



2 es.
**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED PARA
TRANSMISION DE VOZ UTILIZANDO
EL PROTOCOLO INTERNET (IP)**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

(AREA ELECTRICA-ELECTRONICA)

P R E S E N T A

RUBEN TORRES FLORES



ASESOR DE TESIS:

M. I. LAURO SANTIAGO CRUZ

MEXICO. D. F.

1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

267684



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedico este trabajo de tesis,

Con todo mi amor y cariño a mi esposa. Lucy

Con todo mi amor y cariño a mis adorables hijos: Ana Lucia, Melisa y Daniel

A mis padres por la oportunidad para educarme: Arturo y Angelina.

Con especial agradecimiento al M.I. Lauro Santiago Cruz por su invaluable apoyo para la realización del presente trabajo de tesis.

Con profundo agradecimiento a la La Facultad de Ingeniería, y a la Universidad Nacional Autónoma de México.

**Estudio y Diseño de una Red para
Transmisión de Voz utilizando el Protocolo
Internet (IP)**

Índice

I.-	Introducción a la transmisión de voz sobre redes IP	1
I.1 -	Evaluación de un nuevo modelo para transmisión de voz	2
I.2.-	Consideraciones para transmisión de voz sobre IP	4
I.3.-	Relación entre el modelo OSI y voz sobre IP	6
I.4.-	Tipos de redes IP. Intranet, Extranet, Internet	8
I.5.-	Conectividad de voz sobre redes para datos	10
I.6.-	Comparación entre voz IP y voz frame relay	14
II.-	Arquitectura de red para transmisión de VoIP	17
II.1 -	Definición de terminales	18
II.2.-	Definición de la compuerta (Gateway)	20
	Función de transición	
	Función de conexión	
	Función de digitalización	
	Función de demodulación	
	Función de compresión	
	Función de descompresión/remodulación	
II.3 -	Definición del coordinador de acceso (Gatekeeper)	25
	Función de conversión de direcciones	
	Función de control de admisiones	
	Función de control de ancho de banda	
	Función de administración de zona	
II.4.-	Definición de unidad de control multipunto (MCU)	29
	Función de control multipunto	
	Función de proceso multipunto	
	Función de distribución	
III.-	Protocolos de soporte para transmisión de VoIP	34
III.1.-	Protocolo de reservación de recursos (RSVP)	34
III.2.-	Protocolo de en tiempo real (RTP/RTCP)	40
III.3.-	Protocolo de intercambio archivo de voz (VFIP)	45
III.4.-	Protocolo de voz en red (NVP)	49
IV.-	Implementación de transmisión de VoIP	59
IV.1.-	Comportamiento y calidad de VoIP	59
IV.2.-	Cancelación de eco en transmisión VoIP	61
IV.3.-	Retardo y distorsión (jitter) en VoIP	62
IV.4.-	Prioridad de paquetes VoIP	63
IV.5.-	Segmentación de paquetes VoIP	65
IV.6.-	Corrección de errores en VoIP	66
IV.7.-	Consumo de WAN en VoIP	66
IV.8.-	Transmisión de datos en tiempo real con VoIP	71

V.- Aplicaciones prácticas de transmisión VoIP	72
V.1.- Elementos para integración de VoIP	72
V.2.- Dispositivos para telefonía VoIP	77
V.3.- Aplicaciones Intranet VoIP	81
V.4.- Aplicaciones Extranet VoIP	86
V.5.- <i>Aplicaciones Internet VoIP</i>	88
V.6.- Testimonios de redes VoIP	92

Resultados y conclusiones	97
----------------------------------	-----------

Bibliografía	99
---------------------	-----------

Apéndices

A El conjunto de protocolos TCP/IP	A1
B: Ruteo de paquetes IP	B1
C: Datagramas IP	C1

Glosario	G1
-----------------	-----------

I. INTRODUCCION A LA TRANSMISION DE VOZ SOBRE REDES IP

La eficiencia y costo razonable de los medios de comunicación para enlazar redes de datos ubicadas en una área geográficamente dispersa, que están basados en técnicas de transmisión por paquetes, están generando revolucionarios cambios en el campo de las telecomunicaciones. Se prevé que en la próxima década virtualmente todo el tráfico de telecomunicaciones viajará a través de una red basada con tecnología de transmisión por paquetes, tales como ATM (Asynchronous Transfer Mode), FR (Frame Relay) ó bien IP (Internet Protocol)

De los anteriores protocolos para transmisión por paquetes, el protocolo IP (Internet Protocol) ha logrado en los últimos años un gran auge, atribuible primordialmente a que ha superado las expectativas para las cuales fue originalmente desarrollado y porque ha mostrado ser un esquema robusto, confiable y abierto para la interconexión de redes de datos de área local (LAN), ó bien de área extendida (WAN). La versatilidad en su uso y proliferación a casi cualquier red que actualmente opera en el mundo, ha desplegado un número creciente de aplicaciones soportadas a través de IP

El desarrollo de nuevas aplicaciones utilizando el protocolo IP como medio de transporte, han sido posible principalmente a la evolución en las técnicas de procesamiento digital de señales ("PDS"). Las técnicas de "PDS" están basadas en microprocesadores de alto nivel que combinados con un poderoso juego de instrucciones, permiten que señales convencionales de voz, video, fax y otro tipo de señales analógicas, sean procesadas con formatos digitales en tiempo real, los cuales son adaptados para ser transmitidos a través de medios comúnmente utilizados para datos

La transmisión de voz sobre IP (VoIP) es una de las nuevas tecnologías de aplicación sobre este popular protocolo, y está iniciando una nueva era en la industria de las telecomunicaciones, mediante la integración de tecnologías para comunicación que tradicionalmente habían estado separadas. Con esta nueva posibilidad de utilizar una red IP, tal como las redes corporativas intranet, extranet, ó bien la internet, para conducir tráfico convencional de telefonía, se iniciará la convergencia de las redes de voz y datos, que indudablemente transformará la industria de las telecomunicaciones en todo el mundo, generando un nuevo modelo de interconectividad integrada, que derivará en nuevas aplicaciones y servicios múltiples sobre una plataforma de red común.

1.1.-Evaluación de un nuevo modelo para transmisión de voz

Hasta hace poco tiempo era difícil concebir que una red que fue diseñada para comunicación de datos, pudiera extender sus características operativas, y que por ejemplo, permitiera la transmisión de señales de voz y video; que a diferencia de las señales de datos, las de voz y video requieren de un procesamiento en tiempo real, y de ahí la dificultad para utilizar técnicas para comunicación que anteriormente eran exclusivamente apropiadas para comunicación de datos.

Actualmente, las redes para datos han evolucionado hasta un punto tal en el que es posible la comunicación de voz, así como de datos con aplicaciones de tipo múltiple, conocidas también como "multimedia", ambos (voz y datos) viajando a través de la infraestructura corporativa ó privada, como lo sería la red de área local LAN (Local Area Network) ó bien la red global de área extendida WAN (Wide Area Network)

La idea de transmitir voz, fax y video sobre la infraestructura de comunicaciones ya existente para datos, surge de la necesidad básica de buscar métodos para economizar en los costos de operación, manteniendo los recursos mínimos necesarios para conducir aceptablemente las actividades productivas cotidianas.

El concepto de el uso eficiente de un grupo común de recursos con fines de economizar en los gastos de operación (p. ej. la infraestructura de comunicaciones en las organizaciones), que deben ser compartidos por un número de usuarios corporativos, preferentemente de manera simultánea, fue inicialmente planteado desde los años 20, a través de estudios efectuados para el tráfico telegráfico sobre los medios de comunicación y posteriormente en los años 60's como parámetro fundamental para el desarrollo de las arquitecturas de redes de computadoras, que formó las bases para el desarrollo de los servicios de comunicación basados en técnicas de transmisión por paquetes, así como la iniciativa para los trabajos del ARPA (Advance Research Program Agency), que culminaron con la implementación de la internet en los años 70's y finalmente a la convergencia de las comunicaciones a IP y el World Wide Web en los años 90's

Con todos estos avances en el campo de las comunicaciones, la pregunta de si transmitir voz sobre la infraestructura ya existente para transmisión de datos hace sentido económico, se presenta casi de manera natural y da la pauta para la investigación y estudio de un nuevo modelo para transmisión de voz en el que la infraestructura, servicios y aplicaciones se conjugan para dar un nuevo valor agregado a los recursos compartidos de las organizaciones, con la finalidad de hacer más eficientes y efectivas en costo sus actividades productivas

La visión del nuevo modelo para transmisión de voz, es la de unificar las tecnologías de comunicación de voz y datos sobre un medio único y común, que permitirá a los usuarios disfrutar de comunicaciones abundantes de nuevas aplicaciones

El nuevo modelo para transmisión de voz sobre redes para datos está formado por tres capas ó niveles, estas son: Infraestructura, Servicios y Aplicaciones. Cada capa ó nivel, efectúa actividades específicas y necesarias que complementan la operación de las otras dos, como a continuación se describe.

En la capa o nivel inferior del nuevo modelo (ver fig. 1.1) reside la infraestructura de comunicaciones, integrada por ruteadores, sistemas para conmutación de paquetes, dispositivos de acceso a red y el medio mismo de comunicación, a través del cual se enlazan los dispositivos terminales que ejecutan las aplicaciones de uso práctico con el usuario y sobre la cual se apoyan las capas superiores del modelo. Adicionalmente la capa de infraestructura es responsable de integrar los sistemas y medios para que conjuntamente proporcionen una calidad de servicio (QoS) aceptable

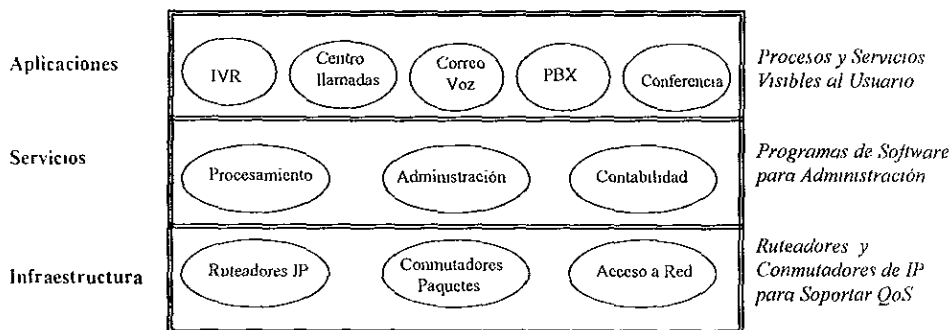


Figura 1.1- El modelo para transmisión de voz sobre IP.

La siguiente capa o nivel del nuevo modelo consiste de servicios. El estrato de este nivel será principalmente dominado por los programas de software para operación de sistemas, que firmas especializadas han comenzado a desarrollar para satisfacer los requerimientos de administración de recursos, procesamiento de llamadas, contabilidad y facturación. La tecnología de esta capa permanecerá generalmente transparente para el usuario, tal como ocurre con el sistema operativo en una red de computadoras de área local.

En la capa superior del nuevo modelo se encuentran las aplicaciones, que son visibles y de uso práctico para el usuario final. En esta capa se inician y terminan las transacciones que son productivas para los usuarios, como por ejemplo el establecimiento y terminación de llamadas de voz a través del sistema de conmutación central, también conocido como PBX (Public Branch Exchange), ó bien el correo electrónico de voz y el procesamiento de llamadas en conferencia tripartita entre otros. A pesar de que en este momento casi todos los desarrolladores de aplicaciones comercializan sus productos, utilizando componentes y programas de operación propietarios (que no permiten la interacción con productos de otros fabricantes para la misma aplicación), el reciente desarrollo del estándar H 323 por parte de la ITU (International Telecommunications Union), iniciará un gran despliegue y comercialización de productos de distintos fabricantes completamente compatibles para transmisión de voz sobre IP.

1.2.- Consideraciones para transmisión de voz sobre IP

Como se recordará del punto anterior, las señales de voz deben ser procesadas en tiempo real, esto significa que cuando son transmitidas, el intervalo de tiempo que les toma viajar desde el momento en que se originan hasta que son recibidas en su destino a través del medio de comunicación debe ser mínimo y predecible, de lo contrario las señales de voz pierden el contenido de su información y por consecuencia son inservibles para su fin.

Debido a que las señales de voz son muy sensibles al retardo, es necesario definir las características esenciales que un medio de comunicación, que fue diseñado para transmisión de datos, debe poseer para ser apropiado en la transmisión de voz.

Tradicionalmente cuando se diseña una red para transmisión de voz, los factores fundamentales a considerar son el medio de comunicación y el método de transporte, de tal manera que se garantice ciertos niveles de calidad y confiabilidad de la señal de voz.

Los diferentes tipos de tecnologías estandarizadas para transporte en comunicaciones X 25, SNA, Frame Relay, ATM, TCP/IP y TDM junto con protocolos propietarios, son suficientemente buenos para transportar señales de voz.

Las características determinantes para que una red de datos pueda transmitir señales de voz apropiadamente son: bajo nivel de retardo, predicción en envío de señales, algún método para dar prioridad al tráfico de voz sobre el de datos y ser lo suficiente eficiente para llevar el tráfico adicional de voz (ver Tabla 1.1).

Protocolo de Red	Retardo	Predicibilidad	Algoritmo para Prioridad	Eficiencia
X 25	Alto	Pobre	No	Alta
SNA	Moderado	Bueno	No	Moderada
Frame Relay	Bajo	Bueno	Sí	Alta
ATM	Bajo	Bueno	Sí	Alta
TCP/IP	Bajo	Bueno	Sí	Moderada-Alta
Novell/IPX	Variable	Regular	No	Alta
TDM	Bajo	Bueno	Sí	Baja
Propietario	Bajo	Bueno	Sí	Alta

Tabla 1 1- Características de los protocolos para comunicación de datos

En la tabla anterior la última columna, la eficiencia, aunque indirectamente relacionada con el transporte de voz, es tan importante que de ella depende si es posible integrar voz sobre una red protocolizada por paquetes. Sin buena eficiencia del método de transporte, más capacidad ó dicho de otra forma ancho de banda adicional del medio de comunicación debe ser asignado para la transmisión de voz, lo cual es injustificable para la implementación de voz sobre la red existente de datos.

De los protocolos para transporte mostrados en la tabla 1 TDM está prácticamente descalificado para transmisión de voz, especialmente cuando la red a utilizarse fue originalmente diseñada para datos. De las restantes tecnologías consideradas en la tabla 1 1 Frame Relay, ATM, TCP/IP, así como los protocolos propietarios cumplen con el grado de eficiencia mínimo necesario para la transmisión de voz sobre una red para datos, ya que de manera estadística transmiten la información paquetizada, sólo cuando el "paquete" está lleno, logrando así una eficiencia aceptable.

1.3.- Relación entre el modelo OSI (Open Systems Interconnection) y voz sobre IP

TCP/IP es un conjunto de protocolos para interconexión en redes de datos, su uso se ha popularizado por los sistemas operativos de UNIX y por la red mundial de computadoras Internet. Actualmente TCP/IP es virtualmente incluido en todos los sistemas operativos de red disponibles en el mercado y soporta una gran gama de aplicaciones. De hecho se estima que para el año 2000, el 90% de las redes para datos al nivel mundial estarán interconectadas por este conjunto de protocolos.

TCP/IP es específicamente un protocolo de transporte para comunicación de datos, un protocolo es un conjunto de reglas ó convenciones que definen los procedimientos para lograr un funcionamiento interactivo entre dispositivos de diferente arquitectura operativa. Los aspectos de cuando hablar (transmitir), cuando escuchar (recibir), por cuanto tiempo, cuando corregir errores, en un protocolo para comunicaciones son divididos en capas de actividades, cada capa de actividad se apoya sobre las actividades específicas de una capa inferior formando una pila de actividades que sistemáticamente completan una tarea de aplicación práctica.

Por ejemplo en el modelo OSI (Open Systems Interconnection), desarrollado por la ISO (International Organization for Standardization), la capa más baja designa el medio físico para comunicaciones tales como alambre de cobre, fibra óptica, microondas, satélite, etc. La siguiente capa especifica los niveles eléctricos u ópticos a utilizarse en el medio. La pila agrupada está formada de 7 capas. De ellas, la séptima capa en lo alto de la pila, es la visible y la de uso práctico para el usuario, es decir las aplicaciones de correo electrónico, exploración del world wide web, y comunicación de voz, entre varias otras.

El término TCP/IP adopta su nombre por la combinación de la función de la capa 4 (Transport Control Protocol) y la función de la capa 3 (Internet Protocol), a esta combinación comúnmente también se le refiere como el "Stack IP". Todas las redes y aplicaciones referidas como "IP", tales como voz sobre IP ó bien VoIP, utilizan la función IP de la capa 3 del modelo OSI, la mayoría además utilizan la función TCP de la capa 4.

La capa 3 es llamada la capa de red y se cimenta sobre la capa 2, la capa de enlace de datos. La capa 2 está formada por un conjunto de protocolos que transfiere la información de un punto de la red al próximo punto adyacente. Dentro del grupo de protocolos en esta capa se encuentran Frame Relay, ATM, HDLC, SDLC, X 25, CSMA/CD y protocolos propietarios. En la capa de red se encuentran un grupo de protocolos que transfieren información de un segmento de red a otro segmento independiente al primero (usualmente a través de segmentos sucesivos intermedios). La Tabla 1.2 muestra la relación entre el modelo para interconectividad de la OSI y la transmisión de voz sobre IP (VoIP).

Capas 5-7 Aplicaciones	Telnet, FTP, SNMP, Correo Electrónico, WWW, VoIP
Capa 4 Transporte	TCP ó UDP TCP Orientado a Conexión UDP Datagrama Sin Conexión
Capa 3 Red	IP
Capa 2 Enlace	Frame Relay, ATM, SMDS, HDLC, SDLC, X.25
Capa 1 Física	Modem, DS0, T1, E1, BRI, PRI, RS-232, V.35, RS-422
Medio de Comunicación	Fibra Optica, Cobre, Microondas, Satélite, Sonet

Tabla 1 2- Relación entre el Modelo OSI y VoIP.

Las capas 1, 2 y 3 operan de una manera similar a un sistema terrestre de transportación de carga. La capa 1 podría incluir las carreteras, vías de tren y rutas de envío, la capa 2 serían las reglas de cómo ir de una ciudad a otra, y la capa 3 serían las reglas de cómo hacer la entrega al destinatario final desde el almacén de la empresa de transportación a las oficinas del cliente dentro de la localidad de entrega.

La capa 4 opera para asegurar que la carga llegue correctamente a su destino en buenas condiciones. Algo así como los departamentos de recepción e inspección de la empresa de transportes. Las capas 5, 6 y 7 sirven para enviar la carga al destino del usuario final en una forma en la que el consignatario entiende y se siente satisfecho con el servicio. Si el paquete con la carga incluye documentación por ejemplo, una lista de artículos enviados, las capas de aplicación 5, 6 y 7 estarían interesadas acerca del lenguaje utilizado en la lista, digamos inglés, español, etc así como del tipo, tamaño y estilo de letra. La función de las 7 capas agrupadas transportarían la lista de envío del enviador al consignatario en un formato preciso y legible.

En redes de datos IP (y varias otras) el dispositivo de comunicaciones que administra la capa de red es conocido como "Ruteador". Los Ruteadores son dispositivos para comunicación de datos que operan sobre la capa 3, o sea la capa de red del modelo OSI, y es responsable de enrutar los paquetes de datos desde una red a otra, en muchas ocasiones a través de otras redes que se encuentran secuencialmente intermedias en la trayectoria de las redes en cuestión

Las aplicaciones de transmisión de voz sobre IP (VoIP), asumen la presencia de una red IP ruteada y apoyada por TCP, así como de su protocolo adjunto UDP (Universal Datagram Protocol). La función del UDP es como la de TCP, enviar los datos con la información para que llegue a su destino correcto en buenas condiciones. UDP, sin embargo, a diferencia de TCP, no notifica al dispositivo originador la retransmisión de la información en caso de que se detecten errores durante el proceso de transferencia ya sea, en el trayecto por las capas inferiores ó través del medio de comunicación. Otra marcada diferencia entre UDP y TCP, es que UDP no establece una conexión previa con el extremo de recepción por lo que el proceso de inicio y envío de información es lenta y sin garantía de recepción de la información en condiciones útiles. Es por esta razón que a UDP se le conoce comúnmente como un datagrama sin conexión definida. El correo electrónico por ejemplo, viaja sobre UDP por la naturaleza discontinua ó asíncrona de la aplicación, pero la transferencia de archivos (FTP) requiere de una conexión virtual previa a su transferencia y sólo es soportada por TCP.

En una red de voz sobre IP, ó bien una red VoIP, la capa IP puede utilizar una combinación de protocolos de las capas 2 y 1 para su transmisión. Por ejemplo, IP puede utilizar el protocolo de enlace Frame Relay de la capa 2, y que a su vez Frame Relay (en el que previamente se ha montado IP), utilice el protocolo de luz óptico de la red Sonet (Synchronous Optical Network) que opera en la capa física ó capa 1 del modelo OSI.

1.4.- Tipos de redes IP: Internet, Intranet, Extranet

Es conveniente agrupar todas las redes IP como una ó la combinación de los tres tipos básicos: La red Internet, la red corporativa ó de empresa también llamada Intranet y la red privada virtual IP-VPN (Internet Protocol-Virtual Private Network), también conocida como Extranet. Algunas redes IP están formadas por la combinación de los tres tipos. La Internet y su World Wide Web es probablemente la más prominente, pero para los fines de transmisión de voz sobre IP (VoIP) las otras dos, son igualmente importantes (ver fig 1.2).

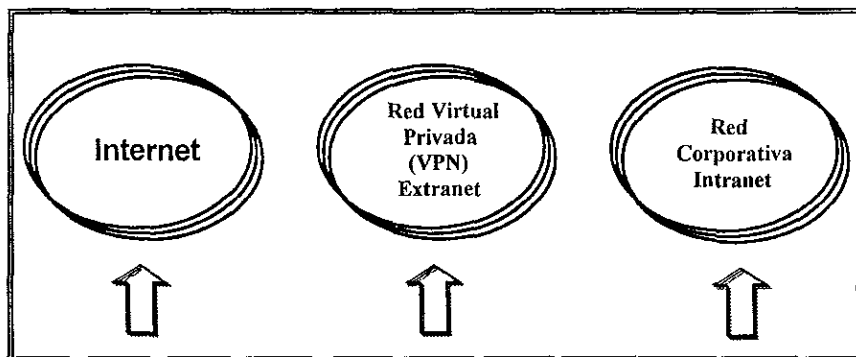


Figura 1 2- Tres tipos básicos de redes IP.

Una red IP empresarial ó Intranet consiste de una ó mas redes LAN en cada localidad de la empresa, las cuales están interconectadas por una red empresarial WAN. Las redes LAN soportan IP usualmente sobre alguna de las tecnologías comunes de implementación como lo son Ethernet, Token Ring, ATM ó FDDI. Las redes WAN soportan IP típicamente sobre líneas arrendadas, Frame Relay público, ATM, DS0, E1, Satélite, Microondas ó ISDN (ver fig 1.3)

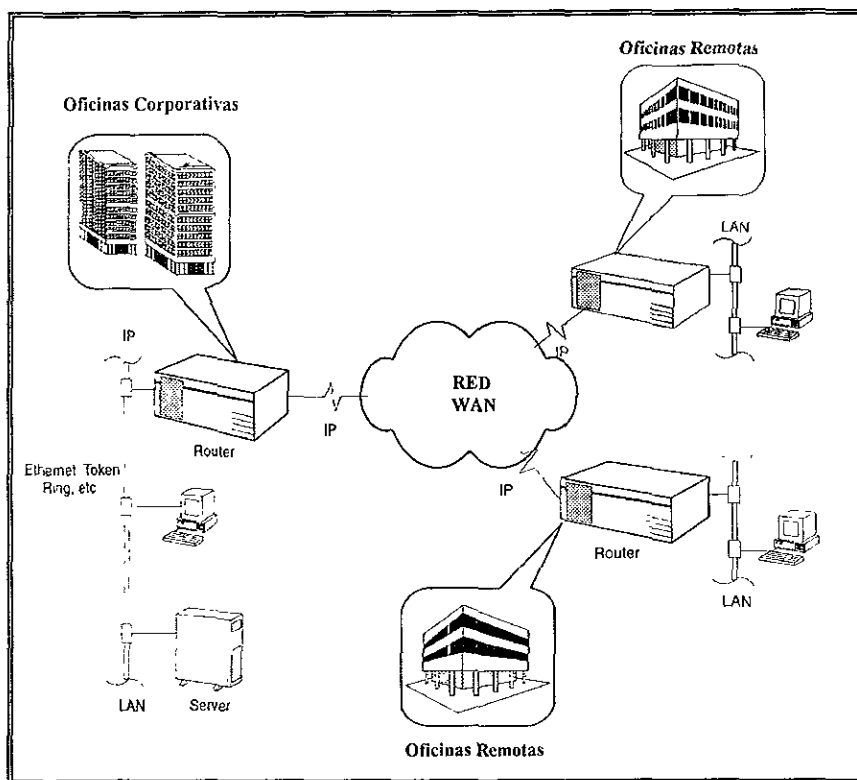


Figura 1.3- Conectividad IP – WAN.

En contraste con la red corporativa Intranet, la red Internet se caracteriza por continuo retardo y el arribo de información es altamente impredecible. De aquí que, la red pública Internet sea descartada como alternativa para que las aplicaciones más críticas ó de importancia vital para la operación de las corporaciones ó empresas sean implementadas a través de ella.

La Extranet ó red virtual privada IP (IP-VPN) es un nuevo tipo de red pública, intencionada para proveer las características de una red IP privada administrada, tal como las empresas lo requieren. La Extranet se puede concebir como una red Internet con "fuerza industrial" ya que se ha diseñado con alta capacidad de ancho de banda y ruteadores IP de muy alta velocidad. El retardo en la Extranet es bajo y el arribo de paquetes con información es predecible. De hecho, algunos proveedores de servicio Extranet ofrecen parámetros específicos de bajo retardo y capacidad de ancho de banda, en un esfuerzo de garantizar un comportamiento similar ó igual a las características logradas en las redes privadas corporativas ó de empresas, y con ello atraer a los clientes potenciales.

Los parámetros garantizados de funcionamiento eficiente, ofrecidos por los proveedores de Extranet, establecen una característica particular de las Extranets ó redes virtuales IP, llamado Calidad de Servicio ó Quality of Service (QoS). La calidad de servicio (QoS) es la diferencia fundamental entre las redes Extranet y la red Internet. El objetivo de los proveedores de Extranet en este momento, es el de convencer a la iniciativa privada y empresarial de implementar sus aplicaciones IP utilizando la infraestructura de esta versión mejorada de la Internet en lugar de Frame Relay, ATM, etc.

1.5.- Conectividad de voz sobre redes para datos

Además del potencial por los ahorros en llamadas de larga distancia que trae consigo la implementación de VoIP, la telefonía IP ya tiene un lugar en el mundo de los negocios. Por ejemplo, las primeras aproximaciones de transmisión de voz sobre IP también conocidas como "PC-Phones" están soportadas mediante componentes de *hardware* y un programa de *software* operando en la PC de casa ó de la oficina, y ha resultado útil para comunicarse con los colegas de trabajo en otro edificio de la empresa simplemente marcando a través de la PC.

La tecnología del "PC-Phone" ha sido también muy útil para los empleados móviles ó viajeros, comúnmente conocidos como "Telecommuters", quienes pueden marcar a la oficina corporativa y conversar con los colegas acerca de las actividades de trabajo y simultáneamente transferir archivos de datos ó leer el correo electrónico.

Otro ejemplo de una prometedora aplicación de voz sobre aplicaciones para datos, es el sistema de reservaciones para los agentes de ventas de las líneas aéreas. Cuando un agente de viajes tiene dificultad para confirmar una reservación con una línea aérea, éste tiene que llamar a la aerolínea utilizando la red de telefonía tradicional y en el peor de los casos esperar a que un representante se libere de otra llamada para ser atendido. En el nuevo modelo el agente que necesita asistencia podría sólo "hacer click" sobre las opciones de ayuda de la aplicación en uso en la PC y entonces establecer una sesión simultánea de voz con el representante de la aerolínea. Esta aplicación ahorraría mucho tiempo a ambas partes y además eliminaría los costos de una llamada telefónica por separado. Este es un ejemplo muy representativo del potencial que representa el envío simultáneo de voz sobre una red abierta y estandarizada que originalmente fue exclusivamente diseñada para aplicaciones de datos.

Así como los cambios ambientales en el entorno global han extinguido algunas especies y engendrado otras nuevas, la agresiva y abierta competencia en el ambiente de servicios de telefonía está impulsando grandes cambios en este importante ramo de las telecomunicaciones. La primera y principal competencia para la telefonía tradicional es la proliferación de la conectividad a través de la *World Wide Web* (WWW), ya que proporciona un camino alternativo (un camino para datos), a las organizaciones de todo el mundo para llevar su tráfico de comunicación de voz. Muchas organizaciones, ya sean educativas, empresariales, corporativas, gubernamentales, etc. utilizan la WWW como mecanismo de conectividad para comunicarse con sus colegas de actividad productiva. Mas aún, la WWW ha sido siempre conectividad orientada hacia datos, pero algunas organizaciones ya están experimentando con centros de telefonía basados en la red *World Wide Web*. En la que los usuarios apuntan con el ratón de su PC a un objeto del monitor para iniciar una sesión de voz con un agente.

Es importante comentar que ha habido mucha confusión en el concepto de transmisión de voz sobre IP (VoIP) en dos áreas específicas. La primera es que VoIP no son "PC-Phones" ó teléfonos para Internet. Los teléfonos para Internet son paquetes de *software* que están a la venta principalmente para atender a los aficionados que gustan experimentar nuevas aplicaciones a través de la red Internet. Estos paquetes de *software* generalmente son difíciles de usar y ofrecen una calidad de voz inaceptable.

La segunda es que VoIP no es tampoco *Telefonia Computarizada Integrada* ó por sus iniciales en inglés CTI (Computer Telephony Integration). CTI es el intento fallido de la integración de los sistemas de computadoras con los conmutadores telefónicos convencionales. VoIP ó telefonía IP, es la transmisión simultánea y unida de voz y datos sobre una red que utiliza el protocolo Internet (IP). De tal manera que el tráfico VoIP dentro una empresa, será transmitido a través de su Intranet y fuera de ella a través por ejemplo, de los servicios de la red virtual privada ó Extranet.

Para los actuales prestadores de servicios para interconexión de redes remotas, también conocidos como "Carriers", VoIP está emergiendo como una tecnología clave dentro de las nuevas oportunidades de negocio, de hecho, una nueva clase de proveedor de servicio ó "Carrier" ha surgido con la aparición de VoIP y se les conoce como ITSP's (Internet Telephony Service Providers). Los ITSP's están desplegando infraestructura de redes WAN para llevar tráfico de voz IP ó bien VoIP, más aún, es conocido que algunos de los "Carriers" mas grandes de servicio de telefonía de larga distancia, están ya experimentando con VoIP para su posible comercialización fuera del entorno del mercado regulado

Para las empresas VoIP surgirá en aplicaciones en las que el valor propuesto pueda ser claramente articulado y probablemente empezará con aplicaciones específicas en empresas grandes que ya cuentan con una gran infraestructura. Algunos ejemplos de aplicaciones para empresas serían *revolucionados centros de llamadas para atención a clientes*, nuevos sistemas de acceso por voz y recepción unificada de correo de voz y electrónico. Debido a su radical despegue tecnológico, VoIP emergerá al margen de las organizaciones en aplicaciones de valor agregado, no en la red de telefonía de las oficinas centrales. Una vez reconocida la importancia crítica de la infraestructura de telefonía, los gerentes de telecomunicaciones de las organizaciones se verán renuentes de mover el sistema modular de sus operaciones a una tecnología desconocida hasta que ésta esté completamente probada.

Muchas de las actuales implementaciones de VoIP son para evitar los cargos de llamadas de larga distancia. Las organizaciones están comprando "compuertas ó gateways" VoIP para interconectar la infraestructura telefónica existente y poder llevar tráfico de voz sobre sus redes IP, principalmente a los países donde las tarifas de larga distancia son muy altas. Para el tráfico de voz doméstico, o sea el tráfico nacional, las organizaciones con un gran despliegue de oficinas (como los bancos), que ya cuentan con una gran infraestructura de comunicaciones WAN, *empiezan a considerar a VoIP como una alternativa para economizar* en el tráfico de voz corporativo, en una extraña reversión de la metáfora que vendió miles de *multiplexores* para integración de voz y datos por años "la voz paga por el circuito, los datos viajan gratis" estos usuarios ya tienen instalada y justificada la infraestructura de comunicación para datos y utilizarían la capacidad de reserva para llevar el tráfico de voz corporativo.

Con el tiempo y a medida que los negocios lo justifiquen, VoIP se infiltrará a las redes de área local LAN. Muchos eventos han de ocurrir antes que esta infiltración se lleve al cabo. La mayoría de los altos costos involucrados para instalar un sistema de telefonía basado en una red LAN residen en los componentes de la infraestructura (en contraste con los sistemas telefónicos tradicionales). Se estima que dentro de un año, estos costos alcanzarán un punto de cruce con los correspondientes al equipo tradicional para telefonía ó también conocidos como PBX's (ver Fig. 1.4). Y dentro de dos años estarán a 30% por debajo de los costos de un PBX. Otro aspecto clave es la confiabilidad en la infraestructura, ya que actualmente los *sistemas de telefonía VoIP basados en redes LAN utilizan el chasis de una computadora personal*, y por ende las funciones y capacidad de la PC deben ser compartidas entre el proceso de VoIP y las tareas habituales de una PC. El problema es que una PC carece de componentes de reserva para soportar la redundancia requerida, haciendo al sistema vulnerable a fallas de componentes ó del propio sistema. Sin embargo, una nueva generación de productos para VoIP están siendo desarrollados para cumplir con los requerimientos mínimos necesarios que un sistema de tal importancia demanda por sí solo.

