



Telefonía sobre IP (ToIP)

Luís Merayo

24/02/2010

Servicios

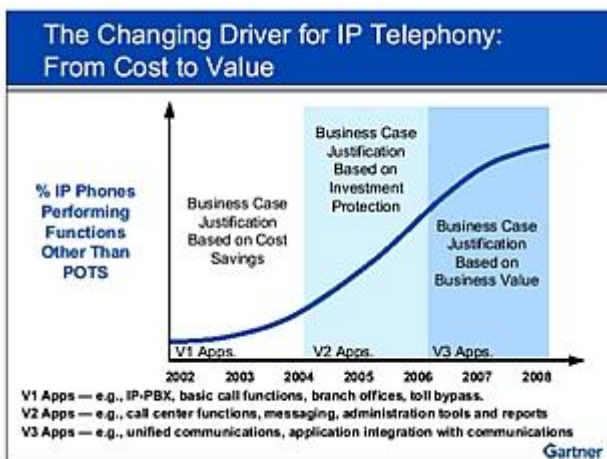


¿Qué es la telefonía sobre IP? ¿Cómo funciona? ¿Qué ventajas ofrece al usuario? Resuelva estas y otras dudas en este interesante artículo.

¿Qué es la Telefonía sobre IP (ToIP)?

La Telefonía sobre IP (ToIP) es el conjunto de tecnologías y procedimientos que permiten el transporte de la voz a través utilizando el protocolo IP a través de Redes Privadas Virtuales IP o de Internet. Su utilización implica no solo un cambio tecnológico sino también un cambio en la concepción del servicio: pasar de la telefonía tradicional a un completo servicio multimedia en el que la voz está realmente integrada con un amplio conjunto de aplicaciones (presencia, mensajería unificada, trabajo colaborativo, video, ...).

¿Cuales son sus ventajas?

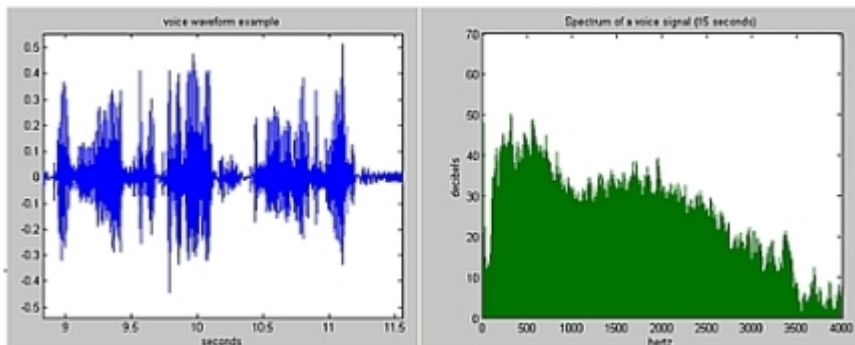


Aunque inicialmente la gran ventaja de la Telefonía sobre IP fue la económica (derivada de las tarifas planas de las redes de datos frente al pago por uso en la voz), esta percepción ha ido cambiando con el tiempo (sobre todo en los entornos empresariales), en los que argumentos como el ahorro en la infraestructura y el cableado (solo datos frente a voz y datos), su facilidad de instalación y reubicación, su capacidad de integración con una amplia gama de aplicaciones y la posibilidad de desplegar teléfonos IP software (softphones) como aplicaciones en ordenadores personales utilizando la infraestructura multimedia (micrófono, altavoz, tarjeta de sonido, ..) que habitualmente incorporan) son los factores que

están detrás de su indudable éxito.

Digitalización y codificación de la voz

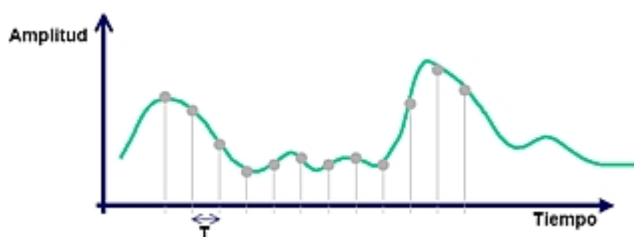
La voz es por su propia naturaleza una señal analógica que, de acuerdo con la capacidad de audición del oído humano, se extiende hasta los 20 KHz. Sin embargo, teniendo en cuenta que la mayor parte de la energía se concentra por debajo de 4 KHz, y que limitando la transmisión a esta banda de frecuencias se garantiza la inteligibilidad y se distingue al locutor, esta es la información que se transmite realmente



