

IP-TELEPHONY (protocolos)

Relacionado con los servicios de PABX y telefonía pública ofrecidos mediante redes de transporte IP. Sobre los protocolos H.323, MGCP, SIP, RTP y otros relacionados.

I- COMPONENTES Y PROTOCOLOS

1.1 UNA INTRODUCCIÓN

La voz sobre redes IP (**VoIP** -Voice over IP-) inicialmente se implementó para reducir el ancho de banda mediante compresión vocal (aprovechando los procesos de compresión diseñados para sistemas celulares) y en consecuencia para disminuir los precios en el transporte internacional. Sin embargo, migró rápidamente a una red de servicios integrados sobre la misma LAN. Con posterioridad se migró de la LAN a la WAN con la denominación de Telefonía sobre IP (**ToIP** -Telephony over IP- o **IP-Telephony**). Los operadores de este tipo de servicio se denomina **ITSP** (*IP Telephony Service Provider*) por similitud a los ISP de Internet.

Existen varias características que hacen de la IP-Telephony un problema de complejidad elevada. Algunos de ellos son las siguientes:

- 1- Una diferencia inicial entre VoIP y IP-Telephony es la interoperatividad con las redes telefónicas actuales y los servicios de valor agregado que generalmente se brindan en las redes PSTN soportadas en señalización SS7 y redes inteligentes **IN** (*Intelligent Network*).
- 2- Otra diferencia está dada en que mientras VoIP se piensa en el ámbito de la LAN con interconexión mediante Internet (sin calidad de servicio asegurada); en IP-Telephony se piensa en una Backbone de alta velocidad no bloqueante para garantizar la calidad de servicio mediante herramientas de QoS.
- 3- Normalmente se distinguen dos aplicaciones. Una en la LAN o PABX para comunicaciones internas en la empresa. Otra en la WAN para telefonía pública. En este último caso se puede observar las diferencias entre un operador local y otro de larga distancia. Cuando se habla de IP-Telephony se refiere a la aplicación pública, donde el principal problema es la interoperatividad (conexión entre distintos operadores con distinta tecnología).
- 4- En IP-Telephony se aplica el concepto de *carrier-grade*. Este concepto puede incluir varios aspectos: redundancia de equipamiento para lograr disponibilidad elevada (por ejemplo, 99,999%), calidad vocal (errores, retardo, jitter, eco, etc), disponibilidad de servicios (valor agregado en la red PSTN mediante SS7 en la IN), conectividad con todos los otros operadores.

El ITU-T formó en 1997 el grupo de trabajo **Tiphon** para el estudio de interconexión de redes de telefonía con conmutación de circuitos y de paquetes. Tiphon está basado en H.323 y tiene 3 componentes: el gateway de señalización SS7 **SG** (*Signaling Gateway*); el gateway del medio (transcodificador vocal) y el controlador **MGC** para la funcionalidades de señalización H.323; adicionalmente el Gatekeeper realiza las funciones de control de llamada. Dispone de 4 escenarios:

- Un usuario de internet hacia la PSTN basado en los servicios de redes existentes y **IN** (*Intelligent Network*).
- Usuario PSTN hacia un usuario de Internet mediante dirección E.164 o IP.
- Usuarios PSTN que utilizan la red IP como transporte.
- Usuarios de Internet que utilizan la red de conmutación de circuitos como transporte.

1.2- LOS COMPONENTES

Los componentes de los sistemas IP-Telephony se enumeran en la **Tabla 01** y son mostrados en la **Fig 01a**. De los componentes la interconexión depende del tipo de aplicación usada:

- 1- En el interior de una LAN (como PABX). Los terminales son las PC (con el software correspondiente para multimedia) o *IP-Phone* (teléfonos especialmente diseñados para trabajar sobre la LAN). El que establece las conexiones es el *Gatekeeper* (se trata del servidor de llamadas que trabaja sobre Windows NT o Unix) y el que realiza las funciones de conectividad hacia el exterior (la red telefónica convencional PSTN) es el *Gateway*.
- 2- Cuando la IP-Telephony se aplica en la WAN lo que se establecen son Gateway en ambos extremos de la red para conectar el mundo convencional PSTN. El transporte es IP (mediante canales en la Internet con calidad contratada). En este caso existen gatekeeper en los distintos puntos de presencia **POP** (*Point of Presence*) del operador ITSP.
- 3- Una tercera posibilidad es la formación de un ITSP de telefonía local. En este caso la LAN y la PABX (con la interfaz de un gateway) son conectadas a la red IP de transporte. El control nuevamente lo realiza el gatekeeper.

IP-TELEPHONY (protocolos)

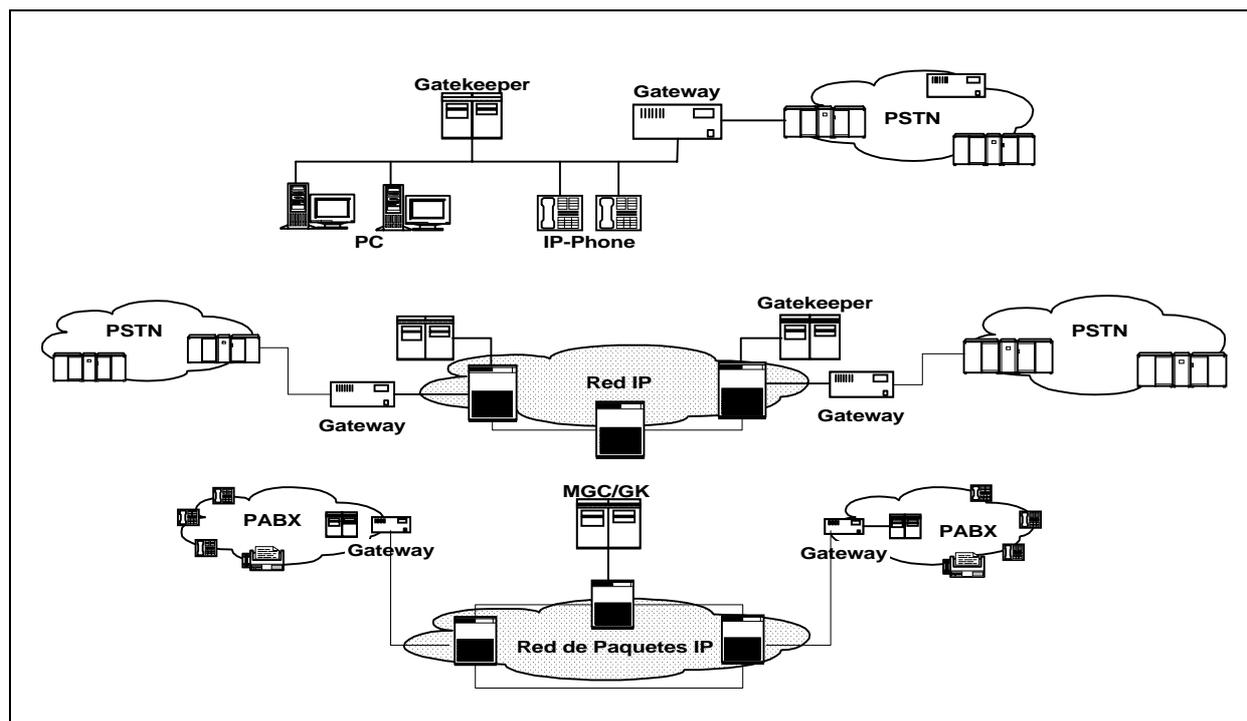


Fig 01a. Tres alternativas de aplicaciones para IP Telephony.

De acuerdo con la nomenclatura de la norma H.323 el controlador de llamada es el *Gatekeeper*. Sin embargo, se ha popularizado también la denominación **MGC** (*Media Gateway Controller*) para una mayor extensión de funciones. Las funciones del MGC pueden ser realizadas mediante dos técnicas distintas. La primera toma del mundo de la telefonía pública convencional las partes que pueden ser utilizadas (procesador central, memoria, cómputo de tráfico, etc.) y elimina aquellas que no corresponden (red de conmutación de circuitos). La segunda se trata de un software absolutamente nuevo (*Softswitch*) que corre sobre una plataforma genérica (Solaris o HP-UX).

1.3- LOS PROTOCOLOS

IP-Telephony utiliza como soporte cualquier medio basado en routers y los protocolos de transporte UDP/IP. El modelo de capas diseñado en 1981 para IP tenía prevista la voz sobre RTP/IP; el modelo actual agrega UDP/IP. La familia de protocolos estudiados se muestran en la **Fig 01** y los componentes de la red se muestran en la **Fig 02**.

Observaciones a la “sopa de letras”:

-Existen varios organismos involucrados en los standards: el **ITU-T** (H.323 por ejemplo); el **ETSI** (con el proyecto Tiphon), el **IMTC** (*International Multimedia Teleconferencing Consortium*) y el **IETF** (que administra los protocolos de Internet). El IMTC ha generado un grupo de estudio denominado Iñigo para facilitar la interoperatividad entre productores.

-Los protocolos de señalización utilizados en IP-Telephony son de diversos tipos. El ITU-T **H.323** es el primero aplicado para acciones dentro de una Intranet fundamentalmente. Es una cobertura para diversos protocolos **H.225**, **H.245** y **RAS** que se soportan en TCP y UDP.

-El IETF está definiendo otros tipos de protocolos: el **MGCP** para el control de las gateway a la red pública PSTN y los **SIP/SAP/SDP** hacia las redes privadas (reemplazarán a H.323?). Anterior a MGCP (trabaja sobre UDP) es el protocolo **IPDC** (*IP Device Control*) que trabaja sobre TCP y fue desarrollado por *Level3* y el **SGCP** (*Simple GCP*) desarrollado por Bellcore.

-La señal vocal se transmite sobre el protocolo de tiempo real **RTP** (con el control **RTPC**) y con transporte sobre UDP. El protocolo de reservación de ancho de banda **RSVP** puede ser de utilidad en conexiones unidireccionales.

-La señalización SS7 se utiliza hacia la red pública PSTN. De forma que se disponen de los protocolos **ISUP/SCCP/TCAP** que se transmiten sobre MTP en la PSTN y sobre TCP/IP en la red de paquetes. El protocolo **Q.931** (derivado de ISDN) se utiliza para establecer la llamada en H.323.

IP-TELEPHONY (protocolos)

Tabla 01. Componentes y funciones para el servicio IP-Telephony.

LAN	Donde se conectan los terminales, los elementos de interconexión al exterior (router, proxy o gateway) y el gatekeeper con el sistema de gestión. El servicio de IP-Telephony puede ofrecerse sin necesidad de una LAN, pero las ventajas de conectar sobre la misma red de computadores (interfaz RJ-45) también los teléfonos es muy interesante.
Terminal	Se comunica en forma bidireccional en tiempo real; se trata de una PC o un equipo a medida. Normalmente se encuentran conectados a la LAN mediante conectores RJ45 y en serie con la PC. De esta forma el mismo terminal de cableado estructurado se utiliza para ambos componentes del escritorio.
RAS	<i>(Remote Access Server)</i> . Es una gateway que se utiliza para acceder desde la PSTN con modem de datos. Se trata del tipo de acceso <i>dial-up</i> a Internet. No confundir con el protocolo RAS.
Proxy	Es un tipo especial de gateway que conectado a la LAN por un lado, se comunica con otra red en tiempo-real (RTP). El router también tiene esta característica pero lo hace mediante la Internet sin usar RTP.
Gateway GW	Provee la conectividad entre el mundo IP y el de telefonía convencional. -Se encuentra como interfaz entre la red LAN operando con H.323 y otra red distinta. Por ejemplo, la conexión a la red de telefonía convencional PSTN; a una PABX convencional o hacia líneas telefónicas con interfaz analógica (emulación de FXO/FXS – <i>Foreign Exchange Station/Office</i> -). Esta aplicación permite generar una PABX con VoIP. -También se conecta a la PABX convencional por un lado y a la red de transporte IP por el otro. Esta aplicación permite conectar un usuario convencional a la red de IP-Telephony pública. Permite la traslación de direcciones desde IP a la ITU-T E.164 de la red telefónica. Es decir, actúa de interfaz desde la red IP (dirección de 4 bytes) hacia la PSTN (dirección de 16 dígitos decimales). -Se encuentra entre la red IP y la PSTN para interconectar distintos proveedores de telefonía mediante técnicas de transporte diversas. Hacia la red de paquetes trabaja con protocolo RTP. Entre las funciones del GW se encuentra: la conversión de codificación vocal; la supresión de silencios y señalización DTMF; la supresión de eco; generar las conexiones RTP; etc.
Gatekeeper GK	<i>(Call Server)</i> Es el centro de control para el procesamiento de la llamada en H.323. Es un software que funciona sobre Windows-NT, Solaris o Unix. Pueden existir varios GK por razones de redundancia y compartir la carga en la red. El principal parámetro de GK es la cantidad de llamadas curzadas en las horas pico. Dicho parámetros se conoce como BHCA (<i>Busy Hour Call Attempts</i>). Las funciones del GK son: -Traslación de direcciones: desde dirección “alias” del terminal hacia dirección de capa 3/4 (socket). -Control del admisión: autoriza el acceso a la red mediante mensajes ARQ/ACF/ARJ (protocolo RAS). -Control de ancho de banda: mensajes BRQ/BRJ/BCF (protocolo RAS). -Señalización de control de llamada. Autorización o rechazo de llamadas. -Servicios de directorio, reservación de ancho de banda, etc.
MGC	<i>(Media Gateway Controller o Softswitch)</i> Es el control de procesamiento con la red pública PSTN. El MGC es un software que contiene en su interior al gatekeeper. Realiza las siguientes funciones: -Control de llamada (asimilable al punto de conmutación en las PABX), -Identificar el tráfico H.323 y aplicar las políticas apropiadas, -Limita el tráfico H.323 sobre la LAN y WAN, -Entrega archivos CDR (<i>Call Detail Records</i>) para la facturación (<i>Billing</i>). -Realiza la interfaz con las redes inteligentes IN . -Inserta calidad de servicio e implementa seguridad. Los MGC pueden colocarse en configuración <i>Failover</i> para protección ante fallas. Las gateway son controladas por el MGC mediante el protocolo SGCP (<i>Simple Gateway Control Protocol</i>) o la nueva generación MGCP (<i>Media GCP</i>). Como protocolo de señalización hacia la PSTN se utilizan ISUP/TCAP de la serie SS7 o el R2 para centrales sin facilidad SS7. En las redes de IP-Telephony públicas el GK se encuentra integrado al MGC. También se dispone de servidores para RADIUS (gestión de seguridad), para LDAP (directorío y memoria) y AAA (para autenticación y cobro).
ISUP	El protocolo de señalización hacia la PSTN es el SS7. La red PSTN se conecta con la red de IP-Telephony mediante 2 tipos de interfaz: una para las conexiones telefónicas con el GW y otra para el SS7 (ISUP) con el MGC. Los operadores de PSTN prefieren una conexión distinta para ambas señales.
MCU	<i>(Multipoint Control Unit)</i> . Esta unidad permite realizar conferencias entre varios usuarios.
Switch/Router	Conforman la “nube” IP. Son los componentes que distribuidos en la red IP permiten el enrutamiento de los paquetes hacia el destino (reemplazan a los centros de conmutación de las PSTN).
PSTN	<i>(Public Switched Telephone Network)</i> conforma la “nube” de telefonía convencional con conmutación de circuitos. POST (<i>Plain Old Telephone Service</i>) al servicio de telefonía básica a dos hilos brindado por la PSTN. La red de IP-Telephony se conecta mediante una Gateway a la PSTN. La gateway funciona de interfaz entre la red de conmutación de circuitos y la de paquetes.