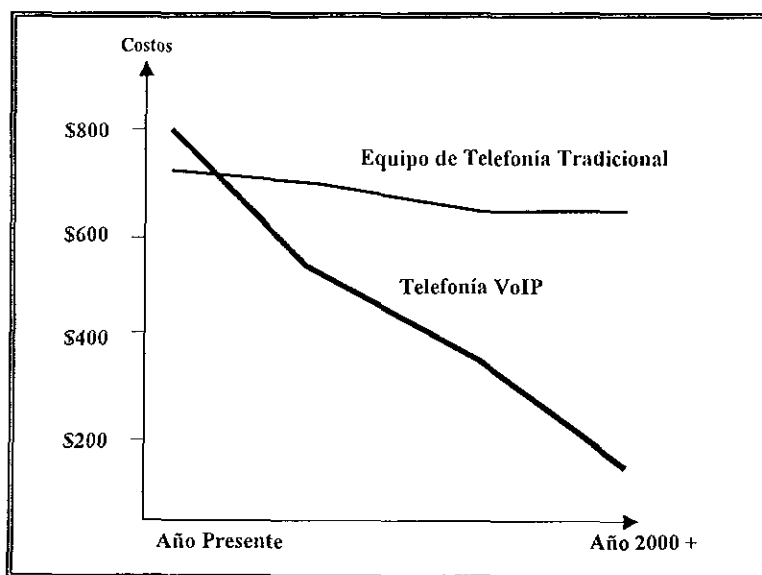


Fig 1 4- Los costos de infraestructura para VoIP decrecerán en los próximos años.

La telefonía VoIP ha iniciado una mayor penetración en el mercado debido al desarrollo y aprobación de estándares que motivarán a los empresarios a la fabricación de equipos para VoIP completamente compatibles.

Cuatro grandes organizaciones están trabajando en los diferentes aspectos para la publicación de estándares para VoIP. la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), la Fuerza de Tarea para Ingeniería de la Internet (IETF), el Instituto Europeo para Estándares de Telecomunicaciones (ETSI) y el Instituto de Ingenieros de Electricidad y Electrónica (IEEE). De los estudios iniciados independientemente por cada organización destaca la familia de estándares "H.32x", desarrollados por la ITU para aplicaciones de videoconferencia, dentro de los cuales se definen los estándares para VoIP, tales como proceso de llamadas, secuencia de intercambio, adición de canales, multiplexaje, codificadores para audio-video y conferencia de datos. La tabla 1.3 muestra el progreso en el desarrollo de estándares para aplicaciones múltiples ó "multimedia" VoIP basados en redes con protocolos por paquetes

TIPO DE RED	N-ISDN	PSTN	ISO-ETHERNET IEEE-802.9	PROTOCOLO PAQUETES	B-ISDN (ATM)	B-ISDN (ATM)
Estándar Multimedia	H.320	H.324	H.322	H.323	H.321	H.310
Voz/Audio (M)	G.711 (M) G.722 G.728	G.723.1 (M) G.729	G.711 (M) G.722 G.728	G.711 (M) G.722 G.728 G.723.1 G.729	G.711 (M) G.722 G.728	MPEG 1 G.711 (M) G.722 G.728
Codificación De Audio Kbps	64 64-64 16	5.3-6.3 8	64 48-64 16	64 48-64 16 5.3-6.3 8	64 48-64 16	n x 64 64 48-64 16
Video	H.261 (M)	H.261 (M) H.263 (M)	H.261 (M)	H.261 (M) H.263	H.261 (M)	H.262 (M) (MPEG-2) H.261 (M)
Datos Multiplex (M)	T.120 H.221 (M)	T.120 H.223 (M)	T.120 H.221 (M)	T.120 H.225.0 (M)	T.120 H.221 (M)	T.120 H.222.0
Control / Señalización	H.242 (M) Q.931	H.245 (M) - (M) Obligatorio	H.242 (M) Q.931	H.245 (M) H.225.0 (Q.931)	H.242 (M) Q.931	H.245 (M) Q.2931

Tabla 1.3- Evolución de voz sobre redes para datos mediante aplicaciones "multimedia"

1.6.- Comparación entre voz IP y voz frame relay

Muy frecuentemente se confunde la transmisión de voz sobre IP con la transmisión de voz sobre frame relay. Los dispositivos para transmisión de voz sobre IP son diferentes a los routers y FRAD's (Frame Relay Access Devices) utilizados para transmisión de voz sobre una red frame relay.

La diferencia fundamental es que los dispositivos para transmisión de VoIP son dispositivos para conectarse a la red LAN, y aunque su principal aplicación es la de transmisión de voz sobre el enlace de comunicación WAN, la conectividad hacia el enlace de comunicación WAN es lograda a través del ruteador IP y no a través del dispositivo VoIP (ver fig 1 5).

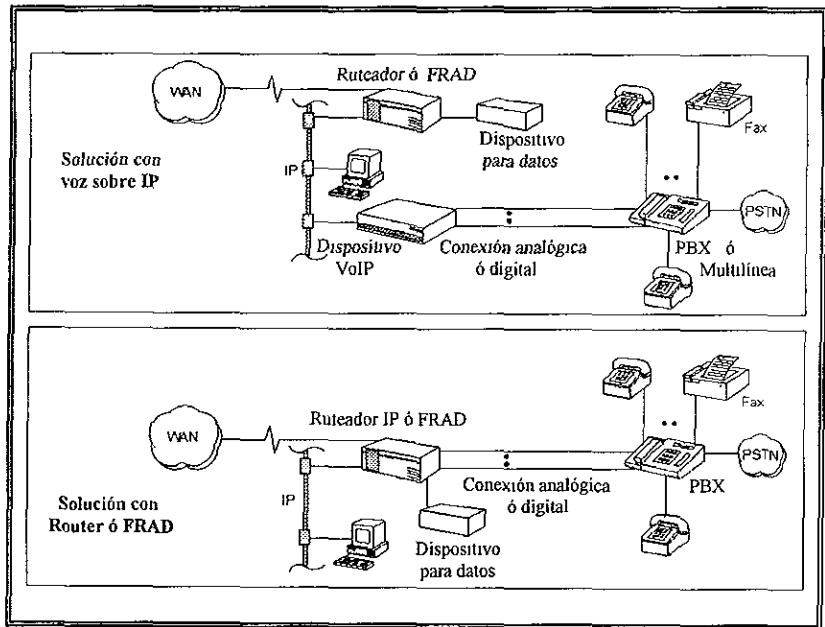


Figura 1 5- Comparando voz IP con voz frame relay

De hecho, cualquier dispositivo para acceso a red WAN que soporte IP, funcionará para lograr la conectividad WAN del dispositivo VoIP. A medida que ATM se consolide como una tecnología de acceso a red WAN, IP sobre ATM mediante un dispositivo de acceso ATM se materializará, y así mismo ocurrirá con VoIP sobre ATM

El ruteador ó FRAD frame relay, sin embargo, es fundamentalmente un dispositivo para conectarse a la red WAN. Principalmente su función es la de interconectar una red LAN a la red WAN, mucha de su tecnología está exclusivamente dedicada a esta función. Los ruteadores y FRAD's también interconectan dispositivos para datos, tales como controladores de grupo SNA (Systems Network Architecture) de IBM y terminales asíncronas, a la red WAN y es un dispositivo mucho más sofisticado, cuya operación y posición en la red requiere de un alto nivel de confiabilidad. Comparativamente, el dispositivo VoIP es mucho menos participativo en las funciones de operación de la red WAN.

Una falla ó mal comportamiento del dispositivo VoIP afectaría únicamente las comunicaciones de voz y fax sobre este medio, y la red de telefonía tradicional PSTN (Public Switched Telephone Network) se encuentra siempre dispuesta como ruta de relevo para este tipo de contingencia. Por su parte, una falla ó mal comportamiento del ruteador ó FRAD afecta completamente la red de voz y datos. Esta situación posiciona al dispositivo VoIP con ventaja sobre el ruteador ó FRAD frame relay por simplicidad, confiabilidad y no crítico. El dispositivo VoIP también podría ser una solución más barata que el ruteador ó FRAD para la transmisión de voz sobre un medio protocolizado por paquetes.

El ruteador ó FRAD, sin embargo, usualmente tiene una ventaja de eficiencia sobre el dispositivo VoIP, ya que el exceso en el "header" IP puede ser eliminado por el ruteador ó FRAD, enviando la señal de voz ó fax directamente a la red frame relay utilizando un método propietario de paquetización y no en el formato de IP estándar. El ruteador ó FRAD puede tener también ventaja, dependiendo de las características comparables con el dispositivo VoIP de diferentes fabricantes, en el proceso de segmentación y prioridad del tráfico VoIP sobre el tráfico de datos.

En este primer capítulo hemos revisado los conceptos básicos y consideraciones generales para la transmisión de voz sobre redes con protocolo IP. Ahora procederemos a estudiar el modelo arquitectónico propuesto por los organismos internacionales de estandarización, así como los componentes y funciones asociadas que soportan esta nueva e innovadora tecnología.

II. ARQUITECTURA DE RED PARA TRANSMISION DE VoIP

El modelo arquitectónico para VoIP está basado en las especificaciones del estándar H 323 desarrollado por la ITU (International Telecommunications Union). Las recomendaciones establecidas en dicho estándar consideran los aspectos técnicos para transmisión de audio y video sobre redes que utilizan protocolos para comunicación por paquetes, que no garantizan calidad de servicio (QoS). El estándar H 323 se apoya en las especificaciones de la recomendación T 120 de la misma ITU, para incorporar conferencia de datos en el servicio. La visión de la recomendación H 323 no incluye a la red de área local (LAN), ni la capa ó técnica de transporte utilizada para la interconexión de redes LAN. En la recomendación, únicamente se consideran los elementos necesarios para interactuar con el medio de comunicaciones. La figura 2.1 muestra el modelo arquitectónico VoIP y sus componentes.

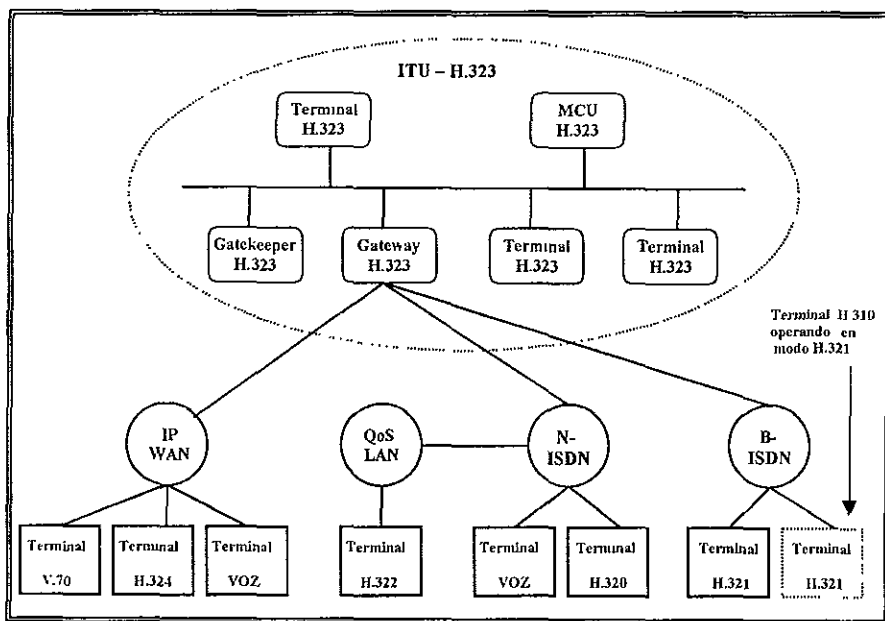


Figura 2.1- Modelo arquitectónico VoIP y sus componentes

Como se puede observar en la figura anterior, la Recomendación H 323 de la ITU define cuatro componentes principales del sistema de comunicaciones, basado en protocolos como IP, ellos son: Terminales, Compuerta (*Gateway*), Coordinador de Acceso (*Gatekeeper*), y Unidad de Control Multipunto (MCU). El estándar H 323 está basado en el Protocolo en Tiempo Real/Protocolo de Control en Tiempo Real (RTP/RTCP) desarrollado por la Fuerza de Tarea para Ingeniería de la Internet (IETF). A continuación se describirán los componentes del sistema ITU-H 323.

II.1.- Definición de Terminales

La terminal H 323 es el punto de *interface* con el usuario, establece comunicación bidireccional de audio, video y datos en tiempo real. Adicionalmente la recomendación define mensajes de control, señalización de llamadas, multiplexaje, varios codificadores y decodificadores para audio/video y protocolos para comunicación de datos. Las terminales y equipo asociado H 323 pueden soportar sesiones independientes de voz, datos y video en tiempo real ó cualquier combinación simultánea, incluyendo videoteléfonos.

La red de área local (LAN) sobre la cual las terminales H.323 se comunican puede ser un segmento único ó bien muchos segmentos interconectados con topología compleja. Debe considerarse que la operación de las terminales a través de segmentos múltiples de LAN (incluyendo la Internet) puede resultar en un comportamiento pobre, a menos que mediante algún método se garantice la calidad de servicio. Las recomendaciones para el estándar H 323 fueron concebidas para ser integradas en una computadora personal ó bien, en dispositivos individuales, por ejemplo en videoteléfonos.

Para lograr la interoperabilidad entre terminales con distinto nivel de servicio que pueden sustentar, las terminales H.323 se apoyan en otras recomendaciones relacionadas con los servicios para los que fue concebida, entre ellas se encuentran: H 225 0 (Paquete y Sincronización), H.245 (Control), H 261 y H.263 (Video Codecs), G 711, G 728, G 729 y G.723 (Audio Codecs) y T 120 (Protocolos de Comunicación *Multimedia*).

Las terminales H 323 también se apoyan parcialmente en la recomendación H 245 que define los procedimientos de señalización para la apertura del canal lógico del servicio en turno.

Dentro de las variadas actividades de la terminal H 323, también se definen los procedimientos de coordinación entre los componentes que la integran. Por ejemplo, el transmisor tiene la habilidad de limitarse a transmitir únicamente los servicios que el receptor puede decodificar y viceversa. Dentro del recuadro punteado de la figura 2.2 se muestra la terminal H 323 y sus componentes: Codec de audio, Codec de video y Sistema de control.

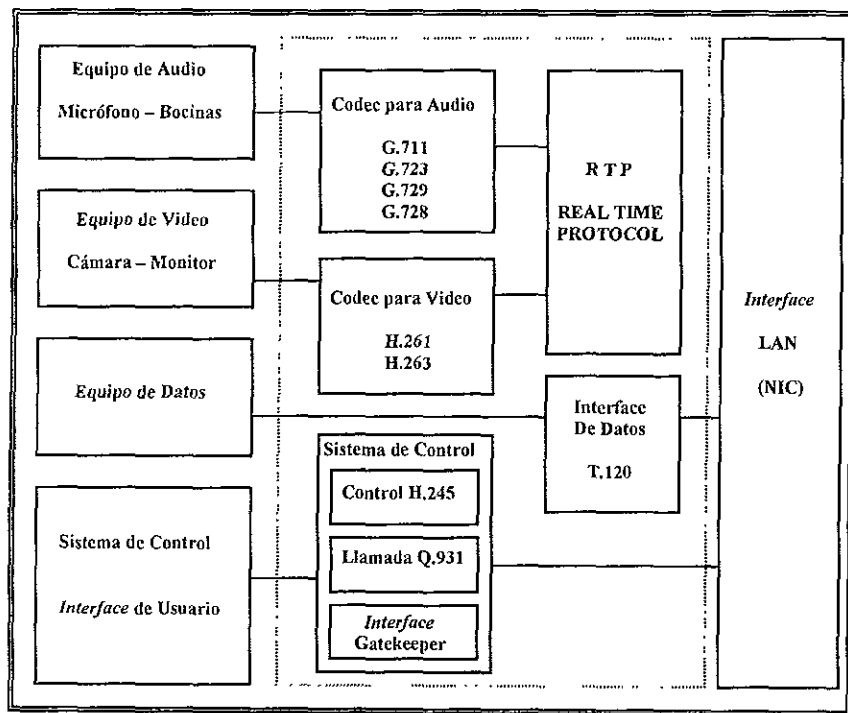


Figura 2.2- La terminal H 323 y sus componentes para soportar VoIP

El sustento de señales para voz en las terminales de la recomendación H 323 es obligatorio, en tanto datos y video son opcionales, pero si éstas últimas dos se implementan, la terminal aún podrá interactuar con aquellas que sólo soportan una ó todas las aplicaciones

Las Terminales concebidas bajo la recomendación H 323 pueden ser también utilizadas para conferencias multipunto y pueden interactuar con terminales de la recomendación H.310 y H 321 que operan sobre redes con tecnología B-ISDN; H 320, que operan en redes N-ISDN, H 322 que operan sobre LAN con calidad de servicio garantizado (QoS), H 324 que operan en redes GSTN (General Switched Telephone Network) e inalámbricas y con terminales V.70 sobre redes GSTN

II.2.- Definición de la compuerta (*Gateway*)

La Compuerta ó bien por su nombre en inglés *Gateway*, es un elemento opcional en una conferencia H 323. Ésta proporcionará los procedimientos adecuados para traducir entre transmisiones con diferente formato y entre diferentes procedimientos de comunicaciones. Por ejemplo, de/desde H.225.0 a H 221 y de/desde H.245 a H 242. La compuerta también ejecutará el inicio y terminación de llamada, tanto del lado de la LAN como de la red de circuito conmutado SCN (Switched Circuit Network). La conversión entre formatos de video, audio y datos pueden ser también ejecutados por la compuerta. En general, el propósito de la compuerta (cuando no opera como Unidad de Control Multipunto (MCU)), es de reflejar las características de un punto terminal en una red de área local LAN a un punto terminal de la red de circuito conmutado SCN, y viceversa en una función transparente. La compuerta tiene las características de una terminal ó de una unidad de control multipunto H 323 en el lado de LAN, y de una terminal SCN ó MCU en el lado de la red de circuito conmutado SCN.

Las principales aplicaciones de la Compuerta son

- Establecer enlaces con terminales analógicas a través de la red telefónica tradicional
- Establecer enlaces con terminales remotas H 320 que están basadas en redes ISDN-SCN
- Establecer enlaces con terminales remotas H 324 sobre la red telefónica tradicional

Las compuertas son necesarias únicamente cuando dos ó más terminales H 323, que desean establecer comunicación, se ubican en redes separadas y entonces necesitan de un medio de comunicación distinto al de LAN. Por ejemplo, dos terminales ubicadas en distintas redes LAN podrían utilizar la red telefónica tradicional para comunicarse. Las terminales que cumplen con H 323 se comunican con las compuertas utilizando los protocolos H 245 y Q 931. Con el uso de los "transcoders" apropiados, la compuerta H 323 puede comunicarse con terminales que están basadas en alguna de las siguientes recomendaciones H 310, H 321, H 322 y V 70. La Figura 2.3 muestra la compuerta H.323.

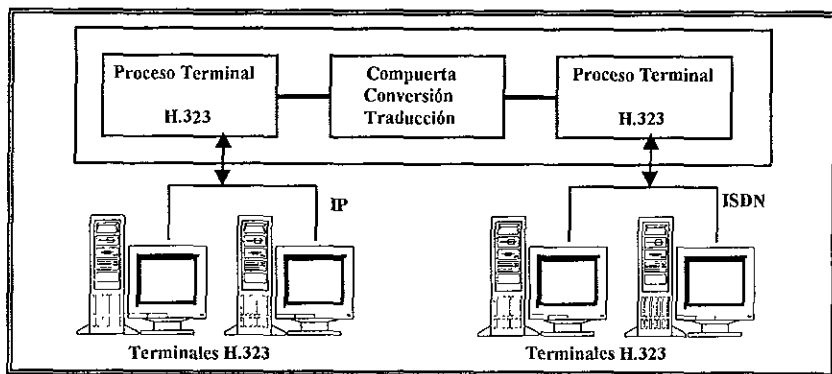


Figura 2.3- La Compuerta (*Gateway*) H.323.

Como hemos observado, la compuerta ó *gateway* como elemento funcional de la recomendación ITU-H 323, soporta aplicaciones simultáneas de voz, video y datos, ó como comúnmente se dice, soporta aplicaciones "*multimedia*". Adicionalmente a las funciones de conversión y traducción que la compuerta efectúa, de manera general para los servicios de voz, video y datos, ésta realiza otra serie de funciones específicas e individuales para cada uno de los servicios que soporta. Para la aplicación práctica de comunicación de voz ó VoIP, la compuerta efectúa seis funciones complementarias a las que ejecuta de manera general para todos los demás servicios, éstas son: direccionamiento, conexión, digitalización, demodulación, compresión y descompresión-remodulación.

Función de transición y conexión

Cuando una compuerta VoIP (en modo originador) es utilizada para iniciar una llamada a través de una red IP, está recibe la información con los números del teléfono al que se desea llamar y los convierte en un número de transición para ser procesado por el administrador de acceso ó *gatekeeper*, el cual finalmente los convertirá en la dirección IP de la compuerta remota a la cual está destinada la llamada. Para determinar la ubicación y la ruta a seguir para conectar la llamada, la compuerta realiza la función de direccionamiento. Ésta función consiste en buscar la dirección IP de la compuerta remota en una tabla de direcciones contenida en la compuerta originadora ó bien, en un servidor de direcciones centralizado. Las tablas con direcciones IP contenidas en la compuerta originadora son a menudo mucho más rápidas que los servidores de direcciones centralizados, reduciendo el tiempo que le toma en completar la llamada, entre uno y dos segundos generalmente.

Una vez convertida la información de dígitos telefónicos a la dirección IP de la compuerta remota a través de la cual se ha de completar la llamada. La compuerta originadora establece una conexión con la compuerta destino, intercambia información de compatibilidad para el inicio de llamada y negocian las condiciones sobre las cuales se ha de sostener la llamada.

Función de Digitalización

Cuando las señales telefónicas provienen de una fuente analógica, la compuerta VoIP las digitaliza y adapta en un formato útil para su proceso. Usualmente las señales analógicas son digitalizadas utilizando la modulación por codificación de pulsos PCM (*Pulse Code Modulation*) a 64 kbps. Esto requiere que la compuerta pueda interconectarse con toda la variedad de dispositivos que tienen interfaces analógicas, las interfaces analógicas más utilizadas son: FXS, FXO y E&M.

En muchos casos la compuerta VoIP se conecta a dispositivos digitales que tienen interfaces para servicios de red ISDN, T1 ó E1, en los que las señales telefónicas han sido previamente digitalizadas evitando el proceso de conversión analógico-digital. La compuerta debe soportar ambas conexiones, analógico y digital transparentemente.

Función de demodulación

Algunas computadoras fueron inicialmente diseñadas para procesar únicamente señales de voz. Actualmente las líneas telefónicas se utilizan para llevar tráfico de voz y fax de manera indistinta. De aquí la importancia de que la compuerta VoIP soporte ambos servicios, eficaz y transparentemente. La compuerta VoIP tiene la capacidad de detectar si la señal digitalizada es de voz ó fax y procesarla según su tipo.

Cuando la señal detectada por la compuerta VoIP es una señal modulada analógica de fax, ésta es demodulada en su formato digital original y transmitida a la compuerta remota como paquetes IP. Ya en la compuerta remota de destino, la señal demodulada es nuevamente remodulada a su modulación analógica original, la cual es finalmente entregada a la máquina de fax remota para seguir en su proceso convencional (ver fig. 2.4)

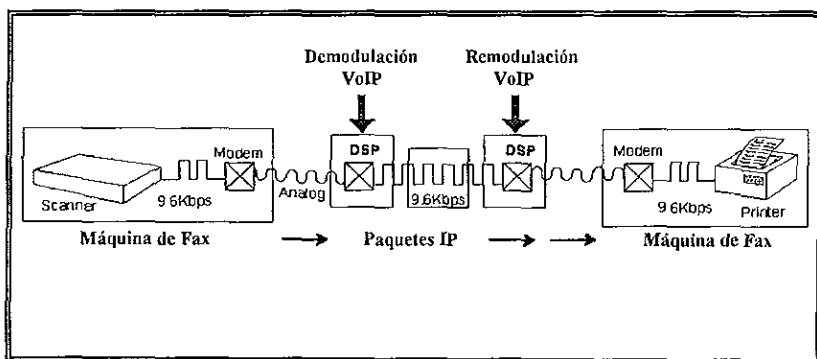


Figura 2.4- Función de demodulación VoIP.

La transmisión de fax puede ser enviada usando el formato UDP/IP ó bien el formato TCP/IP. El formato UDP, a diferencia de TCP/IP, no intenta corregir los errores durante la transmisión cuando estos ocurren, así que parecería que es mejor utilizar UDP para transmisiones de fax, ya que un paquete IP de fax dañado podría afectar únicamente una línea del mensaje de fax, pero si hay pérdida de paquetes IP-Fax durante la negociación de una página, la transmisión podría terminar. Cuando se utiliza TCP/IP para transmisión de fax y el software operativo retiene la retransmisión de TCP en caso de que se detecten errores, no hay ningún impacto sobre la máquina de fax.

Función de compresión

Cuando la señal detectada por la compuerta VoIP es una señal de voz, generalmente se somete a alguno de los diferentes esquemas desarrollados de compresión/descompresión ó también conocidos como CODECS, mediante el cual la señal digitalizada de voz en PCM a 64 kbps (kilobits por segundo) es reducida ó comprimida en algunos casos a tan solo 3.33 kbps. En la tabla 2.1 se muestran los algoritmos para compresión de voz más populares y estandarizados por la ITU. Como se observa de la tabla, el algoritmo CS-ACELP, es el más recomendable para compresión de la señal de voz. Posteriormente la señal comprimida se depositará sobre un paquete de IP para ser transmitida a la compuerta remota.

CODEC VoIP	Tasa Compresión (KBPS)	Complejidad	Calidad	Retardo de Digitalización
G.711 PCM	64	N/A	MUY BUENA	DESPRECIABLE
G.726 ADPCM	40/32/24	BAJO (8 MIPS)	BUENA	MUY BAJO
G.729 CS-ACELP	8	ALTO (30 MIPS)	BUENA	BAJO
G.729A CA-ACELP	8	MODERADO	REGULAR	BAJO
G.723 MP-MLQ	6.4-5.3	MODERADO	BUENA	ALTO
G.728 LD-CELP	16	MUY ALTO	BUENA	BAJO

Tabla 2.1- Características de los CODECS (compresores-descompresores)

En la tabla anterior la codificación PCM (que no es un algoritmo para compresión) se muestra únicamente como referencia. Buena calidad de voz y bajo retardo en el proceso de digitalización y compresión son el objetivo de un buen CODEC.

Después del proceso de compresión se construye el paquete de voz IP utilizando UDP/IP. Como se recordará, UDP no retransmite el paquete de información cuando se detectan errores durante la transmisión. Esto es deseable para la transmisión de voz sobre IP, ya que la retransmisión del paquete de voz, en caso de errores, introducirá excesivo retardo a la señal de voz, lo que finalmente afectaría negativamente en su calidad. Si el detector y corrector de errores FEC (Forward Error Correction) se ha habilitado, entonces un paquete VoIP dañado ó perdido, será regenerado con la información que el FEC ha almacenado en el paquete previo, sin mayor consecuencia para la calidad de voz. Si el FEC no ha sido habilitado, entonces el paquete VoIP dañado o perdido es simplemente descartado, nuevamente sin mayor consecuencia sobre la calidad de la señal de voz.

La tasa de digitalización y compresión del CODEC no incluye la capacidad de banda adicional que IP necesita para efectuar las funciones de control y direccionamiento del paquete VoIP. A esta capacidad de banda adicional se le conoce como el "header IP". El "header IP" es comúnmente de 7 kbps, en algunos casos el ruteador IP comprime el "header IP" reduciéndolo a tan sólo 2 a 3 kbps. Posteriormente, el "header IP" se combina con el "header UDP" para crear el "header IP/UDP" que es como finalmente se integra al formato global del paquete VoIP (ver fig. 2.5)

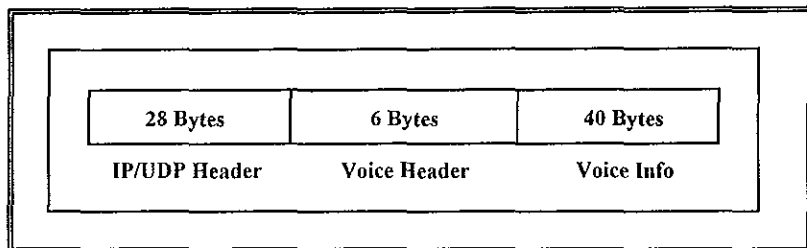


Figura 2.5- Formato del paquete VoIP

La complejidad ó potencia de proceso del CODEC está determinada por el número de instrucciones que por unidad de tiempo puede ejecutar. Es decir, es la medida en millones de instrucciones por segundo, ó bien MIPS (Millions of Instructions per Second). La Potencia del CODEC es determinante para lograr la calidad requerida en VoIP. Obviamente a mayor potencia del CODEC mayor será la calidad de voz, no así necesariamente el nivel de compresión sobre la señal de voz.

Actualmente algunos CODEC son tan avanzados y complejos, que adicionalmente a su función básica de compresión y descompresión, también realizan actividades auxiliares para el proceso de voz, tales como cancelación de eco y supresión de silencio.

Las ventajas de la compresión de voz son obvias, la voz consume menos capacidad de banda para su transmisión cuando es comprimida. Generalmente la voz se comprime entre 5.33 y 32 kilobits por segundo, dependiendo del CODEC utilizado, dejando el resto de la capacidad de banda para otras aplicaciones ó incluso para canales adicionales de voz ó fax. La capacidad del medio de comunicación es costoso en proporción a la capacidad usada, y en la mayoría de los casos en proporción a la distancia también. Si una señal VoIP es transmitida a 64 kbps (sólo digitalizada), entonces se necesitaría un canal de comunicación con capacidad mayor a 64 kbps, es decir, de mayor capacidad que la misma señal VoIP.

Función de descompresión/remodulación

Simultáneamente a las funciones de direccionamiento, conexión, digitalización y demodulación, la compuerta está también efectuando la función de descompresión y remodulación de los paquetes VoIP recibidos desde otras compuertas. Si la señal detectada por la compuerta es de voz, el CODEC se encargará de descomprimirla para restablecerla a su formato original PCM a 64 kbps. Posteriormente la señal digitalizada PCM es entregada a la *interface* telefónica digital E1, T1, ISDN, etc. En el caso de que la *interface* telefónica sea analógica, entonces la señal de voz PCM es restablecida a su forma audible analógica. Por el contrario, si la señal detectada es de fax, la compuerta procederá a remodularla para ser enviada a la máquina de fax.

II.3.- Definición del coordinador de acceso (*Gatekeeper*)

El coordinador de acceso VoIP ó *Gatekeeper* efectúa cuatro funciones importantes para el control de llamadas, que ayudan a preservar la integridad de la red datos. Las funciones que tiene a su cargo son: conversión de direcciones, control de admisiones, control de ancho de banda y administración de zona.

El coordinador de acceso se podría definir como un administrador local, que coordina, controla, asigna y regula los recursos de la red de área local LAN, para que sean correctamente aprovechados por los usuarios de VoIP. Por ejemplo, el administrador de una red LAN corporativa, podría limitar el número de llamadas simultáneas sobre la red de datos, mediante el coordinador de acceso, preservando de esta manera la capacidad necesaria para el tráfico antecesor. Al conjunto de todas las terminales, compuertas y unidades de control multipunto, que son administradas por un solo coordinador de acceso, se le conoce como una "Zona H 323" (ver fig 2.6)

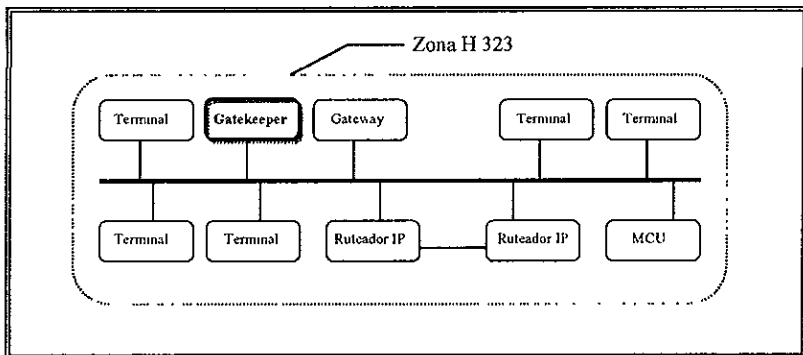


Figura 2.6- La Zona H.323

Función de conversión de direcciones

La primera función del coordinador de acceso ó *gatekeeper* es la de convertir las direcciones de "transición", provenientes de las terminales ó de las computas conectadas a la red de área local LAN, a direcciones convencionales de IP ó IPX

Cuando una llamada VoIP se origina fuera de la red LAN, la información con los números tradicionales de marcado (p ej 525 - 208 35 64) son recibidos por una compuerta conectada a la red LAN. La compuerta VoIP asignará un número de "transición" ó "alias" al número de marcado tradicional recibido, este número de "transición" ó "alias" tiene el formato esperado por el coordinador de acceso, a su vez, el coordinador de acceso convertirá este número de "transición" en una dirección convencional de IP ó IPX, estableciéndose así la comunicación entre los puntos involucrados (ver fig. 2.7)

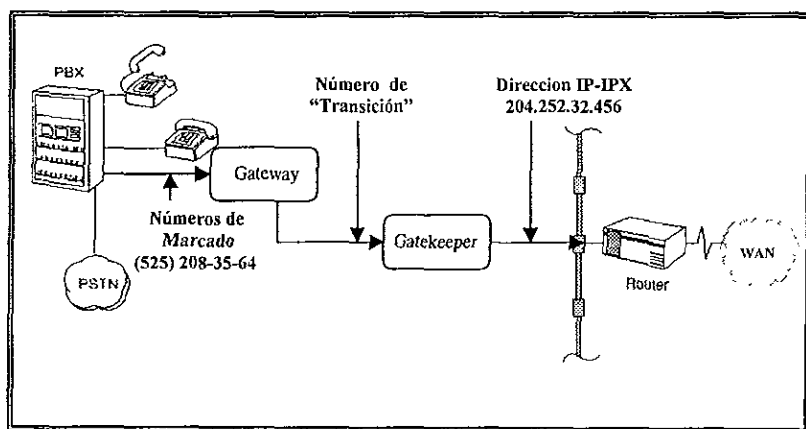


Figura 2.7- Función de conversión del coordinador de acceso

En sentido opuesto, cuando una llamada se origina dentro de la red LAN, el coordinador de acceso recibe un número de "transición" de alguna terminal ubicada dentro de la red, entonces el coordinador de acceso convertirá el número de "transición", en la dirección IP ó IPX de la terminal de destino, siempre y cuando la llamada esté destinada a otra terminal dentro de la misma red, de lo contrario la nueva dirección será la de la compuerta en la zona, para llamadas que están destinadas a un dispositivo fuera de la red

Función de control de admisiones

La segunda función del coordinador de acceso es la de proporcionar algún tipo de mecanismo para controlar el número de llamadas VoIP sobre la red de datos. A esta función se le conoce como control de admisiones, ya que las terminales deben obtener permiso del coordinador de acceso para poder hacer una llamada a través de la red.