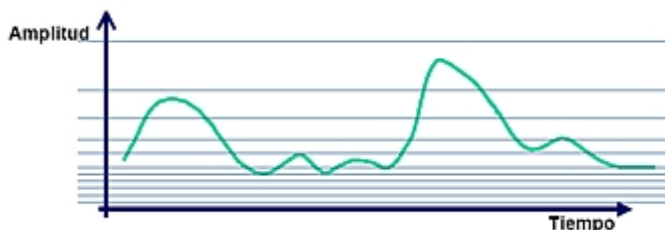
(ancho de banda vocal).

Inicialmente se transmitía una señal eléctrica equivalente a la auditiva (transmisión analógica). Este modelo adolece del grave problema del ruido aditivo en los amplificadores que limita su número y, en consecuencia, la distancia máxima alcanzable. Para resolverlo se impuso la digitalización (proceso que se abordó en las redes de telefonía en la década de los 70). De manera general, este proceso de digitalización implica:

- Muestreo, con una frecuencia mínima (frecuencia de Nyquist) que permita la reconstrucción de la señal (8000 muestras/sg o lo que es lo mismo 1 muestra cada 125 microsegundos)



- Cuantificación, asignando cantidades discretas a cada una de las muestras. Dada la mayor sensibilidad al ruido en las señales bajas, se utilizan preferentemente cuantificaciones no lineales.



- Codificación: los valores cuantificados se codifican en números que pueden ser transmitidos y procesados digitalmente.

Los estándares más utilizados en codificadores/descodificadores (codecs) de audio y la calidad subjetiva (MOS: Mean Opinion Score, de 1 a 5) de los mismos son:

Standard	Compression Method	Bit Rate	MOS Score
G.711	Pulse Code Modulation (PCM)	64Kbps	4.1
G.723.1	Multipulse, Multilevel Quantization (MP-MLQ)	5.3Kbps	3.9
G.723.1	Algebraic Code Excited Linear Predictive (ACELP)	6.4Kbps	3.65
G.726	Adaptive Differential PCM (ADPCM)	40, 32, 24 and 16 Kbps	3.85
G.728	Low Delay-Code Excited Linear Predictive (LD-CELP)	16 Kbps	3.61
G.729	Conjugate Structure-Algebraic Code Excited Linear Predictive (CS-CELP)	8 Kbps	3.92, 3.7

Elementos básicos de una red de ToIP

Una red de Telefonía sobre IP consta de los siguientes elementos:

- Terminales capaces de recibir y realizar llamadas de ToIP. Estos pueden ser teléfonos especialmente desarrollados para esta tecnología (teléfonos IP) o aplicaciones software (softphone) que se ejecutan sobre ordenadores personales y utilizan las facilidades multimedia que suelen tener éstos.
- La red IP propiamente dicha sobre la que se cursará el nuevo tráfico de voz
- Pasarelas (gateways) para comunicarse con terminales en otras redes, especialmente con la red de telefonía tradicional (POTS).
- Elementos que realicen la coordinación y el control de las llamadas, recibiendo y procesando los mensajes de señalización

Protocolos de transporte

Los protocolos de transporte son los responsables de transportar en tiempo real la voz digitalizada y paquetizada sobre redes IP. Dado que se trata de un servicio de tiempo real, el nivel de transporte no puede ser TCP (las retransmisiones en los servicios orientados a conexión son incompatibles con los requisitos de los servicios interactivos de tiempo real como la voz). Como en UDP el transporte se realiza sin garantías, -modo best effort-, se requieren mecanismos que permitan la detección de paquetes perdidos y/o desordenados así como que faciliten la gestión del almacenamiento (buffer) en el receptor.

Para cubrir estos requisitos se desarrolló el protocolo Realtime Transport Protocol (RTP) definido en la RFC 3550. Sus principales características son :

- Transporte datos en tiempo real, nivel aplicación
- Unidireccional, sin garantías (marcado de paquetes o reserva de recursos)
- Incorpora números de secuencia (para la detección de paquetes perdidos y desordenados) y marcas temporales (time stamp) para la gestión del buffer de recepción.

