Estos protocolos fueron diseñados para un dispositivo centralizado llamado **Controlador de la pasarela de medios (Media Gateway Controller) o Agente de Llamadas**, que maneja la lógica de conmutación y control de llamadas.
- La inteligencia de la red está centralizada y los dispositivos finales de usuario (terminales) **son relativamente tontos** (con características limitadas).
- Los defensores de la arquitectura VoIP centralizada, apoyan este modelo porque **centraliza la administración, el provisionamiento y el control de llamadas**. Simplifica el flujo de llamadas repitiendo las características de voz.

Tipos de Arquitecturas

Arquitectura distribuida

- Está asociada con los protocolos **H.323** y **SIP**. Estos protocolos permiten que la **inteligencia de la red esté distribuida entre los dispositivos de control de llamadas y los terminales**. La inteligencia en esta instancia se refiere a establecer llamadas, características de llamadas, enrutamiento de llamadas, provisionamiento, facturación, o cualquier otro aspecto del manejo de llamadas.
- **Los terminales pueden ser pasarelas VoIP, teléfonos IP, servidores de medios, o cualquier dispositivo que pueda iniciar y terminar una llamada VoIP.**
- Los dispositivos de control de llamadas son llamados **Controladores de acceso (gatekeepers)** en una red **H.323**, y **servidores Proxy** o **servidores Redirect** en una red **SIP**.

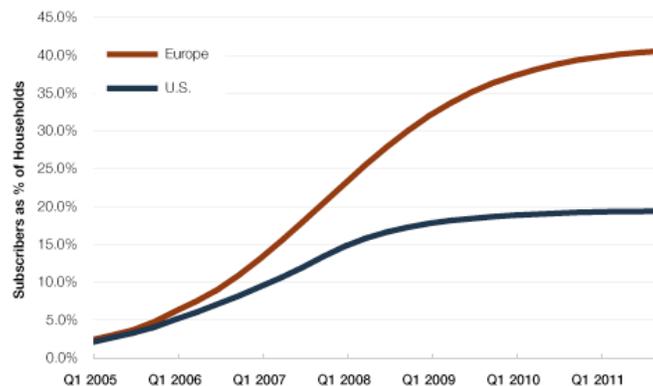
Ventajas de VoIP

Por qué telefonía vía Internet?

- Integración de voz, video y datos
- Consolidación del ancho de banda
 - Aprovechamiento de los intervalos entre tramas haciendo un uso más efectivo de canales costosos
- Costos de las comunicaciones
 - Ventaja de 3:1 o 4:1 a favor de la voz paquetizada
- Presencia universal de Internet
 - El conjunto de protocolos TCP/IP reside hasta en el PC del usuario
- Maduración de tecnologías
 - Desarrollo de DSP utilizados en códecs y módems de alta velocidad
- Desplazamiento de los servicios hacia las redes de datos
 - 80% conmutación de paquetes y 20% conmutación de circuitos
 - Se observa mayor influencia en comunicaciones de larga distancia

Ventajas de VoIP

Estadísticas de la VoIP



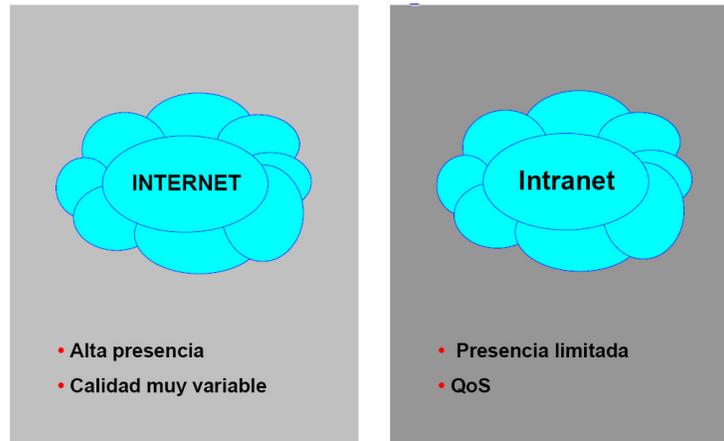
Temario

1. Introducción
2. Principales componentes de VoIP
3. Códecs para VoIP
4. Protocolos de VoIP
5. Funcionamiento de una red VoIP
6. Tipos de arquitecturas
7. Ventajas de VoIP
8. Factores que afectan la calidad de voz

Factores que afectan la calidad de voz



Factores que afectan la calidad de voz



Factores que afectan la calidad de voz

Desventajas de VoIP

- Calidad de la comunicación: **ecos, interferencias, interrupciones, sonidos de fondo, distorsiones de sonido.** Estos pueden variar según la **conexión a Internet** y la **velocidad de conexión** del Proveedor de Servicios de Internet.
- Garantizar la **calidad de servicio sobre una red IP, actualmente no es posible** por los retardos que se presentan en el tránsito de los paquetes y los retardos de procesamiento de la conversación.
- Por otro lado, el **ancho de banda no siempre está garantizado**, lo que desmejora el servicio.