Los criterios que el coordinador de acceso podría utilizar, para admitir ó rechazar la petición de una terminal para iniciar una llamada a través de la red, pueden incluir la disponibilidad de capacidad de banda asignada para VoIP, el número de llamadas actualmente establecidas, el volumen de tráfico de aplicaciones antecesoras durante un periodo de tiempo y la duración de la llamada.

Si el coordinador de acceso concede permiso para iniciar la llamada, éste asignará a la terminal una cantidad de capacidad de banda para su uso. Durante la llamada, la terminal podría solicitar más capacidad de banda al coordinador de acceso, sin embargo, el coordinador de acceso tendrá la decisión final para asignar más capacidad de banda ó si bien, la terminal debe continuar su operación con la cantidad inicialmente otorgada. La tarea del coordinador de acceso a través de esta función es de limitar la capacidad de banda total para uso de VoIP, manteniendo la porción mayor para las aplicaciones antecesoras en la red.

Para implementar las funciones de admisión, el coordinador de acceso utiliza mensajes protocolizados para comunicarse con los demás componentes (terminales y computas), que solicitan acceso a los recursos de la red LAN para aplicación de VoIP. La secuencia de mensajes se conoce como solicitud de admisión, confirmación ó rechazo (ARQ/ARC/ARJ) y se aplican para tomar acción, según los criterios de admisión fijados por el administrador de la red.

Función de control de ancho de banda

Como se mencionó anteriormente, una de las funciones primordiales del coordinador de acceso es la de preservar los recursos de la red LAN para el tráfico antecesor, ya que es de vital importancia que las aplicaciones de datos, que originalmente justificaron la inversión para la implementación de la red, mantengan su nivel habitual de fluidez y disponibilidad, de lo contrario los administradores, y especialmente los usuarios, estarían insatisfechos del nuevo comportamiento de la red, a pesar del nuevo servicio y ahorro que VoIP pudieran traer.

La función de control de ancho de banda tiene a su cargo la delicada actividad de administrar eficientemente la capacidad del ancho de banda asignada para VoIP, de tal manera que el usuario adquiera beneficios adicionales al presentarle nuevas aplicaciones, sin que ello represente una degradación en el comportamiento habitual de las aplicaciones legadas en la red.

Para lograr una buena administración del ancho de banda, el coordinador de accesos establece una serie de reglas basadas en los parámetros de otras funciones, por ejemplo, hace uso de los criterios establecidos por el administrador de la red a través de la función de admisión, para reglamentar el uso del ancho de banda asignado entre los dispositivos que solicitan admisión para iniciar comunicación VoIP.

Para implementar las funciones de administración del ancho de banda asignado para VoIP, el coordinador de acceso ó *gatekeeper*, utiliza mensajes protocolizados para comunicarse con el resto de los componentes VoIP (terminales y compuertas), que solicitan capacidad de ancho de banda para aplicación de VoIP. La secuencia de mensajes se conoce como solicitud de ancho de banda, confirmación ó rechazo (BRQ/BCF/BRJ) y se aplican para tomar acción de administración del ancho de banda asignado, según los criterios de admisión fijados por el administrador de la red.

Una característica importante de la función de control de ancho de banda es que su acción se puede anular, es decir cuando su acción se anula, el coordinador de acceso aceptaría todas y cualquier petición por capacidad de ancho de banda.

Función de administración de zona

El coordinador de acceso tiene la responsabilidad de administrar y proveer de los servicios de conversión de direcciones, control de admisión y ancho de banda para el conjunto de terminales, compuertas y unidades de control multipunto que se han registrado dentro de su zona de control. *El número de dispositivos que pueden ser administrados en una zona es dejado a la discreción del fabricante*

El coordinador de acceso es opcional dentro de las recomendaciones para sistemas H.323, pero las redes LAN que utilizan una compuerta para VoIP, deben también integrar un coordinador de acceso para soportar la conversión de marcado a direcciones IP.

El coordinador de acceso puede desarrollar también un papel muy importante en las conferencias multipunto. Para soportar conferencias multipunto, los usuarios emplearían las funciones del coordinador de accesos para administrar canales de control H 245, provenientes de dos terminales en conferencia punto a punto. Cuando un tercer usuario se agregue a la conferencia, el coordinador de acceso puede delegar el canal de control H 245 a un controlador de conferencias multipunto. Cuando esto ocurre, el coordinador de acceso no necesita procesar la señalización H 245, sino únicamente pasarla entre las terminales ó bien entregarla al controlador de conferencias multipunto.

II.4.- Definición de unidad de control multipunto (MCU)

La unidad de control multipunto es el componente dentro del sistema H 323 que establece los mecanismos y procedimientos para implementar conferencias VoIP y "*multimedia*" entre tres ó más usuarios de la red. La MCU (por sus iniciales en inglés Multipoint Control Unit) está integrada por un controlador multipunto (MC Multipoint Controller) y por ninguno ó varios procesadores multipunto (MP Multipoint Processors). Adicionalmente a las funciones de control y proceso multipunto, la MCU distribuye las conferencias de manera conveniente a través de la red.

Función de control multipunto

El controlador multipunto (MC) define los mecanismos para controlar las conferencias de VoIP y *multimedia* a través de la red. El controlador multipunto utiliza los procedimientos descritos en la recomendación ITU-H 245 para manejar las negociaciones entre todas las terminales y poder determinar así el tipo de proceso y distribución de la conferencia en turno.

Función de proceso multipunto

El procesador multipunto (MP) recibe las señales de VoIP y *multimedia* de las terminales participantes en la conferencia, las procesa y posteriormente las envía a las terminales correspondientes. El método de comunicación entre el controlador multipunto (MC) y el procesador multipunto (MP) es dejado a la discreción del fabricante. Lo importante es que el MP debe ser capaz de procesar uno ó más tipos de flujo a la vez, esto es, el MP debe ser capaz de procesar algoritmos y formatos de voz, video y datos simultáneamente. Un procesador multipunto (MP), que procesa video, debe proveer funciones de conmutación y combinación de video. La conmutación de video es el proceso de seleccionar la señal de video que el MP envía a las terminales participantes de un punto a otro. La combinación ó mezcla de video es el proceso de dar formato a más de una señal de video dentro del flujo agregado de señal de video que el MP envía a las terminales.

De igual forma, un MP que procesa VoIP, debe preparar "N" salidas de audio de "M" entradas mediante la combinación ó conmutación de la señal de audio. La combinación de audio requiere de la decodificación de la señal de voz de entrada (PCM ó Analógica) haciendo una combinación lineal de las señales y recodificando el resultado al formato de audio apropiado. El MP puede eliminar ó atenuar algunas de las señales de entrada con la finalidad de reducir el ruido y eliminar señales indeseadas. Cada salida de audio puede contener una mezcla diferente de señales de entrada para mantener la privacidad en la conferencia.

En el caso de datos, un procesador multipunto (MP) que procesa datos, debe ser capaz de convertir y adaptar formatos y algoritmos, permitiendo a las terminales participar en conferencias de diferentes plataformas.

Función de distribución

Las conferencias multipunto son manejadas utilizando una gran variedad de métodos y configuraciones. Dentro de las funciones asignadas al MCU se encuentra la función de distribución, que utiliza los conceptos de conferencias centralizadas, descentralizadas e híbridas para describir las diferentes situaciones prácticas sobre las que se puede establecer una conferencia (ver fig 2.8).

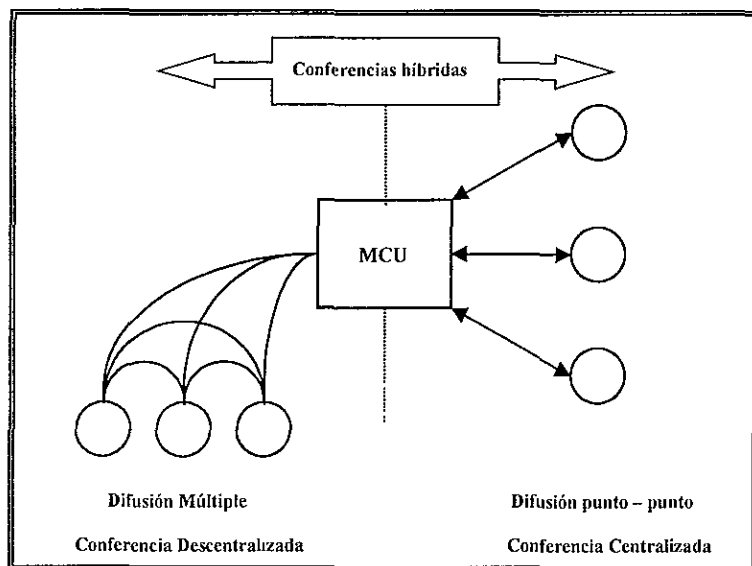


Figura 2.8 - Tipos de conferencias VoIP

Las conferencias centralizadas requieren de la existencia de una unidad de control multipunto (MCU) para facilitar una conferencia multipunto VoIP. En esta modalidad todas las terminales envían sus señales de audio y control (video y datos también si es el caso) al MCU en un patrón tradicional de comunicaciones punto a punto.

El controlador multipunto (MC), centralmente administra la conferencia utilizando funciones de control consideradas en la recomendación H.245, que adicionalmente son utilizadas para determinar las características operativas de las terminales participantes. En una conferencia centralizada, el controlador multiproceso (MP) mezcla las señales de audio, video y datos, convierte entre diferentes formatos de CODEC y podría utilizar la difusión múltiple para distribuir las señales procesadas a las terminales participantes.

Las conferencias descentralizadas hacen uso de la tecnología de difusión múltiple ó "multicast". En esta modalidad, las terminales participantes difunden sus señales de VoIP directamente a todas las demás terminales, sin pasar por la unidad de control multipunto (MCU) en el punto central. Obsérvese que si la conferencia incluye datos, estos son aún centralmente procesados por la unidad de control multipunto (MCU) y el canal de control H.245 también mantiene la modalidad de comunicación punto a punto con el procesador multipunto (MP).

Las terminales receptoras utilizan los canales de control H.245 para indicarle al procesador multipunto (MP) cuantas sesiones simultáneas puede decodificar, y son responsables de discriminar y procesar únicamente el flujo de señales con las que están participando en la conferencia. En una conferencia descentralizada, el número de sesiones simultáneas, que una terminal puede manejar, no limita el número de señales de audio, video ó datos, que son difundidas durante una conferencia.

Las conferencias híbridas, como podría esperarse, utilizan una combinación de características operativas centralizadas y descentralizadas. Las señales de control H.245 son procesadas centralmente punto a punto en la unidad de control multipunto (MCU), en tanto las señales de voz, video y datos son difundidas directamente a las terminales participantes. Las terminales bajo la recomendación H.323 también soportan conferencias combinadas multipunto, en las que algunas terminales están en una conferencia centralizada, otras en una conferencia descentralizada y la unidad de control multipunto (MCU) proporciona el puente de interconexión entre los dos tipos. La terminal participante no se entera de la naturaleza combinada de la conferencia, únicamente conoce el modo en la que transmite y recibe la información.

Mediante el soporte simultáneo de conferencias punto a punto y difusión múltiple, las terminales de la recomendación H.323 cubren las actuales y futuras tecnologías de interconectividad *multimedia*. El modo de difusión hace uso eficiente de la capacidad de ancho de banda en la red, pero agrega cargas de trabajo computacionales a las terminales, que tienen que combinar y conmutar sus flujos de audio y video. Adicionalmente, el soporte de difusión es necesario en ruteadores y conmutadores de red.

La terminal H 323 está limitada a la arquitectura de un solo controlador multipunto por conferencia multipunto. En tanto que, el límite teórico del número de participantes en una conferencia es alto, en muchas circunstancias los usuarios encontrarán que, más de 10 a 20 participantes por conferencia es insatisfactorio.

Consideremos el siguiente ejemplo donde se establece una conferencia multipunto entre tres usuarios (ver fig 2.9). El usuario B realiza las funciones del controlador multipunto (MC). Todas las terminales pueden utilizar difusión para participar en una conferencia descentralizada. La función del procesador multipunto en cada nodo combinaría y presentaría las señales recibidas de audio y video al usuario. Este enfoque minimiza el número de equipos con funciones especializadas para completar la conferencia, sin embargo, la red debe ser configurada para soportar difusión permanentemente y no es posible incorporar otro usuario más durante la conferencia

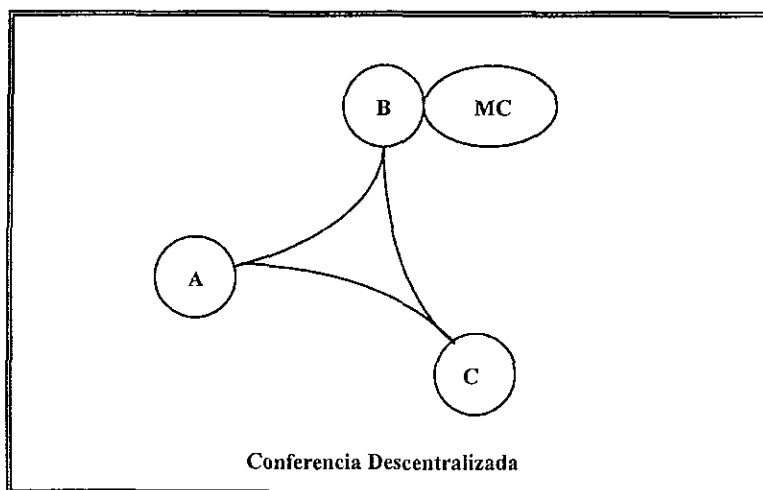


Figura 2.9.- Conferencia multipunto descentralizada

Otro enfoque del mismo ejemplo, sería incluir una unidad de control multipunto (MCU) para manejar de manera centralizada únicamente las señales de audio, datos y control (ver fig 2.10). En esta configuración el video aún está siendo difundido, pero conservaría capacidad de ancho de banda. En esta configuración híbrida, el MCU podría ser un sistema dedicado o una terminal con mayor potencia de proceso. Una ventaja de la conferencia multipunto centralizada es que todas las terminales soportan comunicaciones punto a punto y el MCU podría hacer varias conexiones punto a punto de manera simultánea entre los participantes, para evitar costosos equipos especiales en la red

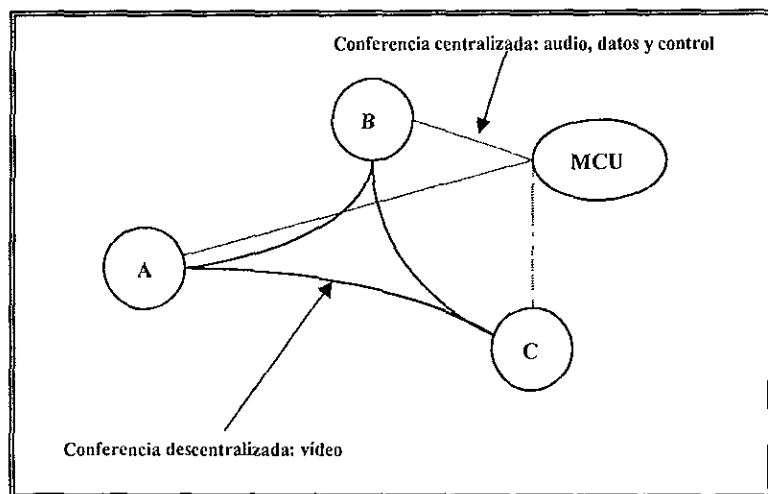


Figura 2 10- Conferencia multipunto híbrida

Alternativamente, la unidad de control multipunto (MCU) podría recibir múltiples conexiones punto a punto, audio mezclado, video conmutado y difundir sólo un flujo combinado para conservar capacidad de ancho de banda

Las conferencias multipunto que incluyen terminales dentro y fuera de la red de área local LAN, se beneficiarían ampliamente de configuraciones en las que las funciones de la unidad de control multipunto (MCU) se combinen estrechamente con las de la compuerta ó *gateway*

En este capítulo anterior hemos estudiado los conceptos y las especificaciones del estándar H 323 en el que está basado el modelo arquitectónico para la transmisión de voz sobre redes con protocolo IP. En el siguiente capítulo procederemos a estudiar los protocolos de soporte para la transmisión de voz sobre IP

III. PROTOCOLOS DE SOPORTE PARA TRANSMISION DE VoIP

Hasta ahora, las redes para comunicación de datos basadas en protocolos por paquetes, han concentrado sus aptitudes en garantizar la integridad de la información que se transmite a través de ellas, aunque para lograrlo entregan la información con cierta demora, que es aceptable para la aplicación. Con el desarrollo de nuevas y sofisticadas aplicaciones la necesidad de entregar la información no solo en buenas condiciones, si no también en tiempo real se presenta infalible y obliga al desarrollo de nuevas técnicas y métodos para soportar los requerimientos que las nuevas aplicaciones demandan. A continuación estudiaremos los protocolos que se han desarrollado para el soporte de comunicación de voz sobre redes con protocolo IP.

III.1.-Protocolo de reservación de recursos (RSVP)

Después de muchos años de desarrollo, las aplicaciones *multimedia* han iniciado su incursión en el mundo de la informática y junto con ello cuestiones como la "calidad de servicio" que estas nuevas aplicaciones requieren para su buen funcionamiento.

A lo que específicamente se refiere "calidad de servicio" es que cada aplicación tiene un conjunto básico de requerimientos que la red debe proveer para que la aplicación funcione de manera prevista. Estos requerimientos se centran en las características de ancho de banda y retardo. Estas cuestiones y sus soluciones se describen como "calidad de servicio".

Al estudiar la función básica del protocolo IP, uno puede comprender porque las cuestiones de la calidad de servicio, son tan importantes en las aplicaciones *multimedia*, pero particularmente las que necesitan operar en tiempo real. En la explicación más simple, los protocolos de las capas inferiores tales como Ethernet, ATM y Token Ring pasan sus paquetes con información a IP, para que éste los transporte a su destino. En redes IP ruteadas, cada paquete de información es examinado por cada ruteador en la trayectoria de envío. Entre su origen y destino, los paquetes IP pasan por varios ruteadores intermedios que interconectan los diferentes segmentos de red. A medida que los paquetes IP "saltan" de ruteador a ruteador, el protocolo IP decide en cada uno de ellos, a donde irá en su próximo "salto". Esta manera de transmisión distribuida y discontinua de los paquetes IP genera ráfagas que retardan la entrega de la información a través de la red.

Para la mayoría de las aplicaciones para datos, la entrega de información en ráfagas de paquetes es aceptable y es más, se presta por ella misma para proporcionar comunicaciones de buen comportamiento y alta disponibilidad, pero para las nuevas aplicaciones tales como VoIP, la transmisión de paquetes IP debe ser continua y directa entre los puntos de origen y destino. El reto para la implementación de VoIP, es de satisfacer los requerimientos necesarios, manteniendo las características de comportamiento y disponibilidad de los recursos de la red. Para lograr los nuevos requerimientos para VoIP, el protocolo de reservación de recursos RSVP (Resource Reservation Protocol), fue creado por el grupo de fuerza de tarea para ingeniería de la Internet (IETF).

Descripción Funcional de RSVP

El RSVP es un protocolo punto a punto desarrollado para ser compatible con TCP/IP, y su función es proporcionar los procedimientos para garantizar la calidad de servicio (QoS) en las nuevas aplicaciones, sin alterar los métodos actuales de interconectividad entre redes.

RSVP opera sobre IP en la capa de transporte y es un protocolo de control comparable con ICMP (Internet Control Message Protocol) ó IGMP (Internet Gateway Message Protocol). RSVP está diseñado para interactuar con los protocolos de ruteo actualmente utilizados tales como "multicast y unicast", así como cualquier otro que pudiera surgir en el futuro próximo. Algunas aplicaciones transmiten a un solo punto de recepción remoto de la red, en tanto otras, tienen la facultad de enviar información a varios receptores, sin tener que hacer una difusión ó *multicast* de la información a toda la red.

Los componentes de RSVP son transmisores, receptores, equipos anfitriones ("*Hosts*"), así como los ruteadores IP intermedios entre ellos. Un transmisor avisa al receptor que tiene información para su envío, así como la calidad de servicio que necesita para hacer el envío confiable. El receptor notifica a los "*Hosts*" y ruteadores que se preparen para la transmisión de la información. Los "*Hosts*" y ruteadores involucrados en el trayecto reservan la cantidad de recursos necesarios para garantizar la calidad de servicio solicitada. Una vez que estos pasos se completan de manera satisfactoria, el transmisor puede enviar exitosamente la información.

Con RSVP, la aplicación es capaz de notificar anticipadamente a los dispositivos involucrados en el trayecto de los recursos que necesitará para su operación, y los dispositivos involucrados (*hosts* y ruteadores) se comprometen a reservar y proveer los recursos solicitados.

Si los recursos solicitados por un transmisor no se pueden proveer ó si no están disponibles, los dispositivos involucrados en el trayecto (*hosts* y *rutadores*) rechazarán la petición de reservación de recursos, y la aplicación será notificada inmediatamente para evitar el costo y tiempo de un intento fallido.

Los dos conceptos básicos en el protocolo de RSVP son:

1. *Flujos* son la corriente de tráfico entre un transmisor y uno ó más receptores. Un flujo es identificado por un "nivel de flujo" en el "header IP" básico. Antes de enviar un flujo, el transmisor manda un "mensaje de camino" al receptor. Este mensaje contiene la dirección IP del transmisor, la dirección IP del receptor y una "especificación de flujo". La "especificación de flujo" contiene los parámetros solicitados de retardo y tasación necesarios para garantizar la calidad de servicio. Este mensaje es "llevado" entre los diferentes dispositivos (*hosts* y *ruteadores*) que se encuentran en la trayectoria del flujo.
2. *Reservaciones*. Al receptor se le hace entrega del mensaje con la "especificación de flujo" y tiene la responsabilidad de hacer la reservación de recursos con los dispositivos correspondientes. Al permitir que el receptor se encargue de hacer la reservación de recursos, se logra una mayor flexibilidad para manejar los flujos "multicast". Este modelo operativo basado en el receptor dispone una solución adecuada para el soporte de receptores que operan en un ambiente de interconectividad heterogéneo y que pueden hacer reservaciones recursos de acuerdo a sus aptitudes técnicas.

Para ilustrar el modelo operativo basado en el receptor (ver fig. 3.1), supongamos que una estación de video transmisora envía un "mensaje de camino" a un destino múltiple, formado por dos receptores que están interconectados a la estación de video transmisora, a través de redes con tecnologías heterogéneas. De tal manera que el receptor A está directamente conectado a una red ATM. En tanto el receptor B está conectado a una red Token Ring. La estación de video transmisora está conectada a un segmento "fast-ethernet" a 100 mbps, y por lo tanto en el trayecto hacia el receptor A es el lado lento de la red, ya que la red ATM opera a 155 mbps. En tanto en el trayecto hacia el receptor B es la red rápida, ya que la red Token Ring opera a 16 mbps. Si el flujo de video estándar requiere de 30 mbps de ancho de banda, entonces el receptor A puede solicitar el flujo completo de video, en tanto el receptor B puede utilizar algún método de codificación que sacrificaría algo de calidad en la señal de video a cambio de ancho de banda, para poder aceptar la trama de video a 30 mbps, en tanto los parámetros de calidad de servicio establecidos por el transmisor sean respetados, el receptor B puede aceptar la trama de video. Demostrando así que el modelo operativo basado en el receptor es más efectivo para ambientes de red heterogéneas, a pesar de que algunos receptores participantes estén limitados en sus aptitudes técnicas.

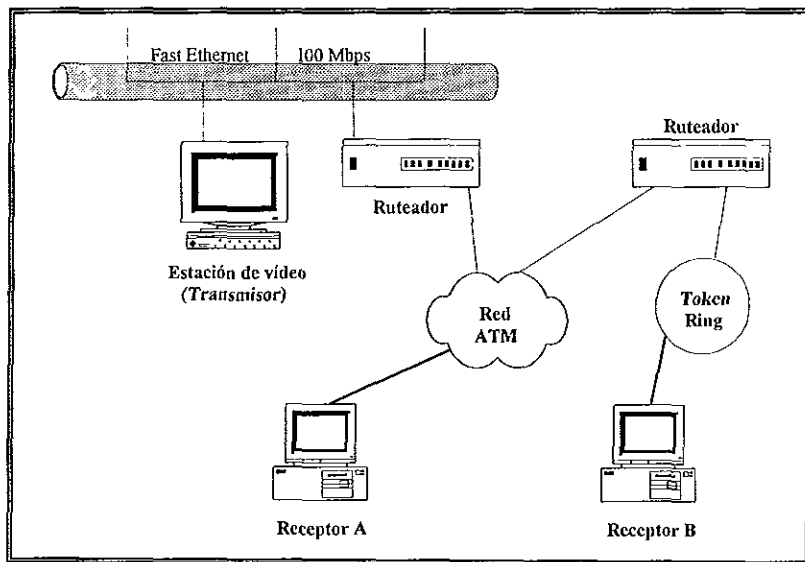


Figura 3 1- Flujo "multicast" en redes heterogéneas

En el ejemplo anterior, si el transmisor fuera el que hace las reservaciones, habría tenido que saber anticipadamente las características de todos los receptores. Con el enfoque del ejemplo anterior, cada receptor necesita únicamente entender sus propias aptitudes operativas.

Una vez que los receptores reciben los "mensajes de camino", éstos proceden a enviar una solicitud de reservación, alertando a cada ruteador y host en la red, de su intención de recibir un "flujo de información". La petición incluye la dirección IP del transmisor y del receptor, la especificación de flujo y dos módulos de decisión: "control de admisión" y "control de norma". Control de admisión determina si el nodo cuenta con los recursos suficientes para cumplir con la calidad de servicio solicitada en la "especificación de flujo". Política de control determina si el usuario tiene los permisos administrativos para hacer la reservación. Si ambos módulos son correctos, los parámetros son puestos en la capa de enlace del ruteador para que reserve la calidad de servicio solicitada. Si uno de los módulos no es correcto, la aplicación es notificada y la reservación es rechazada. Una vez que el transmisor recibe notificación de reservación del receptor, la aplicación transmite su "flujo de información" y entonces la red estará lista con los recursos para proporcionar la calidad de servicio (QoS).

Para asegurarse que las reservaciones están aún activas y que todos los dispositivos en la red están al tanto de la reservación, RSVP incorpora un concepto llamado "soft state". Este término es utilizado porque las reservaciones y trayectos de RSVP son consideradas tentativas. Los recursos se separan cuando un ruteador acepta la reservación, pero si en un límite de tiempo un flujo no es recibido, el ruteador liberará los recursos. Con el concepto de "soft state", el transmisor periódicamente envía su "mensaje de camino" y el receptor continua enviando la solicitud de reservación para refrescar a los dispositivos involucrados en la trayectoria.

Resumiendo:

El RSVP es un protocolo ligero, diseñado para garantizar la calidad de servicio, y su funcionamiento se resume en los seis siguientes puntos (ver fig. 3.2)

1. Un transmisor inicia enviando "mensajes de camino" RSVP a uno a varios receptores
2. El receptor de la aplicación recibe el "mensaje de camino"
3. El receptor envía mensajes de reservación a los ruteadores del trayecto
4. Los ruteadores revisan el "mensaje de camino" y si todas las condiciones son cumplidas, los recursos son reservados.
5. El transmisor de la aplicación recibe un mensaje de reservación
6. El transmisor inicia el envío con paquetes de información.

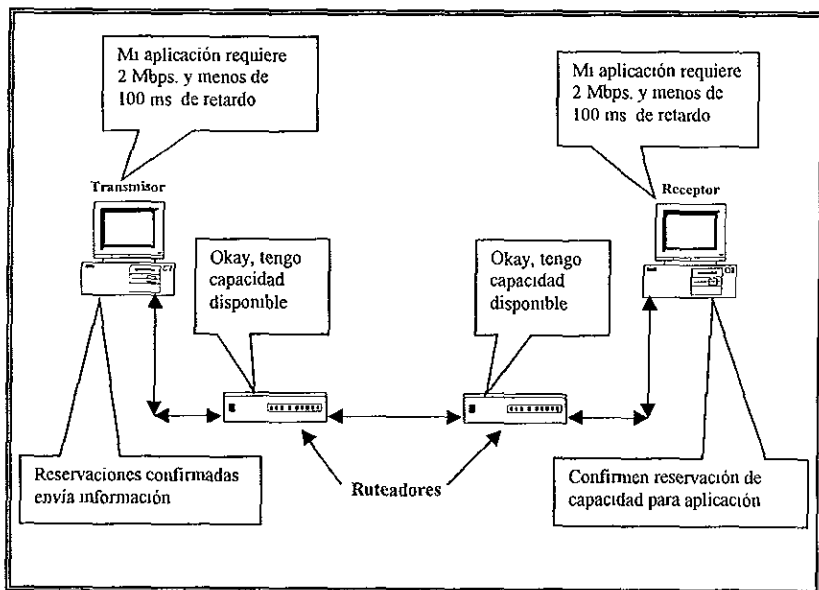


Figura 3.2- Resumen de RSVP

Resumen Funcional

- RSVP** hace reservación de recursos para uno ó varios receptores utilizando el concepto de "soft state" para mantener activa la reservación
- RSVP** es unidireccional Los receptores inician y mantienen los recursos reservados para el "flujo"
- RSVP** no es un protocolo de ruteo, pero se apoya en los protocolos de ruteo para transmitir los "flujos".
- RSVP** soporta IP versión 4 e IP versión 6

Aunque claramente RSVP tiene muchas ventajas para las aplicaciones en tiempo real, varias cuestiones se han presentado que han estado retrasando su implementación. A la fecha, el comité de la IETF ha apuntado las limitaciones de RSVP a través de una serie de recomendaciones para su implementación. Dichas recomendaciones se incluyen en la siguiente especificación del IETF.

RSVP Versión 1, Declaración de aplicación y recomendaciones de implementación

El mensaje general de la declaración de aplicabilidad es el de exhortar precaución acerca del despliegue inmediato a gran escala de la Internet general. El uso en la Intranet restringida es altamente recomendado. Las tres áreas de preocupación son:

Escalabilidad

La preocupación aquí es que los ruteadores soportando varias sesiones separadas sobre un enlace de alta capacidad puede ser fácilmente abrumado y consecuentemente bloqueando ó desechando otras importantes aplicaciones. Es por esta razón, que se recomienda que RSVP sea usado en la "orilla" de la red y dentro de Intranets.

Seguridad

También los aspectos de seguridad son de preocupación en RSVP, tales como el sabotaje y toma por asalto de recursos. Ya que es posible iniciar una reservación de recursos no autorizada, permitiendo a usuarios no autorizados a bloquear o sabotear los recursos de la red. IETF está actualmente trabajando en métodos de autenticación, para garantizar la integridad de los recursos de la red con el uso de RSVP.

Política de Control

Otra área de debilidad de RSVP es la política de control, la especificación define los mecanismos para una política de transporte de información, pero no define las políticas mismas. Las políticas de control están relacionadas con quien es permitido para hacer reservación de recursos y las consecuencias que ello conlleva. Se considera control de acceso, autenticación del usuario e información de contabilidad.

III.2.-Protocolo en tiempo real (RTP)

Recientemente se han realizado grandes esfuerzos para el desarrollo de protocolos en tiempo real. Estos protocolos son llamados en tiempo real porque son utilizados cuando hay severas exigencias en la calidad de servicio que una red debe proveer. Por ejemplo, el retardo total de tránsito por la red y el tiempo que le toma a los paquetes de información para llegar a su destino deben estar dentro de ciertos límites. Los siguientes protocolos han sido recientemente desarrollados para sustentar el envío de información en tiempo real.

- RTP (Real Time Transport Protocol) ó protocolo en tiempo real, es un protocolo punto a punto en tiempo real que utiliza las capas de transporte existentes del modelo OSI
- RTPC (Real Time Transport Protocol, Control Protocol) es un protocolo para supervisar la calidad de servicio y convenir información acerca de los participantes en una sesión activa.

RTP proporciona el servicio de envío de señales de audio y video punto a punto y en tiempo real. Adicionalmente, al envío de las señales de voz y video, se incluyen también los servicios de identificación de información, numeración de secuencias, estampado de tiempo y supervisión del envío. RTP comúnmente utiliza la porción UDP de la capa de transporte para tomar ventaja de sus funciones de multiplexaje. Ambos protocolos RTP y UDP contribuyen para formar un procedimiento de transporte confiable en tiempo real. Sin embargo, RTP puede también ser utilizado con otros protocolos y tecnologías de red que sean apropiados. Si la capa inferior lo soporta, RTP efectúa transferencia de datos a destinos múltiples utilizando la transmisión tipo "*multicast*". RTP ha sido desarrollado para ser flexible y escalable y está siendo utilizado como el protocolo básico para la comunicación en tiempo real en redes protocolizadas por paquetes.

RTP por sí mismo no considera la reservación de recursos para hacer el envío de información y tampoco garantiza la calidad de servicio, en su lugar, RTP se apoya en protocolos desarrollados para tal fin, como lo sería el protocolo de reservación de recursos RSVP. RTP asume que las capas inferiores son confiables y que envían los paquetes en secuencia continua, porque permiten al receptor reconstruir la secuencia de paquetes transmitidos, sin necesidad de decodificar la información en caso de pérdida ó daño de paquetes. El transporte de información en RTP es fortalecido por el protocolo de control (RTPC) para facilitar la supervisión, identificación y control de envío de información de una manera escalable y distribuida en redes grandes. Aunque RTP fue principalmente diseñado para satisfacer aplicaciones de conferencias *multimedia*, otras aplicaciones, tales como almacenamiento continuo de datos, simulación interactiva distribuida y aplicaciones de medición y control, han encontrado en RTP una solución para satisfacer sus necesidades de comunicación en tiempo real.