Este protocolo se complementó con el RTCP (RTP Control Protocol) definido también en la RFC 3550. Es un protocolo de control de RTP que se basa en el envío periódico de paquetes de control entre todos los participantes en la sesión mediante el cual éstos proporcionan información (feedback) del desarrollo de la misma.

Protocolos de señalización: H.323 y SIP

Los protocolos de señalización permiten establecer y liberar la presencia (log-on y log-out) y localizar a los potenciales usuarios, así como establecer, modificar y liberar sesiones propiamente dichas. En este contexto se desarrollaron dos grandes familias de protocolos: H.323 y SIP.

H.323 es un conjunto de protocolos (protocol suite) definidos por la International Telecommunication Union (ITU) que incluye funcionalidades de:

- Codificado de audio (G. 711, G. 722, G. 723, G. 728, G. 729) y video (H. 261 y H263)
- Transporte (RTP, RTCP)
- Establecimiento y liberación (log-on/log-out) de presencia de potenciales usuarios (H. 225)
- Negociación de parámetros(codec, bitrate, ...) (H. 245)
- Establecimiento y liberación de llamadas (Q.931)

Speech	Control			
G.7xx	RTCP	H.225	Q.931	H.245
RTP				
UDP			TCP	
IP				

SIP (Session Initiation Protocol, RFC 3261) es un protocolo diseñado para iniciar, modificar y terminar sesiones multimedia (1 o más participantes). Es un protocolo muy simple desarrollado por la Internet Engineering Task Force (IETF) para simplificar al muy complejo H.323 que, a semejanza de HTTP y SMTP, se basa en mensajes de texto lo que le dota de una gran trazabilidad. Durante cierto tiempo coexistieron ambos, hasta que finalmente (finales de la década de los 90) SIP se impuso, recibiendo su espaldarazo definitivo en 2000-2002 cuando fue elegido por IMS/3GPP

En SIP existen dos componentes básicos:

Agentes de usuario que incorporan las aplicaciones finales según el modelo cliente/servidor:

- UAC (user agents clients) que originan las llamadas
- UAS (user agent server) a la espera de llamadas

y agentes de red:

- Proxy server realizando funciones de relay (responde en nombre de) de llamadas (uas + uac)
- Redirect server: redirecciona llamadas a otros servidores
- Registrar: donde los usuarios se registran (log-in/log-out)

A modo de ejemplos se incluyen los formatos de los mensajes más habituales en SIP:

- Establecimiento de llamada (invite):



SIP Header

```

INVITE sip:john@xyz.com SIP/2.0
Via: sip/2.0/UDP abc.com:5060
From: sip:dave@abc.com
To: sip:john@xyz.com
Call-ID: 12345600@abc.com
CSeq: 1 INVITE
Subject: Hello
Contact: sip:dave@abc.com
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 147
  
```

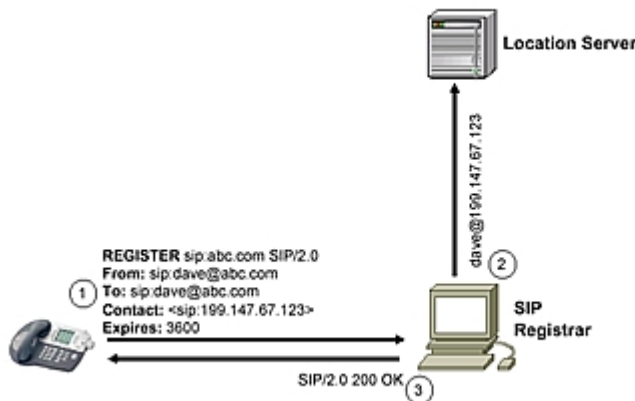
Space

```

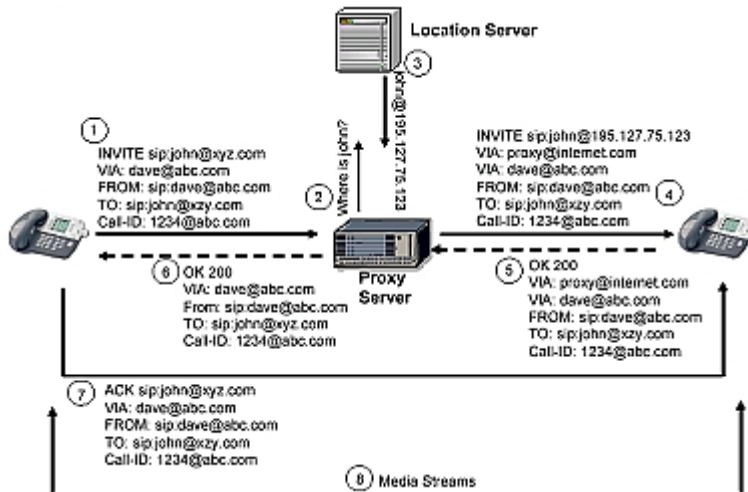
v=0
o=David 2890844526 2690844526 IN IP4 abc.com
s=Session SDP
c=IN IP4 100.101.102.103
t=0 0
m=audio 49172 RTP/AVP 0
a=rtpmap:0 PCMU/8000
  
