

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA**

**ANALISIS DEL DESEMPEÑO DEL PROTOCOLO IP PARA LA**  
**TRANSMISION DE VOZ Y FAX EN UNA RED WAN CON ENLACE**  
**SATELITAL**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN**  
**ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**

**NANCI DEL PILAR OLIVO FERNANDEZ**

**QUITO-ECUADOR**

**2000**

## **CERTIFICACION**

Certifico que la Sra. Nanci del Pilar Olivo Fernández ha desarrollado íntegramente la Tesis: “ANALISIS DEL DESEMPEÑO DEL PROTOCOLO IP PARA LA TRANSMISION DE VOZ Y FAX EN UNA RED WAN CON ENLACE SATELITAL” bajo mi dirección y asesoría.

  
Ing. CARLOS EGAS

## **INDICE**

<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I. FUNDAMENTOS DE IP</b>	
1.1 Introducción	6
1.2 Arquitectura TCP/IP	7
1.2.1 Comunicaciones entre capas pares.	7
1.2.2 Encapsulamiento	9
1.2.3 Origen del conjunto de protocolos TCP/IP	10
1.2.4 Descripción del model de capas de TCP/IP	12
1.2.5 Arquitectura de interconexión de redes en TCP/IP	13
1.3 Protocolo IP (Internet Protocol)	14
1.3.1 Formato del Datagrama IP	15
1.3.2 Unidad Máxima de Transferencia MTU (Maximum Transfer Unit)	18
1.3.3 Direccionamiento IP	18
1.3.4 Enrutamiento en redes IP	21
<b>CAPITULO II. ALGORITMOS DE CODIFICACION DE VOZ</b>	
2.1 Introduucción	26
2.2 Calidad de servicio en una red de datos para el trasporte de voz y fax.	27
2.3 Métodos de codificación de voz	31
2.4 Estándares de codificación de voz.	33
2.4.1 Estándar G.711	35
2.4.2 Estándar G.728	35
2.4.3 Estándar G.729	36
2.4.4 Estándar G.723.1	36
2.5 Calidad de compresión	37
2.6 Retardo	40

### **CAPITULO III. FUNDAMENTOS DE LA TRANSMISIÓN DE VOZ Y FAX SOBRE IP**

3.1	Introducción	41
3.2	Aplicaciones y Beneficios de VoIP	42
3.3	Características de una red IP con soporte de tráfico de voz.	46
3.3.1	Formas de transporte de VoIP.	47
3.3.2	El protocolo H.323 en la transmisión de VoIP.	48
3.4	Transmisión de voz en redes IP.	50
3.4.1	Elementos de una red para VoIP.	51
3.4.2	Conjunto de protocolos VoIP	53
3.4.3	Procedimiento de una llamada para VoIP.	54
3.4.4	Transporte de VoIP (RTP/RTCP).	64
3.5	Fax sobre IP (Fax Over Internet Protocol, FoIP)	71
3.5.1	Calidad de Servicio para FoIP.	73
3.5.2	Transmisión de FoIP en tiempo real y en almacenamiento- envío.	74
3.5.3	Estándar T.38	75

### **CAPITULO IV. PRUEBAS Y RESULTADOS DE LA TRANSMISIÓN DE VOZ Y FAX SOBRE IP**

4.1	Introducción	79
4.2	Características de los equipos empleados en las pruebas.	81
4.3	Pruebas en una red LAN.	87
4.3.1	Descripción.	87
4.3.1	Configuración de la red para las pruebas de voz.	88
4.3.3	Resultados de las pruebas de voz.	91
4.3.4	Configuración de la red para las pruebas de fax.	93
4.3.5	Resultados de las pruebas de fax.	94
4.4	Pruebas en una red WAN que emplea enlace satelital SCPC.	95
4.4.1	Descripción	95
4.4.2	Configuración de los equipos para las pruebas de voz.	100
4.4.3	Resultados de las pruebas de voz.	101
4.4.4	Configuración de los equipos para las pruebas de fax.	111

4.4.5	Resultados de las pruebas de fax.	111
4.5	Pruebas sobre una res que emplea tecnología VSAT LAN.	112
4.4.1	Descripción.	112
4.4.2	Pruebas con VLAN.	119