IP-TELEPHONY (protocolos)

1.4- LOS MITOS DE CALIDAD DE SERVICIO

Dos son los mitos que involucran a la telefonía sobre IP. Uno se refiere a la baja calidad de Internet: se confunde las prestaciones de los accesos dial-up con el uso de canales de transporte punto-a-punto con calidad contratada. Otro se refiere al medio de transportar a los paquetes IP: aquí se menciona que solo ATM está en condiciones de garantizar la calidad de servicio. Nuevamente se ignora la serie de herramientas que posee IP y Gigabit-Ethernet para garantizar una calidad de servicio. Los problemas que se tienen en VoIP son la Latencia, el Jitter y el Eco. En IP-Telephony estos problemas son resueltos mediante diversas técnicas.

LATENCIA. Se define como el gap existente en la conversación debido a los retardos acumulados. El primer retardo es en la matriz de switch el retardo producido por el proceso *store-and-forward* y el retardo de procesamiento (cambio de encabezado, etc). A esto se suman los retardos propios del proceso de compresión vocal. Los retardos en la red pueden ser reducidos mediante el protocolo de reservación RSVP. El retardo debido a la compresión vocal se puede eliminar usando la velocidad de 64 kb/s sin compresión. Este último aspecto es muy interesante. Inicialmente VoIP se desarrolló para reducir costos con menor velocidad y usando la infraestructura de Internet. Actualmente, con el modelo de una red IP de alta velocidad la compresión vocal no es obligatoria. En este caso IP-Telephony se desarrolla para brindar una red de servicios integrados soportada en protocolo IP.

Por ejemplo, el tamaño de un paquete RTP incluye 66 Bytes de encabezado (26 de MAC, 20 de IP, 8 de UDP y 12 de RTP) y 71 de carga útil. El overhead puede ser comprimido. La información vocal puede ser reducida. Por ejemplo: para G.723 trabajando a 6,3 kb/s (trama de 30 mseg) sin supresión de silencios se requieren 11 paquetes/seg y 71 Bytes/paquete. Si integramos la supresión de silencios esta velocidad se reduce sustancialmente.

JITTER. Se entiende el efecto por el cual el retardo entre paquetes no es constante. Se trata de una latencia variable producida por la congestión de tráfico en el backbone de red, por distinto tiempo de tránsito de paquetes debido al *connectionless*, etc. Se puede utilizar un buffer para distribuir los paquetes y reducir el jitter, pero introduce un retardo adicional. Lo correcto es incrementar el ancho de banda del enlace; solución posible en un backbone pero de menor posibilidad en los enlaces WAN. Otra posibilidad es la formación de colas para prioridad de tráfico.

ECO. Estas características (latencia y jitter) pueden producir eco sobre la señal telefónica, lo cual hace necesario el uso de canceladores de eco (**ITU-T G.168**). El cancelador de eco permite la transmisión simultánea *full dúplex*. Se tienen 2 tipos de eco. Uno tiene alto nivel y poco retardo y se produce en el circuito híbrido de 2 a 4 hilos local; mientras que otro es de bajo nivel y gran retardo y se produce en el circuito separador híbrido remoto.

El cancelador de eco se construye mediante la técnica de equalización transversal autoadaptativa. Consiste en usar una parte de la señal de transmisión para cancelar el eco producido por la desadaptación de impedancias en el circuito híbrido que convierte de 4 a 2 hilos. El supresor de eco no puede superar el número de 2 en una conexión telefónica por efecto de "*chopping*" en la voz (**G.131**). El cancelador de eco no tiene restricciones en número. Se usa en comunicaciones por satélite, fibra óptica transoceánica y telefonía celular. El satélite introduce un retardo de 260 mseg y la FO un retardo de 5 μ seg/Km. En la conexión para telefonía celular se pueden tener grandes retardos si la BER es elevada (para 10^{-1} un retardo de 90 mseg) pero requiere solo un cancelador en el extremo de la central PSTN (red telefónica pública conmutada).

No debe confundirse el supresor de eco con el cancelador de eco. El supresor de eco (**ITU-T G.165/168**) para señales digitales deriva del usado con señales analógicas cuando existen retardos superiores a 20 mseg en una vía. Se coloca luego del híbrido a 4 hilos, el cual produce por desbalance un eco en la señal. Se tienen 2 formas de funcionamiento: cuando se habla en una dirección se atenúa al otro sentido (supresión de silencios); y cuando ambos sentidos tienen señal se atenúan ambas vías con lo cual el eco se atenúa el doble.

IP-TELEPHONY (protocolos)

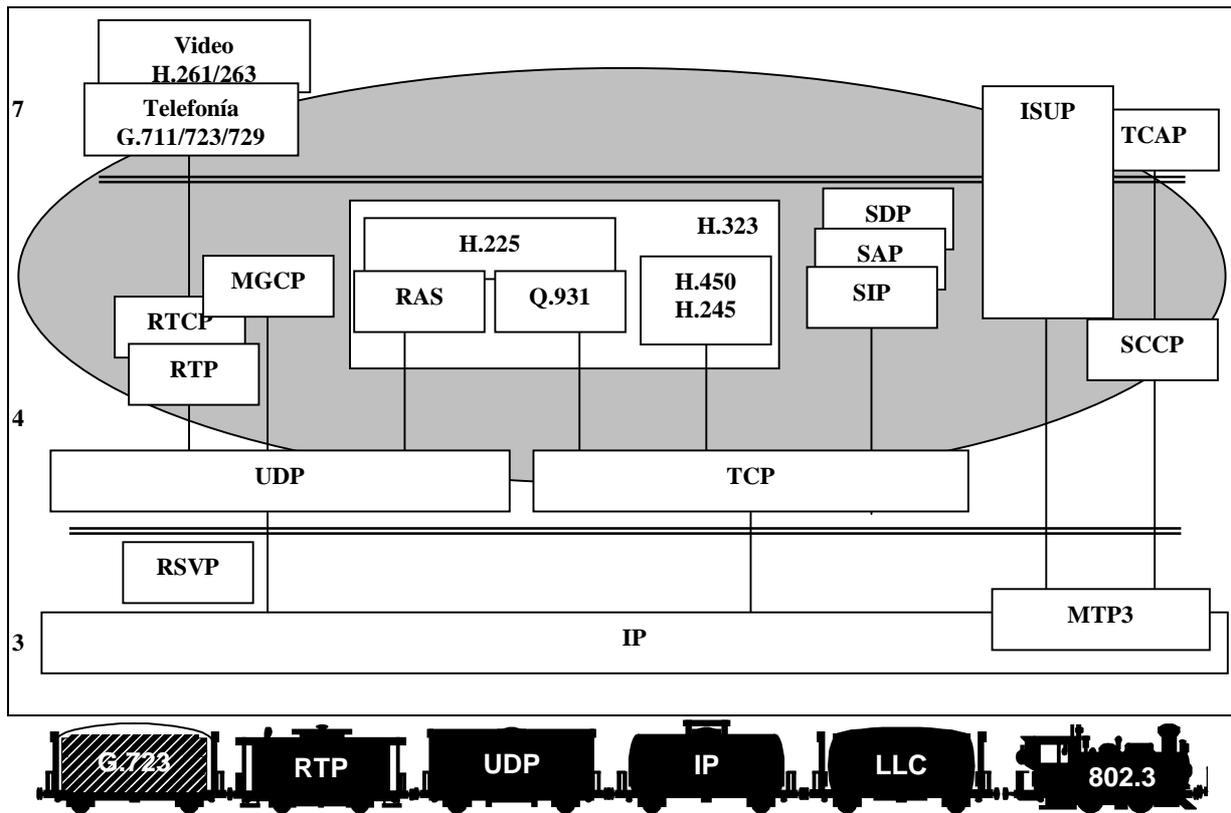


Fig 01. Modelo de capas y protocolos utilizados en IP-Telephony.

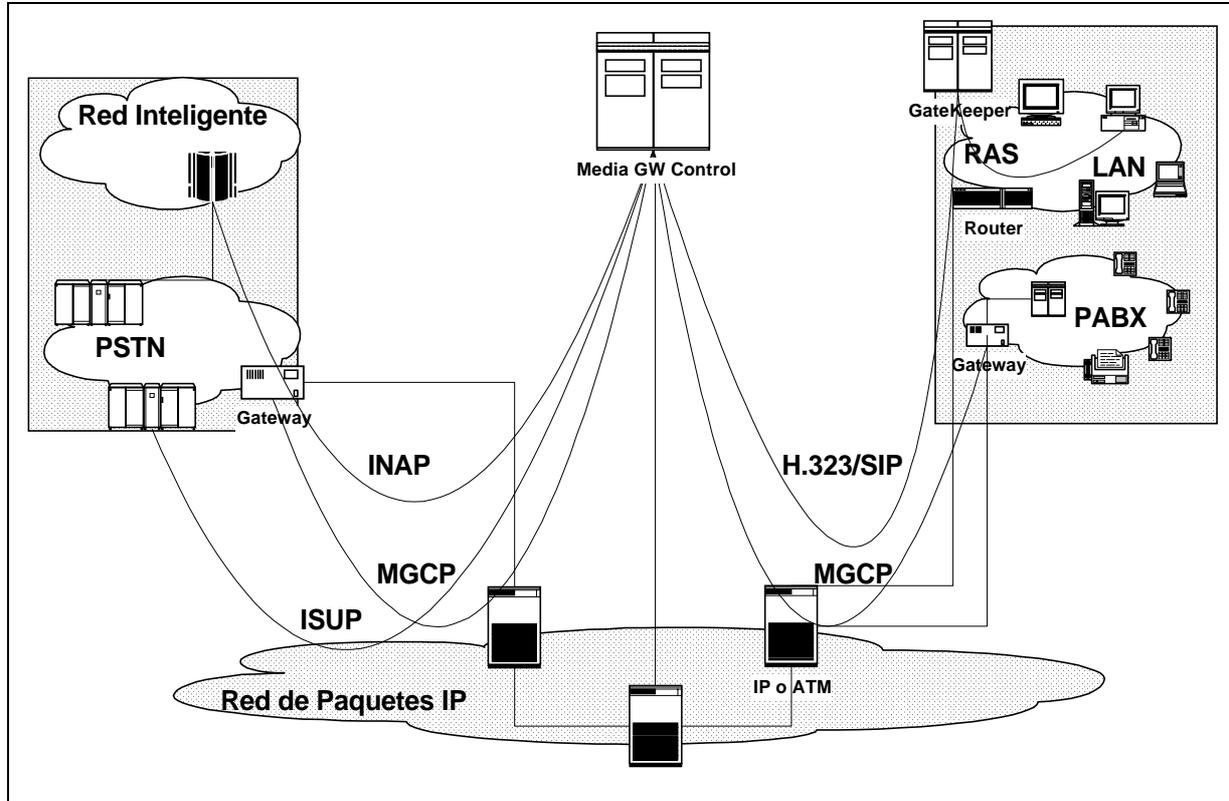


Fig 02. Componentes de hardware y protocolos del software para IP-Telephony.