RTP proporciona la información requerida por una aplicación en particular y a menudo está integrado dentro del proceso de la aplicación, en lugar de ser implementado como una capa funcional separada. Su papel principal es de actuar como una simple, escalable y mejorada *interface* en las aplicaciones en tiempo real y los protocolos existentes de transporte. RTP no exige que una capa de transporte utilizar, ya que como se mencionó anteriormente es *independiente de las capas inferiores*, aunque típicamente, UDP es el protocolo de transporte utilizado.

RTP provee las funciones que permiten a los protocolos de transporte trabajar en un ambiente de tiempo real y se ubica justo arriba de la capa de transporte. RTP asume que la red inferior es IP, esto implica que con mucha probabilidad, pero sin certeza, un paquete llegará íntegro a su destino y debido a la naturaleza conmutada de IP, es de esperarse retardo variable. Además, debido al efecto combinado de ruteo y conmutación durante su envío, los paquetes pueden llegar desordenados.

El protocolo RTP también define las funciones que cada componente debe realizar para transportar flujos con información en tiempo real incluyendo identificación de su origen, tipo de información, hora y secuencia de envío. El componente de control RTCP, supervisa el comportamiento de la aplicación y conviene información acerca de la sesión, por ejemplo, número de participantes en la sesión.

En resumen, cuando los paquetes llegan a su destino, se examina el número de secuencia de cada paquete para determinar si la secuencia de la información es correcta, así como para anotar el número de paquetes perdidos durante el trayecto.

La estampa de tiempo en el paquete es utilizada para determinar el intervalo de tiempo entre paquetes recibidos, este valor lo fija el dispositivo originador cuando codifica la información a ser transmitida a través de la red. A medida que se reciben los paquetes, cualquier cambio detectado en el intervalo de tiempo entre paquetes es examinado, durante la reproducción de la aplicación, esta información puede ser usada para regenerar el contenido de la información perdida a la misma velocidad con que fue inicialmente codificada. Utilizando dispositivos de contención (*buffers*) en el receptor, el transmisor puede ajustar la velocidad del tráfico saliente independientemente de la distorsión en fase (*jitter*) que la red de paquetes pudiera introducir.

A continuación se presenta un resumen de las funciones del protocolo RTP.

Resumen Funcional

- Diseñado para proveer servicios de envío punto a punto para información temporalmente sensible con sustento para envíos tipo “unicast” y “multicast”
- Puede ser transportado utilizando el protocolo de datagrama universal (UDP)
- Provee información del tipo y origen de la información enviada, para determinar el tipo de información contenida.
- Provee la temporización y sincronización utilizadas por el receptor para iniciar la reproducción
- Provee supervisión de la información transmitida para determinar el comportamiento y calidad de la sesión
- Soporta integración de tráfico heterogéneo que es utilizado para unificar múltiples fuentes transmisoras en un solo flujo.

En la sección previa se enfatizó que RTP es un protocolo diseñado para transportar información en tiempo real y para proveer servicios adicionales, que no están presentes en los protocolos de transporte actuales como sería UDP. Con RTP, los receptores pueden hacer uso de la estampa de tiempo en conjunto con los números de secuencia, para sincronizar convenientemente las sesiones y con ello, mejorar la reproducción de la aplicación en el lado receptor. Como una parte complementaria a RTP, la Fuerza de Tarea para Ingeniería de la Internet (IETF) ha desarrollado el RTP Control Protocol (RTCP), para establecer los mecanismos de comunicación entre el transmisor y receptor. RTCP no fue diseñado para establecer los parámetros de calidad de servicio (QoS), más bien, está orientado para ser un protocolo informativo de estado.

RTCP está basado en la transmisión periódica de paquetes de control hacia todos los participantes de una sesión, utilizando los mismos mecanismos de distribución que los paquetes de información. RTCP asume que los protocolos en las capas inferiores deben proveer multiplexaje para la información y los paquetes de control, por ejemplo, mediante la asignación de número de puertos separados a la porción UDP. RTCP realiza cuatro funciones

- 1 La función primaria de RTCP es de proveer realimentación de la calidad en la distribución de la información. Esta función es parte integral de RTP como medio de transporte y está relacionada con las funciones de control de flujo y congestión de otros protocolos de transporte

La realimentación es directamente útil para el control de los codificadores adaptivos de señal, aunque recientes experimentos realizados con "multicasting" IP, han mostrado que es también crítico recibir realimentación de los receptores, para diagnóstico de fallas en el proceso de distribución. El envío de reportes con realimentación del estado a la recepción permite a un usuario que tiene problemas, evaluar si estos problemas son locales o globales. Con el uso de un mecanismo de distribución como lo sería "multicast" IP, sería también posible para una entidad externa, tal como el proveedor de servicios de red ó "carrier", que no está involucrado directamente en la sesión, de recibir realimentación del estado de la sesión y con esto, actuar como un supervisor adicional para ayudar a detectar problemas en la red.

- 2 RTCP persistentemente porta un identificador de transporte asociado con una transmisión originada con RTP llamado "nombre canónico" (CNAME: Canonic Name). Si un conflicto es detectado, el identificador SSRC (Synchronization Source) puede cambiar como una indicación del problema y por tal motivo los receptores necesitan de CNAME, para mantener un antecedente de cada participante en la sesión. Adicionalmente, los receptores requieren de CNAME para asociar flujos de información múltiples de un participante dado, con un juego de sesiones RTP relacionadas. Por ejemplo, para sincronizar audio y video.
- 3 Las dos primeras funciones necesitan que todos las participantes de una sesión envíen paquetes RTP, por lo tanto, la velocidad de envío debe ser controlada para facilitar que RTP escale a un número mayor de participantes.
- 4 Una cuarta función opcional es la de transmitir el mínimo posible de información de control de una sesión. Por ejemplo, la identificación del participante será desplegada en la interface del usuario. Esto probablemente será de utilidad en sesiones libremente controladas en las que los participantes, entran y salen sin control de admisión ó negociación de parámetros. RTCP sirve como un canal conveniente para llegar a todos los participantes, pero no se puede esperar que necesariamente, soporte todos los requerimientos de control de comunicaciones de una aplicación.

A continuación se presenta un glosario de términos y conceptos básicos aplicables a RTP/RTCP.

Origen contribuyente (CSRC: Contributing source) . Define el origen de un flujo de paquetes RTP que ha contribuido al flujo combinado, producido por un mezclador RTP. El mezclador RTP inserta una lista de identificadores SSRC, de los transmisores que contribuyeron a la generación del paquete que se integra como "header" del paquete RTP. A esta lista se le conoce como la "lista CSRC". Un ejemplo de aplicación es audioconferencia, en la que el mezclador indica a todos los parlantes de quienes fue combinada la señal de voz para producir el paquete a transmitir, permitiendo con esto a los receptores identificar al parlante en turno, aunque todos los paquetes de audio contengan el mismo identificador SSRC.

Sistema terminal (End system). Es una aplicación que genera el contenido a ser enviado en paquetes RTP y/o una aplicación que consume el contenido de paquetes RTP recibidos. Un sistema terminal actúa como uno o más temporizadores (SSRC) en una sesión RTP en particular, pero típicamente actúa como uno solo.

Mezclador (Mixer). Es un sistema intermedio que recibe paquetes RTP de uno ó más transmisores, cambia el formato de datos, combina los paquetes y los envía como un nuevo paquete RTP combinado. Ya que la temporización proveniente de múltiples transmisores generalmente no llegan sincronizados, el mezclador hará ajustes de temporización y generará su propio reloj para temporizar al flujo combinado. Así que todos los paquetes de datos originados en un mezclador, serán identificados como portadores de la señal de sincronía generada en el mezclador.

Monitor (Monitor). Es una aplicación que recibe paquetes RTCP enviados por los participantes de una sesión RTP, en particular los paquetes con los reportes de la calidad de servicio detectada para la supervisión de distribución, diagnóstico de fallas y estadísticas de largo plazo. La función de supervisión ó monitoreo será probablemente implementada dentro de las aplicaciones participando en la sesión. Pero también puede ser una aplicación separada que de ninguna manera participa en la sesión y no envía ó recibe paquetes RTP.

Paquete RTCP (RTCP packet). Es un paquete de control consistente de una porción fija (*header*) similar a los paquetes RTP, seguido por elementos estructurados que varían dependiendo del tipo de paquete RTCP. Típicamente, múltiples paquetes RTCP son enviados juntos como un único paquete compuesto RTCP, a los protocolos de las capas inferiores.

Paquete RTP (RTP packet). Es un paquete de datos consistente de una porción fija (*header*), una lista (ver origen contribuyente) posiblemente vacía de varios transmisores contribuyentes y los datos con información. Algunos protocolos de las capas inferiores pueden necesitar una encapsulación del paquete RTP para ser definido. Típicamente, un paquete del protocolo inferior contiene un único paquete RTP, pero varios paquetes RTP pueden ser incluidos si el método de encapsulación lo permite.

Información RTP (RTP payload). Es la información transportada por RTP en paquetes. Por ejemplo, audio y video comprimidos.

Dirección de transporte (Transport Address). Es la combinación de una dirección de red y el puerto que identifica un punto terminal de nivel de transporte, por ejemplo, la combinación de una dirección IP y la de un puerto UDP. Los paquetes son transmitidos desde una dirección origen de transporte a una dirección destino de transporte.

Sesión RTP (RTP session). Es la asociación entre un grupo de participantes comunicándose a través de RTP. Para cada participante, la sesión está definida por un par de direcciones de destino de transporte (una dirección de red más un par de puertos para RTP y UDP). La dirección destino de transporte puede ser común para todos los participantes, como en el caso de "multicast" IP, ó puede ser diferente para cada uno como es el caso de redes individuales "unicast". En una sesión *multimedia*, cada aplicación es transportada por una sesión RTP por separado con sus propios paquetes de control RTCP. Las sesiones múltiples RTP son distinguidas por diferentes números pares de puertos y/o diferentes direcciones "multicast".

Temporizador (SSRC). Es el origen ó fuente de un flujo de paquetes RTP, identificado por una etiqueta numérica SSRC de 32 bits portado en el "header" RTP, de tal manera que es independiente de la dirección de red. Todos los paquetes de un temporizador forman parte del mismo espacio de número de secuencia y sincronía, de tal manera que el receptor agrupa los paquetes, utilizando la señal de sincronía del transmisor para ejecutar la reproducción. Ejemplos de temporizadores incluyen al transmisor de un flujo de paquetes derivado de una fuente de señal, como lo sería un micrófono, una cámara de video ó un mezclador RTP. Un temporizador puede cambiar su formato de datos (por ejemplo, codificación de audio) con el transcurso del tiempo. El identificador SSRC es un valor aleatoriamente asignado e intencionado para ser globalmente único dentro de una sesión RTP particular. La organización de los identificadores SSRC está a cargo de la porción RTCP, y si un participante genera varios flujos en una sesión RTP, por ejemplo de dos cámaras de video, cada flujo debe ser indentificado por un identificador SSRC diferente.

Traductor (Translator). Es un sistema intermedio que envía paquetes RTP con sus identificadores del temporizador intactos. Ejemplos de traductores incluyen a los dispositivos que convierten codificaciones sin mezclar los replicadores de "multicast" a "unicast", y de filtros de aplicación a muros virtuales de seguridad ó "firewalls".

III.3.-Protocolo de intercambio de archivo de voz (VFIP)

El propósito del protocolo de intercambio de archivo de voz VFIP (Voice File Interchange Protocol), es de permitir el intercambio de varios tipos de archivos de voz entre diferentes sistemas. Actualmente existen muchos diferentes tipos de implementaciones para voz, pero no se ha desarrollado ningún estándar específico para lograr compatibilidad entre estos diferentes sistemas. Especialmente en las aplicaciones *multimedia* hay una creciente necesidad de incorporar un esquema estandarizado para voz dentro de la estructura común de datos.

El protocolo de intercambio de archivo de voz define un "header" para describir la voz en un formato de datos. El "header" de 18 bytes contiene el identificador, el número de versión del "header", la longitud del "header", una máscara DTMF (Dial Tone Multi Frequency) para los tonos de marcado o "Touch-Tones", la tasa de grabación en bits por segundo, el tiempo total en deci-segundos (décimas de segundo), y el método de codificación-decodificación utilizado.

El "header" del protocolo de intercambio de archivo de voz está organizado como sigue

- 1 Número de versión del "header". El número de versión es de un 1 Byte y la primera versión es la número uno
- 2 La longitud del "header": La longitud del "header" es un campo de un Byte indicando la longitud del "header" completo en bytes. Para la versión actual la longitud es de 18 Bytes
- 3 La máscara DTMF. Este campo describe lo que se conoce acerca de los tonos para marcado "Touch-Tones" en la secuencia de datos. El campo consiste de una bandera de 16 bits que indican lo que se conoce acerca de un grupo de tonos en particular. Los 16 tonos DTMF posibles son: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 * A B C D, el bit de orden menor del campo es el tono 0 (cero). Un bit de 1 (uno) significa que el correspondiente tono no es parte del archivo de voz, mientras un bit de 0 (cero) significa que el tono correspondiente puede o no ser parte del archivo de voz, por lo tanto, un campo con 16 "ceros" significa que nada es conocido acerca de los tonos. Un campo con 16 "unos" significa que no hay tonos en el archivo.
4. Tasa de grabación. La tasa de grabación es un campo de 32 bits y es la velocidad aproximada en bits por segundo del método utilizado para grabar la voz. Para métodos con tasa de grabación variable esta velocidad puede ser muy aproximada.
5. Tiempo total. Un número de 32 bits que indica el tiempo total de la grabación en deci-segundos. Por ejemplo, 600 indica un minuto de voz.
6. Métodos de codificación-grabación. Esta campo ASCII de 6 bytes indica el método de codificación-decodificación. Nombres con menos de 6 caracteres son aislados a la derecha con espacios (el carácter de espacio ASCII, código decimal 32). Para comparación, los nombres son sensibles a letras mayúsculas y minúsculas. Algunos métodos conocidos para codificación-decodificación son:

TI	La tarjeta Texas Instruments para PC IBM.
IBM	PC opción para comunicación de voz.
NVP-1	Protocolo de voz en red.
COMPUT	Tarjeta computalker para IBM PC y compatibles

Resumen Funcional

Este "header" de 18 bytes, permite el intercambio de archivo de voz entre diferentes sistemas, también facilita la conversión automática entre formatos. El "header" no tiene que ser prepuesto en el archivo de voz, éste puede ser en la forma de un archivo asociado separado si así es más conveniente. La figura 3.3 muestra los campos componentes del protocolo de intercambio de archivo de voz.

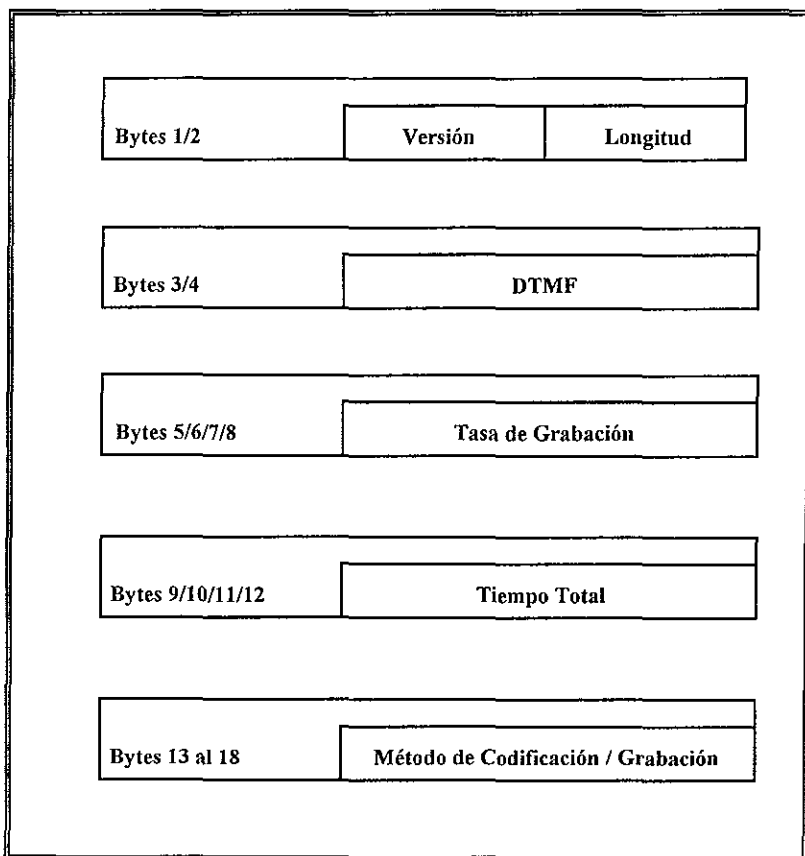


Figura 3.3- Campos del protocolo intercambio archivo de voz

En el ejemplo de la figura 3.4 se muestra la estructura del protocolo de intercambio archivo para voz, de un minuto de duración, a 2400 bps. y método de codificación NVP-2. Nada se conoce acerca de los tonos DTMF en el flujo de datos.

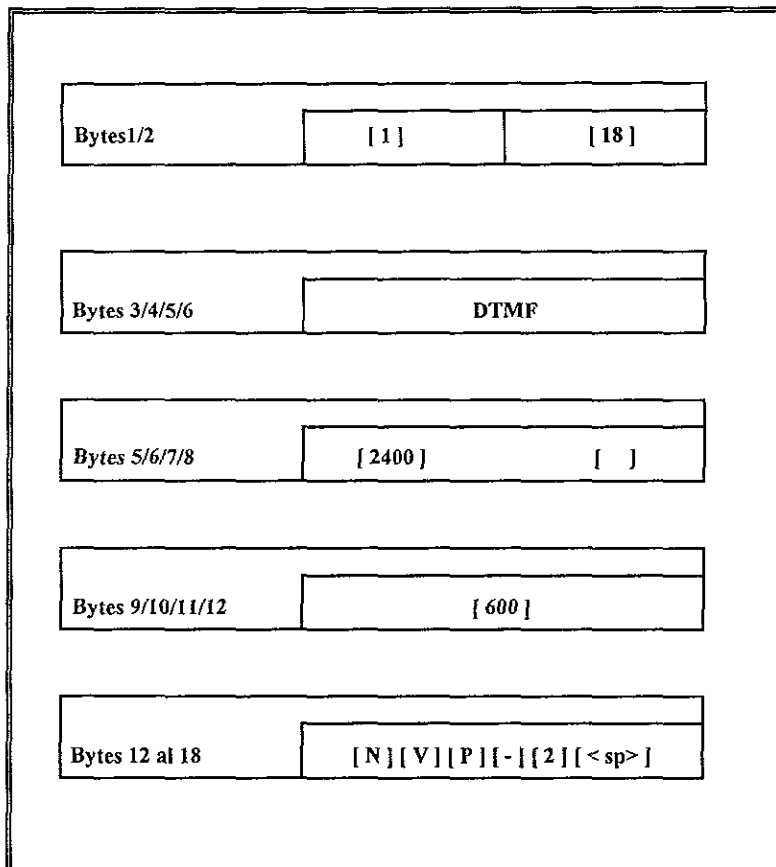


Figura 3.4 – Ejemplo del archivo de intercambio de voz

III.4.-Protocolo de voz en red (NVP)

Aunque actualmente las redes para comunicación entre computadoras se diseñan para únicamente hacer transferencia de datos, recientemente se ha presentado una creciente necesidad para implementar comunicación de voz en tiempo real sobre dichas redes. Es por esta razón que nuevos procedimientos y disciplinas deben ser desarrolladas para satisfacer las nuevas necesidades de comunicación. El protocolo de voz en red NVP (Network Voice Protocol) fue inicialmente diseñado e implementado en diciembre de 1973, para cubrir los nuevos requerimientos de comunicación de voz sobre la red IP de la ARPANET (Advanced Research Project Agency). El éxito de NVP es su habilidad de adaptar fácilmente las disparidades entre distintos sistemas.

Las características del protocolo NVP son:

- Recuperación de mensajes perdidos sin efectos catastróficos. Por lo tanto, ninguna respuesta puede ser ambigua en el sentido que, debe ser claro a que pregunta se refiere una respuesta.
- Diseñado para asegurarse que ningún sistema puede retener recursos de otro sistema de manera innecesaria
- Las retransmisiones son evitadas.
- Segmentación de las señales de control y tráfico de datos.
- Separación de las partes dependientes e independientes del codec.
- Adaptación al comportamiento dinámico de la red de datos.
- Comportamiento óptimo, mediante la asignación garantizada del ancho de banda requerido y control para mínimo retardo.

El protocolo de voz en red consiste de dos partes.

1. *El protocolo de control.*
2. *El protocolo de datos.*

Los mensajes de control son enviados como mensajes controlados (TYPE 0/0), y los mensajes para datos pueden ser enviados ya sea, como mensajes controlados (TYPE 0/0) ó sin control (TYPE 0/3).

El protocolo de control

La porción ó protocolo de control de NVP, primeramente define un campo ó mensaje de identificación compuesto por 12 bits. El mensaje de identificación de 12 bits está formado por un " eslabón" ó LINK conteniendo los 8 bits con mayor significado del campo y un sub-eslabón ó SUBLINK conteniendo los 4 bits con menor significado del campo (ver fig 3.5).

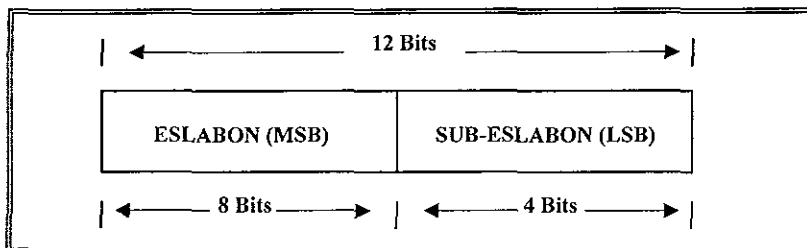


Figura 3.5- El mensaje de identificación NVP

Durante la fase de conexión inicial ICP (Initial Connection Phase), el protocolo de control asigna a cada eslabón un número, el cual será utilizado para identificar la secuencia en que los mensajes enviados entre el llamador y el contestador serán procesados. El eslabón que inicia la fase de conexión siempre le será asignado el número 377, en tanto los números del resto de los eslabones utilizados serán asignados durante el transcurso de la llamada y podrán ser cualquier número del intervalo 340 a 375. Cuatro eslabones son utilizados para cada llamada de voz, estos son:

- El eslabón L será utilizado para control del llamador al contestador.
- El eslabón K será utilizado para control del contestador al llamador.
- El eslabón L+1 será utilizado para datos del llamador al contestador.
- El eslabón K+1 será utilizado para datos del contestador al llamador.
- Tanto L como K deben estar entre 340 y 375, y deben ser iguales.

El primer mensaje (llamador a contestador) el eslabón 377 indica que usuario desea hablar con quien y especifica K. Como respuesta de la K, el contestador rechaza ó acepta la llamada y asigna L. Posteriormente el llamador intenta de nuevo (ésta ocasión en el eslabón L), entonces el contestador inicia una sesión de negociación para verificar compatibilidad entre las dos partes.

La negociación consiste en proponer sugerencias por una de las partes, que pueden ser aceptadas ó rechazadas por la otra. La parte que propone en la negociación es llamada la negociación "maestra" y la otra parte es llamada la negociación "esclava". Generalmente la parte contestadora es la negociación "maestra", a menos que anticipadamente se acuerde lo contrario utilizando el método que se describirá posteriormente. Si la negociación no es aceptada, cualquier parte puede terminar la llamada enviando un adiós ó "goodbye". Por el contrario, si la negociación procede, el contestador timbra para indicar al usuario y a su vez envía la indicación de "llamando" al llamador. Cuando la llamada es contestada por alguna persona, un mensaje de listo ó "ready" es enviado al llamador y es entonces cuando la señal de voz codificada digitalmente empieza a fluir (en $L+1$ y $K+1$). Sin embargo, un mensaje de listo ó "ready", podría ser enviado al llamador sin la señal previa de "llamando". Este mensaje de "llamando" se genera únicamente después de la llamada inicial, ó sea no después de una renegociación.

La asignación de L y K no puede ser cambiada después de la fase inicial de conexión. Únicamente un mensaje de control puede ser enviado en un "mensaje de red". Los bits necesarios adicionales para llenar el "mensaje de red" son ignorados. La longitud de los mensajes de control nunca deben exceder la longitud de un paquete. Por ejemplo, 1007 bits. Los mensajes de control no reconocidos por el receptor serán ignorados y no deben ser causa de ninguna condición de error que resulte en la terminación de la conexión. Los mensajes de control no reconocidos pueden ser resultado de diferencias en el nivel de implementación entre sistemas.

Definición de los mensajes de control

1. **Llamada (llamada en 377 y L).** Este mensaje de llamada es inicialmente generada en el eslabón 377 y posteriormente en L , y su formato es: " $1, <QUIEN>, <A QUIEN>, K$ " en donde; $<QUIEN>$ y $<A QUIEN>$ son palabras que identifican a la parte llamadora y a la parte que está siendo llamada respectivamente, K es como anteriormente se ha definido en este documento.

El formato de $<QUIEN>$ y $<A QUIEN>$ es: (HHIIIIIIXXXXXXXX), en donde; HH son dos bits que identifican al *Host*, seguido por seis bits que identifican al procesador de mensajes Internet ó IMP (Internet Message Processor), el IMP es el conmutador de paquetes la red ARPANET, y finalmente ocho bits identificando la extensión (necesaria porque puede haber más de una unidad de comunicaciones en el mismo *Host*). El sistema que envía este mensaje es definido como el "sistema llamador" y el otro sistema es definido como el "sistema contestador".

2. **Adiós (terminación en L ó K).** Este mensaje tiene el propósito de terminar la llamada en cualquier etapa. La fase de conexión inicial (ICP) puede ser negativamente terminada en K, enviando una sola palabra "2" ("adiós") ó bien, dos palabras ("2, <CODIGO>"). La fase de conexión inicial puede ser también terminada positivamente enviando las palabras "6,L", como se verá a continuación. Después de la fase de conexión inicial, las llamadas pueden ser terminadas por el llamador en L, ó bien por el contestador en K. Esta forma particular de terminación tiene dos palabras: "2,<código>", en donde <código>, es la razón por la que se termina la llamada como a continuación se especifica:
0. Cualquier otra razón de las siguientes
 1. Estoy ocupado.
 2. No estoy autorizado para hablarte
 3. A solicitud de mi usuario.
 4. Creemos que estás deshabilitado.
 5. Incompatibilidad de sistemas (falla en negociación).
 6. Tenemos problemas.
 7. Estoy en una conferencia en este momento.
 8. Cometiste un error de protocolo.
3. **Pregunta de negociación (en L ó K).** Enviada por la negociación maestra para verificar la compatibilidad entre sistemas.
El formato es: "3,<QUE>,<LISTADO-LONGITUD>,<COMO-LISTADO>", que tiene como significado:
"PUEDES-HACER,<QUE>,<LISTADO-LONGITUD>,<COMO-LISTADO>",
en donde <COMO-LISTADO>, es una lista con señalamientos que apuntan hacia tablas con procedimientos previamente convenidos, como a continuación se explica.
4. **Respuesta de negociación positiva (en L ó K).** Enviada por la negociación esclava en respuesta a una "pregunta de negociación".
El formato es: "4,<QUE>,<COMO>", que tiene como significado:
"PUEDO-HACERLO,<QUE>,<COMO>".
5. **Respuesta de negociación negativa (en L ó K).** Enviada por la negociación esclava en respuesta a una "pregunta de negociación".
El formato es: "5,<QUE>,0", que tiene como significado:
"NO-PUEDO-HACERLO,<QUE>,DE-NINGUNA-DE-ESTAS-MANERAS".
Otro formato válido para este mensaje de control es: "5,<QUE>,N", y significa que está inhabilitado para aceptar cualquiera de las funciones propuestas en la "pregunta de negociación", pero aún es posible establecer la llamada mediante el uso de "N".

6. **Listo (en L ó K).** Enviado por cualquiera de las dos partes para indicar la disponibilidad para aceptar la información. El formato es: "6,L" en respuesta a la llamada inicial, y "6" de ahí en adelante.
7. **No listo (en L ó K).** Enviado por cualquiera de las dos partes para indicar la indisponibilidad para aceptar la información. El formato es siempre una sola palabra "7".
8. **Pregunta (en L ó K).** Enviado por cualquier parte para preguntar acerca del estado de la otra parte. El formato es siempre una sola palabra "8". Este mensaje de "La pregunta", es contestado según lo expuesto en los puntos anteriores 6,7 y 9.
9. **Timbrado (en K).** Enviado por el contestador después de que las negociaciones han sido aceptadas por ambas partes. Se procede a obtener permiso del usuario para continuar con la siguiente etapa del proceso. El timbrado continuará por 10 segundos, y entonces se detendrá, a menos que una "pregunta " sea recibida. Este mensaje es siempre una sola palabra "9".
10. **Solicitud de eco (en L ó K).** Enviado por cualquiera de las dos partes que esté interesada en medir el retardo en la red. El único propósito de este mensaje es de ser retornado (como eco) de manera inmediata. El formato es "10,<ID>", en donde, <ID> es cualquier palabra previamente acordada para identificar el eco.
11. **Eco (en L ó K).** Enviado en respuesta de una solicitud de eco. El formato es "11,<ID>", en donde, <ID> es la palabra especificada según el inciso 10. La implementación de esta característica no es obligatoria y por lo tanto, la conexión no debe terminar por falta de respuesta a una solicitud de eco.
12. **Solicitud de renegociación (en L ó K).** Puede ser enviada por cualquier parte en cualquier etapa después que los eslabones lo aceptan de común acuerdo. Este mensaje consiste de dos palabras "12,<IM>". Si la palabra <IM> (I-MASTER) no es cero, el envió de este mensaje solicita ser la "negociación maestra". Si es cero, el receptor de este mensaje es solicitado que sea la "negociación maestra".

13. **Aprobación de renegociación (en L ó K).** Este mensaje puede ser enviado por cualquiera de las dos partes en respuesta a una solicitud de renegociación. Este mensaje consiste de tres palabras "13,<YM>,<OK>". Si <OK> es diferente de cero, entonces esto es un reconocimiento positivo ó aprobación. Si por el contrario <OK> es cero, entonces el mensaje es un reconocimiento negativo ó rechazado. <YM> es un juego con fines de identificación similar a <IM> del punto 12 anterior.

Renegociación

Durante cualquier etapa del proceso para el establecimiento de una llamada, cualquiera de las dos partes podría solicitar una renegociación de los parámetros inicialmente acordados. Si la solicitud es aprobada por la otra parte, entonces, cualquiera de las dos partes podría convertirse en la "negociación maestra", dependiendo del tipo de renegociación solicitada. Cuando se inicia la renegociación se descartan los acuerdos inicialmente aceptados y todos los parámetros deben ser renegociados desde el principio. Durante este proceso, la renegociación podría reemplazar completamente la fase de negociación inicial y permitir al llamador convertirse en la "negociación maestra". Una vez expedida ó recibida la "solicitud de renegociación", por cualquiera de las dos partes, todos los mensajes de control son ignorados hasta que cualquiera de las dos partes expide una notificación aceptando iniciar la renegociación.

El "Header" de los mensajes de datos

Se conoce como mensaje de datos a la porción de NVP que contiene la señal de voz codificada. Los primeros 32 bits de cada mensaje forman el "Header" de los mensajes de datos, que se utiliza para portar la información de secuencia y sincronía como a continuación se describe.

Para cada esquema de voz codificada (ver fig. 3.6), se define una "trama" como el intervalo de transmisión según lo acordado durante la etapa de negociación (<QUE>,6). Ya que este intervalo está definido por el número de muestras, su duración se puede determinar multiplicando el periodo de muestreo (<QUE, 2>) por el número de muestras obtenidas en el intervalo (<QUE>,6). Por ejemplo, si el periodo de muestreo de un esquema de voz codificado es de 150 microsegundos y el intervalo de transmisión es de 128 muestras, entonces la "trama" es de $150 \times 128 = 19.2$ milisegundos. A los datos que describen a una "trama" se les conoce como una "parcela". A cada parcela se le asigna un número de serie, la primera "parcela" creada después de la negociación inicial ó después de cada renegociación posterior se le asigna el número de serie cero. Cada mensaje contiene un número integral de "parcelas", el número de serie de la primera "parcela" está representado por los primeros 16 bits del mensaje y se les conoce como "La estampa de tiempo del mensaje", la cual está sincronizada con el flujo de datos

En la siguiente porción del "Header" se encuentra el "salto de parcelas" que se describirá posteriormente. Los siguientes siete bits en el "Header" después del "salto de parcelas" indican cuantas "parcelas" hay en el mensaje. Al número de parcelas dentro de un mensaje se le conoce como "la cuenta" ó "la cuenta de parcelas". Hay que considerar que si el mensaje número N tiene "la estampa de tiempo" $T(N)$ y "la cuenta" $C(N)$, entonces $T(N+1)$ debe ser mayor ó igual a $T(N)+C(N)$. Comúnmente $T(N+1)=T(N)+C(N)$, a menos de que el transmisor decidiera no enviar algunas "parcelas" debido a presencia de silencio durante la conversación. Si esto sucede entonces el bit de "el salto de parcelas" es puesto en uno, de cualquier otra manera siempre será puesto en cero. De aquí que, si el receptor encuentra que $T(N+1)$ es mayor que $T(N)+C(N)$ y el "salto de parcela" es cero, entonces algunos mensajes deben ser perdidos.