Pérdida de paquetes y falta de garantía sobre el tiempo que éstos tardarán en llegar de un extremo al otro de la comunicación.

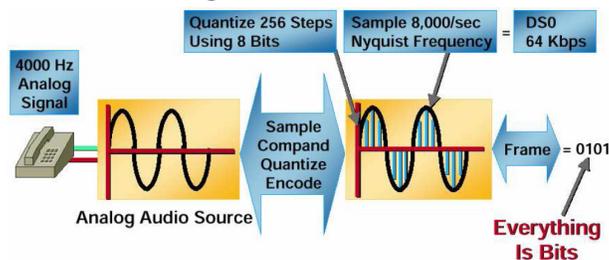
Factores que afectan la calidad de voz

- Códecs
- Pérdida de tramas (Frame Loss)
- Retardo (Delay)
 - Fuentes de retardo
 - Eco
 - Superposición de la conversación
- Variación del retardo (Jitter)
- Retardo total

Factores que afectan la calidad de voz

▪ Códecs:

Antes de que la voz sea transmitida sobre una red IP, primero debe ser digitalizada.



G.711 Pulse Code Modulation (PCM) is the DS0

Muestreo: 8.000 muestras/s;

Cuantificación: a cada nivel de cuantificación se le asigna un **Código binario** distinto.

PCM no comprime BW, **ADPCM** si.

Factores que afectan la calidad de voz

▪ Códecs:

Encoding Compression	Mean Opinion Score	Native Bit Rate Kbps	Voice Quality	BW
G.711 PCM	4.1	64	A	D
G.726 ADPCM	3.85	32	B	C
G.728 LD-CELP	3.61	16	C	B
G.729 CS-ACELP	3.92	8	A	A
G.729a CS-ACELP	3.7	8	B	A
G.723.1 ACELP	3.65	5.3	C	A

Factores que afectan la calidad de voz

▪ Pérdida de tramas:

- Las tramas VoIP se pueden perder como resultado de una **congestión de red o corrupción de datos**.
- En tiempo real no es práctico retransmitir las tramas, luego los terminales de voz tienen que tratar con la pérdida de tramas (**Frame Erasure**).
- El efecto de la **pérdida de tramas en la calidad de voz depende de cómo los terminales las manejan**.
 - En el caso más simple, **el terminal deja un intervalo en silencio en el flujo de voz**: sonido entrecortado.
 - **Packet Loss Concealment (PLC)**: Compensación de las tramas perdidas con base en las muestras de voz previas.
PLC es incluido en códecs tales como: PLC+G.711, PLC+CELP: G.723.1, G.728 y G.729

Factores que afectan la calidad de voz

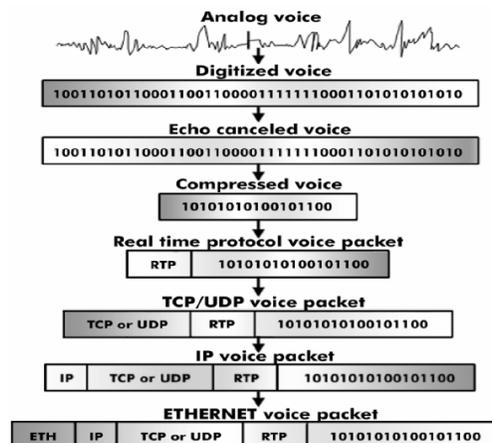
- Retardo (Delay) - Fuentes de retardo

Retardo Algorítmico: es el retardo introducido por el CODEC y es inherente al algoritmo de codificación.

Retardo de Paquetización: es el tiempo para llenar un paquete de información (carga útil), de la conversación ya codificada y comprimida. Este retardo es función del tamaño de bloque requerido por el codificador de voz y el número de bloques de una sola trama.

Factores que afectan la calidad de voz

- Retardo (Delay): Retardo de Paquetización



Factores que afectan la calidad de voz



33

▪ Retardo (Delay) - Fuentes de retardo

Retardo de Serialización: es el tiempo requerido para transmitir un paquete IP, es decir, está relacionado directamente con la tasa del reloj de transmisión. Se presenta cuando los paquetes pasan a través de un dispositivo de almacenamiento y retransmisión tales como un enrutador o un conmutador.

Retardo de Propagación: es el tiempo requerido por la señal óptica o eléctrica para viajar a través de un medio de transmisión, y es una función de la distancia geográfica.

Retardo de Componente: son causados por los componentes dentro del sistema de transmisión. Por ejemplo, una trama que pasa a través de un enrutador tiene que ser trasladada desde el puerto de entrada al puerto de salida a través del panel trasero.