IP-TELEPHONY (protocolos)

2- ITU-T H.323

Para multimedia las primeras acciones se emprendieron con el protocolo RTP/RTCP (RFC-1889). La norma del ITU-T H.225 utiliza a RTP (está anexa enteramente de H.225).

2.1- LAS NORMAS ITU-T PARA MULTIMEDIA

El ITU-T ha definido standard de cobertura para distintos servicios. El que nos ocupa en este ítem es el H.323 y se refiere a varios otros standard dentro de la cobertura. En la siguiente Tabla se resumen las normas del ITU-T para aplicaciones de multimedia.

Tabla 02. Normas ITU-T para multimedia.

Norma ITU-T	Año	Aplicación	Vídeo	Audio	Múltiplex	Control
H.320	1990	ISDN	H.261	G.711	H.221	H.242
H.324	1995	POST	H.263	G.723	H.223	H.245
H.323	1996/98	LAN	H.261/263	G.711	H.225	H.245
H.310/321	1996	ATM	H.262	MPEG-1	H.222	H.245

ITU-T H.320.

Se trata de tecnologías referidas como velocidades **Px64 kb/s** para video-teléfono. El estándar cubre desde 64 a 2048 kb/s con un retardo inferior a 150 mseg. Se señala un protocolo de conectividad internacional que permite la comunicación entre aparatos de distinta producción y compatible con ISDN. La norma **H.320** involucra las funciones de: H.261 para la señal de vídeo; G.721/722/728 para sonido; H.221 para el entramado de datos; H.230 para el control y H.242 para la señalización.

Se determinan los componentes del sistema de videoteléfono conectado a una central privada o desde un acceso ISDN a 2x64 kb/s. El algoritmo de codificación de vídeo se indica el H.261; el algoritmo de audio en AV.250; el control de sistema en H.242 (señalización dentro de banda) y H.230 (intercambio de tramas de control); el multiplexor de las 3 señales anteriores en H.221 y el adaptador hacia la red en I.400.

ITU-T H.323.

Esta norma del ITU-T data de 1996 (versión 1) y 1998 (versión 2) y ha sido generada para sistemas de comunicación multimediales basado en paquetes; redes que pueden no garantizar correctamente la calidad de servicio QoS. Esta tecnología permite la transmisión en tiempo real de vídeo y audio por una red de paquetes. Es de suma importancia ya que los primeros servicios de voz sobre protocolo Internet (**VoIP**) utilizan esta norma. En la versión 1 del protocolo H.323v1 del año 1996 se disponía de un servicio con calidad de servicio (**QoS**) no garantizada sobre redes LAN. En la versión 2 del año 1998 se definió la aplicación VoIP independiente de la multimedia. Una versión 3 posterior incluye el servicio de fax sobre IP (**FoIP**) y conexiones rápidas entre otros.

La versión H.323v2 introduce una serie de mejoras sobre la H.323v1. Algunas de ellas son: permite la conexión rápida (elimina parte de tiempo de solicitud de conexión); mediante H.235 introduce funciones de seguridad (autenticación, integridad, privacidad); mediante H.450 introduce los servicios suplementarios; soporta direcciones del tipo RFC-822 (e-mail) y del formato URL; mediante la unidad MCU permite el control de llamadas multi-punto (conferencia); permite la redundancia de gatekeeper; soporta la codificación de vídeo en formato H.263; admite el mensaje RIP (*Request in Progress*) para informar que la llamada no puede ser procesada por el momento; provee la facilidad que el gateway informe al gatekeeper sobre las disponibilidad de enlaces para mejorar el enrutamiento de llamadas; etc.

ITU-T H.324.

Esta norma incluye la codificación H.263 para la señal de vídeo. El objetivo de **ITU-T H.263** es mejorar la calidad de H.261. Esta norma es coherente con **MPEG-4** desarrollado por ISO. Formalmente utiliza las mismas técnicas de compresión de imagen con 5 a 15 imágenes/seg. MPEG-4 utiliza estimación de movimiento para la compensación entre tramas. Por otro lado, la posición de marcas de resincronismo son periódicas en lugar de estar colocadas luego de un bloque no-periódico.

H.324 permite la interactividad entre terminales PC-multimediales, módem de voz-datos, *Browsers* de WWW con vídeo en vivo, videoteléfonos, sistemas de seguridad, etc. Permite la conexión mediante la red telefónica convencional:

- Utiliza un módem full-duplex **V.34** a velocidad de 28.800 o 33.600 b/s, pudiendo operar a menor velocidad.
- La compresión de datos es del tipo **V.42** y el protocolo de módem es el **LAPM**.
- La codificación vocal se realiza mediante **G.723** a una velocidad de 5,3 o 6,4 kb/s (trama de 30 mseg).
- El retardo total entre extremos para el canal de audio es cercano a 97,5 mseg debido al procesamiento.
- Llega a 150 mseg con los buffer de jitter y de multiplexación, sin contar el tiempo de propagación.

IP-TELEPHONY (protocolos)

2.2- PROTOCOLOS DE H.323

En la **Tabla 03** y **Fig 01** se elencan las señales y protocolos involucrados en H.323; así como las direcciones de capas 3/4/7.

Tabla 03. Señales y protocolos involucrados en H.323.

	DESCRIPCIÓN
Tráfico. Sobre UDP/IP.	<p>-Codificación de audio: G.711 a velocidad de 64 kb/s; G.722 para 48, 56 y 64 kb/s; G.728 para 16 kb/s y G.729 para 8 kb/s. En tanto el ITU-T ratificó en 1995 a G.729, el VoIP Forum en 1997 (liderado por Intel y Microsoft) seleccionó a G.723.1 con velocidad de 6,3 kb/s para la aplicación VoIP.</p> <p>-Codificación de vídeo: de acuerdo con H.263.</p> <p>Ambos servicios se soportan en el protocolo de tiempo real RTP que se analiza más adelante.</p>
Señalización. Sobre TCP/UDP/IP.	<p>El resto de esta fase del capítulo se refiere a los siguientes protocolos:</p> <p>-H.225. Son los mensaje de control de señalización de llamada que permiten establecer la conexión y desconexión. Este protocolo describe como funciona el protocolo RAS y Q.931. H.225 define como identificar cada tipo de codificador y discute algunos conflictos y redundancias entre RTCP y H.245.</p> <p>-Q.931. Este protocolo es definido originalmente para señalización en accesos ISDN básico BRI (<i>Basic Rate Interface</i>). Se utiliza para señalización de llamada en la red IP (desde el GW hacia el terminal). Es equivalente al ISUP utilizado desde el GW hacia la red PSTN.</p> <p>-RAS (<i>Registration, Admission and Status</i>) utiliza mensajes H.225 para la comunicación entre terminal y gatekeeper GK. Sirve para registración, control de admisión, control de ancho de banda, estado y desconexión.</p> <p>-H.245. Este protocolo de señalización transporta la información no-telefónica durante la conexión. Es utilizado para comandos generales, indicaciones, control de flujo, gestión de canales lógicos, etc. Se usa en las interfaz terminal-a-terminal y terminal-a-GK. H.245 es una librería de mensajes con sintaxis es del tipo ASN.1. En particular codifica los dígitos DTMF (<i>Dual-Tone MultiFrequency</i>) en el mensaje <i>UserInputIndication</i>.</p> <p>-H.235. Provee una mejora sobre H.323 mediante el agregado de servicios de seguridad como autenticación y privacidad (criptografía). H.235 trabaja soportado en H.245 como capa de transporte. Todos los mensajes son con sintaxis ASN.1.</p>
Calidad de servicio. Sobre UDP/IP.	<p>-Protocolo RTP (<i>Real-Time Transport Protocol</i>): usado con UDP/IP para identificación de carga útil, numeración secuencial, monitoreo, etc. Trabaja junto con RTCP (<i>RT Control Protocol</i>) para entregar un feedback sobre la calidad de la transmisión de datos. El encabezado de RTP puede ser comprimido para reducir el tamaño de archivos en la red.</p> <p>-Protocolo de reservación de ancho de banda RSVP usado para reservar un ancho de banda especificado dentro de la red IP. Téngase en cuenta que RSVP trabaja sobre PPP (o similar a HDLC) pero no trabaja bien sobre una LAN multiacceso.</p> <p>-Protocolo PPP Interleaving se utiliza para enlaces inferiores a 2 Mb/s para fraccionar los paquetes de gran longitud y permitir el intercalado con paquetes de servicios en tiempo-real.</p>
Direcciones	<p>-Dirección de red (<i>IP Address</i>). Se trata normalmente de direcciones privadas que identifican a cada componente. La asignación de direcciones puede ser fija o asignada en forma dinámica (protocolo DHCP).</p> <p>-Dirección TSAP. Corresponde a la <i>port TCP/UDP</i>. Permite la multiplexación de canales con la misma dirección de red. Algunos componentes, como el GK y el protocolo RAS, tienen una dirección de port fija (<i>well-known</i>). En otros, como los terminales, se asignan en forma dinámica.</p> <p>-Dirección de <i>Alias</i>. Se trata de alguna identificación como el número telefónico, dirección de e-mail, nombre de usuario, etc. La resolución de direcciones alias se realiza en el gatekeeper.</p>

2.2- PROCEDIMIENTO DE COMUNICACION.

Se describe en la **Tabla 04** y **Fig 03** los distintos mensajes y etapas en el proceso de conexión de H.323. En la **Tabla 05** se muestra un ejemplo del procedimiento de conexión, comunicación y desconexión de una llamada. Intervienen dos terminales T1 y T2 y el GK *Gatekeeper* en el centro. De existir varios GK se disponen de mensajes para intercomunicación, por ejemplo, **LRQ** para *Locate Request* y **LCF** para *Locate Confirm*.

En H.323 se describen 3 tipos de mensajes de señalización diferentes:

-H.245: se describen estos mensajes en forma de texto concatenado en letras tipo bold (ejemplo: **maximumDelayJitter**).

-RAS: se representa mediante 3 letras (ejemplo: ARQ) y es usado para señalización entre terminal y Gatekeeper.

-H.225/Q.931: representado en una o dos palabras con la primer letra en mayúsculas (ejemplo: Call Proceeding). Es usado para encapsular los mensajes H.245 de señalización entre terminales y originalmente fue diseñado como protocolo DSS1 en capa 3/7 para los accesos ISDN.

IP-TELEPHONY (protocolos)

Tabla 04. Fases de comunicación mediante protocolos de H.323.

FASES	DESCRIPCION DE MENSAJES
Discovery	Se trata del proceso por el cual el terminal H.323 determina cual es el GK que atiende a la red en ese momento. El mensaje desde el terminal es del tipo multicast y se denomina GRQ (<i>Gatekeeper Request</i>); el GK responde con la aceptación GCF (<i>GK Confirmation</i>) o rechazo GRJ (<i>GK Reject</i>). El GK puede indicar un GK alternativo mediante mensajes alternateGatekeeper . Si no se está en condiciones de procesar el request se puede enviar un mensaje RIP (<i>Request in Progress</i>) para indicar que se está procesando el request; esto resetea el timeout de la conexión.
Registration	El terminal informa de sus direcciones de transporte y alias mediante RRQ (<i>Registration Request</i>) y el GK responde con RCF (<i>Registration Confirmation</i>) o RRJ (<i>Registration Reject</i>). El RRQ se emite en forma periódica. La registración tiene un tiempo de duración (expresado en segundos) para lo cual se utiliza el mensaje timeToLive . El terminal o el GK puede cancelar la registración mediante el mensaje URQ (<i>Unregister Request</i>) al cual le corresponde la confirmación URF (<i>Unregister Confirmation</i>).
Location	Un terminal o GK que tiene un alias para un terminal y quiere determinar su información de contacto puede emitir el mensaje de requerimiento de localización LRQ (<i>Location Request</i>). Al cual le corresponde la confirmación LCF (<i>Location Confirmation</i>) con la información requerida. La dirección puede ser del tipo E.164 si se trata de un GK fuera de la red.
Admission	El pedido de admisión del terminal al GK es ARQ (<i>Admissions Request</i>) y contiene un requerimiento Call Bandwidth (en formato Q.931). El GK puede reducir las características de la solicitud en el mensaje de confirmación ACF (<i>Admissions Confirm</i>). En el mismo mensaje ARQ se dispone de la funcionalidad TransportQOS para habilitar la funcionalidad de reservación de ancho de banda RSVP, para servicios unidireccionales (orientado-al-receptor).
Bandwidth	Durante una conexión el terminal o el GK pueden requerir el cambio de ancho de banda del canal mediante el mensaje BCR (<i>Bandwidth Change Request</i>).
Status	Se trata de un mensaje periódico (mayor a 10 seg) que emite el GK al terminal para determinar el estado y requerir diagnóstico. Se trata de los mensajes IRQ (<i>Information Request</i>) y IRR (<i>Information Response</i>). La habilitación se realiza mediante willRespondToIRR enviado en el mensaje RCF o ACF.