La primera "parcela" enviada por cualquiera de las dos partes después de la negociación inicial ó de cualquier renegociación debe tener el número de serie cero. Durante periodos de silencio, el transmisor puede enviar periódicamente un mensaje "6" ó "7". Si el transmisor no lo hiciera, el receptor podría interrogar la existencia del transmisor mediante el envío periódico de los mensajes números <8, "estas ahí"> ó <10, "solicitud de eco">

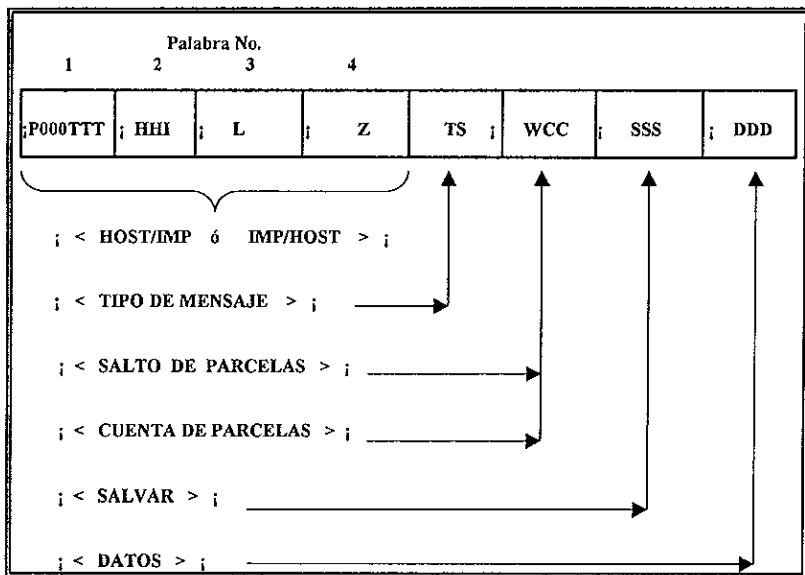


Figura 3.6- La estructura del "Header" de los mensajes de datos

A continuación se presenta una lista con el significado de la nomenclatura utilizada en los segmentos que integran la estructura del "Header" de los mensajes de datos.

- W = Salto de parcelas.
- P = Prioridad (un bit=1).
- TS = Tipo de mensaje (cuatro bits=0011).
- L = Link (eslabón "L" ó "K", ocho bits, mayor a 337 octal).
- D = Bits de datos (desde aquí hasta el final del mensaje).
- Z = ocho bits cero.
- HHI = Anfitrión (*Host*, ocho bits, origen ó destino).
- CC = Cuenta de parcelas (7 bits).
- SSS = ocho bits reservados para futuras aplicaciones.
- TTT = Estampa de tiempo.

Resumen Funcional:

NVP Resume su funcionalidad como sigue:

- El mensaje 1 es siempre de 4 palabras
- Los mensajes 2 y 6 pueden ser de una ó dos palabras.
- Los mensajes 7, 8 y 9 son siempre de una sola palabra.
- Los mensajes 1, 3, 4 y 5 están formados por varias palabras.
- Los mensajes 10, 11 y 12 son siempre de dos palabras.
- El mensaje 13 es siempre de 3 palabras.
- El mensaje 1 es enviado únicamente por el llamador.
- El Mensaje 3 es enviado únicamente por la negociación maestra.
- Los mensajes 4 y 5 son siempre enviados por la negociación esclava.
- El mensaje 9 es enviado únicamente por el contestador.
- Todos los demás mensajes de control pueden ser enviados por cualquiera de las dos partes.
- Se asume que la ultima palabra <COMO>, sugerida por la negociación maestra en 3 y aceptada por la negociación esclava en 4, está plenamente funcionando, como respuesta a la palabra <QUE> de ambos mensajes.

Resumen de mensajes de control:

1. "1,<QUIEN>,<A QUIEN>,K"
2. "2,<CODIGO>" ó únicamente "2"
3. "3,<QUE>,<LISTADO-LONGITUD>,<COMO-LISTADO>"
4. "4,<QUE>,<COMO>"
5. "5,<QUE>,0," ó "5,<WHAT>,N"
6. "6,L" ó únicamente "6"
7. "7"
8. "8"
9. "9"
10. "10,<ID>"
11. "11,<ID>"
12. "12,<IM>"
13. "13,<YM>,<OK>"

El protocolo de datos

Al grupo de datos enviados en cada intervalo de transmisión se le conoce como una "parcela" y los mensajes de red siempre contienen un número integral de "parcelas". En la transmisión de voz utilizando NVP hay dos casos independientes, relacionados con la codificación de la señal de voz que a continuación revisaremos. El primer caso es la codificación acústica, mediante la cual se determina que parámetros de comunicación deben ser transmitidos. La codificación acústica puede ser "optimizada" ó "simple". La codificación acústica "optimizada" envía la menor cantidad de parámetros de comunicación acústicamente posible. En tanto, la codificación acústica "simple", envía los parámetros de comunicación continuamente en cada intervalo de transmisión. En este documento definiremos únicamente el formato "simple" de codificación acústica ya que, actualmente el uso de la codificación acústica "optimizada" es prácticamente nula debido a su complejidad para la implementación.

En la codificación acústica "simple" todos los parámetros son transmitidos como apuntadores contenidos dentro de tablas previamente convenidas. Dichas tablas son definidas como la tabla de transmisión y la tabla de recepción. La tabla de transmisión denotada como $[X(J)]$ es utilizada de la siguiente manera: El valor de V es codificado como el valor J , si $X(J-1) < V \leq X(J)$. En tanto, la tabla de recepción denotada como $[R(J)]$ es utilizada para recuperar el valor $R(J)$ si el código J fue recibido. La función $X(-1)$ es implícitamente definida como menos-infinito, y $X(J_{\max})$ es explícitamente definida como más-infinito. Para cada parámetro $[X(J)]$ y $[R(J)]$ pueden ser definidas independientemente.

En el segundo caso, o sea la codificación "optimizada", es la técnica utilizada para la codificación de la información. La manera más sencilla para codificar la información es usando codificación binaria para los códigos que representan a los parámetros. La codificación "optimizada" calcula distribuciones para cada parámetro y con ello determina el método de codificación más adecuado a utilizar. Actualmente únicamente el método de codificación "simple" es el utilizado por las razones anteriormente expuestas. En la siguiente lista se presentan los valores del formato de codificación "simple" para cada parcela.

- | | |
|-----------|--|
| 1. PITCH | 6 Bits [(Lanzamiento), PITCH=0, cuando señal detectada no es voz]. |
| 2. GAIN | 5 Bits (Ganancia). |
| 3. I(1) | 7 Bits |
| 4. I(2) | 7 Bits |
| 5. I(3) | 6 Bits |
| 6. I(4) | 6 Bits |
| 7. I(5) | 5 Bits |
| 8. I(6) | 5 Bits |
| 9. I(7) | 5 Bits |
| 10. I(8) | 5 Bits |
| 11. I(9) | 5 Bits |
| 12. I(10) | 5 Bits |

En la lista anterior, cada valor $I(J)$ es un índice para codificación de la función seno inverso. Si $K(J) = \arcsen(\text{teta}(J))$ y N el número de bits que son asignados para hacer la transmisión, entonces $I(J) = (\text{teta}(J)/\text{PITCH}) * 2^{**N}$. De aquí que para cada intervalo de transmisión (128 muestras por 150 microsegundos) son entonces 67 bits enviados, que resulta en una tasa de transmisión de 3490 bits por segundo. Este ancho de banda de 3.49 kbps, es el máximo que una señal codificada podría requerir siempre y cuando se suprima el silencio, y es una de las razones por las que este método de codificación es el más utilizado, ya que, su consumo de capacidad de banda es adecuado para la red, y los equipos involucrados requieren de menos recursos para su proceso.

A continuación se presentan algunos ejemplos del protocolo de control de NVP.

1. (377) C: 1,<QUIEN>,<A QUIEN>,340 Por favor llámame en 340/341.
2. (340) A: 2,1 Lo Rechazo, porque estoy ocupado.

Otro ejemplo:

1. (377) C: 1,<QUIEN>,<A QUIEN>,360 Por favor llámame en 360/361.
2. (360) A: 6,350 OK. Tu háblame por 350/351.
3. (350) C: 1,<QUIEN>,<A QUIEN> Estoy disponible para conversar contigo.
4. (360) A: 3,1,1,2 Puedes hacer CVSD? (Contestador intenta ser la negociación maestra).
5. (350) C: 12,1 Yo quiero ser la negociación maestra.
6. (360) A: 13,1 Aceptado, tú eres negociación maestra.
7. (350) C: 3,1,1,2 Puedes hacer CVSD?
8. (360) A: 5,1,1 No, pero puedo hacer LPC.
9. (350) C: 3,1,1,3 Puedes hacer CELP?
10. (360) A: 5,1,1 No, pero puedo hacer LPC.
11. (350) C: 3,1,1,1 Que tal si hacemos LPC?
12. (360) A: 4,1,1 LPC es aceptable.
13. (350) C: 3,2,1,150 Puedes utilizar 150 microsegundos para muestreo?
14. (360) A: 4,2,150 puedo utilizar 150 microsegundos para muestreo.
15. (350) C: 3,4,3,976,1040,2016 Puedes utilizar 976, 1040, ó 2016 bits/msg?
16. (360) A: 4,4,976 Puedo utilizar 976.
17. (350) C: 3,5,1,10 Puedes enviar 10 coeficientes?
18. (360) A: 4,5,10 Puedo enviar 10.
19. (350) C: 3,6,1,64 Puedes utilizar transmisión con muestreo a 64?
20. (360) A: 4,6,64 Puedo utilizar 64.
21. (350) C: 3,7,2,1,2 Codificación de acústica optimizada ó simple?
22. (360) A: 4,7,2 Optimizada!
23. (350) C: 3,8,1,1 Puedes hacer codificación simple?
24. (360) A: 4,8,1 Puedo hacer simple.
25. (350) C: 3,9,1,58 $\mu = 0.90625$?
26. (360) A: 4,9,58 Aceptado.
27. (350) C: 3,10,1 Utilizamos tabla #1?
28. (360) A: 4,10,1 Aceptado!
29. (350) C: 6 Estoy listo. (Nota: No "RINGING" enviado)
30. (350) C: 8 y Tú?
31. (360) A: 6 Estoy listo, también.
32. INICIA CONVERSACION
33. X: 2,3 Terminación de llamada por cualquiera de las dos partes.

Hasta este capítulo anterior hemos estudiado los protocolos más utilizados para soportar la transmisión de voz sobre redes con protocolo IP. Ahora procederemos a estudiar los aspectos y consideraciones prácticas para la implementación de transmisión de voz sobre redes con protocolo IP.

IV.- IMPLEMENTACION DE TRANSMISION DE VoIP

IV.1.- Comportamiento y calidad de VoIP

El factor determinante para que la transmisión de voz sobre redes con protocolo IP sea aceptada, y se empiece a utilizar como una alternativa confiable y competitiva para hacer comunicaciones de voz, es que la calidad de la señal de voz debe ser al menos comparable a la calidad que se obtiene a través de la red pública conmutada convencional. De lo contrario, realmente serían pocos los interesados que se verían atraídos por el simple hecho del ahorro económico que representa. La transmisión de voz sobre redes para comunicaciones que originalmente fueron diseñadas para datos, se ve afectada por factores tales como el eco y la distorsión de fase (*Jitter*) durante el proceso de transmisión, y finalmente ocasionan degradación en su calidad. Para atender este problema y establecer soluciones, se ha desarrollado el concepto de la calidad de servicio QoS (*Quality of Service*). La calidad de servicio (QoS), establece los requerimientos que el medio y los dispositivos involucrados deben proveer para garantizar los niveles de calidad necesarios, y poder soportar así aplicaciones en tiempo real, como es el caso de la transmisión de voz sobre medios comúnmente utilizados para comunicación de datos.

La solución específica de la calidad de servicio necesaria para una aplicación depende de la aplicación en particular y las circunstancias en las que se desarrolla. Por ejemplo, la calidad de servicio QoS no es necesaria para aplicaciones de comunicación de datos por lotes, ya que por su naturaleza discontinua no se ven afectadas por los factores de retardo y distorsión de fase, que son de gran impacto para las aplicaciones en las que por su naturaleza requieren de prioridad y continuidad en su proceso. Aunque el concepto de la calidad de servicio QoS fue desarrollado para atender principalmente los requerimientos de las aplicaciones de tiempo real, se ha observado que también tendría aplicación útil en otras áreas de las actividades productivas convencionales. Por ejemplo, en el ambiente de las empresas, la calidad de servicio QoS podría ser utilizado para asignar y dar prioridad de los recursos de la red, a las aplicaciones de ciertos usuarios que por su importancia así lo requieran. Como se observa en la tabla 4.1, varias aplicaciones no requieren de calidad de servicio para su buen funcionamiento, en tanto algunas otras simplemente no podrían ser implementadas sobre un medio con protocolo paquetizado, sin la presencia de algún método para garantizar la calidad de servicio.

Hasta este capítulo anterior hemos estudiado los protocolos más utilizados para soportar la transmisión de voz sobre redes con protocolo IP. Ahora procederemos a estudiar los aspectos y consideraciones prácticas para la implementación de transmisión de voz sobre redes con protocolo IP.

IV.- IMPLEMENTACION DE TRANSMISION DE VoIP

IV.1.- Comportamiento y calidad de VoIP

El factor determinante para que la transmisión de voz sobre redes con protocolo IP sea aceptada, y se empiece a utilizar como una alternativa confiable y competitiva para hacer comunicaciones de voz, es que la calidad de la señal de voz debe ser al menos comparable a la calidad que se obtiene a través de la red pública conmutada convencional. De lo contrario, realmente serían pocos los interesados que se verían atraídos por el simple hecho del ahorro económico que representa. La transmisión de voz sobre redes para comunicaciones que originalmente fueron diseñadas para datos, se ve afectada por factores tales como el eco y la distorsión de fase (*Jitter*) durante el proceso de transmisión, y finalmente ocasionan degradación en su calidad. Para atender este problema y establecer soluciones, se ha desarrollado el concepto de la calidad de servicio QoS (Quality of Service). La calidad de servicio (QoS), establece los requerimientos que el medio y los dispositivos involucrados deben proveer para garantizar los niveles de calidad necesarios, y poder soportar así aplicaciones en tiempo real, como es el caso de la transmisión de voz sobre medios comúnmente utilizados para comunicación de datos.

La solución específica de la calidad de servicio necesaria para una aplicación depende de la aplicación en particular y las circunstancias en las que se desarrolla. Por ejemplo, la calidad de servicio QoS no es necesaria para aplicaciones de comunicación de datos por lotes, ya que por su naturaleza discontinua no se ven afectadas por los factores de retardo y distorsión de fase, que son de gran impacto para las aplicaciones en las que por su naturaleza requieren de prioridad y continuidad en su proceso. Aunque el concepto de la calidad de servicio QoS fue desarrollado para atender principalmente los requerimientos de las aplicaciones de tiempo real, se ha observado que también tendría aplicación útil en otras áreas de las actividades productivas convencionales. Por ejemplo, en el ambiente de las empresas, la calidad de servicio QoS podría ser utilizado para asignar y dar prioridad de los recursos de la red, a las aplicaciones de ciertos usuarios que por su importancia así lo requieran. Como se observa en la tabla 4.1, varias aplicaciones no requieren de calidad de servicio para su buen funcionamiento, en tanto algunas otras simplemente no podrían ser implementadas sobre un medio con protocolo paquetizado, sin la presencia de algún método para garantizar la calidad de servicio.

Tipo de Información	Calidad de Servicio Requerido QoS	Tipo de Aplicación
Datos fuera de tiempo real	Poca ó nula	Transferencia de archivos Simulación y modelaje Imagen de objetos Datos por lotes
Multimedia fuera tiempo real	Poca ó nula	Correo electrónico texto Correo electrónico audio Correo electrónico video
En tiempo real semi duplex	Nivel medio de QoS	Difusión de Video Aprendizaje remoto Vigilancia por Video Reproducción multimedia
En tiempo real full duplex	Nivel alto de QoS	Videoconferencia Audioconferencia Control de procesos

Tabla 4 1- Aplicaciones y calidad de servicio requerido.

En la transmisión de voz sobre redes con protocolo IP, la necesidad de un método para garantizar la calidad de servicio está impulsada por la gran cantidad de requerimientos involucrados para satisfactoriamente transmitir señales de voz. A medida que los factores que afectan VoIP sean controlados, los requerimientos de QoS serán menores y por lo tanto, su implementación será inminente a casi todas las redes IP. A continuación se enlistan algunos de los factores que afectan el comportamiento de VoIP.

- Eco
- Retardo
- Ruido Impulsivo
- Distorsión de Fase (Jitter)

Algunos de estos factores no necesariamente afectan la comunicación de voz entre dispositivos ubicados en el mismo segmento de una red, si no que se presentan negativamente cuando la voz sobre la red de datos es interconectada con la red conmutada de telefonía convencional.

IV.2.- Cancelación de eco en transmisión de VoIP

Como se mencionó en el punto anterior, uno de los efectos más nocivos debido al proceso de transmisión de voz sobre redes con protocolo IP es el eco. El eco se produce cuando la señal de voz se propaga a través de medios con diferentes características de transmisión. Por ejemplo, cuando un teléfono convencional que opera a dos hilos se interconecta con un conmutador telefónico central que opera a cuatro hilos, se utiliza un circuito eléctrico especial llamado híbrido. La función del circuito híbrido es la de acoplar y acondicionar el paso de la señal de voz entre los dos diferentes medios de transmisión (ver fig. 4 1). A pesar de que los circuitos híbridos son muy eficientes en su función de conversión, un pequeño porcentaje de la energía de la señal de voz es reflejada de regreso hacia el dispositivo originador, debido a las características intrínsecas de los materiales con los que se ha fabricado. A este efecto de reflejo de la señal de voz hacia el dispositivo originador se le conoce como eco. Cuando el dispositivo originador se encuentra relativamente cerca del otro dispositivo, con diferentes características de transmisión, el reflejo de la señal de voz es tan rápido que no puede ser percibido por la fuente que la originó. Sin embargo, si el tiempo que le toma a la señal reflejada es de más de 10 milisegundos, la parte originadora puede entonces percibir muy bien la señal de eco. Para combatir las señales indeseables de eco, los fabricantes de productos para VoIP incorporan funciones adicionales durante el procesamiento digital de las señales de voz para suprimir ó cancelar el eco.

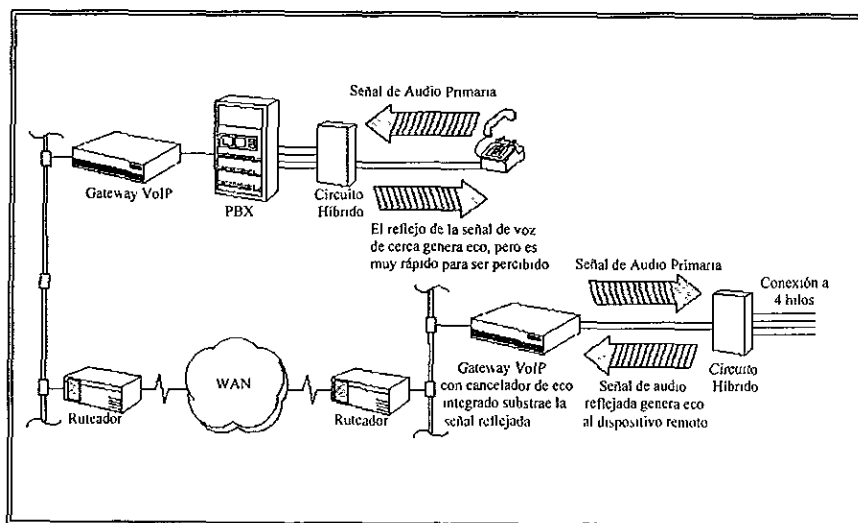


Figura 4 1- Cancelación de eco en VoIP

En el proceso de comunicación VoIP de la figura anterior, las funciones adicionales implementadas durante el procesamiento digital de las señales de voz, "escuchan" la señal de eco generada por la imperfección en los circuitos híbridos, y la *substraen de la señal de audio* primaria, eliminando de esta manera las señales indeseables de eco. La función de cancelación de eco en la transmisión de voz sobre IP es especialmente importante porque el retardo en una red con protocolo por paquetes como lo es IP, es comúnmente entre 40 y 50 milisegundos, de ahí que sea muy probable que el eco del dispositivo remoto sea significativamente alto sin el uso del cancelador de eco.

IV.3.- Retardo y distorsión (*Jitter*) en VoIP

Dos de los grandes contribuyentes para reducir la calidad de voz en la red IP son el retardo y la distorsión de fase. El retardo de red describe la duración de tiempo promedio que le toma a un paquete IP, viajar desde su punto de origen hasta su destino. A medida que el retardo se incrementa y excede los 200 milisegundos, los dos parlantes se ven obligados a adoptar un modo de comunicación semi duplex, en el que uno de los parlantes habla y el otro escucha, tomando pausas para asegurarse que el parlante ha terminado. Cuando las pausas entre los parlantes es descoordinada, la conversación termina por traslaparse, perdiéndose entonces el sentido de la conversación. Este tipo de problema de retardo es muy representativo cuando la comunicación es por satélite.

La distorsión de fase ó jitter describe la variabilidad con que los paquetes arriban a su destino. Cuando un paquete VoIP se retarda de manera desordenada, sin arribar a tiempo a su destino para ser incorporado al flujo que formará la señal de voz, es descartado y el paquete anterior es utilizado en su lugar. Si esto ocurre con cierta frecuencia ó dos veces seguidas, el escucha percibirá baja calidad de voz.

La complejidad de interconexión entre las redes por las que viaja el paquete VoIP y el número de saltos entre redes que debe tomar para llegar a su destino, son algunos de los factores que contribuyen a la distorsión de fase y en la mayoría de los casos estos factores son incontrolables. Para permitir la incontrolable variabilidad de los paquetes VoIP y aún producir un flujo continuo de paquetes VoIP, el dispositivo receptor no reproduce la señal de voz inmediatamente después de recibirla, sino que la retiene por cierto tiempo en una porción de su memoria conocida como el "*buffer de jitter*" para posteriormente reproducirla. La cantidad de tiempo de retención de la señal de voz es el tamaño del "buffer", por ejemplo, un tiempo de retención de 50 milisegundos, corresponde a un "buffer de *jitter*" de al menos 50 milisegundos.

El tiempo de retención del “*buffer de jitter*” se agrega al retardo global de la red, de tal manera que si el retardo de la red es alto, el efecto general será la percepción de un prolongado retardo sobre la señal de voz. Por ejemplo, una red IP puede tener un retardo moderado de 50 milisegundos y una variabilidad ó *jitter* de 5 milisegundos, si el tiempo de retención del “*buffer de jitter*” es de solo 5 milisegundos, entonces el retardo global en la red para el paquete VoIP es de 55 milisegundos, que es considerado aún moderado. Por otro lado, supongamos una red que en promedio cuenta con un retardo de sólo 15 milisegundos, pero durante el 10% del tiempo de transmisión el retardo se extiende hasta 100 milisegundos, en tanto el 90% restante de tiempo el retardo es de solo 5 milisegundos. Bajo esta circunstancia el “*buffer de jitter*” tendría que ser de 100 milisegundos y el retardo global de la red sería de 115 milisegundos, que es inaceptable para mantener una calidad de voz adecuada.

IV.4.- Prioridad de paquetes VoIP

La razón por la que VoIP funciona mejor sobre una red IP corporativa ó privada, es más debido a su bajo nivel de *jitter* que el retardo promedio que pueda presentar. En las redes corporativas ó privadas el *jitter* es menor, porque los ruteadores pueden dar prioridad a los paquetes VoIP mediante instrucciones precisas para que identifique los paquetes VoIP, y los procese con antelación a los demás. De esta manera, un flujo continuo de paquetes de datos no contribuirá a la variabilidad ó *jitter* total sobre los paquetes VoIP (ver fig. 4.2).

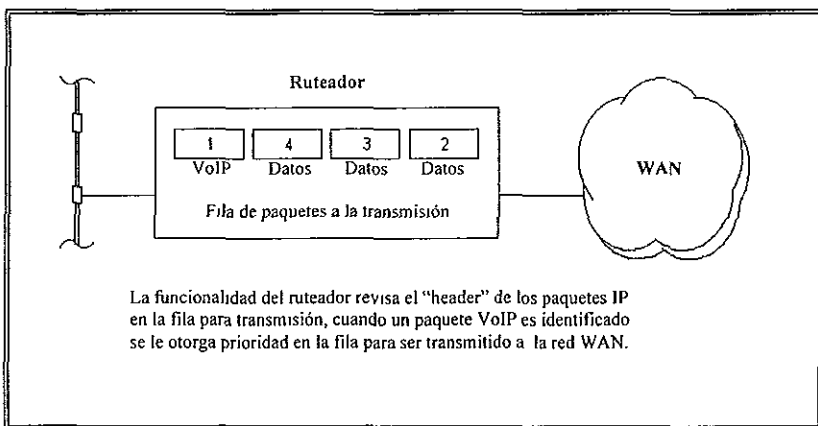


Figura 4.2- Prioridad de paquetes VoIP en los ruteadores de red

La prioridad otorgada por los ruteadores a los paquetes VoIP, es especialmente importante cuando la velocidad de acceso a la red WAN es menor a un megabit por segundo, y es entonces cuando el ruteador es instruido para dar prioridad de transmisión a los paquetes con voz VoIP, ya sea mediante instrucciones implementadas directamente por el administrador de la red ó mediante la utilización del protocolo RSVP que hemos estudiado anteriormente. RSVP está siendo ya incluido en el software operativo de los ruteadores, por algunos de los fabricantes. Por ejemplo, con el uso de RSVP, el dispositivo terminal ó compuerta VoIP establece una sesión de comunicación con el ruteador, para instruirlo en dar prioridad a los paquetes VoIP durante el transcurso de la llamada. RSVP toma también cuidado de limitar el retardo y garantizar la disponibilidad de capacidad de ancho de banda.

El otorgamiento de prioridad a los paquetes VoIP sobre los de datos ocasionará que los paquetes de datos sufran de un retardo adicional durante su transmisión a la red WAN, siempre que se active una conversación de voz. Los efectos de retardo adicional sobre los paquetes de datos varía de acuerdo al ancho de banda disponible en el canal de la red WAN, así como por el tipo de datos a transmitir. *para enlaces de WAN de baja velocidad (28.8 – 384 kbps)* en los que usualmente se transmiten aplicaciones donde el tiempo no es de gran importancia, tales como correo electrónico y transferencia de archivos, el efecto del retardo adicional que experimentan los paquetes de datos es despreciable, por ejemplo, ¿quién notaría un retardo adicional de un segundo en la llegada de un mensaje de correo electrónico?; *para enlaces de WAN de alta velocidad (1.544 – 2.048 mbps)* en los que las aplicaciones pueden ser en tiempo real, tales como el acceso de archivos al nivel de grabación y distribución de vídeo, la cantidad de tráfico adicional debido a paquetes de voz VoIP (15 kbps) es despreciable en comparación con la capacidad de ancho de banda disponible en el enlace de WAN.

La convergencia de VoIP y datos sobre la red WAN es mutuamente ventajosa cuando se cuenta con enlaces de baja velocidad, ya que los datos viajan detrás de VoIP como si se necesitarán el uno del otro. Para enlaces de alta velocidad, el efecto de retardo adicional sobre los paquetes de datos es prácticamente despreciable, porque el ancho de banda utilizado por el paquete VoIP es de tan solo 15 kbps, que es mucho menor en comparación con el asignado para los paquetes de tráfico LAN, que va desde 10 hasta 100 mbps. De hecho, esta manera de combinar voz y datos ha cambiado considerablemente de cómo se solía hacer en el pasado, ya que anteriormente a la evolución de las técnicas de procesamiento digital de señales y la tecnología de paquetes, las señales de voz consumían una capacidad constante de 64 kbps, sin la posibilidad de supresión de silencio, lo cual ocasionaba que sólo una pequeña porción de la capacidad de banda disponible fuera utilizada para datos. Actualmente, la voz consume de 1 a 2 kbps, que es aproximadamente el 2% de su tamaño original, en tanto los requerimientos de capacidad para aplicaciones de datos se han incrementado *tremendamente, invirtiendo así el modelo antiguo de comunicaciones*, en el que los datos se agregaban a las redes de voz, ahora la voz se agrega a la red de datos.

IV.5.- Segmentación de paquetes VoIP

Otra acción importante para la disminución del retardo en la transmisión de VoIP, es la de asegurarse que un paquete de datos excesivamente largo no entorpezca el libre tránsito de los paquetes VoIP. Para evitar que esto ocurra, el ruteador es programado para segmentar todos los paquetes de voz y datos a ser transmitidos, de acuerdo con la velocidad del enlace de acceso a la red WAN. La tabla 4.1 a continuación muestra el tamaño máximo de los paquetes de voz y datos después de ser segmentados por el ruteador, según la velocidad del enlace de acceso a la red WAN.

Velocidad de acceso a red WAN (KBPS)	Tamaño de los paquetes segmentados (BYTES)
56/64	256
128	512
192	768
256	1024
384	1536
512	2048*
1544	6144*
* Los paquetes de LAN Ethernet no son mayores a 1536 bytes, así que en el ambiente de LAN Ethernet, la segmentación de paquetes de datos no es necesaria cuando la velocidad de acceso a la red WAN es igual ó mayor a 256 kbps.	

Tabla 4.1- Segmentación de paquetes de datos.

Durante la segmentación, el ruteador es instruido para que fraccione los paquetes de VoIP ó de datos, ya sea de manera explícita por el administrador de red mediante programación ó bien, utilizando el protocolo RSVP. Con RSVP, cuando la terminal ó compuerta VoIP determina que necesita iniciar ó recibir una llamada, establece una sesión con el ruteador para indicarle que segmente los paquetes de voz y de datos únicamente durante el tiempo de la llamada. El uso de RSVP para coordinar la segmentación es recomendable ya que, no necesita agregar bits de control en el "Header" del paquete de voz y datos, contribuyendo así a mejorar la eficiencia de la red cuando no hay llamadas de voz activas.

IV.6.- Corrección de errores en VoIP

Otra tecnología utilizada por la terminal ó compuerta VoIP para asegurar buena calidad de voz, es el FEC(Forward Error Correction) Durante la transmisión de paquetes a través de la red IP, el paquete IP puede se puede dañar, cuando esto ocurre el paquete IP es descartado por el ruteador, debido a que no contiene un formato valido ó el contenido de su información no es entendible. Cuando la ocurrencia es ocasional, el paquete descartado es retransmitido por el dispositivo VoIP sin mayor consecuencia para la calidad de voz recibida. Casi todas las redes corporativas ó privadas bien administradas tienen un mínimo de paquetes descartados por daño, y la retransmisión del paquete dañado es generalmente suficiente para mantener una buena calidad de voz.

La red pública Internet, sin embargo, puede tener un número sustancial de paquetes dañados ó perdidos, y a diferencia de la red Intranet, la retransmisión del paquete dañado no es suficiente para mantener una calidad de voz aceptable (independientemente de la degradación resultante del retardo y alta impredecibilidad de la Internet). El uso del FEC para transmisión de VoIP sobre la Internet, es una buena alternativa para la sustitución ó reemplazo del paquete descartado VoIP.

El FEC puede operar en dos niveles intra-paquetes y extra-paquetes. En intra-paquetes, el FEC agrega bits al paquete VoIP para permitir al dispositivo receptor determinar cuales bits del paquete se dañaron durante el trayecto, y proceder a restablecerlos ó reemplazarlos en sus posiciones correctas. En extra-paquetes, el FEC agrega información al paquete VoIP para permitir al dispositivo receptor extrapolar la información del paquete dañado, utilizando para la extrapolación el paquete previamente recibido en buenas condiciones.

Con el uso del FEC, entre el 10 al 20% de la pérdida de paquetes puede ser absorbido y aún producir una calidad de voz aceptable. Sin embargo, como las dos técnicas consumen capacidad de ancho de banda adicional, el FEC no es comúnmente necesario para transmisión de VoIP sobre las redes corporativas ó privadas.

IV.7.- Consumo de capacidad WAN en VoIP

Otro factor determinante para la gran aceptación de VoIP en las aplicaciones cotidianas de negocios, es su capacidad de utilizar solo una mínima fracción de la capacidad de ancho de banda del enlace de comunicaciones WAN para su funcionamiento. Después de la compresión de voz y demodulación de fax, la mejor técnica para reducir el consumo de ancho de banda es la supresión de silencio.

La tecnología de supresión de silencio, reconoce los periodos de silencio durante una conversación ó transmisión de fax, y se abstiene de enviar paquetes IP durante dichos periodos. Estudios de tráfico realizados muestran que en una conversación telefónica típica, solo el 40% del tiempo de la conversación es completamente en ambos sentidos, es decir "full duplex". En el 60% restante del tiempo de una conversación telefónica típica, una persona habla mientras la otra escucha, como en modo "semi duplex". Adicionalmente, durante una conversación típica hay un número significativo de periodos de silencio, debido a las pausas que el parlante utiliza entre las palabras y frases de su conversación. Aplicando la tecnología de supresión de silencio a los casos anteriores, se logra un ahorro muy significativo de ancho de banda del enlace de comunicación WAN, el cual puede ser utilizado para otras aplicaciones de datos ó incluso para agregar más canales de voz sobre la red. La figura 4 3 muestra como se desarrolla comúnmente, una conversación telefónica sin supresión de silencio.

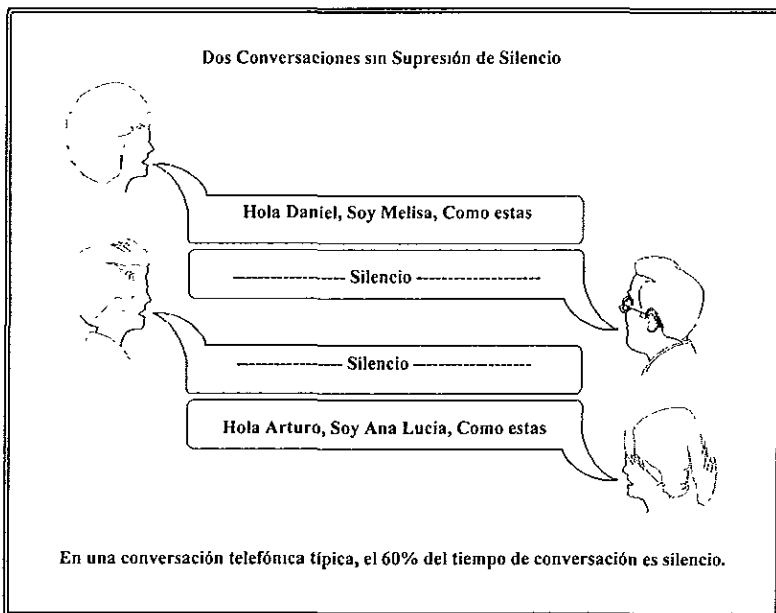


Figura 4 3- Conversación telefónica sin supresión de silencio.