## **CAPITULO V. COMPARACIÓN ENTRE LAS TECNOLOGÍAS DE VoIP Y VoFR.**

5.1	Introducción	124
5.2	Comparación técnica	125
5.2.1	Consumo de Ancho de Banda.	125
5.2.2	Forma de dar calidad de servicio para el transporte de voz/fax.	127
5.3	Comparación de resultados.	131

## **CAPITULO VI. CONCLUSIONES**

### **BIBLIOGRAFIA**

### **GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS**

### **ANEXOS.**

## INTRODUCCION

La voz sobre redes de datos representa una tecnología desarrollada para satisfacer el requerimiento de administración de una red al integrar la transportación de voz y datos utilizando efectivamente la infraestructura existente.

Básicamente la voz sobre redes de datos puede describirse como una aplicación de esquemas de digitalización y compresión de voz implementados a través de una variedad de productos de hardware y software que hacen posible que la voz pueda ser transportada en redes originalmente desarrolladas para transportar datos.

Inicialmente la voz sobre canales TDM<sup>1</sup> funcionaron bien, pero era necesario un gran ancho de banda para la transmisión de un canal de voz, que estaba disponible durante todo el tiempo. IP y Frame Relay son redes de conmutación de circuitos en las que se consume ancho de banda solamente cuando la transmisión ocurre.

La voz requiere de un ancho de banda de 64 kbps, lográndose por medio de la compresión reducciones de hasta 32, 16, 8 o 4 kbps, a través de la supresión del silencio, eliminando todos los paquetes vacíos que comúnmente se envían en una conversación, esto sin afectar la calidad.

---

<sup>1</sup> TDM: (Time Division Multiplexing) Multiplexación por División de Tiempo.

La voz sobre IP (VoIP: Voice over Internet Protocol) es una alternativa que emerge a la telefonía tradicional basada en PSTN<sup>2</sup>, particularmente para dar solución a redes que tienen oficinas en lugares geográficamente dispersos y que ya poseen una infraestructura IP para su red de datos. Facilita el hecho de la gran popularidad de las redes IP, especialmente por el Internet..

VoIP es la base para que aparezcan nuevas aplicaciones. VoIP puede aceptar llamadas desde teléfonos convencionales y teléfonos celulares, también pueden revisar el correo electrónico y convertirlo en mensajes de voz sobre líneas telefónicas. Las áreas de incidencia de VoIP comprenden:

- Telefonía en Internet.
- Telefonía en redes privadas.
- Servicio de fax por Internet.
- Videoconferencia por Internet.
- Interconexión de PBX, entre otras.

Varias aplicaciones de VoIP, tienen el mismo objetivo " Disminuir los costos de llamadas internacionales", entre las cuales podemos mencionar un primer esquema que comprende tres componentes, hardware que enlaza el teléfono al computador personal, software cliente que convierte la voz en paquetes IP y un servidor Gateway<sup>3</sup> que envía la voz sobre la red IP

---

<sup>2</sup> PSTN: Public Switched Telephonic Network, red telefónica pública.

<sup>3</sup> Gateway: Explicado en 3.4.1

o la envía a través de la red pública. En esencia esta técnica conecta los teléfonos a la red IP.

Actualmente existen equipos que son parte de una red IP y que pueden empaquetar la voz codificada en paquetes IP, y enviarlos a través de la red como si se trataran de paquetes de datos. El VoIP Forum<sup>4</sup> hace recomendaciones acerca de los protocolos, tipos de codificadores de voz y los equipos que forman parte de una red que soporta VoIP, con la finalidad que los equipos de diversos fabricantes puedan interoperar.

A pesar de ser una aplicación innovadora la transmisión de voz sobre IP tiene sus desventajas, ya que una red IP no ofrece calidad de servicio necesaria para aplicaciones de tiempo real. Los principales problemas son: el jitter, el retardo y la pérdida de paquetes en la red

Debido que la voz es sensible a las variaciones del tiempo, se han desarrollado otros protocolos como RTP, (Real Time Protocol: Protocolo de transporte en tiempo real) el cual distribuye el tráfico en tiempo real permitiendo mejorar la calidad de la recepción de voz sobre la red IP, RTCP (Real Time Control Protocol: Protocolo de control de RTP) el cual monitorea la calidad de servicio de los datos RTP, otro protocolo es el RSVP (Resource Reservation Protocol: Protocolo de reservación de recursos), el cual permite reservar ancho de banda en la red y asignar prioridades a varios tipos de tráfico.