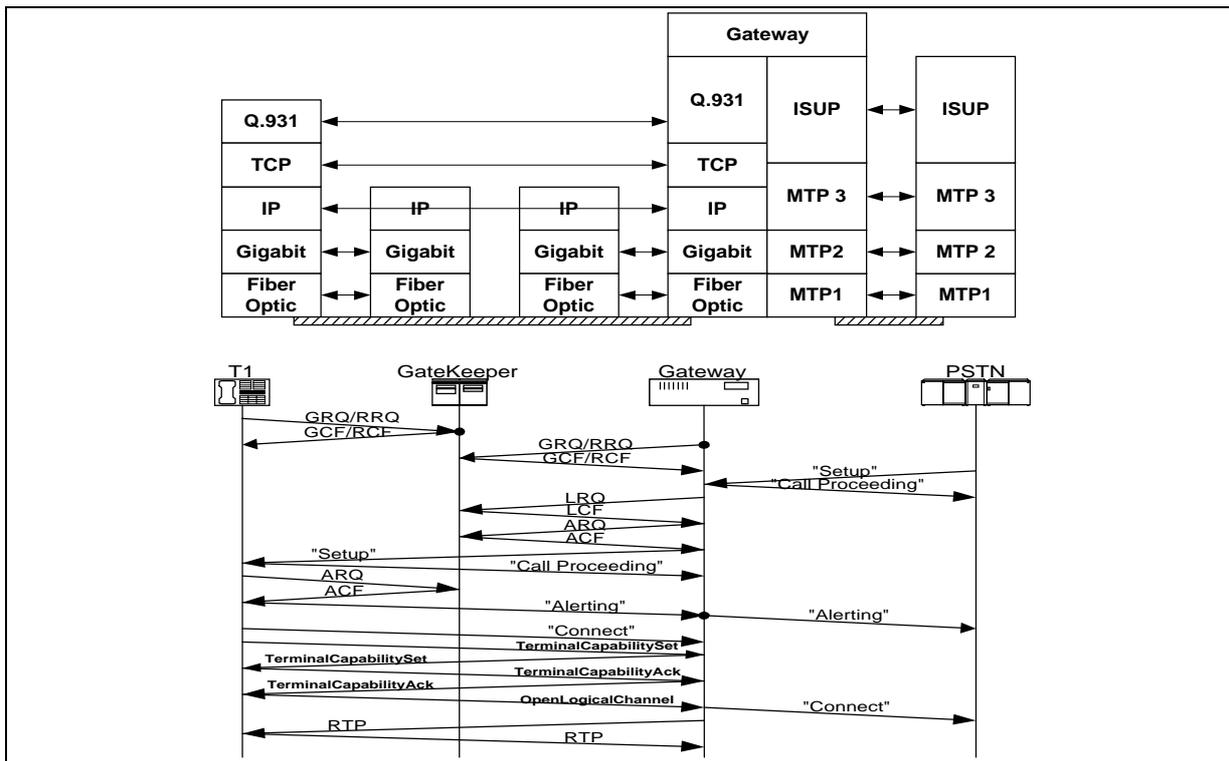


Fig 03. Modelo de capas y mensajes en la conexión H.323.

IP-TELEPHONY (protocolos)

Tabla 05. Ejemplo de señalización de llamada en H.323 desde la PSTN.

T1	GK	GW	PSTN	Protocolo	Mensaje
				RAS	CALL SETUP
●→				RAS	GRQ/RRQ. Es el requerimiento de registraci3n del terminal al gatekeeper.
←●				RAS	GCF/RCF. Es la confirmaci3n de registraci3n desde el gatekeeper.
	←●			RAS	GRQ/RRQ. Es el requerimiento de registraci3n del gateway al gatekeeper.
	●→			RAS	GCF/RCF. Es la confirmaci3n de registraci3n desde el gatekeeper.
		←●		ISUP	“Setup”. Llamada entrante desde la PSTN con las direcciones E-164.
		●→		ISUP	“Call Proceeding”. Se informa a la PSTN del procesamiento de llamada.
	←●			RAS	LRQ. Es el requerimiento de locaci3n sobre el gatekeeper.
	●→			RAS	LCF. Es la confirmaci3n de locaci3n.
	←●			RAS	ARQ. Es el requerimiento de admisi3n de llamada.
	●→			RAS	ACF. Es la confirmaci3n de admisi3n.
←●				Q.931	“Setup”. Requerimiento de setup de llamada sobre el terminal.
●→				Q.931	“Call Proceeding”. Informaci3n de llamada en proceso.
●→	●→			RAS	ARQ. Requerimiento de admisi3n del terminal sobre el gatekeeper.
←●	●→			RAS	ACF. Conformaci3n de admisi3n.
●→				Q.931	“Alerting”. Se1alizacion de ring de llamada en proceso.
		●→		ISUP	“Alerting”. Se1alizacion de ring de llamada en proceso.
●→				Q.931	“Connect”. Se1alizacion de respuesta del terminal.
←●				H.245	TerminalCapabilitySet. Mensaje de H.245 para determinar capacidades.
←●				H.245	TerminalCapabilityAck. Confirmaci3n.
●→				H.245	OpenLogicalChannel. Mensaje para abrir un canal l3gico.
←●				ISUP	“Connect”. Mensaje de ISUP de conexi3n establecida.
←●				RTP	Paquetes RTP con informaci3n vocal.

2.3- PAQUETES H.225/245.

El formato del paquete H.225 sigue la estructura del ITU-T Q.931. Contiene la siguiente secuencia de bytes:

Tabla 06. Estructura del paquete Q.931 (equivalente a ISUP de SS7).

-PD	1 Byte. Discriminador de protocolo. Identifica el mensaje de control de llamada en la interfaz usuario-a-red. Se han reservado c3digos para protocolos X.25 y uso nacional. DSS1= 0001 0000.
-RF	2 Bytes. (<i>Call Reference Information Element</i>). Referencia de llamada en la conexi3n usuario-red. Contiene:
.Length	1 Byte. Indica la longitud de CRV mediante 4 bits y 4 bits de relleno 0000
.CRV	1 Byte. (<i>Call Reference Value.</i>) An3logo al identificador de canal l3gico en la red X.25. Utiliza 7 bits y permite la multiplexaci3n en el canal D. En el acceso primario ocupa 2 Bytes.
-MT	1 Byte (<i>Message Type</i>). Es el identificador del tipo de mensaje. Se disponen de las siguientes posibilidades: -Establecimiento de llamada: Alerta o aviso, llamada en curso, inicio de conexi3n (<i>setup</i>), acuse de conexi3n, reconocimiento de inicio y de conexi3n. -Fase activa de la llamada: Reanudaci3n de llamada, acuse de reanudaci3n, rechazo de reanudaci3n, suspensi3n de llamada, acuse de suspensi3n, rechazo de suspensi3n, informaci3n de usuario. -Desconexi3n de la llamada: Inicio de desconexi3n de llamada, liberaci3n, liberaci3n completada, rearranque y acuse recibo de rearranque. -Miscelaneos: Control de congesti3n, informaci3n, facilidades, notificaci3n, estado, consulta de estado.
-ID	1 Byte. Identificador de mensaje para informar si lo que sigue es un mensaje de usuario-usuario; un estado de desconexi3n; el n3mero de llamada.
-LON	1 Byte. Indica la longitud del contenido del mensaje.
-CON	N Bytes. Contenido del mensaje propiamente dicho. Para un mensaje de <i>Setup</i> (similar a IAM) se dispone de los siguientes campos:
.Type	3 bits. Identifica el tipo de llamada
.NSI	4 bits. Identifica el esquema de numeraci3n utilizado.
.NUM	Nx7 bits. Se trata de la transferencia de cifras en codificaci3n de 7 bits cada cifra.

Sobre el paquete H.225 se dispone del MT para identificar la funci3n del mensaje. Entre los distintos tipos de mensaje se encuentran:

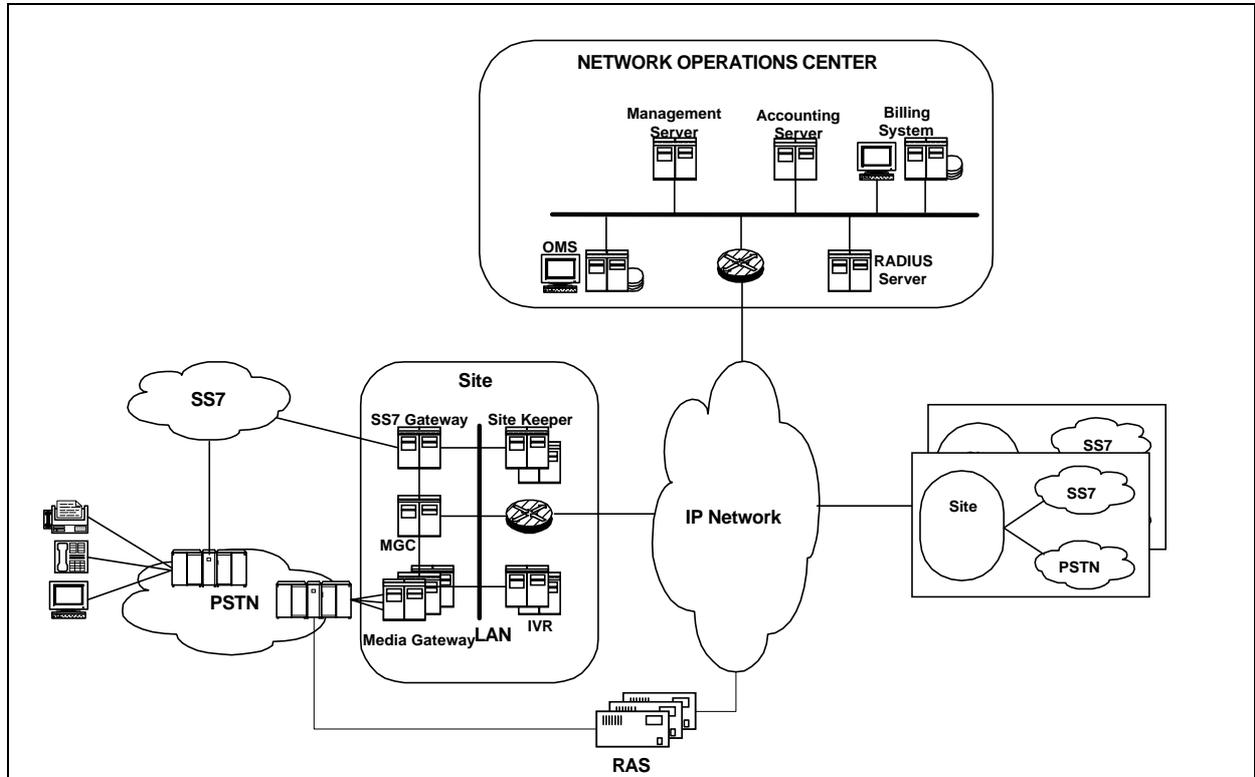
- Mensajes para establecimiento de llamada: Alerting, Call Proceeding, Connect, Setup, Progress, etc.
- Mensajes para la fase de informaci3n de llamada: Resume, Suspend, User Information, etc.
- Mensajes para el cierre de la llamada: Disconnect, Release, Restart, etc.
- Mensajes miscel3neos: Segment, Congestion Control, Information, Notify, Status, Status Enquiry, etc.

Los mensajes manejados en el 3mbito de H.245 (durante la fase de comunicaci3n telef3nica) son:

IP-TELEPHONY (protocolos)

-**multimediaSystemControl** para efectuar el control del sistema; las variantes del mensaje son request, response, command and indication.

-otros mensajes de interés que se utilizan en H.245: **masterSlaveDetermination**, **terminalCapability**, **MaintenanceLoop**, **communicationMode**, **communicationMode**, **conferenceRequest and Response**, **terminalID**.



IP-TELEPHONY (protocolos)

3- PROTOCOLOS DEL IETF (MGCP-SIP)

El protocolo H.323 es complejo y orientado a las aplicaciones en multimedia LAN; por esta razón existen generaciones de protocolos posteriores, los cuales interactúan entre sí y con H.323. Dichos protocolos son indicados en la **Tabla 07**.

Tabla 07. Protocolos del RFC para multimedia.