La figura 4.4 muestra como la tecnología de supresión de silencio permite que dos conversaciones simultáneas, sean transmitidas sobre la capacidad de banda que normalmente es utilizada por una sola conversación.

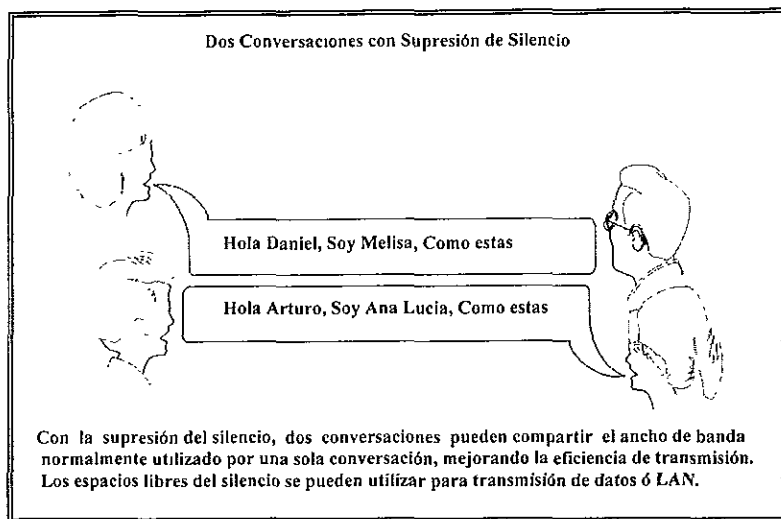


Figura 4.4- Conversación telefónica con supresión de silencio

Esta reducción del 60% del ancho de banda requerido para una conversación telefónica mediante el uso de la supresión de silencio, se desenvuelve sobre un periodo de 20 a 30 segundos, a medida que la conversación conmuta de un sentido a otro.

Los resultados por los ahorros en la reducción del ancho de banda, debido a la supresión de silencio son significativos. En la tabla 4.2 se resume el ahorro de la capacidad de ancho de banda cuando se utiliza la tecnología de supresión de silencio, para el caso del CODEC ITU-G.729 ya que, es el estándar más comúnmente utilizado para la codificación de voz.

Ancho de Banda del CODEC ITU-G.729	8 kbps
"Overhead" del Ruteador IP	2 – 7 kbps*
Ancho de Banda Total Necesario	10 – 15 kbps
Menos 60% por supresión de Silencio	- 6 – 9 kbps
Consumo neto del CODEC ITU-G.729 (en promedio sobre un periodo de 20 a 30 segundos)	4 – 6 kbps

* 2k con compresión del "header", 7k sin compresión

Tabla 4.2- Efectos de la supresión de silencio en el consumo promedio de ancho de banda.

De la tabla 4.2, observamos que un canal VoIP activo consume tan solo de 4 a 6 kbps de la capacidad de ancho de banda cuando se suprime el silencio. Sin embargo, hay un número significativo de periodos en que el canal VoIP está inactivo. En la mayoría de las aplicaciones el canal VoIP está activo solo el 25% del tiempo, ó bien inactivo el 75% del tiempo. Los periodos de actividad e inactividad tienden a igualarse a medida que transcurre el tiempo en un periodo de entre 20 a 30 minutos. Así que, el consumo de ancho de banda neto del enlace de comunicación WAN por canal VoIP sobre un periodo de 20 a 30 minutos es de aproximadamente $25\% \times (4 - 6 \text{ kbps})$, ó sea, de 1- 1.5 kbps. Esto es aproximadamente el 1.7- 2.7% de un enlace WAN de 56/64 kbps. La figura 4.5 muestra la secuencia de reducción del ancho de banda

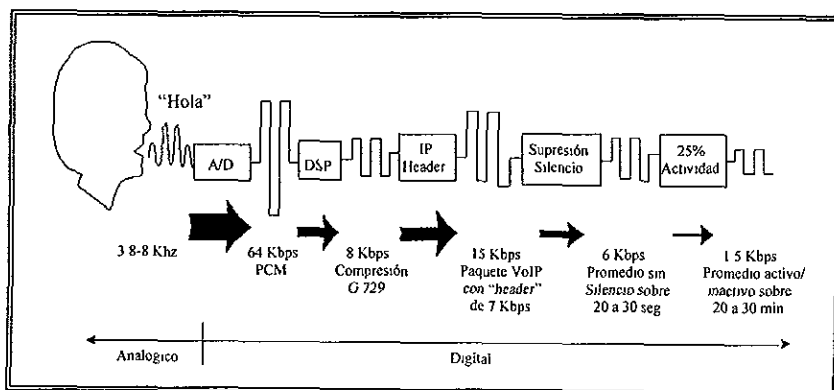


Figura 4.5- Secuencia de reducción del ancho de banda requerido para VoIP

Al observar el bajo consumo promedio del ancho de banda necesario para un canal VoIP, es fácil pensar que 20,30 ó incluso 40 conversaciones podrían ser implementadas sobre un enlace de 56 ó 64 kbps, pero de hecho, solo es posible implementar de 3 a 4 conversaciones simultáneas sobre dicha capacidad. La razón es que en algún momento dado, los 4 parlantes podrían hablar en la misma dirección simultáneamente, y esto consumiría momentáneamente de 40 a 60 kbps, desechando la posibilidad de incluir un canal más, sobre el enlace de 56/64 kbps. Aunque 4 canales VoIP promedian un consumo de 7 a 11 kbps, ó sea del 11 al 19% de la capacidad del enlace a 56/64 kbps, la capacidad disponible restante de 45 a 57 kbps, no puede ser selectivamente utilizada para aplicaciones en tiempo real, como lo serían voz y fax, únicamente puede ser utilizado para aplicaciones de datos convencionales, como lo serían el correo electrónico y la transferencia de archivos. La tabla 4.2 muestra el número máximo de canales VoIP, según la capacidad de ancho de banda del enlace de WAN.

Con Compresión de "header"			Sin Compresión de "header"	
Capacidad de Enlace WAN (kbps)	Número de Canales VoIP	Ancho de Banda Residual (kbps)*	Número de Canales VoIP	Ancho de Banda Residual (kbps)*
28.8	2	26.8	1	27.3
33.6	2	31.6	2	30.6
56	5	51	3	51.5
64	6	58	4	58
128	12	116	8	116
256	25	231	17	231
384	38	346	25	346
512	51	461	34	461
1024	102	922	68	922
T1 - 1536	153	1383	102	1383
E1 - 1920	192	1728	128	1728
*Ancho de banda residual promedio sobre un periodo de 20 a 30 minutos				

Tabla 4.2- Número de canales VoIP simultáneos según capacidad del enlace WAN.

IV.8.- Transmisión de datos en tiempo real con VoIP

Si en la red de datos que se planea implementar VoIP existen aplicaciones de datos en tiempo real, por ejemplo, SNA (Systems Network Architecture), se deberá restar la capacidad de ancho de banda en uso por la aplicación de datos en tiempo real, del total disponible en el enlace WAN para determinar el residuo de capacidad, que podrá ser asignado para transmisión de VoIP. Por ejemplo, si un flujo de datos SNA a 19.2 kbps está siendo soportado por un enlace a 56 kbps, el residuo de 36.8 kbps podría ser asignado para soportar 3 canales VoIP, dependiendo si el "Header IP" se ha comprimido ó no. Supongamos que se transmiten dos canales VoIP ocupando 30 kbps sin compresión del "Header", y promediando 3 kbps sobre un periodo de 20 a 30 minutos, entonces el ancho de banda residual disponible para aplicaciones de datos insensibles al tiempo sería de 33.8 kbps. Más aún, debido a los espacios de tiempo en la trama de SNA (usualmente del 50% ó 9.6 kbps para nuestro caso), otros 9.6 kbps estarían disponibles para los datos insensibles al tiempo. De tal manera que, si los canales VoIP promedian 3 kbps y los datos SNA promedian 9.6 kbps, un total de 43.4 kbps estarían disponibles para comunicaciones de datos de tiempo no real.

En tanto que la supresión de silencio representa una solución satisfactoria para el uso eficiente de la capacidad de ancho de banda. Esta no podría ser gratis, y su uso podría generar dos potenciales problemas. El primero es que podría generar recorte (clipping) de la señal de voz. Este efecto de recorte ocurre cuando el parlante empieza a hablar, y se presenta porque el dispositivo para supresión de silencio no cuenta con la capacidad de respuesta inmediata, para repentinamente incrementar la energía de audio, recortando una pequeña porción de la primera palabra. El problema de recorte es solucionado mediante el uso de supresores de silencio de la mas reciente generación tecnológica. El segundo problema potencial puede presentarse si el supresor de silencio no cuenta con un regenerador de "ruido de fondo". El supresor de silencio entrega la señal de audio en absoluto silencio al usuario, dando la sensación de que la línea telefónica está "muerta". Para evitar este problema, al supresor de silencio se le agrega un regenerador de "ruido de fondo", para detectar el nivel de ruido en el transmisor y regenerarlo del lado receptor para mantener la sensación de una línea "viva" al usuario receptor.

Hasta este capítulo anterior, hemos ya estudiado todas las materias relacionadas con la teoría de transmisión de voz sobre redes con protocolo IP. En el capítulo siguiente y último de nuestro estudio, procederemos a exponer aplicaciones prácticas de esta nueva e innovadora tecnología.

V. APLICACIONES PRACTICAS DE TRANSMISION VoIP

V.1.- Elementos de integración VoIP

La popularidad del protocolo IP en el ambiente de las redes corporativas se ha encumbrado vertiginosamente en los últimos años. Influenciados por la Internet, los administradores de red han crecientemente adoptado IP como el protocolo fundamental para la interconexión de sus redes. La popularidad actual de IP ha puesto al margen a protocolos igualmente importantes, como lo son, IPX (Internet Packet Exchange) de Novell y en menor proporción al protocolo SNA (Systems Network Architecture) de IBM. IP es ahora soportado sobre una gran variedad de tecnologías de transporte LAN y WAN, tales como, Ethernet a 10, 100, 1000 Mbps, Token Ring, FDDI (Fiber Distributed Data Interface) y Frame Relay, ATM, Sonet (Synchronous Optical Network), líneas arrendadas dedicadas y satélite respectivamente. Virtualmente no hay un solo ruteador, FRAD (Frame Relay Access Device) ó conmutador de red que no soporte el protocolo IP. Casi cualquier tipo de red corporativa puede ser implementada sobre IP, ya que por su flexibilidad en direccionamiento, puede escalar a millones de nodos y se adapta igualmente en el ambiente de las sucursales remotas, en donde el número de usuarios es menor. La figura 5.1 muestra la amplia gama de aplicaciones del protocolo IP.

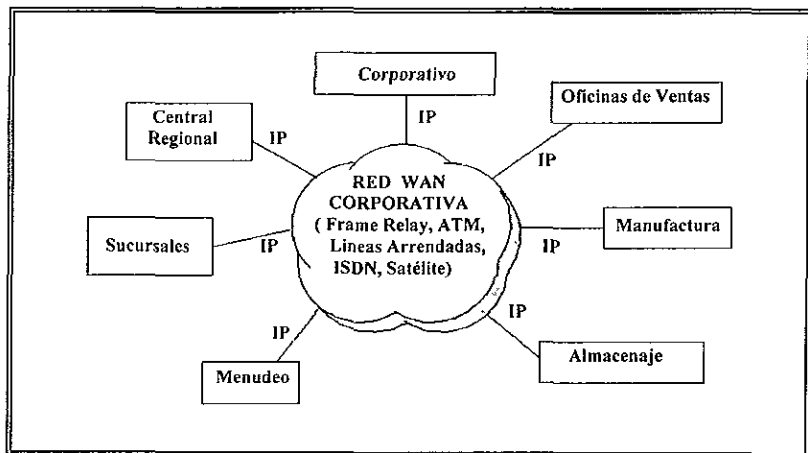


Figura 5.1- Gama de aplicaciones del protocolo IP

Mediante la implementación de VoIP sobre la infraestructura existente para datos, una empresa podría reducir los costos por llamadas telefónicas entre sus diferentes oficinas de entre el 70 hasta el 80%. Generalmente la inversión en un equipo VoIP tiene un periodo de amortización de aproximadamente un año en países que tradicionalmente cuentan con tarifas bajas de servicios telefónicos (Estados Unidos, Reino Unido, China y Chile por ejemplo), y en menos de un año para aquellos países con costos tradicionalmente altos de los servicios telefónicos (Argentina, Japón y México por ejemplo).

Los atractivos ahorros que significa conducir el tráfico de voz corporativo a través de la red existente de datos, ha motivado a los administradores de red para considerar seriamente la instalación de VoIP en corto plazo. Las figuras 5.2 y 5.3 muestran como una empresa podría implementar VoIP en su infraestructura existente para datos. En la figura 5.2, sin la integración de VoIP sobre la red de datos, todo el tráfico de voz y fax entre las oficinas remotas y la oficina central de la empresa, se realizan a través de la red pública telefónica tradicional, en tanto los datos viajan a través de los ruteadores IP, que utilizan algún tipo de tecnología de red WAN para lograr la interconectividad global de las diferentes oficinas de la empresa.

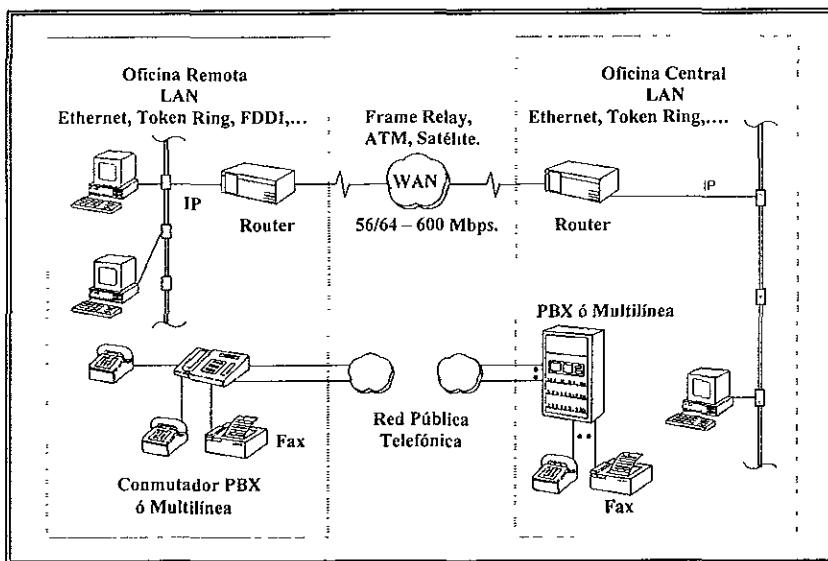


Figura 5 2- Comunicación de voz y datos separados

En la figura 5.3, un par de compuertas VoIP han sido instaladas para funcionar entre dos oficinas de la empresa. Las compuertas se conectan al segmento de red LAN por una lado y al sistema telefónico por el otro. La conexión a la red de área local LAN puede ser de cualquier tipo (Ethernet, Token Ring, FDDI), en tanto la conexión al sistema telefónico puede ser analógica ó digital (FXO,FXS,E&M, T1, E1, ISDN).

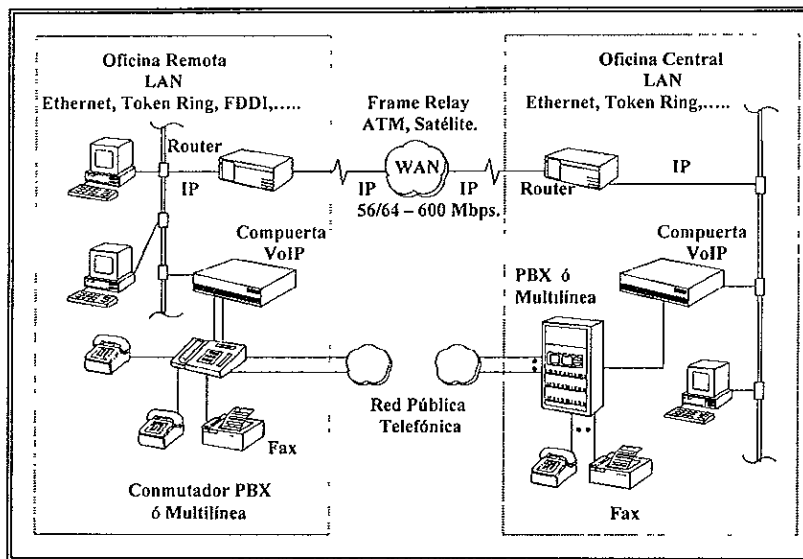


Figura 5.3- Comunicación Integrada de VoIP y datos

En la oficina remota generalmente se necesitan de dos a cuatro conexiones ó canales VoIP entre la compuerta y el sistema telefónico, permitiendo igual número de conversaciones simultáneas para voz ó fax. El número de canales VoIP necesarios para soportar adecuadamente la operación de una oficina depende del número de llamadas hechas durante el día, así como la cantidad de tiempo total que dichas llamadas consumen. La mayoría de las oficinas remotas (sucursales bancarias, supermercados, almacenes y oficinas de ventas, por ejemplo) promedian entre dos y cuatro horas de tiempo total en llamadas, que comúnmente son satisfactoriamente soportadas por dos canales VoIP.

En las oficinas corporativas centrales de la figura 5.3 anterior, la compuerta VoIP se conecta al sistema telefónico de conmutación central, conocido comúnmente como PBX (Public Branch Exchange). La conexión común entre un PBX y la compuerta VoIP es digital, y por lo tanto se podrían habilitar hasta 30 canales VoIP en el caso de una conexión digital E1.

La tabla 5.1 a continuación, muestra el porcentaje de tiempo en el que una persona iniciando una llamada VoIP la completará exitosamente, utilizando computas con dos, tres y cuatro canales VoIP

Número de Canales VoIP	Número de Horas de Llamadas Por Jornada de Ocho Horas						
	2	3	4	5	6	7	8
2	98	95	92	89	86	83	80
3	100	99	99	98	97	95	94
4	100	100	100	100	99	99	99

Tabla 5.1- Porcentaje de llamadas completadas según número de canales VoIP.

De la tabla anterior, un porcentaje de disponibilidad del 94% significa que cuando un usuario de una oficina remota intenta hacer una llamada sobre un canal VoIP, el usuario completará su llamada el 94% del tiempo, en promedio. Cualquier porcentaje de disponibilidad mayor al 90% es aceptable. Por debajo del 90% de disponibilidad, el usuario se podría frustrar al obtener con cierta frecuencia tono de ocupado y mejor marcar a través de la red pública tradicional, desvirtuando la función primordial de la compuerta VoIP, que es la de reducir los costos del consumo telefónico.

La tabla anterior 5.1, supone una distribución uniforme de llamadas durante la jornada de ocho horas de trabajo. Si el número de llamadas tienden a saturar el número de canales VoIP disponibles durante ciertos momentos de la jornada de trabajo, los porcentajes de disponibilidad se reducirán. Por ejemplo, dos canales VoIP pueden manejar cuatro horas uniformemente distribuidas por día, pero sería insuficiente si todas las llamadas se intentaran en, digamos, un periodo de seis horas. En este caso, tres canales VoIP sería una mejor estrategia a seguir.

Relación de contención para canales VoIP

El número de canales VoIP necesarios para la oficina central corporativa está determinado por el número total de llamadas entre la oficina central y las oficinas ó sucursales remotas, así como por el número total de llamadas simultáneas entre la oficina central y todas las oficinas remotas participantes

No es común tener una relación de canales VoIP de uno a uno, es decir, un canal VoIP en la oficina central por cada canal VoIP de cada oficina remota. La relación uno a uno de canales VoIP sería sólo necesaria si se desea que cada canal VoIP de las oficinas remotas estén activos en conexión con la oficina central simultáneamente. Típicamente, la oficina central tendrá únicamente una fracción del total de canales VoIP instalados en todas las oficinas remotas, y en tanto sea mayor el número de canales VoIP de todas las oficinas remotas participantes, menor el número de canales necesarios en la oficina central. La relación de contención define la relación entre el número de canales VoIP de todas las oficinas remotas y el número de canales necesarios en el sitio u oficina central, para atender de manera aceptable a todos los usuarios (canales VoIP) de las oficinas remotas. La tabla 5.2 a continuación muestra algunas relaciones de contención. La segunda columna se presenta únicamente como referencia.

No. de canales remotos VoIP	No. de sitios remotos con 2 canales VoIP por sitio	No. típico de canales VoIP en el sitio central	Relación de contención típica
2	1	2	1:1
4	2	3-4	1.3:1 – 1:1
6	3	4	1.5:1
8	4	5-6	1.6:1 – 1.8:1
10	5	5-6	1.7:1 – 2:1
16	8	8-9	1.8:1 – 2:1
24	12	10-13	1.8:1 – 2.4:1
32	16	13-16	2:1 – 2.5:1
64	32	24-29	2.2:1 – 2.7:1

Tabla 5.2- Relación de contención para número de canales entre sitio central y remotos.

Una de las características operativas que debe poseer el dispositivo VoIP en el sitio central para soportar la relación de contención, es la selectividad de canales VoIP en modo rotativo.

Ya que el número de canales VoIP en el sitio central es comúnmente menor al número total de canales por todos los sitios remotos, el dispositivo VoIP en el sitio central debe contar con algún método para compartir los canales VoIP entre todos los sitios remotos participantes. Esta funcionalidad para compartir los canales VoIP en el sitio remoto se logra a través de la operatividad rotativa del dispositivo VoIP. La rotación de canales VoIP funciona cuando una llamada de alguno de los sitios remotos es automáticamente conectada al siguiente canal disponible en el sitio central, sin que el llamador tenga la necesidad de especificar un número de canal en particular para conectar su llamada.

V.2.- Dispositivos para telefonía VoIP

Básicamente existen dos modalidades para la implementación de VoIP:

1. *La modalidad de PC como terminal VoIP.* En la modalidad de PC como terminal VoIP, a cada persona dentro de la empresa se le proporciona una computadora personal equipada para soportar comunicaciones "multimedia". De hecho, esta modalidad para la implementación de VoIP es según la recomendación H.323 de la ITU, que se expuso en el segundo capítulo de este documento. Esta modalidad de la PC como terminal es similar a tener una impresora y *modem* para comunicaciones dedicados para un solo usuario, en lugar de tener un esquema distribuido y compartido a través de un servidor en red para soportar estas funciones.
2. *La modalidad compartida ó Servidores para VoIP.* En esta modalidad la funcionalidad de VoIP es implementada de forma industrial, utilizando servidores compartidos residentes en red.

La primera de las dos modalidades es usualmente la más comercial y económica, pero existen muchas ventajas para considerar desde el principio el modelo residente en red. Una de las ventajas es que los administradores de red de las empresas justifican el costo mensual recurrente de los servicios de red WAN por los ahorros que se logran al integrar los servicios de voz y datos sobre el mismo medio de comunicaciones. Actualmente los requerimientos de capacidad de banda WAN para comunicación de datos son altos, de tal manera que las empresas pueden agregar voz a las redes de datos por relativamente bajas cantidades de dinero.

Debido a la potencialidad que ya se vislumbra para las aplicaciones de VoIP en el ambiente público y corporativo, algunos fabricantes han empezado la comercialización de una serie de productos especialmente diseñados para proveer transmisión de voz y fax sobre las redes de datos IP. Por ejemplo, Micom Communications (ahora subsidiaria de Northern Telecom) ofrece la compuerta ó *gateway* V/IP, para transmisión de voz/fax sobre IP. La compuerta de Micom tiene la ventaja de que se instala directamente sobre la red existente IP y está diseñada para conectarse con el equipo telefónico y ruteadores para interconectividad LAN existentes de la empresa (ver fig. 5.4).

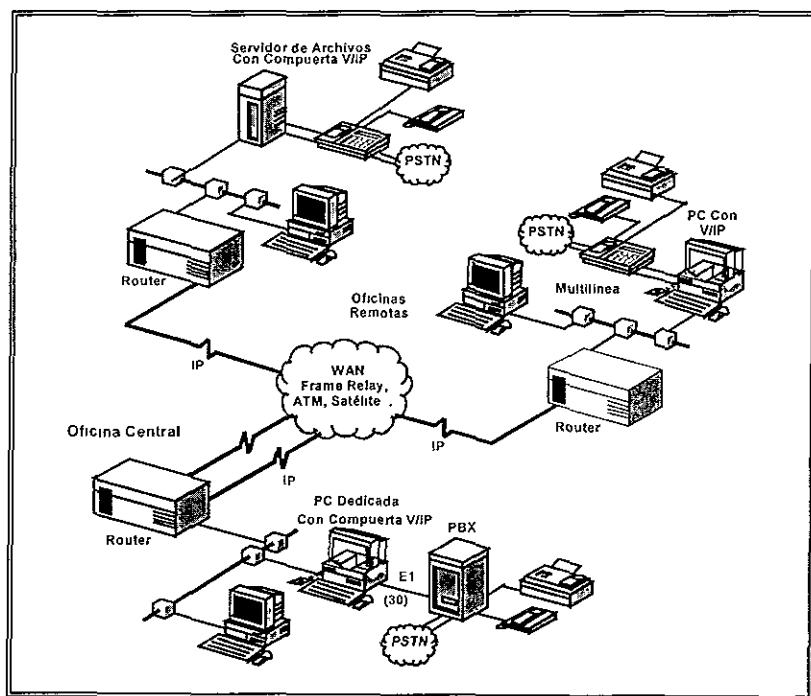


Figura 5.4- Computera V/IIP para telefonía VoIP.

La desventaja de ésta y otras soluciones como la compuerta de Micom, es que son de funcionalidad propietarias, es decir, su desarrollo no está completamente basado en los estándares recomendados por los organismos internacionales, y por lo tanto debe utilizarse el equipo del mismo fabricante en todos los sitios.

Las compuertas VoIP generalmente son tarjetas compatibles para instalación en una de las ranuras de expansión de un servidor de archivos ó bien de una computadora personal PC. La compuerta realiza todas las funciones de *interface* con el equipo terminal de telefonía, toma las señales de voz ó fax y las convierte en un formato digital para ser procesadas por la PC. La compuerta soporta conexiones y señalización para uno ó varios canales analógicos, tales como FXS, FXO, E&M. ó bien, conexión para canales múltiples digitales E1/T1.

Otra modalidad compartida se logra a través del uso de un servidor exclusivamente dedicado para la transmisión de VoIP. El servidor VoIP en su configuración básica se compone de una *interface* para conexión digital ó analógica al sistema telefónico de conmutación, así como de otra *interface* a la red de área local en cualquiera de sus modalidades, es decir 10BaseT, 100BT ó Token Ring. El servidor incluye como dispositivo vital para su operación un procesador digital de señales "DSP", así como una unidad central de proceso y almacenamiento según se muestra en la figura 5.5.

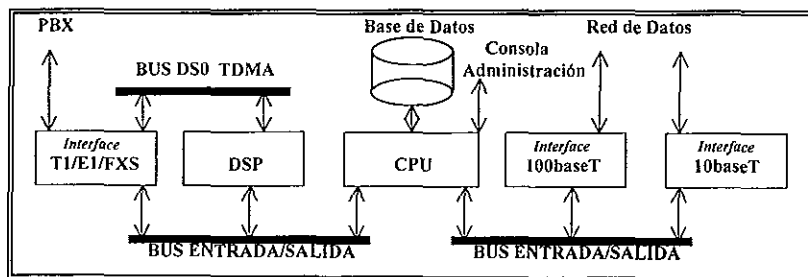


Figura 5.5.- Servidor típico para VoIP.

Otro líder en el diseño y comercialización de servidores para VoIP es Lucent Technologies, quien recientemente puso en el mercado su servidor VoIP llamado ITS (Internet Telephony Server). El ITS puede ser instalado en redes de telefonía pública para enrutar llamadas telefónicas sobre redes para datos, como lo sería la red Internet. La tecnología está dirigida a las grandes empresas prestadoras del servicio telefónico, como una alternativa para diversificar los medios de transmisión existentes ó para agregar valor a sus servicios actuales, mediante la integración del servicio de voz y fax a los servicios de comunicación para datos. Además de los servicios de voz y datos sobre la Internet, el ITS soporta aplicaciones para comunicaciones de computadora a computadora, computadora a teléfono y teléfono a computadora en las modalidades de conferencia de voz y vídeo, mensajería, operación centralizada de llamadas y colaboración para aplicaciones múltiples a través de la Internet.

El servidor ITS es presentado en este documento, como una muestra ilustrativa de lo que en este momento ya se dispone en el mercado para la implementación de VoIP a nivel industrial. El servidor ITS opera a nivel de usuario ó sistema como una línea más de la red pública telefónica tradicional, el procedimiento para enrutar llamadas de voz y fax a través de la red corporativa ó pública IP puede ser automatizado, utilizando las funciones y algoritmos integrados en las funcionalidades del conmutador telefónico. Por ejemplo, marcando el número 8 en el teclado del teléfono, se podría lograr acceso a la red IP para transmisión de voz ó fax. De hecho, la transmisión de voz y fax en la empresa, podrían ser restringidos para exclusivamente utilizar la red IP mediante las características de programación del conmutador telefónico, ó bien algunas empresas podrían escoger transmitir todo su tráfico de fax a través de la red Internet, en tanto la transmisión de voz se realiza a través de la red Intranet corporativa.

Para hacer una llamada, uno de los usuarios simplemente levantará el auricular como de costumbre y marcará el número telefónico del segundo usuario. El PBX se encargará de enrutar la llamada al servidor ITS (como lo haría con cualquier otra línea convencional) e iniciará una llamada a través de la red IP hacia el servidor ITS distante, el cual a su vez completará la llamada a través del PBX local (ver fig 5 6).

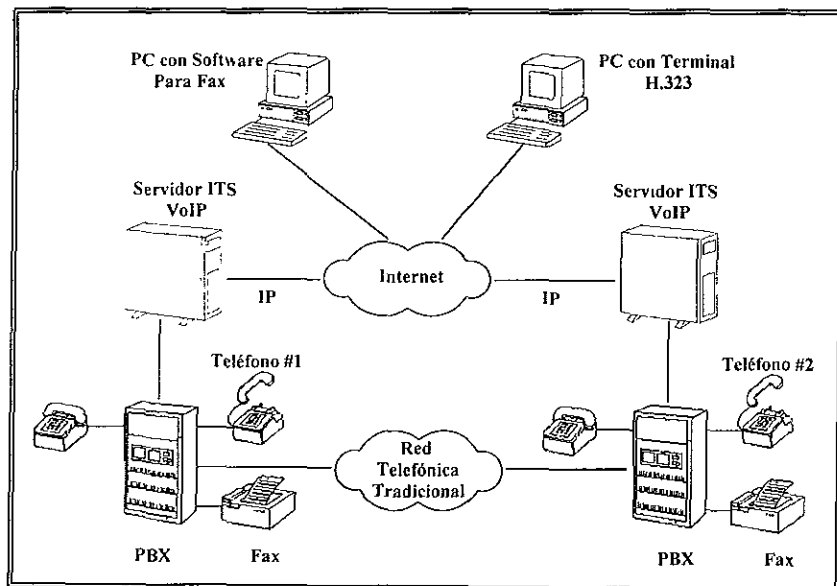


Figura 5 6- El servidor ITS para telefonía VoIP.

Una vez establecida la llamada telefónica entre las dos partes, la conversación se lleva al cabo normalmente como ocurriría utilizando de la red telefónica tradicional. Hasta 30 canales de voz ó fax simultáneos son manejables por el servidor ITS dependiendo del tipo de interface telefónica instalada en el PBX. El ITS utiliza un algoritmo dinámico y transparente para ruteo de llamadas, de tal manera que si la calidad de voz sobre la red IP cae debajo de un limite preestablecido, el ITS enrutará el trafico VoIP a través de la red telefónica tradicional.

V.3.- Aplicaciones Intranet VoIP

Uno de los aspectos más atractivos de la telefonía VoIP utilizando la red corporativa IP ó Intranet, es la preservación de todos los teléfonos, de todas las máquinas de fax y de todo el equipo de conmutación telefónico ya existente en la empresa. Mediante el uso de una compuerta o servidor VoIP, no se hace necesario el uso de una PC para poder hacer una llamada a través de la red IP, evitando la necesidad de recapacitar al personal para su uso ya que el procedimiento para iniciar una llamada telefónica en la red IP es casi el mismo, al que actualmente se sigue para hacer una llamada a través de la red telefónica pública tradicional.

Al preservar todos los equipos para telefonía con que actualmente cuenta la empresa, los costos para la implementación de transmisión VoIP se minimizan convenientemente para su pronta instalación. Una compuerta ó servidor para telefonía VoIP son necesarios para cada sitio a enlazar mediante la red IP. El administrador de red asigna un número de identificación para marcado a cada una de las localidades en las que se instalará un dispositivo VoIP. Por ejemplo, en una red pequeña, la oficina corporativa podría ser la número 10, la oficina remota de ventas la 20, el almacén la 30 y la planta de producción la 40. En una red con mayor número de localidades a enlazar, se podrían utilizar los códigos asignados para llamadas de larga distancia de la localidad, en redes con más de una oficina en la misma localidad, se podrían agregar prefijos al código de larga distancia para lograr la ruta de marcaje a la segunda oficina. Una vez que los números de marcaje son asignados, un memorándum es circulado por todos los empleados, identificando el número de marcaje para cada localidad, así como instrucciones breves de como hacer una llamada.

Básicamente existen tres casos prácticos para iniciar y completar una llamada de voz sobre la red IP, estos son:

1. Desde un teléfono conectado a un PBX hacia un teléfono remoto conectado a un PBX, ó hacia un teléfono remoto conectado a un sistema telefónico multilínea ó directamente conectado a la compuerta ó servidor VoIP.
2. Desde un teléfono conectado a un sistema telefónico multilínea hacia un teléfono remoto conectado a un PBX, ó hacia un teléfono remoto conectado a un sistema telefónico multilínea ó directamente conectado a la compuerta ó servidor VoIP.
3. Desde un teléfono directamente conectado a una compuerta o servidor VoIP local hacia un teléfono remoto conectado a un PBX, ó hacia un teléfono remoto conectado a un sistema telefónico multilínea ó directamente conectado a la compuerta ó servidor VoIP.