---

<sup>4</sup> VoIP Forum: Grupo de fabricantes de equipos de red que tienen como objetivo la estandarización de la voz sobre IP.

En la presente tesis se explica el funcionamiento de VoIP en una red privada con las siguientes posibilidades.

- ✓ Una red LAN<sup>5</sup> Ethernet 10BASET.
- ✓ Una red WAN<sup>6</sup> que emplea un enlace satelital con SCPC<sup>7</sup>, y Frame Relay como protocolo de nivel de enlace.
- ✓ Una red WAN que emplea la tecnología de VSAT LAN<sup>8</sup> para unir redes LAN en diferentes sitio geográficos.

En el primer capítulo se resume el funcionamiento del conjunto de protocolos TCP/IP. El segundo capítulo describe las características de digitalización y codificación de voz. Se explica resumidamente los diferentes métodos de codificación de voz y los estándares de la ITU-T<sup>9</sup> generalmente empleados en VoIP.

En el capítulo 3 se muestra el escenario de VoIP, las aplicaciones y beneficios de su implementación. Además de las recomendaciones del VoIP Forum que pueden aplicarse para el caso en estudio.

---

<sup>5</sup> LAN: (Local Area Network), Red de Area Local.

<sup>6</sup> WAN: (Wide Area Network), Red de Area Extendida

<sup>7</sup> SCPC: Single Channel per Carrier, un único canal por portadora.

<sup>8</sup> VSAT LAN: explicado en 4.4.1

<sup>9</sup> ITU-T: International Telecommunications Union Telecommunication Standarization Sector. Organización establecida por las Naciones Unidas, cuyo objetivo es el establecer los estándares que rigen las telecomunicaciones.

El capítulo 4 detalla las pruebas realizadas, describe las características de los equipos empleados, los parámetros utilizados y los resultados obtenidos.

En el capítulo 5 se comparan las tecnologías de Voz sobre IP (VoIP) y Voz sobre Frame Relay (VoFR) analizando la tecnología empleada y la calidad de voz obtenida con las dos técnicas.

# CAPITULO I

## FUNDAMENTOS DE IP

### 1.1 Introducción

IP (Internet Protocol) desde su creación se estableció como la unidad básica de transferencia en una red de redes, ya que todos los servicios son orientados a un sistema sin conexión de entrega de paquetes, donde IP proporciona una red virtual que comprende varias redes físicas. Manejando al principio datos, posteriormente transmitiendo de voz y video, aprovechando el encapsulamiento<sup>1</sup> de un datagrama<sup>2</sup> dentro de una trama física. Lo que se prevé en los años subsiguientes es que IP reemplace las operadoras telefónicas actuales, ya que la infraestructura de capas de IP servirá para distribuir una variedad de servicios, incluyendo el acceso a internet, video por demanda, compras electrónicas y el servicio telefónico.

Las redes IP tienen un transporte independiente, dando al usuario final la posibilidad de escoger una plataforma local que se ajuste a sus necesidades y presupuesto. IP puede transportarse sobre ATM<sup>3</sup>, Ethernet, Frame Relay<sup>4</sup>, ISDN<sup>5</sup> ó sobre líneas analógicas. La clave es escoger la conexión correcta basándose en requerimientos de la aplicación y ancho de banda.

Las redes IP cumplen estándares universales, permitiendo a muchos fabricantes ofrecer sus productos en una competencia abierta de hardware y servicios de red. Esta competencia

---

<sup>1</sup> Encapsular: Concepto explicado en 1.2.2

<sup>2</sup> Datagrama: Concepto explicado en 1.2.1

<sup>3</sup> ATM: Asynchronous Transfer Mode, tecnología de conmutación de paquetes de alta velocidad.

<sup>4</sup> Frame Relay: Tecnología de redes de datos, empleado para la implementación de redes WAN, trabajan en el nivel 2 del modelo OSI.

abierta minimiza los costos y promueve la aparición de nuevos servicios para el usuario final.