MGCP	(<i>Media Gateway Control Protocol</i>). Es un protocolo que soporta un control de señalización de llamada escalable. El control de QoS se integra en el gateway o en el controlador de llamadas. Este protocolo tiene su origen en el SGCP (de Cisco y Bellcore) e IPDC. Bellcore y Level3 plantearon el MGCP a varios organismos.
SIP	(<i>Session Initiation Protocol</i>) de RFC-2543. SIP se aplica para sesiones punto-a-punto unicast; puede ser usado para enviar una invitación a participar en una conferencia multicast. Utiliza el modelo cliente-servidor y se adapta para las aplicaciones de IP Telephony. El server puede actuar en modo <i>proxy</i> o <i>redirect</i> (se direcciona el requerimiento de llamada a un server apropiado).
SAP	(<i>Session Announcement Protocol</i>). SAP es usado para gestionar sesiones del tipo multicast entre un gran grupo de recipientes; permite anunciar la sesión de multicast (en forma similar al un e-mail, newsgroup, página web). Utiliza mensajes UDP para multicast.
RTSP	(<i>Real Time Streaming Protocol</i>) de RFC-2326. RTSP es usado como interfaz a un servidor que entrega datos en tiempo real (por ejemplo un servidor de anuncios del tipo half-dúplex). El RTSP establece y controla los flujos de tiempo real (audio y video). Actúa como control remoto de red para servidores multimedia. La sintaxis y operación es intencionalmente similar a HTTP/1.1. Puede entonces ser fácilmente asimilable.
SDP	(<i>Session Description Protocol</i>) de RFC-2327. SDP se utiliza para describir la sesión y trabaja sobre los todos los anteriores protocolos. La descripción de la sesión incluye el nombre, período de tiempo, tipo de medio (video, audio, etc), protocolo de transporte y número de port; información de ancho de banda, etc. Se utiliza en aplicaciones de multicast Mbone (<i>Multicast Backbone</i>). Se encarga de las sesiones en conferencia para comunicar direcciones e informaciones específicas para participar de la misma. El uso de un site de tipo Mbone permite simplificar el proceso a conocer la dirección multicast IP y la port UDP. Es un protocolo de sesión que puede trabajar con cualquier protocolo de transporte, como ser la familia SAP, SIP, RTSP o protocolos como HTTP.

3.1- PROTOCOLO MGCP

MGCP es un protocolo que permite comunicar al controlador de gateway **MGC** (también conocido como *Call Agent*) con las gateway de telefonía **GW** (hacia la PABX o PSTN). La versión 1.0 se encuentra en RFC-2705 de octubre de 1999. Se trata de un protocolo de tipo master/slave donde el MGC informa las acciones a seguir al GW. Los mensajes MGCP viajan sobre UDP/IP, por la misma red de transporte IP con seguridad IPsec (ver **Fig 01/02**).

El formato de trabajo genera una inteligencia externa a la red (concentrada en el MGC) y donde la red de conmutación está formada por los router de la red IP. El GW solo realiza funciones de conversión vocal (analógica o de velocidad digital) y genera un camino RTP entre extremos. La sesión de MGCP puede ser punto-a-punto o multipunto. MGCP entrega a GW la dirección IP, el port de UDP y los perfiles de RPT; siguiendo los lineamientos del protocolo **SDP** (ver más adelante).

Los comandos disponibles en MGCP son los siguientes:

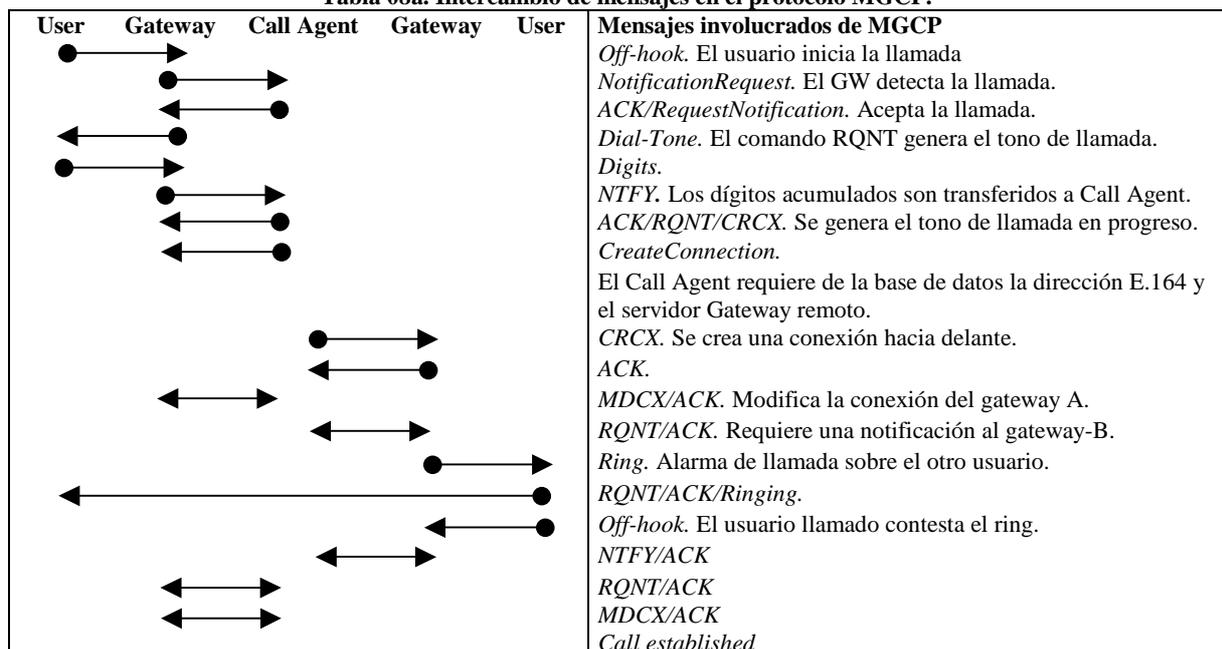
- NotificationsRequest*, indica al GW de eventos, como ser la señalización DTMF en el extremo.
- Notification Command*, confirma las acciones del comando *NotificationsRequest*.
- CreateConnection*, usado para crear una conexión que se inicia en el GW.
- ModifyConnection*, usado para cambiar los parámetros de la conexión existente.
- DeleteConnection*, usado para cancelar la conexión existente.
- AuditEndpoint*, usado para requerir el estado del extremo al GW.
- AuditConnection*, usado para requerir el estado de la conexión.
- RestartInProgress*, usado por el GW para notificar que un grupo de conexiones se encuentran en falla o reinicio.
- EndpointConfiguration*, usado para indicar al GW las características de codificación esperadas en el extremo final.

Notas:

- Obsérvese que los comandos *AuditEndpoint* y *AuditConnection* permiten obtener información que posteriormente forman parte de la MIB y pueden consultadas mediante el protocolo SNMP por el sistema de Management.
- Como respuesta al comando *DeleteConnection* el GW envía una serie de informaciones obtenidas desde el protocolo RTP (ver más adelante): número de paquetes y de Bytes emitidos; número de paquetes y Bytes recibidos; número de paquetes perdidos; jitter promedio en mseg, retardo de la transmisión (las definiciones se encuentran en RFC-1889).
- Por ejemplo, el comando de *AuditEndPoint* permite obtener las siguientes informaciones: *RequestedEvents*, *DigitMap*, *SignalRequests*, *RequestIdentifier*, *NotifiedEntity*, *ConnectionIdentifiers*, *DetectEvents*, *ObservedEvents*, *EventStates*, *RestartReason*, *RestartDelay*, *ReasonCode*, and *Capabilities*.

IP-TELEPHONY (protocolos)

Tabla 08a. Intercambio de mensajes en el protocolo MGCP.



3.2- PROTOCOLO SIP

El protocolo ITU-T H.323 es usado para conexiones en el interior de una red corporativa o en la Internet. El IETF ha generado un set de protocolos que simplifican esta función. Se trata de los indicados en la **Tabla 07**. SIP es un protocolo más simple que H.323 y está basado en HTTP. Siempre es necesario recordar que H.323 es una cobertura para muchas otras recomendaciones.

En H.323 se utiliza el gatekeeper, mientras que en SIP se usa el SIP Server, el cual tiene mejores aspectos de escalabilidad para grandes redes. En H.323 para grandes redes se recurre a definir zonas de influencia y colocar varios gatekeeper. Para la interoperación de protocolos se requiere un Gateway de borde que realice la conversión.

Es un protocolo basado en texto (de acuerdo con RFC-2279 para la codificación del set de caracteres) y el mensaje basado en http (RFC-2068 para la semántica y sintaxis). La dirección usada en SIP se basa en un localizador **URL** (*Uniform Resource Locater*) con formato *sip:roberto@192.190.132.31* (o mediante el dominio Domain: *teleinfo.com.ar*), de forma que SIP integra su servicio a la Internet. En este modelo se integra un server de resolución de dominio **DNS** (*Domain Name Server*).

SIP incorpora también funciones de seguridad y autenticación, así como descripción del medio mediante SDP. Para el proceso de facturación *billing* se puede recurrir a RADIUS y RSVP.

FASES DE COMUNICACIÓN. Las fases de comunicación soportadas en una conexión unicast son las siguientes:

- User location:* para determinar el sistema terminal para la comunicación.
- User capabilities:* para determinar los parámetros del medio a ser usados.
- User availability:* para determinar la disponibilidad del llamado para la comunicación.
- Call setup:* ("ringing") para el establecimiento de la llamada entre ambos extremos.
- Call handling:* incluye la transferencia y terminación de la llamada.

MENSAJES SIP. SIP tiene dos tipos de mensajes: *Request* y *Response*. El mensaje de request es emitido desde el cliente terminal al server terminal. El encabezado del mensaje request y response contiene campos similares:

- Start Line* Usada para indicar el tipo de paquete, la dirección y la versión de SIP.
Por ejemplo: <INVITE SP sip:roberto@teleinfo.com.ar SP SIP/2.0 CRLF>.
- General Header* Contiene las siguientes informaciones:
 - Call-ID* Se genera en cada llamada para identificar la misma. Contiene la dirección del dominio del host; por ejemplo: <CallID: 1876@foo.bar.com>.
 - Cseq* Por ejemplo: <Cseq: 1234 Invite>. Se inicia en un número aleatorio e identifica en forma secuencial a cada request.
 - From* Por ejemplo: <From: "MyName" <sip:myaccount@company.com>>. Se encuentra presente en todo request y response. Es la dirección del origen de la llamada.

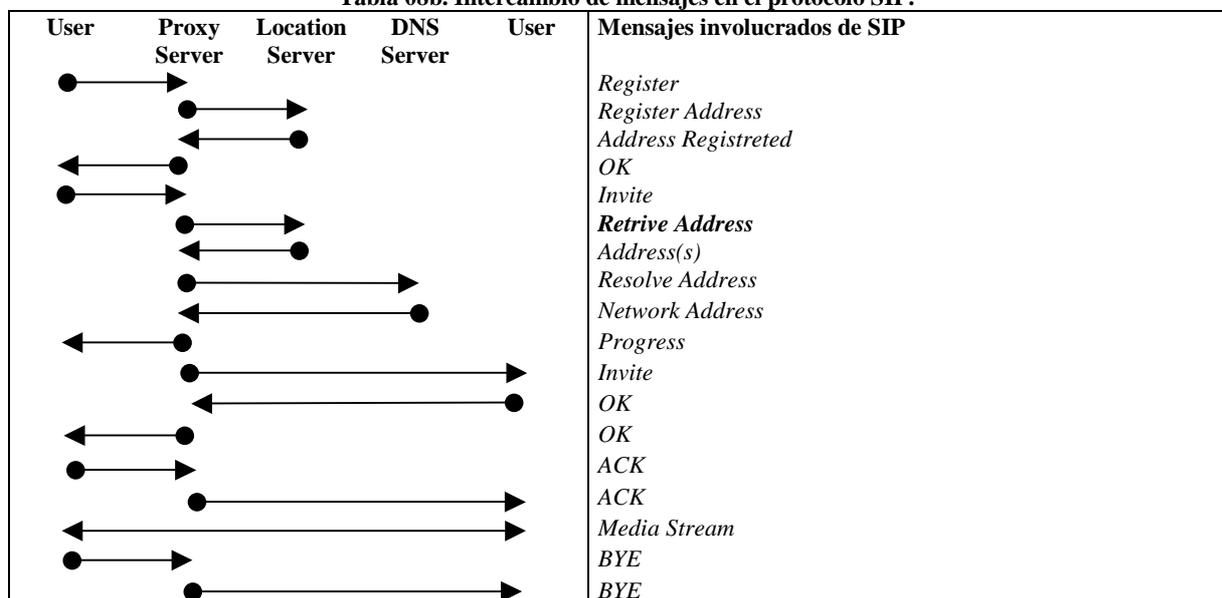
IP-TELEPHONY (protocolos)

- To* Por ejemplo: <To: "Helpdesk" <sip:helpdesk@company.com;tag=287447>>. Se encuentra presente en todo request y response. Es la dirección del destino de la llamada. El tag es usado cuando el mismo destino designa a varios puntos finales.
- Via* Por ejemplo: <Via:SIP/2.0/UDP PXY1.provider.com; received 10.0.03>. Sirve para recordar la ruta del request; por ello cada proxy en la ruta añade una línea de vía.
- Encryption* Por ejemplo: <Encryption: PGP versión=2.6.2,encoding=ascii>. Identifica un mensaje que ha sido encriptado para seguridad (proceso descrito en SDP; es del tipo MD5).
- Additional*s Además del encabezado general se pueden transportar campos adicionales. Por ejemplo: *Expire* indica el tiempo de valides de registración; *Priority* indica la prioridad del mensaje; etc.

MÉTODOS DE MENSAJES. Se han definido 6 métodos para los mensajes de request-response.

- Invite* para invitar al usuario a realizar una conexión. Localiza e identifica al usuario.
- Bye* para la terminación de una llamada entre usuarios.
- Options* información de capacidades que pueden ser configuradas entre agentes o mediante un server SIP.
- ACK* usado para reconocer que el mensaje *Invite* puede ser aceptado.
- Cancel* termina una búsqueda de un usuario.
- Register* emitido en un mensaje multicast para localizar al server SIP.