En el primero de los casos (ver fig 5.7) la oficina central en la ciudad de México utilizando un teléfono conectado a un PBX, levanta el auricular y escucha tono de invitación para marcar del PBX. En este momento, el iniciador de la llamada podría marcar una extensión local del mismo PBX (por ejemplo la 542), ó bien un "9" para tomar una línea de la red pública tradicional, ó también podría marcar un dígito especial para acceso a la compuerta o servidor VoIP. Este dígito especial es asignado mediante programación del PBX al momento de que el dispositivo VoIP es instalado. Generalmente un "6" u "8" es asignado para este propósito. Cuando el dígito de acceso es marcado, el PBX es instruido para buscar y tomar la primera línea VoIP disponible.

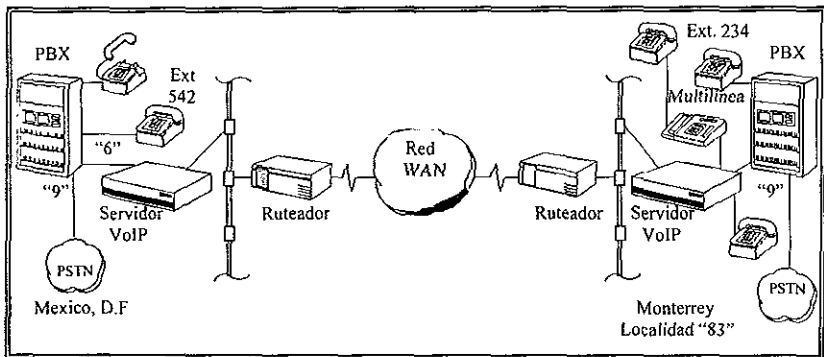


Figura 5.7- Llamando desde un PBX utilizando VoIP

El iniciador de la llamada escucha tono de invitación para marcar del dispositivo VoIP, y marca el código asignado de la localidad correspondiente para llamar al usuario remoto. En la figura 5.7, el código de acceso es "83" para llamar a la localidad remota en el área de Monterrey, que es el mismo código utilizado por las compañías proveedoras del servicio de larga distancia, para recordarlo fácilmente. Al mismo tiempo, el iniciador de la llamada marca el número de extensión de la persona en Monterrey (por ejemplo 234) con quien desea comunicarse

Cuando el dispositivo VoIP local recibe el código "83", este lo convierte en la dirección IP del dispositivo VoIP remoto y establece una sesión TCP/IP ó UDP/IP con el dispositivo VoIP de la localidad remota.

lograr el tiempo de conexión mas rápido posible. Algunos dispositivos VoIP realizan la función de direccionamiento de manera centralizada en un dispositivo VoIP remoto, haciendo lento el proceso de direccionamiento por hasta 3 ó 4 segundos más. El direccionamiento centralizado también genera un punto único de falla *es decir, si el dispositivo VoIP que centralizadamente está coordinando el direccionamiento falla, ninguna llamada puede ser completada.*

Para los dispositivos VoIP que han sido diseñados para *manejar localmente la función de direccionamiento*, cualquier cambio en la base de datos para el direccionamiento es *actualizado a través de la red IP desde un dispositivo administrador VoIP centralizado*. Si por alguna razón la base de datos para direccionamiento del dispositivo local VoIP falla, este actualizará sus tablas para direccionamiento durante el proceso de establecimiento de la llamada, utilizando para ello el dispositivo VoIP administrador centralizado *sin la necesidad ó intervención de un operador.*

Una vez que la compuerta ó servidor local VoIP establece una sesión IP con el dispositivo remoto que desea establecer conexión, una conversación de voz puede completarse a través de la red de comunicaciones WAN. En la mayoría de los casos, el tiempo de conexión entre los dos dispositivos VoIP, *generalmente no excede de un segundo* cuando la tabla de direccionamiento es manejada por el dispositivo VoIP local. Durante el proceso para establecer la conexión de llamada, el dispositivo local VoIP envía los dígitos con el número de la extensión remota 234, el PBX remoto timbrará dicha extensión, de acuerdo con la información de dígitos recibida.

En la variante de contar con un sistema telefónico multilínea ó un teléfono directamente conectado al dispositivo VoIP en la localidad remota, el dispositivo VoIP hará timbrar la línea troncal del sistema multilínea ó el aparato telefónico directamente conectado al dispositivo VoIP. En ambos casos la subsecuente señal de *ocupado ó timbrado, es enviada al iniciador de la llamada para indicarle el estado de conexión de su petición de llamada*. Las *señales de ocupado ó timbrado* son generadas por el PBX, sistema multilínea ó teléfono remotos. Una vez que la parte llamada contesta, la compuerta ó servidor VoIP inicia la transmisión en tiempo real de voz ó fax utilizando UDP/IP la sesión punto a punto termina cuando cualquiera de las dos partes cuelga el auricular del teléfono. Si por cualquier motivo los dispositivos VoIP no pueden iniciar una sesión IP a través de la red WAN, el dispositivo VoIP local *generará una señal audible "rápida" al iniciador de la llamada, para indicar la indisponibilidad de completar la llamada por el momento.*

secuencia para establecimiento de la llamada muy similar al primero de los casos, excepto porque al utilizar un sistema multilínea ó aparato telefónico directamente conectado al dispositivo VoIP, no se obtiene primeramente el tono de invitación para marcar proveniente del PBX, *ni tampoco es necesario* marcar el "6" previamente programado en un PBX para tomar una de las líneas VoIP, lo único que se tiene que hacer en el sistema multilínea es oprimir el botón correspondiente en el teclado, el cual podría etiquetarse como "VoIP", en tanto que para el teléfono que está directamente conectado, sólo es necesario levantar el auricular del teléfono, para tomar alguna de la líneas VoIP (ver fig. 5.8).

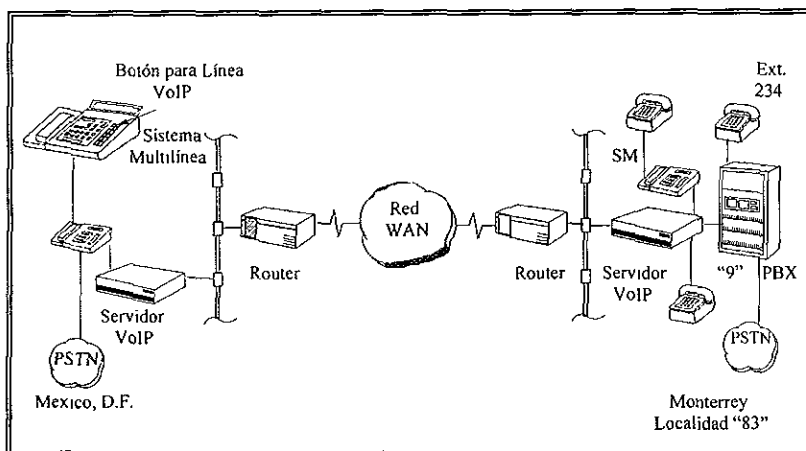


Figura 5.8- Llamando desde un sistema multilínea utilizando VoIP.

Si hay varias líneas VoIP conectadas al sistema telefónico multilínea, habrá un botón en la consola del teléfono para cada línea VoIP, los cuales podrían ser etiquetados como "VoIP-1, VoIP-2, ..., VoIP-n". El iniciador de la llamada oprime el botón "VoIP-n" de la línea que se encuentre disponible en la consola del multilínea para tomar un canal y marcar los dígitos de la extensión a la que desea llamar. La secuencia restante para completar la llamada es la misma como en el primero de los casos.

En el tercer caso, una llamada es iniciada desde un teléfono directamente conectado a la computadora ó servidor VoIP (ver fig. 5.9), el iniciador de llamada simplemente levanta el auricular del teléfono e inmediatamente escucha tono de invitación para marcar de la computadora ó servidor VoIP local. La secuencia restante para completar la llamada es la misma como en el primero de los casos.

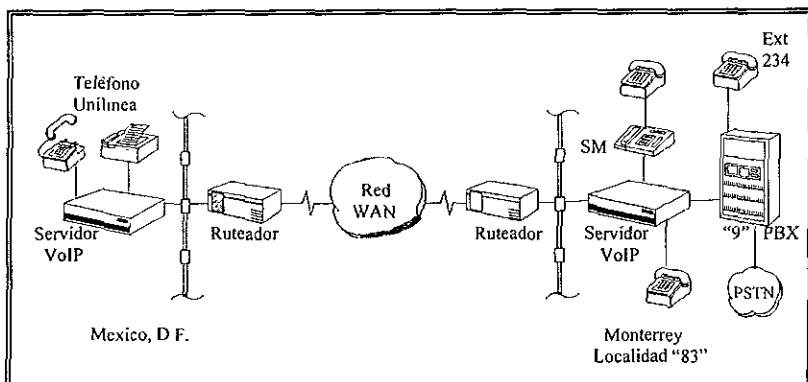


Figura 5.9- Llamando desde un teléfono unilínea utilizando VoIP

La tabla 5.2 a continuación, resume las secuencias de conexión para cada uno de los casos anteriormente descritos

Equipo Local de Telefonía	Equipo Remoto de Telefonía	
	Teléfono Conectado a PBX	Teléfono Conectado a Multilínea ó Teléfono Directamente conectado a dispositivo VoIP
De Teléfono Conectado en PBX a:	Levantar auricular, escuchar tono de PBX, marcar 6, escuchar tono de VoIP, marcar 83 y número de la extensión remota.	Levantar auricular, escuchar tono de PBX, marcar 6, escuchar tono de VoIP, marcar 83.
De Teléfono conectado a Sistema Multilínea a:	Levantar auricular, oprimir botón VoIP, escuchar tono VoIP, marcar 83 y número de la extensión remota.	Levantar auricular, oprimir botón VoIP, escuchar tono VoIP, marcar 83.
De Teléfono directamente conectado a dispositivo VoIP a:	Levantar auricular, escuchar tono VoIP, marcar 83 y el número de la extensión.	Levantar auricular, escuchar tono VoIP, marcar 83.

Tabla 5.2- Resumen de secuencias de conexión VoIP.

FALTA PAGINA

No. 86

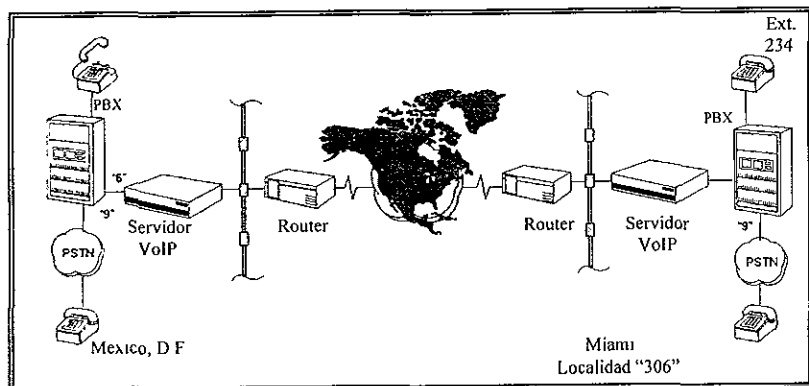


Figura 5.10- "Llamada fuera de red" utilizando VoIP.

Esto le dice al PBX en Miami que tome una de las líneas de la red pública local, de tal forma que el iniciador de la llamada en México escucha tono de invitación a marcar de la red pública telefónica de la ciudad de Miami. Una vez recibido el tono de invitación a marcar de Miami, el iniciador de la llamada marca el número telefónico al cual desea comunicarse en la ciudad de Miami. Para la compañía telefónica local este es un "PBX con fugas" y su operación en este modo, no está restringido en la mayoría de los países.

En nuestro ejemplo anterior, si el PBX de Miami lo permite, una llamada proveniente de la red pública telefónica de Miami puede ser enrutada hacia la red VoIP hasta la ciudad de México, y conectarla con algún usuario de la oficina corporativa en la ciudad de México. Más aun, si el PBX en la ciudad de México es programado para permitir "llamadas fuera de red" entonces un usuario de Miami, podría hacer una llamada desde cualquier punto del área metropolitana de la ciudad de Miami hasta cualquier punto del área metropolitana de la ciudad de México, marcando y tarifando como si fuera una llamada estándar local dentro del área de cobertura local en Miami.

Los ahorros debido a las "llamadas fuera de red" son adicionales a los ahorros obtenidos por las llamadas entre las oficinas corporativas y las localidades remotas, estos ahorros en costos de servicio de larga distancia pueden ser mucho mayor en redes VoIP internacionales.

V.5.- Aplicaciones Internet VoIP

La Internet es por mucho la red IP más conocida. De hecho, su nombre viene del protocolo que la conduce IP (Internet Protocol) y se encuentra en todas partes y su costo de acceso es económico, así que la pregunta obvia es: puede una empresa usar la red Internet para VoIP? La respuesta es generalmente no, aunque algunas veces la respuesta es sí, dependiendo de varios factores.

Principalmente la calidad de voz VoIP para uso empresarial debe ser comparable a la que actualmente se logra a través de la red telefónica tradicional, además debe ser sencilla de usar y altamente disponible, de lo contrario el empleado evitará el uso de la red VoIP. En el mercado del consumidor doméstico, el criterio de aceptación para el uso de VoIP es completamente diferente, ya que el principal motivo para convencer a cualquier consumidor está a primera vista, que es la de ahorrar en llamadas de larga distancia, el consumidor doméstico está generalmente dispuesto a redimir calidad por ahorro en los costos de larga distancia.

De hecho, a mayor ahorro más tolerante el consumidor a la calidad reducida. La baja calidad de voz en llamadas a través de la Internet es principalmente ocasionada por el gran retardo que se experimenta en esta red, a pesar, de que se cuente con un codificador para voz de la mejor calidad. Para superar los problemas de retardo en la Internet, el consumidor debe aprender a hablar al estilo de radio para banda civil, similar al hablar con radios semi duplex.

VoIP tiene grandes expectativas de éxito para los pequeños negocios, en los que su uso traiga tangibles ahorros en larga distancia, esto es especialmente verdadero cuando los negocios tienen altos y desordenados gastos telefónicos, como ocurre en algunos mercados internacionales. VoIP tiene un lugar asegurado en las aplicaciones de voz en tiempo no real, tal como el correo de voz y los sistemas para respuesta de voz interactiva IVR (Interactive Voice Response).

Como se mencionó anteriormente, la comunidad de negocios tiene la opción de conectar sus sitios remotos a través de las Extranets ó IP-VPN's, que garantizan parámetros de comportamiento para lograr calidad de servicio adecuado (QoS) para la conectividad de VoIP en el ambiente empresarial. Los costos de acceso a las redes Extranets son similares a los servicios de Frame Relay, pero ofrecen el beneficio agregado de acceso a la Internet adicionalmente al compromiso de la calidad de servicio (QoS). Si eventualmente la Internet se fortalece y se incluye en el entorno de las Extranets, entonces VoIP a través de la Internet se revelará como una excelente solución para aplicaciones corporativas ó de empresas.

VoIP a través de la Internet es a menudo asociada con el uso de la computadora personal (PC) como teléfono. En el entorno empresarial, el uso de la PC como teléfono está únicamente en su etapa experimental, sin embargo, el uso de la PC como teléfono se popularizará en los meses venideros. La tabla 1.4 compara algunas de las características de VoIP utilizando la PC como teléfono y VoIP utilizando la compuerta (Gateway) para conectar al equipo tradicional de telefonía.

VoIP PC como Teléfono	VoIP Compuerta (Gateway)
Reemplaza el modelo de teléfonos centralmente Alambrados.	Mantiene el modelo de teléfonos centralmente alambrados.
Requiere de capacitación para su uso, introduce un nuevo modelo para llamadas telefónicas.	Mantiene la infraestructura telefónica existente, la operación es transparente para el usuario.
Puede ofrecer funciones sofisticadas, videoconferencia y consulta colaborativa.	No extiende la funcionalidad telefónica.
Requiere de una compuerta VoIP para llamar a sistemas tradicionales.	Consume capacidad de LAN sólo para llamadas remotas a través de la Intranet.
Consume capacidad de LAN para cada llamada: Intranet, campus, PSTN, etc.	No se requiere de compuerta VoIP para llamadas ordinarias.
Requiere de mantenimiento de componentes y software para cada PC por sitio.	Requiere de mantenimiento de componentes y software solo en una PC por sitio.
No soporta transmisión de fax.	Soporta transmisión de fax.

Tabla 5 3- Comparación de VoIP en PC y VoIP de Compuerta (Gateway).

Para que los teléfonos de PC puedan llamar a teléfonos tradicionales ó a la red pública telefónica, debe agregarse a sus componentes una compuerta ó gateway VoIP.

Los teléfonos PC pueden comunicarse entre ellos sin el uso de una compuerta, pero deben usar una compuerta para convertir los paquetes de voz IP a señales de telefonía estándar, y así lograr comunicarse con sistemas telefónicos tradicionales mediante una red IP ó bien a través de la red publica telefónica.

Adicionalmente, para que una compuerta pueda convertir los paquetes de voz IP de un teléfono PC en señales de telefonía estándar y viceversa, ambos deben usar el mismo algoritmo ó CODEC para compresión de voz, así como el mismo procedimiento para el establecimiento de la llamada, método de supervisión y direccionamiento (ver fig. 5.11).

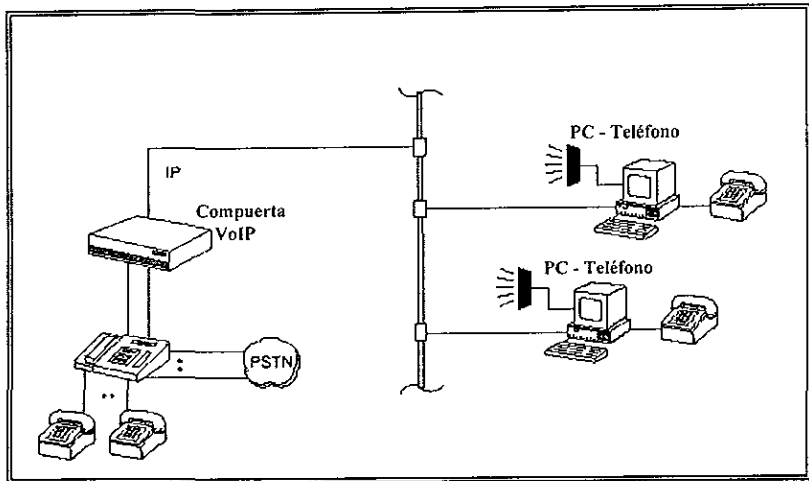


Figura 5.11- Teléfono PC utilizando compuerta (Gateway) VoIP.

Foro para estándares VoIP

Para lograr el nivel de interoperabilidad entre el teléfono PC y los dispositivos para transmisión de VoIP de diferentes fabricantes, el IMTC (International Multimedia Teleconferencing Consortium) ha formado un grupo especial llamado "el foro VoIP", que tiene como función principal el desarrollo y establecimiento de estándares para los productos de VoIP. La gran mayoría de fabricantes de productos VoIP participan activamente en el foro, y se comprometen a implementar los estándares de interoperabilidad aprobados en las sesiones de dicho foro. Entre los estándares más relevantes hasta el momento adoptados por los participantes en el foro, se encuentran el CODEC para compresión de voz G.729 y los protocolos para conferencia H.323 ambos inicialmente recomendados por la ITU.

La aplicación práctica de interoperabilidad entre el teléfono PC y la compuerta ó servidor VoIP más atractiva en el ambiente empresarial, es la de acceso remoto a la red corporativa IP para comunicación simultánea de datos, voz y vídeo, a través de una conexión sobre la red telefónica pública tradicional ó Internet. La figura 5.12 ilustra esta aplicación, en la cual un viajero de la empresa se conecta a la oficina corporativa central utilizando la red telefónica pública ó la red Internet y está pasando correo electrónico, archivos y datos legados.

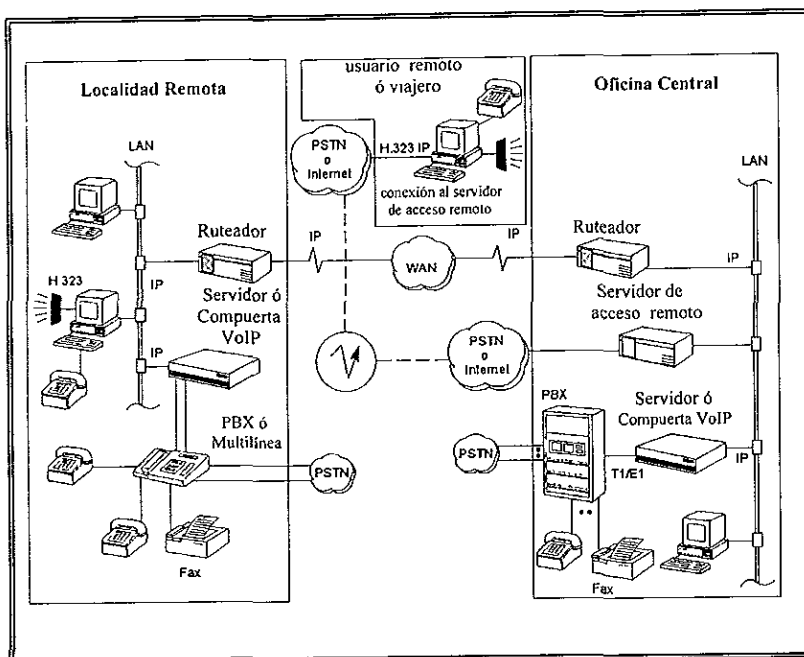


Figura 5.12- Interoperabilidad entre el teléfono PC y la compuerta ó servidor VoIP.

Tradicionalmente cuando el usuario remoto desea hablar con alguien de la oficina corporativa central ó localidad remota, tendría que hacer una llamada telefónica por separado a la que esta utilizando para el envío de correo electrónico, acceso de archivos, etc. Actualmente mediante el uso del teléfono PC equipado con estándar H.323 y la compuerta ó servidor VoIP, el usuario puede ahora establecer comunicación de voz a la oficina central ó remota, simultáneamente al envío de correo electrónico, transferencia de archivos, datos legados, etc.

La comunicación de voz y datos sobre una sola línea telefónica es completamente transparente para los dispositivos de voz y datos en la red central corporativa, representando una gran ventaja para la empresa no sólo económica, sino también práctica ya que por ejemplo, un viajero de la empresa podría ahora establecer comunicación de voz y datos con la oficina central sin la necesidad de una segunda línea telefónica en la habitación del hotel en que se hospeda.

Mediante la disposición y configuración de los equipos VoIP adecuados, el teléfono PC podría también recibir llamadas a través de la compuerta ó servidor VoIP desde la oficina central, nuevamente manteniendo la comunicación simultánea de datos sobre una sola línea telefónica. La transmisión de voz sobre IP no sólo reduce los costos de servicio telefónico, además sirve como un medio de interconexión con el sistema telefónico existente, multiplicando ó diversificando la capacidad de comunicación para voz de cualquier organización que cuente con algún medio de comunicación basado en el protocolo IP. La calidad de voz del teléfono PC es muy comparable con la que actualmente se cuenta a través de la red telefónica tradicional, a menos que la conexión sea a través de la Internet

V.6.- Testimonios de redes VoIP

El Texas Bank Ahorra \$ 2,200 dólares al mes proporcionando a sus clientes servicios con "llamadas telefónicas de doble ahorro" utilizando la tecnología de Voz sobre IP

Cuando los clientes del Texas Bank desean consultar el saldo de su cuenta bancaria, consultar las tasas de interés ó cualquier otro tipo de consulta bancaria, simplemente llaman al número telefónico de la sucursal bancaria local, los clientes obtienen la información solicitada desde la oficina central del banco sin necesidad de pagar por una llamada de larga distancia, el costo de la llamada de larga distancia para el Texas Bank y el cliente es nada, ya que al utilizar la tecnología de voz sobre IP (VoIP) de Micom, dichas llamadas son conectadas desde 15 de las sucursales regionales, a la oficina central del Texas Bank a través de la red IP del banco sin ningún costo adicional.

Como todos los bancos orientados al servicio, el Texas Bank deseaba implementar algún sistema para facilitar la consulta actualizada de todo tipo de información bancaria a sus clientes, así como establecer fácil acceso a la gama de servicios ofrecidos por el banco a sus clientes y prospectos. El vicepresidente de operaciones para informática del banco Keith Leonhardt y su equipo de colaboradores, investigaron los costos de instalación de las líneas telefónicas sin costo de la serie 800, y encontraron que el costo recurrente mensual por dichas líneas sería de \$3,000.00 dólares por mes, comparado por tan solo \$800.00 dólares al mes por la renta de 26 líneas telefónicas locales.

Cuando el integrador de sistemas del Texas Bank sugirió la solución de voz sobre IP, el Texas Bank eligió la tecnología de VoIP de Micom para conectar las llamadas de sus clientes utilizando la red existente de datos TCP/IP. "Este ahorro de \$2,200 dólares al mes ha pagado por el sistema de voz sobre IP en menos de un año: aseveró Leonhardt.

Voz sobre IP crea una red para voz y fax superpuesta a la red existente IP para datos, permitiendo a cualquier usuario desde cualquier teléfono ó máquina de fax, establecer llamadas de larga distancia sin costo a través de la red IP del banco sin importar la tecnología del medio de transporte WAN utilizado. La solución de Micom VoIP opera transparentemente sobre frame relay, ATM, líneas dedicadas, la Internet y satélite entre otros. La tecnología de VoIP de Micom, conocida comercialmente como V/IP es compatible con cualquier teléfono, sistema telefónico y máquina de fax.

Cuando un cliente marca uno de los números telefónicos locales para acceso a los servicios de banca personal del Texas Bank, la llamada timbra en el sistema telefónico de la sucursal bancaria, el cual envía la llamada a la compuerta V/IP de Micom. La compuerta V/IP digitaliza y empaqueta la voz en IP, posteriormente envía los paquetes a través de la red IP del banco a la oficina central. La compuerta V/IP en la oficina central entrega la llamada al sistema de respuesta interactiva de voz del banco. El proceso completo es transparente y libre de costos para el usuario de la sucursal regional. "Nuestros clientes no pagan por la llamada de larga distancia, y nosotros no pagamos por servicio de líneas sin costo (1-800)", comentó Leonhardt.

Sistema de Voz sobre IP de Vienna Systems Implementado en red Comercial de Comunicaciones

Telefónica Japonesa TeleMatrix Lanza Servicios de Comunicación de Voz sobre IP

Los usuarios japoneses ahora pueden hacer llamadas telefónicas internacionales a un costo excepcionalmente menor de las tarifas convencionales para larga distancia. La compañía telefónica en Japón TeleMatrix, líder en telefonía VoIP (Voz sobre IP), ha implementado una red comercial para telefonía internacional basada en la reconocida tecnología para VoIP de Vienna Systems subsidiaria de Newbridge Networks.

Vienna Systems ofrece soluciones para telefonía sencillas de implementar, que incluyen *compuertas VoIP para interconexión entre la red telefónica tradicional PSTN (Public Switched Telephone Network) y la Internet ó Intranets*. La solución de Vienna Systems combina el software para proceso de llamadas, la tecnología de procesamiento digital de señales y conectividad IP, utilizando una *interface* gráfica que proporciona al usuario el establecimiento de llamadas en conferencia de larga distancia a través de la Internet ó Intranet corporativa de manera sencilla y confiable. La compuerta VoIP de Vienna Systems extiende la funcionalidad del sistema telefónico permitiendo que los usuarios con teléfonos convencionales se puedan comunicar con aquellos que *implementen sistemas VoIP a través de una red IP*.

El servidor VoIP de Vienna Systems establece y administra llamadas sobre una red IP, proporcionando funcionalidad operativa para llamadas en espera y direccionamiento. El servidor VoIP también conmuta llamadas entre redes IP y la red telefónica tradicional. Los usuarios interactúan con el servidor VoIP, ya sea a través de la red pública tradicional, ó bien a través del software de aplicación instalado en una PC.

TeleMatrix empresa de telecomunicaciones en Japón, se encuentra instalando una red de telefonía IP a lo largo de todo el Japón, utilizando la tecnología VoIP de Vienna Systems. La red que instala TeleMatrix proporcionará servicio doméstico e internacional a los usuarios japoneses, representando la red más grande siendo implementada en Asia con tecnología de Vienna Systems en este momento. La red de TeleMatrix está integrada hasta el momento de 26 compuertas en Japón y una en Korea. La empresa también cuenta con tres compuertas en los Estados Unidos y varias más contempladas para el Reino Unido, Hong Kong, Taiwan, China, Australia, Francia, Alemania y Brasil. Para el fin del presente año, TeleMatrix planea haber instalado 100 nuevas compuertas en Japón, y espera estar desplegando 120 compuertas en todo el mundo. La meta de TeleMatrix es la de instalar compuertas VoIP en 30 países alrededor del mundo para ofrecer verdadero servicio de telefonía a todo el mundo.

"Estamos trabajando para desplegar una gran red para telefonía Internet con la habilidad para transmitir llamadas de voz a cualquier ciudad en el mundo", dijo David Kleiman, vicepresidente para operaciones de norte america de TeleMatrix. "Con nuestra red de Vienna Systems, podemos ofrecer pequeñas franquicias a precios tremendamente competitivos en el mercado, sin la necesidad de una gran inversión para lograr la operación y administración de la red." agregó también.

TeleMatrix inició la implementación de compuertas VoIP en Japón para ofrecer servicios de telefonía doméstica en junio de 1997. Para agosto de 1997, Telematrix instaló una compuerta en los Estados Unidos para enrutar llamadas de larga distancia provenientes del Japón. Las llamadas viajan sobre la red IP hasta el punto de ruteo en los Estados Unidos, y son subsecuentemente enviadas a su destino con tarifas a mucho menor costo de las actuales.

Acerca de Telematrix

Telematrix es una división de Chiyoda Corporation, una empresa fundada hace 22 años en Japón, desde su establecimiento en agosto de 1994, TeleMatrix se ha postulado como líder en la comercialización internacional de sistemas para comunicaciones de bajo costo. TeleMatrix mantiene alianzas estratégicas con varios proveedores de telefonía en todo el mundo. TeleMatrix se ha desarrollado como una empresa de consultoría e integración de sistemas para telecomunicaciones.

Acerca de Vienna Systems

Vienna Systems es una filial de Newbridge y es líder en el diseño, fabricación y comercialización de sistemas para telefonía sobre IP. Los sistemas de Vienna permiten a los usuarios comunicarse en voz, datos y fax a través de una red IP y la red telefónica tradicional. La tecnología VoIP de Vienna Systems incentiva a nuevos proveedores de servicios y actualmente mantiene un gran número de clientes implementando redes VoIP en todo el mundo. Los usuarios de los sistemas de Vienna Systems pueden hacer llamadas telefónicas desde sus computadoras a otras, ó bien a cualquier teléfono de la red pública telefónica tradicional. La aplicación más popular es la de llamadas de larga distancia a través de la Internet ó Intranet corporativa.

Deutsche Telekom Canadá Lanza Servicio Comercial de Teléfono a Teléfono sobre Redes IP Para Servicio en 100 Países Utilizando Tecnología VoIP de VocalTec

Telefonía Internacional Competitiva con el uso de Tarjetas de Débito

Herzliya, Israel, September 1, 1998 VocalTec Communications Ltd. anunció el día de hoy que Deutsche Telekom Canadá, subsidiaria de Deutsche Telekom Alemania, está lanzando servicio de telefonía comercial utilizando la tecnología de voz sobre IP de VocalTec. El servicio de Deutsche Telekom en Canadá empezará ofreciendo tarjetas telefónicas para enlazar usuarios residenciales y comerciales en Canadá a 100 diferentes destinos en todo el mundo.

"Deutsche Telekom Canadá está comprometida para proveer a los usuarios canadienses atractivas tarifas para llamadas internacionales" dijo Roland Bopp, director ejecutivo de Deutsche Telekom para norte america. "Estamos planeando la expansión de nuestra red de voz IP utilizando la tecnología VoIP de VocalTec", agregó.

"Deutsche Telekom continúa el compromiso de expansión de su red telefónica IP utilizando las soluciones de VoIP de VocalTec ahora en Canadá", dijo el Dr. Elon Ganor, director ejecutivo de VocalTec Communications. "Estamos trabajando estrechamente con varias divisiones de Deutsche Telekom, para desarrollar soluciones que ofrezcan al público llamadas de bajo costo y aplicaciones de valor agregado", agregó el Dr. Ganor.

Deutsche Telekom es la tercer más grande empresa de telecomunicaciones en el mundo. VocalTec Communications es líder en el desarrollo y comercialización de soluciones para telefonía sobre redes IP y es socio estratégico de Deutsche Telekom. Deutsche Telekom mantiene el 21% de las acciones de VocalTec.

Bezeq Internacional Lanza Servicio Piloto Comercial de Telefonía IP Utilizando la Arquitectura Ensemble de VocalTec

Herzliya, Israel, Septiembre 15, 1998. VocalTec Communications la compañía de comunicaciones IP, anunció el día de hoy que *Bezeq International* el proveedor más grande de servicios de telefonía internacional en Israel, ha elegido la arquitectura Ensemble de VocalTec para implementar su red piloto comercial de telefonía IP.

El plan piloto inicial ofrecerá a los usuarios de Bezeq, telefonía de bajo costo a través de la Internet desde Israel a los Estados Unidos. "Bezeq International examinó y evaluó la tecnología de VocalTec como parte de su política continúa de permanecer siempre a la punta en tecnología de comunicaciones", dijo Dan David, vicepresidente de ingeniería de Bezeq International. "Llegamos a la conclusión de que el despliegue de la arquitectura Ensemble de VocalTec nos permitirá construir una red de telefonía más eficiente, así como aumentar la cartera de servicios ofrecidos por nuestra empresa. También creemos que VocalTec y sus productos impulsarán nuestra ventaja tecnológica en la industria de telecomunicaciones."

La arquitectura Ensemble de VocalTec representa la primer plataforma abierta de telefonía IP en la industria. Esta arquitectura está diseñada para soportar los estándares más avanzados para telefonía sobre IP. Con el soporte para contabilidad de llamadas a terceros, facturación y seguridad, la solución Ensemble de VocalTec proporciona las bases para servicios inteligentes en telefonía IP, administración centralizada para ruteo de tráfico entre miles de computas y servidores, y millones de usuarios, incluyendo PC's, teléfonos estándar y otros dispositivos de comunicaciones.