En este capítulo se explica brevemente la arquitectura del conjunto de protocolos TCP/IP, para luego hacer una revisión del funcionamiento del protocolo IP.

## **1.2 Arquitectura TCP/IP**

TCP/IP es la denominación que recibe una familia de protocolos diseñados para la interconexión de computadoras, independiente de su arquitectura y el sistema operativo que ejecuten. Es un estándar de facto debido a la expansión de Internet, la red a la que se conectan millones de usuarios en todo el mundo.

Los protocolos establecen una descripción formal de los formatos que deberán presentar los mensajes para poder ser intercambiados por los equipos, además definen las reglas que deben seguirse para lograrlo, los protocolos están presentes en todas las etapas necesarias para establecer una comunicación entre ellos, desde aquellas de bajo nivel como es la transmisión de flujos de bits a un medio físico, hasta aquellas de más alto nivel como el compartir o transferir información desde un computador a otro de la red.

### **1.2.1 Comunicaciones entre capas pares.**

Tomando al modelo OSI<sup>6</sup> (Open System Interconnection) como referencia se puede concluir que para cada capa que el modelo define existe uno o más protocolos interactuando. Los protocolos trabajan en pares (peer-to-peer), es decir, un protocolo de un nivel dialoga con el protocolo del mismo nivel en un host remoto. Cada protocolo en su

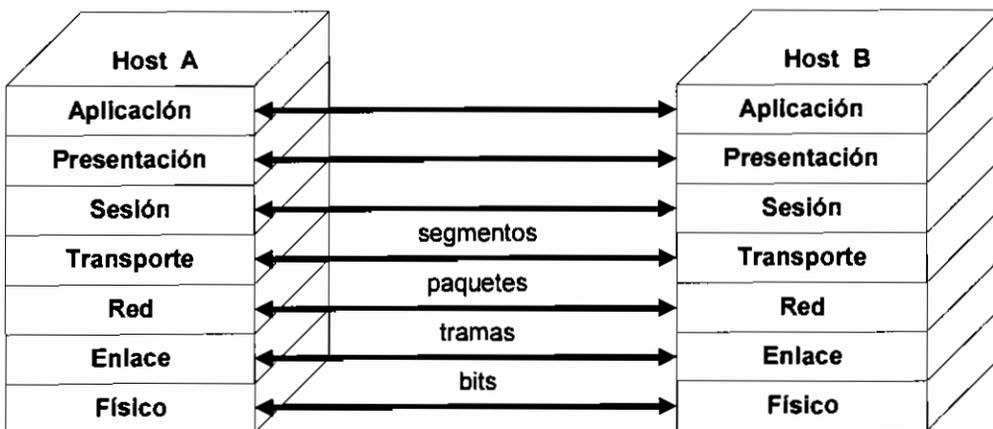
---

<sup>5</sup> ISDN: (Integrated Services Digital Network) Red Digital de Servicios Integrados

correspondiente capa intercambia información, llamada unidad de datos (PDU<sup>7</sup>), entre capas pares. Cada capa determina el nombre para sus PDUs. Por ejemplo, en TCP/IP, la capa de transporte se comunica con su par usando segmentos.

La comunicación entre protocolos de capas pares se la realiza utilizando los servicios de la capa inferior. La capa inferior de cualquier capa provee sus servicios para la capa actual. En cualquier capa se toma la información de la capa superior y la utiliza como parte del PDU, el cual intercambia con su capa par.

De esta forma los segmentos TCP son parte de los paquetes de la capa internet (también llamado datagrama). Los paquetes IP forman parte de las tramas del nivel de enlace. Por último las tramas llegan a ser flujo de bits los cuales son transmitidos por el protocolo de la capa física.