```

SDP

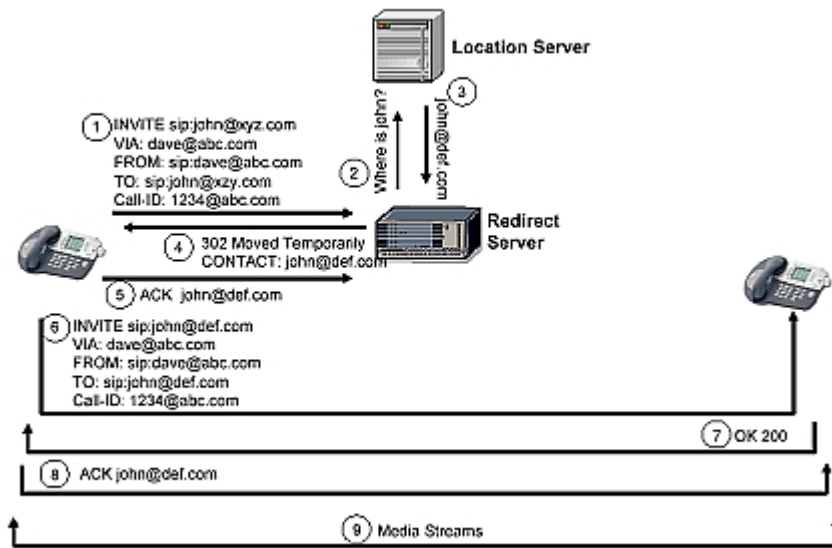
- Registro de un usuario



- Proxy server



- Redirect server



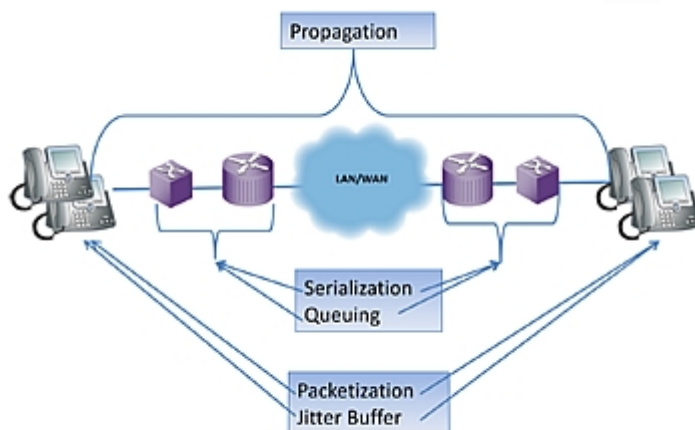
ToIP y calidad de servicio

Como en cualquier otra aplicación, las características de la red tienen una importancia directa sobre la calidad de servicio percibida por los usuarios de ToIP. Los parámetros que inciden de una manera más determinante sobre la calidad de servicio son la latencia (o retardo), su variación (o jitter) y la pérdida de paquetes.