"Bezeq está efusivamente enfocado en la telefonía IP para ofrecer a sus clientes servicios de telefonía de larga distancia internacional de bajo costo y para desarrollar una red que soporte las exigentes aplicaciones del mañana", dijo el Dr. Elon Ganor, director ejecutivo de VocalTec Communications. "La arquitectura Ensemble de VocalTec libera los beneficios inmediatos de la telefonía IP, en tanto genera una sólida base para adoptar las nuevas aplicaciones de usos múltiples".

En este último capítulo hemos expuesto las aplicaciones prácticas de la tecnología de transmisión de voz utilizando el protocolo IP, así mismo hemos presentado los testimonios de varios usuarios con redes ya implementadas, que son muy ilustrativas de las ventajas tanto económicas como tecnológicas al utilizar esta revolucionaria metodología para transmisión de voz.

Resultados y conclusiones

La transmisión de voz y fax sobre el Protocolo Internet tiene varias aplicaciones, al momento de escribir este documento la principal de estas aplicaciones es la de transmisión de voz y fax sobre la red de empresa ó Intranet, utilizando compuertas ó servidores VoIP conectados a la red LAN y al equipo de fax y telefónico existentes en la empresa. La calidad de voz es casi ó la misma que se obtiene a través de la red telefónica tradicional, no se requiere de capacitación especial para su uso y el tráfico de voz consume muy poco ancho de banda de la capacidad disponible en el enlace de comunicaciones. Las aplicaciones de datos se ven esencialmente no afectadas por la incorporación de las señales de voz y fax sobre la red. Las redes corporativas ó de empresa IP pueden utilizar líneas privadas, frame relay, ATM, ISDN, satélite ó los nuevos servicios de red virtual privada IP-VPN, como medio de interconexión entre las diferentes localidades.

Los ahorros en servicio de larga distancia y local son significativamente altos, para lograr un periodo corto de amortización en la inversión inicial. Los ahorros se incrementan al tomar ventaja de las "llamadas fuera de red". La perspectiva de utilizar la Internet para comunicación de voz corporativa es tentadora, pero la Internet no garantiza los parámetros mínimos requeridos para lograr una calidad de voz aceptable. El uso de la PC como teléfono es también interesante, ya que puede ser también utilizada en el ambiente corporativo ó de empresa.

Las expectativas en la demanda de productos para VoIP en los años por venir son realmente prometedoras, ya que la tecnología de interconectividad para datos ha penetrado casi cualquier actividad productiva, es esencial y se encuentra en cualquier parte. El siguiente paso de esta tecnología, vislumbra la penetración de las redes de datos en el ambiente domestico. A medida que este método común de transporte penetre en la sociedad, se convertirá en un medio indispensable para la comunicación de aplicaciones "multimedia".

Las tendencias en el rápido desarrollo de tecnología, impulsa vigorosamente a VoIP como una nueva realidad en el campo de las telecomunicaciones. Las primeras implementaciones de VoIP se prestan apropiadamente para redes piloto de prueba. En la siguiente generación, VoIP proporcionará la calidad y confiabilidad requeridas para uso comercial y sobre la Internet. Las características operativas continuarán mejorando rápidamente, impulsadas principalmente por el continuo y rápido desarrollo en las técnicas de procesamiento digital de señales, que son la base para convertir las señales analógicas de voz al formato digital de paquetes. Correspondientemente, los costos de productos VoIP se desplomarán a medida que el número de fabricantes aumente, por la consecuente lucha comercial asociada en la oferta de sus productos.

Otro factor de importancia que impulsa la tecnología de transmisión VoIP, es el despliegue de políticas y administración para garantizar la calidad de servicio en las redes IP. Muchos fabricantes están empezando a comercializar productos de la nueva generación, que soportan los protocolos para reservación de capacidad, aplicaciones múltiples y calidad de servicio requeridos para voz y videoconferencia sobre la red IP. Otra tendencia que fortalece la rápida propagación de VoIP es el favorable ambiente competitivo que se vislumbra para las dos siguientes décadas, particularmente para las compañías prestadoras del servicio de telefonía de larga distancia. Un reciente convenio, auspiciado por la ITU, sienta las bases para desregular el mercado del servicio de larga distancia en los países que comprenden el 95% del mercado mundial. Este fenómeno, en conjunto con el deseo de penetrar todos los mercados (incluyendo el doméstico) por parte de los prestadores de servicio, promete generar un enorme mercado para VoIP. Para muchas empresas, sin embargo, el verdadero valor de VoIP se obtendrá no por los bajos costos en el servicio de telefonía de larga distancia, sino por el beneficio de comunicar voz y datos juntos, fortaleciendo la eficiencia en el trabajo productivo.

Estamos en el inicio de una nueva era, VoIP conducirá la explosión de las comunicaciones entre personas aisladas y grupos colaborando en el mundo entero. Las herramientas y las herramientas *para construir las herramientas*, que están siendo creadas por una nueva, abierta y unificada arquitectura de comunicaciones, iniciará el ambiente propicio, que fomentará la competitividad y motivará a los proveedores independientes de aplicaciones y servicios. Impulsada por VoIP, esta revolución sentará las bases para que las corporaciones trabajen utilizando innovadoras, productivas y nuevas formas.

Personalmente me siento orgulloso y afortunado de ser partícipe y testigo de los revolucionarios cambios en curso en el mundo de las telecomunicaciones, mi participación en esta excitante área profesional, ha sido fundamentalmente atribuible a la excelente formación académica adquirida en la Facultad de Ingeniería de La Universidad Nacional Autónoma de México, la cual ha sido determinante para mi desarrollo profesional y personal en la nueva era de las telecomunicaciones.

Bibliografía

Micom Communications, "*Voice/Fax Over IP: Internet, Intranet, and Extranet*"
<http://www.micom.com/WhitePapers/index.html>

3Com Communications, "*Packet telephony Primer*"
http://www.3com.com/technology/tech_net/white_papers/index.html

DataBeam, "*A Primer on the H.323 series standard*"
<http://www.databeam.com/standards/index.html>

IEEE Communications Magazine, "*Standard H.323 Tutorial*"
http://www.comsoc.org/mx/std_h.323.html

CTI Network Telephony, "*Extending the PSTN: Voice Over IP Gateways*"
<http://www.tmcnet.com/articles/ctimag/02098/nettel001.html>

Rad Data Communications, "*Internet Phone*"
<http://www.rad.com/networks/1996/iphone/iphone.htm>

Daniel Minoli, "*Delivering Voice Over IP Networks*", John Wiley & Sons, USA, 1998.
<http://www.wiley.com/compbooks/>

PictureTel, "*Videoconferencing for Switched Packet Networks*"
<http://standards.pictel.com/webftp.htm>

Brooktrout Technology, "*IP Telephony*"
http://www.brooktrout.com/p_info/product_low.html

Alliance Systems, "*IP Telephony Basics*"
<http://www.alliancesystems.com/iptelephonybasics.htm>

Telogy Networks, "*Voice over IP*"
http://www.telogy.com/promo/golden_gateway/index2.html

Apéndices

A: El conjunto de protocolos TCP/IP

TCP/IP es el nombre de un conjunto de protocolos desarrollados para comunicar redes con distintas plataformas operativas. El conjunto de protocolos TCP/IP está formado por el Protocolo Internet (IP), el Protocolo de Control de Transmisión (TCP), el Protocolo Datagrama de Usuario (UDP), y otros protocolos más que realizan labores de soporte específicas, tales como transferencia de archivos entre computadoras, envío de correo electrónico, y acceso remoto a otras computadoras. El conjunto de los protocolos TCP/IP están normalmente organizados en capas funcionales, cada capa es responsable de una faceta diferente dentro del proceso global de comunicación. La función de cada una de las capas que forman al conjunto de estos protocolos son:

1. *La capa de enlace* Esta capa también llamada la capa de *interface* de red, normalmente incluye los “drivers” del dispositivo en el sistema operativo, junto con su correspondiente tarjeta de *interface* a la red. Ellos dos juntos, son responsables de todas los detalles de interconexión con el medio físico de comunicaciones.
2. *La capa de red* La capa de red, en ocasiones también llamada la capa Internet es responsable del envío de los paquetes con información a través de la red. El ruteo de paquetes con información, por ejemplo, es realizado en esta capa. IP proporciona la capa de red en el conjunto de protocolos TCP/IP.
3. *La capa de transporte.* La capa de transporte es responsable de proveer los mecanismos necesarios para mantener un flujo continuo y confiable, en el envío de la información recibida desde la capa superior de aplicación. En el conjunto de protocolos TCP/IP hay dos protocolos de transporte, TCP y UDP. TCP proporciona los mecanismos para lograr un flujo confiable de información entre los dispositivos terminales involucrados. La función de TCP consiste en “particionar” ó seccionar la información originada en la capa de aplicación, en tramas de tamaño conveniente para la capa inferior de red, reconociendo la recepción de paquetes de la aplicación y fijando tiempos limite para asegurarse que el sistema receptor reconoce la recepción de los paquetes de información enviados. La capa de aplicación puede ignorar todos los procedimientos de transporte, ya que la transmisión confiable de la información es responsabilidad exclusiva de la capa de transporte. UDP, por su parte, proporciona un servicio mucho más simple a la capa de aplicación. Su función, es la de enviar paquetes de información llamados “datagramas” desde un sistema a otro, aunque no se garantiza que los datagramas sean recibidos en su destino. Cualquier nivel de confiabilidad necesario para el envío de los datagramas, tendrá que ser implementado a través de la capa de aplicación.

4. *La capa de aplicación* La capa de aplicación es responsable de los detalles de la aplicación particular en curso. Casi cualquier aplicación común actual, utiliza algún tipo de aplicación con TCP/IP. Algunas de estas aplicaciones son:

- Telnet para acceso remoto a "Host"
- El protocolo para transferencia de archivos (FTP)
- El protocolo simple para transferencia de correo electrónico (SMTP)
- El protocolo simple para administración de redes (SNMP)

En la arquitectura de TCP/IP, TCP es responsable de verificar el correcto envío de la información desde el origen hasta su destino, permitiendo a un proceso en un origen, enviar confiablemente un flujo de datos a un proceso hasta su destino. TCP está orientado a conexión, es decir, antes de transmitir la información, los dispositivos participantes deben establecer una conexión. Cuando la información es perdida en el trayecto de envío, TCP detecta la pérdida e invoca al dispositivo emisor para su retransmisión, asegurándose que la información sea recibida completa y correctamente.

IP es responsable del envío y reenvío de los paquetes con información llamados PDU's (Protocol Data Units) desde un nodo a otro. IP proporciona las bases para disponer de un esquema de transmisión sin conexión previa, que realiza su mejor esfuerzo para el rápido envío de la información. La función específica de IP es la de rutear los paquetes con información desde el origen hasta su destino, pasando sobre redes intermedias a la trayectoria entre dichos puntos. Adicionalmente IP proporciona el medio para transportar los datagramas de un host origen a un host destino, posiblemente pasando por uno ó más ruteadores y segmentos de red en el trayecto. La información contenida en el "header" de IP identifica el origen, el destino, la longitud y las características de la información siendo transportada. En redes interconectadas, tanto los dispositivos terminales hosts como los ruteadores están involucrados en el proceso de los "headers" IP. Los hosts deben crear y transmitir los headers, también procesarlos al recibirlos; los ruteadores deben examinarlos para tomar las decisiones de ruteo y enrutar los paquetes con la información a la red de destino.

El conjunto de protocolos IP son soportados por una gran variedad de medios para interconexión, tales como ATM, Frame Relay, Líneas Dedicadas, ISDN, Ethernet, Token Ring y varios otros.

B: Ruteo de paquetes IP

Uno de los métodos comunes de interconectar redes y subredes LAN es a través del uso de ruteadores. Los ruteadores se encuentran ubicados en los puntos que delimitan dos subredes lógica ó físicamente. El ruteo es un método más sofisticado, y de aquí, más efectivo para interconexión de redes, en comparación con el método de puenteo ó "*bridging*". En teoría, un ruteador ó, más específicamente, un relevador de la capa de red, proporciona los mecanismos de conversión entre una subred que tiene protocolo de capa física P1, un protocolo de capa de enlace de datos DL1 y un protocolo de capa de red N1 a una subred con un protocolo de capa física P2, un protocolo de capa de enlace de datos DL2 y un protocolo de capa de red N2. En general, sin embargo, los ruteadores son utilizados para interconectar dos redes ó subredes que utilizan la misma capa de red, pero tienen diferentes protocolos en la capa de enlace de datos (ver fig. B.1).

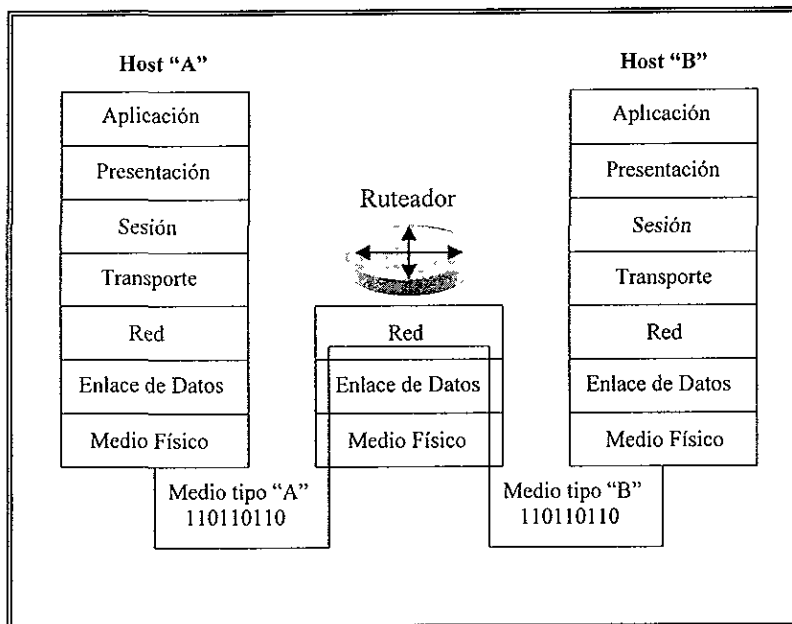


Figura B.1- Funcionalidad de los ruteadores para interconexión de redes.

Los ruteadores se han convertido en la tecnología predominante y fundamental para la interconexión de redes LAN. Sin embargo, la tecnología ATM probablemente tendrá un fuerte impacto sobre las alternativas para interconexión LAN en los próximos años. Los ruteadores permiten la interconexión lógica y física de dos redes, así mismo soportan la interconexión de redes LAN sobre enlaces WAN tradicionales y de reciente tecnología, como lo son frame relay y ATM. Algunos ruteadores operan directamente sobre la red óptica SONET.

Con la introducción de los servicios ATM, sin embargo, el papel de los ruteadores en las redes LAN corporativas podría cambiar. Por ejemplo, dispositivos proporcionando la conectividad entre localidades basadas en ruteadores, podrían concebiblemente no ser más los elementos indispensables para tal fin, pero el concepto de ruteo (envío de tramas en la capa de red del modelo de protocolos) ciertamente continuará existiendo. Adicionalmente, los ruteadores funcionan bien para aplicaciones tradicionales de comunicación de datos, pero las nuevas aplicaciones "multimedia" necesitan un tratamiento diferente, mayor velocidad de transmisión y mejores condiciones para la calidad de servicio QoS.

El uso de ruteadores permite la interconexión de redes lógica y físicamente diferentes, cada una manteniendo sus características únicas de red. Las metodologías para ruteo se están convirtiendo cada vez más sofisticadas a medida que las topologías de red se convierten más grandes y complejas. Actualmente, hay una variedad de protocolos soportados por las redes LAN que necesitan ser interconectados para lograr comunicación entre dispositivos de ambas redes. Los protocolos para LAN más comunes son IP, IPX y AppleTalk, aunque la tendencia general es el uso de IP. Los ruteadores tienen la virtud de poder interconectar redes con solo unas cuantas computadoras personales y *hosts* en una área relativamente limitada, ó bien redes con miles de computadoras y *hosts* con área de cobertura muy extendida.

Los ruteadores construyen tablas para hacer el direccionamiento de paquetes con información al dispositivo correspondiente, utilizando la información obtenida de los "protocolos de ruteo". Los "protocolos de ruteo" permiten a los ruteadores en una red interconectada conocerse y aprender uno del otro, para mantenerse actualizados acerca de la ruta optima para enviar los paquetes con información a su destino. Los ruteadores pueden interconectar diferentes tipos de redes y para lograrlo cuentan con la habilidad de determinar la mejor ruta para alcanzar el destino. La determinación de la mejor trayectoria a seguir se logra mediante el uso de mediciones algorítmicas, que son funciones de los parámetros de la red, tales como longitud de trayectoria, ancho de banda disponible, nivel de seguridad, costo y calidad de la trayectoria. Generalmente las mediciones son implementadas utilizando "software". Los valores utilizados para determinar la mejor ruta, son almacenados en tablas residentes en los ruteadores llamadas "tablas de ruteo". Los valores almacenados en dichas tablas, son circuladas por todas las redes interconectadas para compartirlos con los ruteadores adyacentes en la red.

Los protocolos de ruteo son el mecanismo adjunto utilizado por los ruteadores para obtener información acerca del estado de la red. Es decir, los protocolos de ruteo son utilizados para circular las tablas de ruteo por toda la red y con ello poder calcular los costos de una trayectoria considerada en particular.

Conceptualmente, los ruteadores operan distribuyendo, a menudo por difusión, PDU's para anunciar y señalar su presencia a todos los dispositivos conectados a la red. Los ruteadores se comunican con otros ruteadores, con el propósito de propagar la lista de nodos que puede ver desde su ubicación en la red, así como los costos de conexión y los niveles de utilización.

Existen un número de técnicas para circular las tablas de ruteo de un ruteador. Por ejemplo, el ruteo estático requiere que el administrador de la red, construya y mantenga las tablas de ruteo en cada rutador ó en un servidor central de ruteo. Esto implica que una vez configuradas, las rutas de red utilizadas por los PDU's no pueden cambiar. Un rutador que utiliza una ruta estática, puede señalar alarma cuando detecta que un enlace de comunicación, que es el trayecto de una ruta esta fallando, pero no actualizará automáticamente su tabla de ruteo, para reenrutar el tráfico por otra trayectoria diferente a la de falla. El ruteo estático es, por lo tanto, típicamente utilizado en intraredes de distancia limitada, como en edificios y pequeñas escuelas.

El ruteo dinámico por su parte, permite al ruteador automáticamente actualizar la tabla de ruteo y recalcular la trayectoria óptima, basada en las condiciones de tiempo real en la red. Por ejemplo, fallas del enlace de comunicación, congestión, etc. Los ruteadores que implemetan ruteo dinámico intercambian información acerca de la topología de la red con otros ruteadores. Las capacidades del ruteo dinámico son las más deseables en la operación de la red, porque se ajustan automáticamente a las condiciones cambiantes de la red.

Para mantener comunicaciones efectivas, el intercambio apropiado de información de ruteo y estado entre ruteadores es esencial. Los protocolos de ruteo son utilizados como medio para intercambiar la vital información entre ruteadores. Los tres protocolos comúnmente utilizados en el contexto de TCP/IP son RIP (Routing Information Protocol), IGRP (Interior Gateway Routing Protocol) y OSPF (Open Shortest Path First). El proceso de reconfiguración de las tablas de ruteo (llamado convergencia), debe ocurrir rápidamente para prevenir que los rutadores utilizen información errónea, que ocasione ruteo incorrecto de paquetes PDU's.

Dos metodologías son utilizadas para la disseminación de la información entre ruteadores, "vector distante" y "estado de enlace". Los ruteadores que emplean la técnica de vector distante crean un mapa de red, mediante el intercambio de información en una secuencia periódica y progresiva. Cada ruteador mantiene una tabla de costos relativa (cuenta de saltos u otros parámetros, tal como disponibilidad de ancho de banda) para alcanzar cada destino. La información intercambiada es utilizada para determinar la dimensión de la red, mediante la cuenta de una serie de saltos. Una vez que un ruteador ha calculado cada uno de sus vectores de distancia, propaga esa información a cada uno de sus ruteadores vecinos periódicamente, digamos, cada 60 segundos. Si han ocurrido cambios en la red, según lo detectado por los vectores, el ruteador receptor cambiara su tabla de ruteo y la propagará a todos los ruteadores circunvecinos. El proceso continua hasta que todos los ruteadores en la red, han convergido en la nueva topología. Los protocolos de vector distante incluyen a RIP e IGRP, y pueden ser implementados relativamente fácil.

Los ruteadores que utilizan el protocolo de estado de enlace, aprenden la topología de la red interconectada, y actualizan las tablas entre uno y otro, mediante el envío de ráfagas periódicas a la red con la información del estado de enlace. Esta información incluye la identificación de los enlaces ó subredes directamente conectados a cada ruteador, y el costo de conexión. Los ruteadores que utilizan el protocolo OSPF envían la información del estado de enlace a todos los ruteadores en la red; a su vez, estos ruteadores utilizan esa información para disseminarla entre otros ruteadores lejanos al primero. Después de que esto ocurre, cada ruteador calcula la trayectoria óptima desde él mismo a cada enlace. Las trayectorias indirectas son descartadas para favorecer la trayectoria más corta.

El ruteo por estado de enlace es una reciente manera de ruteo dinámico, en este modo, los ruteadores difunden sus tablas de ruteo a todos los ruteadores dentro del dominio administrativo. Ya que la información de ruteo es difundida en ráfagas, en lugar de tan solo enviarla a los ruteadores vecinos, como es el caso de los ruteadores que utilizan vector distante, cada ruteador puede entonces desarrollar un mapa completo de la topología de la red. Una vez desarrollada la topología de red, cada ruteador puede ahora cacular la mejor trayectoria para alcanzar su destino. El ruteo por estado de enlace, puede ser la mejor opción a elegir en el futuro, porque requiere de menos ancho de banda que el método de vector distante y converge mucho más rápido cuando ocurre algún cambio en la topología de la red.

C: Datagramas IP

Como se comento anteriormente, en el ambiente TCP/IP, IP proporciona el mecanismo para transferir la información desde un sistema en un extremo de una red LAN, a otro sistema terminal ubicado en la misma ó diferente red LAN. IP hace que las capas inferiores de interconectividad aparezcan transparentemente para las capas superiores, TCP en particular, es un protocolo sin conexión previa, en el que cada IP-PDU es tratado independientemente. En este contexto, los PDU's son también llamados "datagramas". IP proporciona dos servicios básicos para la transmisión de los "datagramas"; direccionamiento-fragmentación y reensamblaje de paquetes muy largos de PDU's TCP. IP no proporciona ningún mecanismo para garantizar el envío, confiabilidad, control de flujo ó corrección de errores para los procesos de las capas inferiores. Durante el proceso de transmisión, IP podría perder los PDU's, enviarlos incorrectamente, ó duplicarlos; *IP delega la solución de estos problemas a las capas superiores, en particular a TCP.* IP hace el envío de los PDU's bajo el concepto de "envío con la mejor intención", porque no hay conexión física, ni virtual previa al envío. El formato de un PDU IP se muestra en la figura C.1.

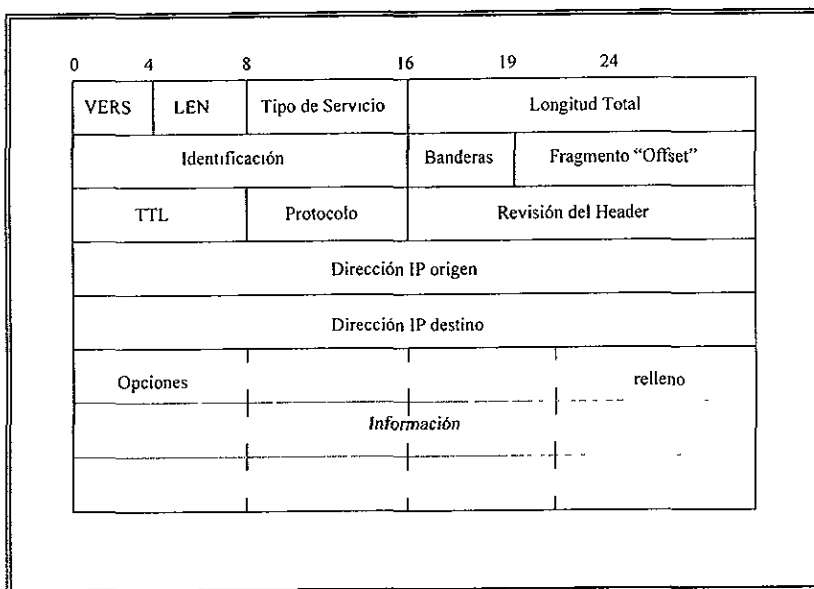


Figura C.1- Formato del PDU-IP.

La trama PDU-IP es de 20 ó más octetos. Una breve descripción de cada uno de los campos que integran la trama PDU-IP se presenta a continuación.

- El campo VERS describe la versión del protocolo IP, por ejemplo, Versión 4.
- El campo LEN es la longitud del *Header* IP, contado en 32 unidades de Bit.
- El campo de *Tipo de Servicio* describe la calidad de servicio solicitada por el enviador de este PDU-IP y tiene el formato:

Precedente | D | T | R | XXX

En donde, *Precedente* es un indicador de la prioridad de este PDU-IP; D especifica si este PDU-IP puede ser retardado (0) ó si no puede ser retardado (1); T indica el tipo de transmisión volumetrica "*throughput*" deseada (0= normal, 1=alto); R especifica si se requiere subred confiable (1) ó no (0); y XXX está reservado para uso futuro. Las opciones para el parámetro de *Precedente* son: Rutinario (000), Prioritario (001), Inmediato (010), Instantáneo (011), Sobre Instantáneo (100), Crítico (101), Control de Inter red (110) y Control de red (111)

- El campo de *Longitud Total* especifica la longitud de la trama completa PDU-IP. Ya que la trama PDU-IP es encapsulada dentro de la trama de la capa inferior, por ejemplo, LLC/MAC (Logical Link Control/Media Access Control), su longitud está restringida a un límite no mayor de la longitud de la trama de la capa inferior, en la cual será encapsulada. Por ejemplo, el límite para Ethernet es de 1500 octetos. Sin embargo, IP se encarga de esta limitación mediante el uso de la segmentación y reensamblaje SAR (Segmentation And Reassembly), también conocido como fragmentación y desfragmentación. Sin embargo, IP necesita que todas las capas inferiores sean capaces de manejar PDU's de hasta de 576 octetos de longitud sin tener que utilizar los recursos de SAR. Los fragmentos de un PDU-IP cuentan también con un "*header*", básicamente copiado del PDU-IP original y de algunos segmentos de la información. Los "*headers*" de los fragmentos PDU-IP son tratados normalmente, tal como si fueran paquetes PDU-IP durante el proceso de transmisión a su destino. Sin embargo, si uno de los fragmentos es perdido en el trayecto, el paquete PDU-IP completo es declarado perdido, porque IP no cuenta con ningún mecanismo de reconocimiento.
- El campo de *Identificación* contiene un número único asignado por el dispositivo originador, para ayudar en el reensamblaje de un paquete PDU-IP fragmentado. Todos los fragmentos de un PDU-IP inicial tienen el mismo y único número de identificación.
- El campo de las *banderas* es de la forma: 0 | DF | MF, donde DF (Don't Fragment), No Fragmentación, especifica si el PDU-IP puede ser segmentado (0) ó no (1), MF (More Fragments), Más Fragmentos, especifica si hay más segmentos (1) ó no hay más segmentos (0).

- El campo del "*Fragmento Offset*" es utilizado para ayudar al proceso de reensamblaje de un PDU-IP fragmentado. Este valor representa el número de blocks de 64 bits (excluyendo los octetos del *header*), que están contenidos en los fragmentos anteriores. En el primer segmento (ó si el PDU-IP consiste de un sólo segmento), este valor es puesto en cero.
- El campo *TTL (Time To Live)* especifica el tiempo en segundos que este PDU-IP es permitido en permanecer en circulación. Cada compuerta IP por la que este paquete PDU-IP pasa, subtrae de este campo el tiempo de proceso aplicado a este PDU-IP. A cada compuerta se le solicita subtraer al menos una unidad de este contador, cuando el valor de este campo llega a cero, se asume que este PDU-IP ha estado viajando en círculos y por lo tanto, es descartado.
- El campo de *Protocolo* indica los protocolos de nivel superior a los que esta compuerta debe enviar la información. Por ejemplo, un código decimal 6 (binario 00000110) significa TCP; 29 es para ISO TP4; 10 es para BBN's, etc.
- El campo *Revisión de Header* es un procedimiento para corrección de errores exclusivamente para la porción del *header*. La revisión para errores es calculada como el complemento de los 16 bits unos, del complemento de la suma de los unos de todas las palabras de 16 bits en el *header*. Para propósitos del calculo, el campo de *Revisión de Header* se supone que es todo ceros.
- El campo de la *Dirección IP origen* contiene los 32 bits con la dirección IP del dispositivo que esta enviando un PDU-IP.
- El campo de la *Dirección IP destino* contiene los 32 bits con la dirección IP del dispositivo al que se esta enviando un PDU-IP.
- El campo de *Opciones* define características adicionales específicas, estas incluyen información explícita para ruteo, bitácora de rutas utilizadas y bitácora de estampado de tiempo. Este campo debe ser leído y procesado por todos los dispositivos conectados en la red, aunque no todos tengan la capacidad de generarlo.

Glosario

ATM (Asynchronous Transfer Mode) Tecnología de transmisión conmutada de alta velocidad orientada a conexión, que puede transmitir video, voz y datos simultáneamente utilizando paquetes de longitud fija, también llamadas celdas.

ETHERNET Protocolo de red estándar de la IEEE que especifica como los datos con información son depositados y recuperados de un medio común de transmisión. Tiene una velocidad de transferencia de 10 Mbps. Y forma el vehículo de transporte utilizado por varios protocolos de alto nivel como, TCP/IP e IPX

FRAME RELAY Tecnología de transmisión conmutada de baja y mediana velocidad orientada a conexión, que puede transmitir video, voz y datos simultáneamente, utilizando paquetes de longitud fija ó variable.

GSTN (Global Switched Telephone Network) Una red conmutada pública ó privada para telecomunicaciones a nivel mundial, es decir, la red de telecomunicaciones integrada por todas las redes para telecomunicaciones interconectadas a nivel mundial.

HDLC (High-Level Data Link Control) Protocolo desarrollado por la organización internacional de estandarización que especifica los métodos de encapsulación para transmisión síncrona serial.

IP (Internet Protocol) en TCP/IP, el estándar para enviar la unidad básica de información, un "datagrama IP" a través de una red interconectada.

ITSP (Internet Telephony Service Provider) Proveedor público de servicio telefónico utilizando medios comúnmente utilizados para interconexión de computadoras, tal como la Internet.

IPX (Internetwork Packet Exchange) Protocolo de red propietario de Novell que opera como IP en la capa 3 del modelo OSI y es utilizado para intercomunicar dispositivos de computo ubicados en diferentes segmentos de red.

ISDN (Integrated Services Digital Network) Red de servicios digitales integrados, la recomendación publicada por CCITT para redes digitales de telefonía públicas ó privadas, en las cuales la información digital binaria, como la voz digitalizada, datos y video son transmitidos sobre la misma red digital que transmite las conexiones de telefonía común. El servicio básico de ISDN provee dos canales a 64 kbps mas un canal de control a 16 Kbps.

LAN (Local Area Network) Red de área local, recursos de computo, tales como PC's, impresoras, servidores, *hosts*, etc. que están interconectados a través de un medio común de transmisión. Tal como, cable coaxial ó cable con pares trenzados de cobre. Usualmente una LAN se refiere a una red sencilla de una oficina ó edificio.

LLC (Logical Link Control) Parte superior de la capa inferior número 2 del modelo de referencia OSI. Es decir, la capa de enlace.

MAC (Media Access Control) La capa inferior número 2 del modelo de referencia OSI, controla el acceso al medio de transmisión, tal como Ethernet, Token Ring, CSMA/CD, etc.

OSI (Open Systems Interconexión) Modelo operativo creado por la organización internacional de estandarización y la CCITT (ahora ITU) para la interconexión de redes.

PBX (Private Branch Exchange) Sistema para conmutación e intercambio de llamadas telefónicas para uso privado. comúnmente conocido como conmutador telefónico ó PBX.

PSTN (Public Switched Telephone Network) la red pública de telefonía tradicional.

QoS (Quality of Service) Procedimiento para garantizar la disponibilidad de recursos de la red y dar prioridad a las aplicaciones en tiempo real.

SDL (Synchronous Data Link Control) Versión propietaria de IBM del protocolo HDLC.

SNA (Systems Network Architecture) Arquitectura de red propietaria de IBM, similar pero no compatible con el modelo de referencia de la OSI. Integrada por siete capas, cada capa se apoya en las funciones de la capa inferior.

SONET (Synchronous Optical Network) Red digital de alta velocidad, diseñada para operar sobre fibra óptica con velocidades de transmisión desde 51.84 Mbps. Hasta 2.4 Gbps.

TCP (Transmission Control Protocol) Una confiable capa del modelo OSI para interconexión de redes que opera sobre IP.

TDM (Time Division Multiplexing) Técnica para transmisión en la que, a la información de varios canales se le asigna un tiempo determinado y fijo para su transmisión.

TOKEN RING Un método de comunicaciones estándar de la IEEE que utiliza un "señuelo" (Token) para controlar el acceso a la red LAN. Para que un dispositivo en la red Token Ring pueda acceder el medio de comunicación debe tener en su poder el "señuelo". Si no tiene información que transmitir, debe pasar el "señuelo" al siguiente dispositivo de la red.

UDP (User Datagram Protocol) Una capa del modelo ISO que no garantiza el envío confiable de la información. UDP esta situado en el mismo nivel que TCP.

WAN (Wide Area Network) Red de área extendida, red de computo pública ó privada sirviendo una área geográfica amplia.

X.25 recomendaciones desarrolladas por la CCITT que definen un protocolo para comunicaciones entre una red pública de datos conmutada y el equipo terminal del usuario de este servicio.