Tabla 08b. Intercambio de mensajes en el protocolo SIP.



IP-TELEPHONY (protocolos)

4- SUITE SS7. PROTOCOLO ISUP

ISUP (*ISDN Unit Part*) es el protocolo del ITU-T usado para mensajes de señalización en la red telefónica PSTN. Una red de IP Telephony utiliza a ISUP en el borde. Dentro de la nube IP el protocolo ISUP es transportado por TCP/IP. El ISUP corresponde a funciones de capa 4/7 en la suite de protocolos de señalización por canal común SS7 del ITU-T. La suite completa incluye las capas que se mencionan en la **Tabla 09a**. En la misma se indican las funciones de cada una de las capas.

Tabla 09a. Capas utilizadas en el protocolo de señalización SS7 entre la PSTN y el MGC.

MTP-1	(<i>Message Transfer Part</i>) Tiene las funciones de conexión física (capa 1) entre módulos a interconectar.
MTP-2	Se ocupa de funciones de capa 2. Alineamiento de paquete mediante banderas (<i>Flag</i>) al inicio y final. Permite la detección de errores mediante un código CRC-16. Realiza el proceso de numeración secuencial de mensajes e indicación de retransmisión. Efectúa la confirmación o rechazo del mensaje para la retransmisión automática en mensajes con errores. Los paquete son numerados en forma secuencial con módulo-7. Indica la longitud total del mensaje transmitido.
MTP-3	Ocupa la capa 3. Posee la dirección de punto de acceso al servicio SAP en el octeto de información de servicio SIO . SAP permite identificar a la capa superior SCCP sobre el protocolo MTP3. En la red PSTN se dispone de las direcciones de procesador CPU de origen y destino (14 bits de dirección). Por otro lado identifica el enlace de señalización utilizado cuando existe más de uno. Realiza las funciones de Routing dentro de la red de señalización SS7.
TCP/IP	Soporte sobre el cual se establece el ISUP cuando el transporte es sobre una red de paquetes.
SCCP	(<i>Signaling Connection Control Part</i>). Ocupa la capa 3 encima de MTP-3. Efectúa funciones de direccionamiento adicionales a MTP3 para protocolos que no son de usuarios. La combinación de SCCP y el MTP3 se denomina parte de servicio de red NSP (<i>Network Service Part</i>). El SCCP puede brindar servicios con y sin conexión. En el caso de servicio con conexión la capa superior es ISUP. El caso con conexión se aplica para consulta de base de datos (ejemplo, tarjeta de crédito). El protocolo SCCP entrega una dirección (adicional a los 14 bits de MTP3) que se denominada SSN (<i>SubSystem Number</i>). Permite direccionar al usuario (dentro del nodo de comunicaciones) del protocolo SCCP. El campo de direcciones de SCCP posee la dirección de origen y destino y la selección de ruta de señalización. Dispone de 16 tipos de mensajes: requerimiento de conexión, confirmación de conexión, conexión negada, formato de datos, control de flujo, datos urgentes (puntea el control de flujo), requerimiento de reset y confirmación de reset, etc.
TCAP	(<i>Transaction Capabilities Application Part</i>). Ocupa la capa 7 por encima de SCCP. Facilita la transferencia de mensajes en tiempo real entre componentes de la red. Se aplica a enlaces con O&M. Realiza el control de diálogo (servicio de transporte) con el terminal remoto. La información contiene: -tipo de mensaje (unidireccional, inicio, final, intermedio, aborto); -longitud del mensaje (número de bytes total); -identificador de origen y destino de transacción; -tipo de contenido (retorno de resultado, reporte de error y de reject) y -contenido de información (código de operación, de error, de problema, parámetros, etc).
ISUP	Sirve para los mensajes de señalización de usuario ISDN. Ocupa la capa 7 del modelo OSI.

Algunos tipos de mensajes del protocolo ISUP son indicados en la **Tabla 09b**.

Tabla 09. Mensajes en ISUP.

IAM	(<i>Initial Address Message</i>). Contiene la información inicial de llamada para el encaminamiento. Sirve para ocupar un canal de comunicación y contiene la información necesaria para encaminamiento (E.164).
SAM	(<i>Subsequent Address Message</i>). Transporta las cifras no enviadas en el mensaje IAM y completa la dirección E.164.
ACM	(<i>Address Complete Message</i>). El destino indica al origen que se ha obtenido acceso al terminal de destino.
ANM	(<i>Answer Message</i>). Indica que el usuario llamado ha respondido y está disponible para conectarse.
BLO	(<i>Blocking Message</i>). Permite el bloqueo del canal útil.
UBL	(<i>Unblocking Message</i>). Desbloquea el canal útil.
REL	(<i>Release Message</i>). Permite iniciar la liberación del canal. Se utiliza también si la conexión no se ha llevado a término y en este caso indica las causas.
RLC	(<i>Release Complete Message</i>). Informa que la liberación ha sido completada. Funciona de respuesta a REL.

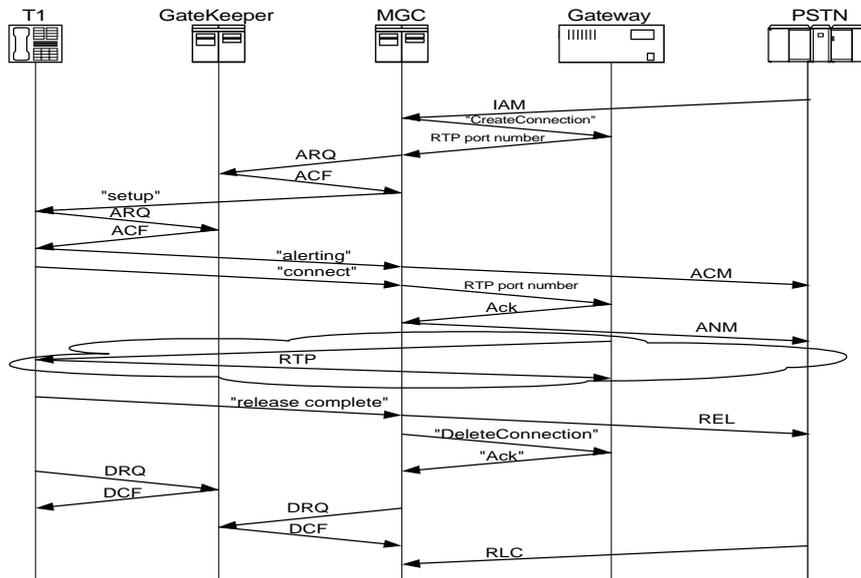
3.4- EJEMPLO DE SETUP Y RELEASE

En la **Tabla 10** se indica un ejemplo de intercambio de mensajes en la red de la **Fig 02** que conforma a la casi totalidad de protocolos de señalización involucrados en IP-Telephony.

IP-TELEPHONY (protocolos)

Tabla 10. Conexión y desconexión en una llamada desde PSTN a IP.

PSTN	GW	MG	GK	End	Mensaje
					PROTOCOLOS
					ISUP (SS7) entre la PSTN y el MG
					MGCP entre el MG y el GW
					RAS de H.323 hacia el gatekeeper; alternativa SIP.
					H.225 de H.323 entre terminales; alternativa SIP.
					MENSAJES DE CALL SETUP
					IAM (<i>InitialAddress Message</i>). Se trata del mensaje de inicio desde la PSTN.
					"CreateConnection". Generado por el MG para crear la conexión a la red IP.
					"RTP port number". Crea una conexión en protocolo RTP.
					ARQ. El MG envía la dirección E.164 hacia el GK.
					ACF. El GK confirma la admisión e incluye la dirección IP.
					"setup" en protocolo H.225 permite activar el terminal en la red IP.
					ARQ. El terminal requiere la admisión en el GK.
					ACF. El GK admite al terminal.
					"alerting" permite que el terminal informe al MG el tono de llamada.
					ACM (<i>Address Complete Message</i>) es enviado a la PSTN.
					"connect" permite informar de la conexión de la llamada.
					"RTP port number" indica el extremo del punto terminal al GW.
					"Ack" reconoce la dirección de RTP recibida.
					ANM (<i>Answer Message</i>). Informa a la PSTN de la conexión realizada.
					CONEXION DE IP-Telephony
					MENSAJES DE RELEASE
					"release complete" permite iniciar el fin de la llamada.
					REL (<i>Release</i>). Mensaje desde el MG para la red PSTN de inicio de fin de llamada.
					"DeleteConnection" termina la conexión en el gateway.
					"Ack" reconoce y cierra la conexión RTP.
					DRQ. Se trata del requerimiento de delete.
					DCF. Confirma el cierre de la conexión.
					DRQ. Realiza la misma función entre el MG y el GK.
					DCF. Confirma dicha acción de delete.
					RLC (<i>Release Complete</i>). Mensaje de ISUP para confirma a REL.



5- PROTOCOLOS RTP/RTCP

5.1- PROTOCOLO DE TIEMPO-REAL (RTP) (*Real-Time Transport Protocol*).

Tanto el protocolo de transporte en tiempo-real RTP como el protocolo de control RTCP se encuentran disponibles en RFC-1889 del año 1996. El protocolo RTP tiene como objetivo asegurar una QoS para servicios del tipo tiempo-real. Incluye la identificación del payload, la numeración secuencial, la medición de tiempo y el reporte de la calidad (función del protocolo RTCP). Entre sus funciones se encuentran la memorización de datos, la simulación de distribución interactiva, el control y mediciones de aplicaciones.

Este protocolo **RTP** es de transporte (capa 4) y trabaja sobre **UDP** de forma que posee un checksum para detección de error y la posibilidad de multiplexación de puertos (port UDP). Las sesiones de protocolo RTP pueden ser multiplexadas. Para ello se recurre a un doble direccionamiento mediante las direcciones IP y el número de port en UDP. Sobre RTP se disponen de protocolos de aplicación del tipo H.320/323 para vídeo y voz (H.32x forma una familia del ITU-T de normas para videoconferencia).

El RTP funciona en conjunto con **RSVP** (capa 3) para la reservación de ancho de banda y asegurar de esta forma la calidad del servicio QoS del tipo Garantizada. La QoS del tipo Diferenciada se logra mediante la priorización de tráfico que puede adoptar dos alternativas. En IP se pueden asignar diversas alternativas de prioridad para formar una cola de espera en routers. Un algoritmo particular de gestión de prioridad de tráfico es el **WFQ** (*Weighted Fair Queuing*) que utiliza un modelo de multiplexación TDM para distribuir el ancho de banda entre clientes. Cada cliente ocupa un intervalo de tiempo en un *Round-Robin*.

El **ToS** (*Type of Service*) en IP puede determinar un ancho de banda específico para el cliente. Un servicio sensible al retardo requiere un ancho de banda superior. En IP además del ToS se puede utilizar la dirección de origen y destino IP, tipo de protocolo y número de *socket* para asignar una ponderación. En redes que disponen de switch de capa 2 se requiere extender la gestión de la calidad de servicio a dicha capa. Para ello la IEEE ha determinado el ToS sobre IEEE-802.

RTP además provee transporte para direcciones unicast y multicast. Por esta razón, también se encuentra involucrado el protocolo **IGMP** para administrar el servicio multicast. El paquete de RTP incluyen un encabezado fijo y el payload de datos; RTCP utiliza el encabezado del RTP y ocupa el campo de carga útil. Los campos del encabezado fijo del protocolo RTP se muestran en la **Tabla 11** y **Fig 04**.

Tabla 11. Campos del Protocolo para Tiempo-Real RTP (*Real-Time Protocol*).

-OH	2 Bytes de encabezado fijo para aplicaciones de identificación.
.VRS	2 bits. Es la versión del protocolo. Actualmente se utiliza la versión 2 (RFC-1889).
.PAD	1 bit. El bit de padding activo informa que luego del encabezado existen bytes adicionales (por ejemplo para algoritmos de criptografía).
.X	1 bit. Con el bit de extensión activado existe solo una extensión del encabezado.
.CC	4 bits. (<i>CSRC Count</i>). Identifica el número de identificadores CSRC al final del encabezado fijo.
.M	1 bit de <i>Marker</i> . La interpretación está definida por el perfil. H.225 indica que es usado para identificar períodos de silencio (seteado en 1 para el primer paquete luego del período de silencio).
.PT	7 bits. (<i>Payload Type</i>). Identifica el formato de payload y determina la interpretación de la aplicación. Por ejemplo, el IANA (la autoridad que reserva números en Internet) ha reservado el PT=18 para el codificador G.729; PT=8 para PCM ley-A; PT=31 para vídeo H.261; etc.
-SN	2 Bytes. (<i>Sequence Number</i>). Numera en forma secuencial los paquetes de RTP y permite la identificación de paquetes perdidos.
-TS	4 Bytes. (<i>TimeStamp</i>). Refleja el instante de muestreo del primer Byte en el paquete RTP (en telefonía la frecuencia de reloj es de 8000 Hz). Dependiendo de la aplicación es el uso de esta información. En aplicaciones de vídeo puede permitir determinar modificaciones en el orden de los paquetes o la pérdida de los mismos. En aplicaciones de audio puede permitir el cálculo del tiempo de propagación y jitter en la red y de esta forma gestionar el buffer de recepción. La ausencia del paquete a tiempo puede obligar a la interpolación de muestras.
-SSRC	4 Bytes. (<i>Synchronization Source</i>). Identifica la fuente de sincronismo de forma que dos sesiones del mismo RTP tengan distinta SSRC. Todos los paquetes con idéntico SSRC tienen un tiempo y referencia de secuenciamiento común.
-CSRC	Nx4 Bytes. (<i>Contribution Source</i>). Identifica la fuente que contribuye al payload contenido en el paquete. El valor de N lo da el campo CC.