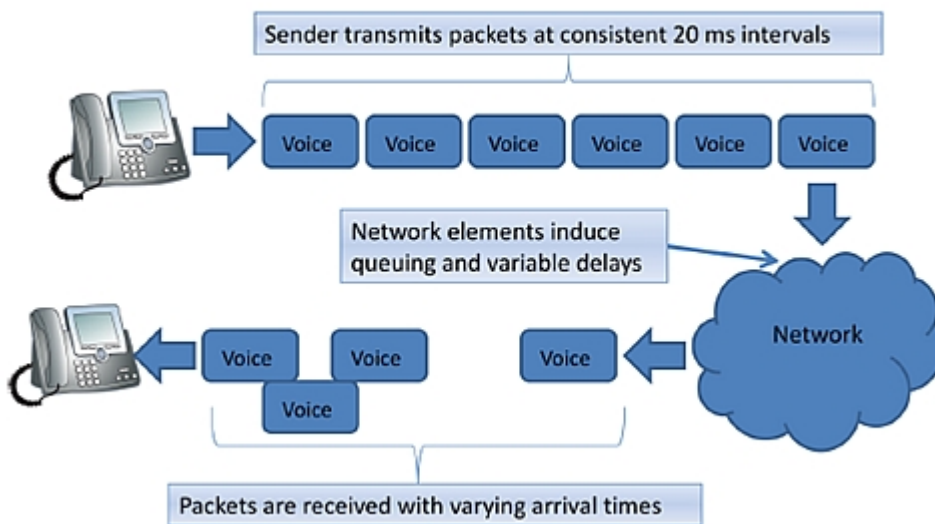
La latencia se define como el tiempo que tarda un paquete de ToIP en su viaje entre origen y destino, siendo este parámetro el que más afecta (o uno de los que más puede afectar) a las características subjetivas de calidad de servicio. La latencia tiene múltiples orígenes:

- Codificación: el tiempo que el codec necesita para codificar (transmisor) y decodificar (receptor) la voz
- Paquetización: el tiempo necesario para completar un paquete con muestras de voz
- Transporte: el tiempo requerido para transportar el paquete entre ambos extremos (transmisor y receptor), incluyendo tanto la propagación por las líneas de transmisión entre routers, como el empleado en la conmutación y almacenamiento (queuing) en los routers de la red IP.
- Almacenamiento en el receptor (buffer jitter) para compensar las variaciones de retardo (jitter) entre paquetes pertenecientes a una misma sesión de ToIP

Se recomienda (ITU) mantener este parámetro por debajo de 150 ms. Valores comprendidos entre 100 y 150 ms son indetectables para el usuario final, entre 150 y 200 ms la calidad se considera aceptable, y el servicio no es aceptable cuando supera los 200 - 300 ms.



El retardo variable (jitter en terminología anglosajona) es una medida de las diferencias de los tiempos de llegada de los paquetes correspondientes a una llamada de VoIP al receptor. Para calcularlo, cuando el extremo receptor recibe un paquete obtiene el instante en que dicho paquete llega y lo compara con el que fue generado (marca temporal en el protocolo RTP): la diferencia entre ambos es el retardo variable que el paquete ha sufrido. Para compensarlo (el decodificador necesita un flujo de paquetes constante) el receptor almacena los paquetes recibidos (buffer jitter) antes de su procesado. El inconveniente de este método es que cuanto mayor sea esta capacidad de almacenamiento (mayor compensación de retardos variables) mayor es la latencia añadida por lo que se buscan soluciones de compromiso adaptativas en las que el tamaño se ajusta a las condiciones cambiantes del retardo en la red.



Como los paquetes de voz se envían sobre RTP (y TCP), en caso de pérdida no se retransmiten y dicha pérdida afecta directamente a la calidad de servicio percibida. El impacto de esta pérdida de paquetes, originada en la red (congestión o errores) o en el receptor (desbordamiento o retardo excesivo en el buffer jitter), depende varios factores:

- La tipología (estadística) de las pérdidas: pérdidas aleatorias ocasionales, que habitualmente el codec compensa (p.e. repitiendo la última muestra recibida) o pérdidas consecutivas (ráfagas) cuyos efectos son mucho más perniciosos.
- El tamaño del paquete de voz: cuanto mayor sea el paquete mayor será la eficiencia (información útil/información total transmitida) y mayor el impacto (se pierden mas muestras de voz) en caso de pérdida.
- El codec: la compresión de la voz hace más eficiente al sistema (más información de audio en cada paquete) y, por el contrario, mayor será el impacto en caso de pérdida