Factores que afectan la calidad de voz



34

▪ Retardo (Delay) - Eco

- El primer deterioro causado por el retardo es el **ECO**.
- El eco puede presentarse en una red de voz debido al **pobre acoplamiento** entre el dispositivo de escucha y el dispositivo de habla en el microtelefono. Este es conocido como **eco acústico**.
- También puede presentarse cuando parte de la **energía eléctrica es reflejada al abonado llamante** por el circuito híbrido en la RTPC. Este es conocido como **eco del híbrido**.
- La cancelación de eco no es necesaria si el retardo de una vía es menor de 25 ms. Sin embargo, **el retardo de una vía en una red VoIP casi siempre excederá los 25 ms**. Por tanto la cancelación de eco siempre es requerida.

Factores que afectan la calidad de voz

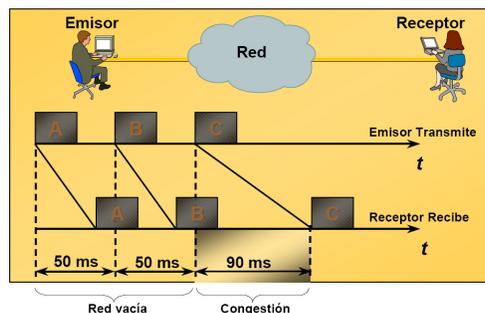
- **Retardo (Delay) - Superposición de la conversación**
- Aún con un método de cancelación de eco perfecto, una conversación de dos vías llega a ser difícil cuando el retardo es demasiado grande, debido a la **superposición de la conversación (talker overlap)**.
- Este problema ocurre cuando **la voz de uno de los abonados se superpone a la voz del otro** debido a un retardo grande. G.114 provee las siguientes recomendaciones con relación al límite de retardo de una vía.

Rango(ms)	Descripción
0 -150	Aceptable para muchas aplicaciones de usuarios.
150 - 400	Aceptable, con tal que el administrador de la red este atento del impacto del tiempo de transmisión en la calidad de transmisión.
Sobre 400	Inaceptable para propósitos de planeación de red en general.

Factores que afectan la calidad de voz

Variación de Retardo (Jitter)

- Cuando las tramas son transmitidas a través de una red IP, la cantidad de retardo experimentado por cada trama puede diferir. Esto es causado por la **cantidad de retardo de encolamiento y tiempo de procesamiento que puede variar dependiendo del tráfico cargado en la red.**



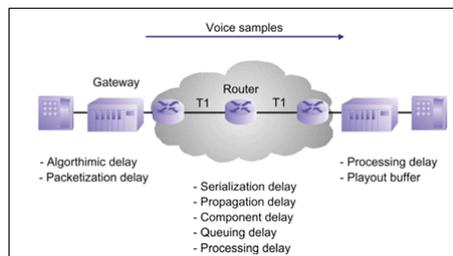
- El terminal fuente genera tramas de voz a intervalos regulares (e.g., cada 50 ms)
- El terminal destino típicamente no recibirá las tramas de voz en intervalos regulares debido al problema del jitter.

Factores que afectan la calidad de voz

- **Variación de Retardo (Jitter)**
- En general, la estrategia con el problema de jitter es almacenar las tramas recibidas en una memoria temporal (buffer) tan grande que permita a las tramas más lentas arribar a tiempo para ser ubicadas en la secuencia correcta.
- El jitter puede ser más grande debido a tramas de mayor tamaño que son almacenadas en la memoria, lo cual introduce **retardo adicional**. Para minimizar el retardo debido al almacenamiento, muchas aplicaciones usan una memoria de jitter adaptativa.

Factores que afectan la calidad de voz

Retardo total



Ejemplo:

DISPOSITIVO	RETARDO (ms)
G.723.1 (retardo algorítmico)	37.5
G.723.1 (retardo de paquetización)	30
Retardo de Serialización (dos T1's)	2
Retardo de propagación (5000 km de fibra)	25
Retardos de componentes	2
Total retardo fijo	96.5
Limite de retardo aceptable	150
Jitter (150 ms – 96.5 ms)	53.5

-> memoria

Bibliografía

- H. Schulzrinne and J. Rosenberg (1998). "Internet Telephony: Architecture and Protocols an IETF Perspective". *Computer Networks and ISDN Systems*, 31, 237-255.
- The Economist. "How the internet killed the phone business". Sep 15th 2005. Disponible en: <http://www.economist.com/node/4401594>
- VoipForo. Codecs. <http://www.voipforo.com/codec/codecs.php>
- R. Quispe y G. Suárez (2011). "Voz sobre IP (VoIP) y Telefonía sobre IP (ToIP)". En: A. Rendón y P. Ludeña (Eds.), "Redes de telecomunicación para zonas rurales de países en desarrollo", En imprenta.