RTP-HC (*Real-Time Protocol-Header Compression*). La compresión del encabezado permite mejorar la eficiencia del enlace en paquetes de corta longitud en la carga útil. Se trata de reducir los 40 bytes de RTP/UDP/IP a una fracción de 2 a 5 bytes, eliminando aquellos que se repiten en todos los datagramas. Como los servicios de tiempo-real generalmente trabajan

IP-TELEPHONY (protocolos)

con paquetes pequeños y generados en forma periódica se procede a formar un encabezado de longitud reducida que mejore la eficiencia de la red.

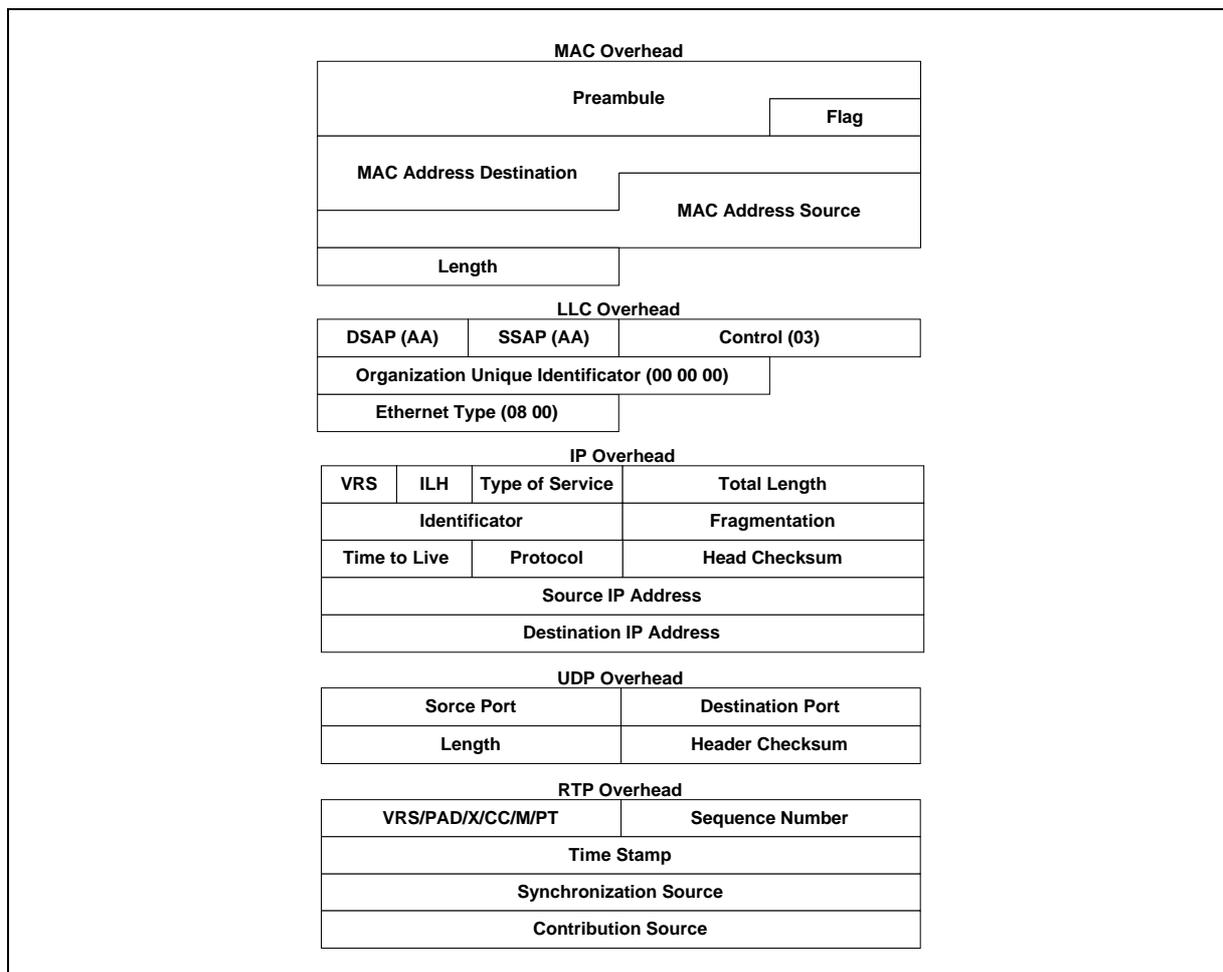


Fig 04. Encabezado no comprimido para protocolo de tiempo-real RTP.

5.2- PROTOCOLO DE CONTROL RTCP (*Real-Time Control Protocol*).

Este protocolo permite completar a RTP facilitando la comunicación entre extremos para intercambiar datos y monitorear de esta forma la calidad de servicio y obtener información acerca de los participantes en la sesión. RTCP se fundamenta en la transmisión periódica de paquetes de control a todos los participante en la sesión usando el mismo mecanismo RTP de distribución de paquetes de datos. El protocolo UDP dispone de distintas puertas (*UDP Port*) como mecanismo de identificación de protocolos. La función primordial de RTCP es la de proveer una realimentación de la calidad de servicio; se relaciona con el control de congestión y flujo de datos.

RTCP involucra varios tipos de mensajes (uno de los más interesantes es el *send report* que se informa en la **Tabla 12**):

- Send report* para emisión y recepción estadísticas (en tiempo random) desde emisores activos.
- Receiver Report* para recepción estadísticas desde emisores no activos.
- Source Description* para un identificador de nivel de transporte denominado CNAME (*Canonical Name*).
- Bye* para indicar el final de la participación.
- Application* para aplicaciones específicas.

IP-TELEPHONY (protocolos)

Tabla 12. Protocolo de control RTCP (Real-Time Control Protocol). Mensaje Sender Report.

ENCABEZADO COMUN	
-OH	1 Byte de encabezado con las siguientes funciones:
.VRS	2 bits. Identifica la actual versión (2) del protocolo.
.PAD	1 bit. Indica si luego de este paquete existe un padding adicional (por ejemplo, para completar el número de Bytes para criptografía en múltiplo de 8).
.RC	5 bits. (<i>Reception Report Count</i>). Contiene el número de bloques de reportes (unidades de 6x4 Bytes) que contiene el paquete. Un paquete puede contener más de un reporte de retorno.
-PT	1 Byte. (<i>Packet Type</i>). Identifica el tipo de paquete (decimal=200 para el paquete <i>Sender Report</i> que se enumera en este ejemplo).
-Length	2 Bytes. Indica la longitud del paquete en unidades de 4 Bytes.
-SSRC	4 Bytes. Identifica la fuente de temporización para el generador del reporte.
INFORMACION PARA EVALUACION DE PARAMETROS	
-NTP-TS	8 Bytes. (<i>Network Time Protocol-TimeStamp</i>). Es el tiempo relativo al UTC 00:00:00 horas del día 01-01-1900. Este campo de 8 Byte y es el <i>TimeStamp</i> completo. Para otras aplicaciones se utiliza una versión reducida de 4 Bytes con la información de tiempo más significativa.
-RTP-TS	4 Bytes. Se refiere al <i>TimeStamp</i> que es emitido en el RTP.
-SPC	4 Bytes. (<i>Sender's Packet Count</i>). Es el total de paquetes emitidos por el transmisor desde el inicio de la sesión.
-SOC	4 Bytes. (<i>Sender's Octet Count</i>). Es el total de Bytes transmitidos desde el inicio de la sesión como carga útil. Es usado para estimar la tasa de datos promedio de payload en conjunto con SPC.
REPORTES DE PARAMETROS EVALUADOS	
-SSRC-n	4 Bytes. (<i>Source Identifier</i>). Identifica la fuente SSRC de información en el reporte de recepción.
-FL	1 Byte. (<i>Fraction Lost</i>). Indica la relación fraccional (paquete perdido/total de paquetes) de paquetes perdidos desde el último reporte.
-CNPL	3 Bytes. (<i>Cumulative Number Packet Lost</i>). Indica el total de paquetes perdidos desde el inicio de la recepción.
-EHSNR	4 Bytes. (<i>Extended Highest Sequence Number Received</i>). Indica la numeración secuencial de recepción. Si el inicio de la recepción es distinto implica que los distintos posibles receptores (multicast) tienen un campo EHSNR diverso.
-IJ	4 Bytes. (<i>Interarrival Jitter</i>). El jitter se mide como la desviación de recepción respecto de la transmisión (en unidades de timestamp). Equivale a la diferencia de tiempo de tránsito relativo.
-LSR-TS	4 Bytes. (<i>Last SR TimeStamp</i>). Es el último <i>timestamp</i> (información más significativa) de los paquetes recibidos.
-DLSR	4 Bytes. (<i>Delay Since Last SR</i>). Es el retardo (entre la emisión y recepción) en unidades de 1/65536 seg del último paquete recibido.

El mensaje *Send Report* disponen de 3 secciones bien diferenciadas:

-Los primeros 8 Bytes (desde la versión hasta el identificador de la fuente de temporización SSRC) se refieren a un encabezado común.

-La segunda parte de 20 Bytes (desde el tiempo universal de emisión NTP-TS hasta el conteo de octetos emitidos SOC) permite la evaluación de diferentes parámetros (retardo, jitter, eficiencia de datos, etc).

-La tercera parte de 24 Bytes lleva reportes que han sido obtenidos desde el último reporte informado. Obsérvese la presencia de reporte referido a la cantidad total de paquetes RTP perdidos y a la proporción de los mismos; la cantidad de paquetes recibidos y el jitter entre paquetes; el horario del último paquete recibido y el retardo de transmisión del mismo. El lector informado sobre redes ATM puede comparar este formato de RTCP con el utilizado en AAL5/ATM para reportes y mediciones de calidad de servicio (tasa de error, tasa de celdas perdidas, etc).

La medición de tiempo y jitter se realiza en la misma unidad que el RTP Timestamp. El cálculo de jitter se realiza con la siguiente expresión:

$$J_n = J_{n-1} + (|D_n| - J_{n-1})/16$$

Donde J_n es el jitter del paquete actual; J_{n-1} es el jitter del paquete anterior; D_n es el corrimiento actual y 16 es el número de paquetes en un segundo (codificación con 25 mseg). Por ejemplo:

Paquetes	Tiempo	Jitter
1	0	0
2	-80	5
3	+37	7
4	-39	9

6- SERVICIOS EN TIPO-REAL.

6.1- CODIGOS DE COMPRESIÓN DE SEÑAL TELEFONICA

La historia comienza con la codificación del canal vocal a 64 Kb/s; sin embargo, esta velocidad no es la más apropiada para muchas aplicaciones debido a la elevada tasa de datos. Se pueden aprovechar las características de la señal vocal para comprimir la velocidad, a saber: Distribución de probabilidad de amplitud no-uniforme, Correlación no-cero entre muestras sucesivas, Existencia de ráfagas de muestras (períodos de silencio), Cuasi-periodicidad de la señal vocal.

Los tipos de algoritmos de codificación vocal se codifican mediante los siguientes algoritmos: Los codificadores de forma de onda en el dominio del tiempo: PCM, ADPCM, Delta, Codificadores de forma de onda en el dominio de la frecuencia como el **ATC** (*Adaptive Transform Coding*), Los codificadores Vocoders (LPC, IMBE) y los híbridos (RPE, VSELP, CELP). El ATC utiliza la técnica de Transformada Discreta Coseno DCT utilizada normalmente en codificadores de vídeo. En el vocoder se codifican los parámetros relacionados con la percepción. El codificador híbrido es del tipo análisis-y-síntesis de la señal.

Una forma eficiente de codificación es la predicción lineal **LPC** (*Linear Predictive Coders*) o **LPAS** (*Linear Prediction Analysis-by-Synthesis*). Es útil para señales que pueden modelarse como un sistema lineal. Mientras que PCM-ADPCM-Delta son «técnicas de codificación de forma de onda», LPC se basa en la «estimación lineal de la fuente». Las muestras $X(n)$ se determinan como una función lineal de una **Secuencia de Excitación $V(n)$** (señal de pulsos) y una predicción en base a las muestras anteriores $X(n-i)$. Matemáticamente:

$$X(n) = A.V(n) + \sum^N a_i.X(n-i)$$

El **orden de cálculo N** es el valor total de muestras $X(n-i)$ usadas en la predicción. Los valores de A y a_i se codifican y transmiten en lugar de la muestra $X(n)$. Para reducir el número de bits se toman varias muestras y se transmiten los parámetros A y a_i . En lugar de codificar cada muestra individual se codifican los parámetros de un grupo de ellas (parámetros del sistema lineal). Este tipo de codificación da lugar a diferentes métodos de reducción de velocidad en sistemas de telefonía móvil. Algunos detalles adicionales se encuentran en los trabajos referidos a sistemas radioeléctricos móviles.