*Figura 1.1 Comunicaciones Peer to Peer en el modelo OSI<sup>8</sup>*

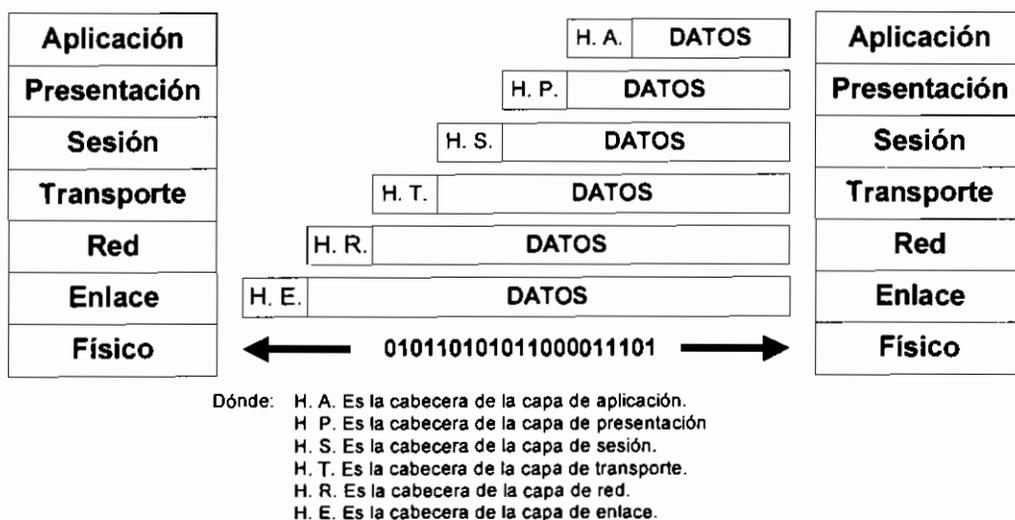
<sup>6</sup> OSI: modelo de capas desarrollado por el ISO (International Organization for Standardization)

<sup>7</sup> PDU: Protocol Data Unit.

<sup>8</sup> Tomado de: CISCO SYSTEMS Inc., "Introduction to Internetworking", USA, 1995

## 1.2.2 Encapsulamiento

Cada nivel depende del servicio que le provea la capa inferior de acuerdo con la estructura OSI. Para entregar este servicio, la capa inferior utiliza encapsulamiento es decir pone el PDU del nivel superior en su campo de datos, entonces se añade una cabecera y una cola. Por ejemplo la capa red tiene la tarea de mover los datos a través de la red. Esta realiza su tarea encapsulando los datos (segmento de datos) con una cabecera, la misma que contiene la información requerida para completar la transferencia, tales como direcciones fuente y destino. La capa enlace provee un servicio a la capa red. Esta encapsula la información de la capa red en una trama. La cabecera de la trama contiene información completa requerida para que en enlace de datos cumpla su función. Finalmente, la capa física provee servicios a la capa enlace, como codificación de la trama de acuerdo a un patrón de 1's y 0's lógicos para su transmisión en un medio físico.



**Figura 1. 2 Encapsulamiento.**

### 1.2.3 Origen del Conjunto de protocolos TCP/IP

En 1973, La agencia de Proyectos de Investigación Avanzada para la Defensa (DARPA), de los Estados Unidos, inició un programa para la investigación de tecnologías que permitieran la transmisión de paquetes de información entre redes de diferentes tipos y características.

El proyecto tenía por objetivo la interconexión de redes, por lo que se denominó "internetting", y a la familia de redes de computadoras que surgió de esta investigación se le denominó "internet". Los protocolos desarrollados se denominaron el Conjunto de Protocolos TCP/IP, que surgieron de los dos conjuntos previamente desarrollados, los Protocolos de Control de Transmisión (Transmission Control Protocol) e Internet (Internet Protocol).<sup>9</sup>

En la actualidad, las funciones propias de una red pueden ser divididas en las siete capas propuestas por la ISO para su modelo de sistemas abiertos (OSI). Sin embargo la implantación real de una arquitectura puede diferir de este modelo.

Las arquitecturas basadas en TCP/IP proponen cuatro capas en las que las funciones de las capas sesión y Presentación son responsabilidad de la capa Aplicación y las capas de Enlace de datos y Física son vistas como la capa de Interfaz a la Red. Por tal motivo para TCP/IP sólo existen las capas de interfaz de Red, la de Intercomunicación en red (internet), la de Transporte y la de Aplicación.