Son ejemplos de este tipo de codificación la **VSELP** (*Vector Sum Excited Linear Predictive*), usado en el sistema celular dual americano D-AMPS (IS-54) y en Iridium a una velocidad de 7,95 kb/s; la **RPE-LTP** (*Regular Pulse Excitation-Long Term Prediction*) usado en GSM y DCS1800 a una velocidad de 13 Kb/s y **CELP** (*Code Excited Linear Prediction*) usado en CDMA (IS-95) con un ajuste de velocidad de acuerdo con el nivel de ruido desde 9,6 Kb/s a 2,4 Kb/s.

El CELP se aplica en la norma G.729 para aplicaciones de voz sobre protocolo IP (VoIP). La variante es **CS-CELP** (*Conjugate Structure-CELP*) que es un vocoder del tipo **LPAS** (*Linear Predictive Analysis-by-Synthesis*). Por vocoder se entiende un análisis/síntesis en el dominio de la frecuencia; esto puede ser realizado mediante la emisión de los parámetros de vocoder, mediante filtros DTF (*Discrete Fourier Transform*) o por LPC.

6.2- COMPARACION DE SISTEMAS DE CODIFICACION

En las **Tablas 13** se comparan diversos métodos de codificación vocal, desde distintos puntos de vista. Los atributos de los codificadores vocales se comparan mediante los siguientes parámetros:

- Velocidad de codificación: en términos de kb/s.
- Retardo de codificación: consiste en el algoritmo de codificación, el análisis vocal y el retardo de comunicación.
- Complejidad: medido en millones de instrucciones por segundo (**MIPS**) y tamaño de memorias ROM y RAM.

Por ejemplo ITU-T G.723 (en **negritas** en las Tablas) requiere para 6,3 kb/s una trama de 30 mseg con un retardo de algoritmo de 37,5 mseg; requiere entre 14 y 20 MIPS y 4,4, kByte de memoria RAM. En cambio la ITU-T G.729 para 8 kb/s requiere una trama de 10 mseg y un retardo de algoritmo de 15 mseg; son 20 MIPS y 5,2 kByte de memoria RAM.

CRITERIOS DE PERFORMANCE. La calidad vocal de un sistema celular se mide sobre la base de un criterio subjetivo de la señal. Se trata de la cifra de mérito **CM** (*Circuit Merit*). El valor obtenido mediante el promedio de evaluación de usuarios se denomina **MOS** (*Mean Opinion Score*). Un criterio de calidad adicional es el **GOS** (*Grade Of Service*) definido como la posibilidad de acceso al sistema. La definición de CM y MOS tienen los valores indicados en la **Tabla 13d**.

Uno de los problemas típicos de la compresión vocal es la pérdida del “tinte de la voz” de forma que resulta difícil distinguir quien es el que habla. La detección de actividad vocal y la interrupción de la codificación que involucra es otro problema clásico: resulta difícil de entender la mención de números sucesivos con intervalos de tiempo cortos, debido a que el tiempo para recomenzar la transmisión es una fracción importante del tiempo de duración. La detección del umbral entre ruido y señal vocal se dificulta cuando se realiza desde medios móviles donde el nivel de ruido es normalmente elevado.

IP-TELEPHONY (protocolos)

Fig 13a. Standard desarrollados para aplicaciones de multimedia.

Network	ISDN	PSTN	Ethernet	ATM	IP
Standard	H.320	H.324	H.322	H.310/321	H.323
Vocal	G.711/728	G.723.1/729	G.711/G.728	G.711/G.728	G.711/723.1/729
Velocidad	16 a 64 kb/s	5,3 a 8 kb/s	16 a 64 kb/s	16 a Nx64 kb/s	5,3 a 64 kb/s
Vídeo	H.261	H.261/263	H.261	H.261/262	H.261/263
Datos	T.120	T.120	T.120	T.120	T.120
Múltiplex	H.221	H.223	H.221	H.221/222	H.225
Control	H.242	H.245	H.242	H.242/245	H.245
Señalización	Q.931		Q.931	Q.931/2931	Q.931

Fig 13b. Comparación entre diversas formas de compresión de la señal telefónica.

Codificación	Velocidad kb/s	Norma	Año	MOS	Tamaño trama mseg
PCM	64	G.711/712	1972	4,3	0,125
ADPCM	32	G.721	1984	4,1	0,125
ADPCM	16, 24, 32, 40	G.726	1990		0,125
LD-CELP	16	G.728	1992	4,0	0,625
CS-CELP	8	G.729	1995		10
MPC-MLQ	5,3 y 6,4	G.723.1	1995	3,5	30
RPE-LTP	13	GSM	1991	3,5	20
VSELP	8	IS-54	1993	3,5	20
IMBE	6,4	Inmarsat-M	1993	3,4	
QCELP	1...8	IS-95	1993	3,4	20
CELP	4,8	FS-1016	1991	3,2	30
LPC-10	2,4	FS-1015	1984	2,3	22,5

Tabla 13c. Comparación entre sistemas de compresión vocal para multimedia y VoIP.

Standard	ITU-T G.729	ITU-T G.729.A	ITU-T G.723.1
Velocidad en kb/s	8	8	5,3 a 6,3 kb/s
Longitud de trama	10 mseg	10 mseg	30 mseg
Subtrama	5 mseg	5 mseg	7,5 mseg
Retardo	15 mseg	15 mseg	37,5 mseg
MIPS	20	10	14 a 20
RAM necessary	5,2 kByte	4 kByte	4,4 kByte
Calidad MOS	3,5	3,5	3,5

Tabla 13d. Elementos de comparación de calidad vocal.

CM5	Calidad excelente.
CM4	Calidad buena, señal con algo de ruido.
CM3	Calidad fallada, requiere algunas repeticiones.
CM2	Calidad pobre, requiere repeticiones permanentes.
CM1	Calidad insatisfactoria, no se reconoce la señal vocal.
MOS4 a MOS4,5	Circuito PCM de 64 kb/s y ADPCM de 32 kb/s.
MOS3 a MOS4	Para una comunicación telefónica vía Internet con G.723.1.
MOS2,5 a MOS3	Para la codificación del tipo LPC a 2,4 kb/s.

6.3- COMPRESION DE IMÁGENES EN MOVIMIENTO

6.3.1- NORMA MPEG (Motion Picture EG).

Este estándar ISO es del año 1990 y descansa en la reducción de la redundancia temporal entre tramas (**MCT**) y la redundancia espacial en la misma trama (**DCT**). En ITU-T se aplica el mismo concepto que en ISO. Se disponen las variantes MPEG-1 (ISO/IEC 11172) y MPEG-2 (ISO/IEC 13118). El MPEG-3 para HDTV ha perdido interés en la actualidad y emerge a partir de 1999 para menores velocidades MPEG-4. MPEG sirve como referencia para las normas I-ITU y DTV de la FCC.

Se disponen de las siguientes variantes:

MPEG-1. Nace en 1988 para estandarizar videoconferencia a 1,5 y 2 Mb/s, según ISO-11172 del año 1992. Se aplica a grabaciones en CD-ROM con formato (.mpg). Un tipo de formato distinto es el (.avi) de Microsoft. El MPEG-1 se aplica en ITU-T H.261 y ITU-R Rec.723.

MPEG-2. Nace en 1990 para codificar la norma ITU-R Rec.601. Se aplica en vídeo digital comprimido en broadcasting (estándar actual desde 3 a 10 Mb/s). Responde a la norma ISO-13818.

MPEG-3. Iniciada en 1992 para aplicaciones de HDTV; luego fue abandonada.

IP-TELEPHONY (protocolos)

MPEG-4. Se inicia en 1994. Originalmente para imágenes de muy baja velocidad, en la actualidad funciona de modelo para cualquier tipo de aplicación futura. Es de interés en sistemas de baja calidad como en los sistemas móviles. Se estima el uso a velocidades hasta 64 kb/s para sistemas móviles o la red PSTN y hasta 2 Mb/s para TV/film.

MPEG-7. Normalizado a partir de 1996 se aplicará para funciones de Interfaz para Descripción de Contenidos de Multimedia (catálogos de imágenes, páginas amarillas, radios y canales de TV, etc).

La compresión de imágenes involucra los siguientes procesos:

-Formato de pantalla: **CIF** (*Common Intermediate Format*) para 4:3 o **HDTV** de 16:9.

-Codificación Diferencial mediante predicción de píxel e interpolación de cuadros.

-Transformada compensación de movimiento: **MCT** (*Motion Compensation Transform*).

-Transformada discreta coseno **DCT** sobre bloques de 8x8 píxel.

-Codificación Huffman de longitud variable: **VLC**.

6.3.2- NORMA ITU-T H.261/263.

Las características más importantes de las distintas normas se encuentran en la **Tabla 13a**. En este ítem interesa la codificación de video mediante H.261 y H.263.

ITU-T H.261. El proceso de codificación es del tipo MPEG. Se aplica el Formato Común Intermedio **CIF** de 352 píxel de luminancia por línea. Se define también el **QCIF** de 176 píxel (mitad de CIF) para sistemas de baja velocidad de acceso. Una primera etapa de codificación ADPCM usa predicción **MCT** (estimación y compensación del movimiento). La información obtenida se codifica mediante la transformada **DCT** y **VLC** (Huffman). VLC se define en H.261; en MPEG se aplica un subconjunto de H.261 combinado con CLC. El codificador de salida posee un número de niveles cuánticos ajustable de acuerdo con el estado del buffer de VLC. El retardo producido por el buffer y VLC se introduce sobre el canal de sonido para compensar la diferencia. La trama de salida (H.221) involucra los datos codificados y el vector MCT de compensación de movimiento. Se utiliza un codificador FEC del tipo BCH para la corrección de errores.

Tabla 14. Formato del paquete para H.261/263.

PROTOCOLO H.261	
SBIT	3 bits (<i>Start Bits</i>). Número de bits más significativos que deben ser ignorados en el primer Byte de datos.
EBIT	3 bits (<i>End Bits</i>). Número de bits menos significativos que deben ser ignorados en el último Byte de datos.
I	1 bit. Flag para el codificador Intra-frame. Identifica si se dispone de datos intra-frame o no.
V	1 bit. Flag para Vector de movimiento. Identifica si se dispone del vector de movimiento en la codificación.
GOBN	4 bits. Codifica el número de GOB (<i>Group of Block</i>) que se encuentra al inicio del campo de datos. Seteado en cero si el paquete inicia con el encabezado de GOB.
MBAP	5 bits. (<i>Macroblock Address Predictor</i>) codifica al predictor de macrobloque.
QUANT	5 bits. (<i>Quantizer</i>) muestra el valor de cuantificación.
HMVD	5 bits. (<i>Horizontal Motion Vector Data</i>) representa al vector de movimiento horizontal.
VMVD	5 bits. (<i>Vertical MVD</i>) representa al vector de movimiento horizontal.
PROTOCOLO H.263 (MODO A)	
F	1 bit. Flag para indicar el modo de funcionamiento.
P	1 bit. Indica si se trabaja en modo normal (frame I o P) o tramas PB.
SBIT	3 bits. Idem a H.261.
EBIT	3 bits. Idem a H.261.
SRC	3 bits (<i>Source Format</i>). Indica la resolución de la imagen.
FLAG	4 bits. Para indicar el tipo de imagen, la opción de vector movimiento irrestricto, la codificación aritmética basada en sintaxis y la opción de predicción avanzada.
R	4 bits. No usados.
DBQ	2 bits (<i>Differential Quantization</i>).
TRB	3 bits (<i>Temporal Reference</i>). Referencia temporal para las tramas B.
TRP	1 Byte. Referencia temporal para las tramas P.

ITU-T H.263. Su objetivo es mejorar la calidad de H.261. Esta norma es coherente con **MPEG-4** desarrollado por ISO. Formalmente utiliza las mismas técnicas de compresión de imagen con 5 a 15 imágenes/seg. MPEG-4 utiliza estimación de movimiento para la compensación entre tramas. Por otro lado, la posición de marcas de resincronismo son periódicas en lugar de estar colocadas luego de un bloque no-periódico. La estructura de grupos de bloques difiere en H.263 y H.261. Se define la imagen CIF con 288 líneas y 352 píxel de luminancia (la mitad para crominancia). De esta imagen se encuentran las estructuras 4CIF y 16CIF con el doble y el cuádruple de líneas y píxel y las imágenes QCIF con la mitad de ambas.

Ambos H.261/263 trabajan sobre los protocolos RTP/RTCP. En H.263 se definen 3 modos de funcionamiento dependiendo del tamaño de paquete reaseado en la red. El denominado modo A soporta un *payload* pequeño mediante la fragmentación de grupo de bloques **GOB** (*Group of Block*) y los modos B y C soporta un *payload* largo mediante fragmentación de macrobloques. En la **Tabla 14** se indican los campos de información que componen los paquetes de H.261 y H.263. Téngase presente que se trata del encabezado de dichos protocolos y que son seguidos del *payload* de vídeo.