---

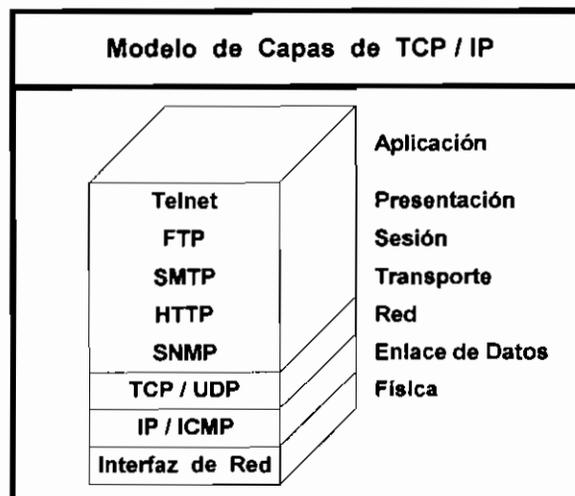
<sup>9</sup> Referencia: DOUGLAS E. COMER, "Redes Globales de Información con Internet y TCP/IP: Principios Básicos, Protocolos y Arquitecturas", Editorial Prentice Hall, Tercera Edición, 1995.

Conjunto de Protocolos TCP / IP y su relación con el modelo OSI						
Aplicación						
Presentación	TELNET	FTP	SNMP	SMTP	DNS	HTTP
Sesión						
Transporte	TCP					
Red	IP					
Enlace de Datos	IEEE 802.2				X.25	LLC / SNAP
	IEEE 802.3	IEEE 802.5	LAPB		ATM	
Física	MEDIO DE TRANSMISION					

TCP : Transfer Control Protocol  
IP : Internet Protocol

*Figura 1.3 Conjunto de Protocolos TCP/IP. Su relación con el modelo OSI<sup>10</sup>*

TCP/IP presupone independencia del medio físico de comunicación, sin embargo existen estándares bien definidos en los niveles de Enlace y Físico que proveen mecanismos de acceso a los diferentes medios, y que en el modelo TCP/IP deben considerarse en la capa de interfaz de red; siendo los más usuales Ethernet, Token Ring y FDDI.



*Figura 1.4 Modelo de capas de TCP/IP*

<sup>10</sup> Tomado de: CISCO SYSTEMS Inc., "TCP/IP", [www.cisco.com](http://www.cisco.com).

#### 1.2.4 Descripción del modelo de capas de TCP/IP.

- **Capa de Aplicación:** Invoca programas que acceden a los servicios de la red. Interactúan con uno o más protocolos de transporte para enviar o recibir datos, en forma de mensajes o bien en forma de flujo de bytes.
- **Capa de Transporte:** Provee comunicación extremo a extremo desde un programa de aplicación a otro. Regula el flujo de información. Puede proveer de transporte confiable asegurándose que los datos lleguen sin errores y en la secuencia correcta. Coordina múltiples aplicaciones que se encuentren interactuando con la red simultáneamente de tal manera que los datos que envíe una aplicación sean recibidos correctamente por la aplicación remota, esto se lo hace añadiendo identificadores a cada una de las aplicaciones. Realiza además una verificación, para asegurar que la información no sufrió alteraciones durante su transmisión.
- **Capa Internet:** Controla la comunicación entre un equipo y otro, decide qué rutas deben seguir los paquetes de información para alcanzar su destino. Conformar los paquetes IP que serán enviados por la capa inferior. Desencapsula los paquetes recibidos y pasa a la capa superior la información dirigida a una aplicación.
- **Capa de Interfaz de Red:** Emite al medio físico el flujo de bits y recibe los que de él provienen. Consiste en los manejadores de los dispositivos que se conectan al medio de transmisión.

#### 1.2.5 Arquitectura de Interconexión de Redes en TCP/IP

Para entender el funcionamiento de los protocolos TCP/IP debe tenerse en cuenta la arquitectura que ellos proponen para comunicar redes. Tal arquitectura ve como iguales a

todas las redes a conectarse, sin tomar en cuenta el tamaño de ellas, ya sean locales (LAN) o de cobertura amplia (WAN).

Además define que todas las redes que intercambiarán información deben estar conectadas a un mismo host o equipo de procesamiento (dotados con dispositivos de comunicación); a tales computadoras se les denominan compuertas, pudiendo recibir otros nombres como routers<sup>11</sup> o puentes de acuerdo al nivel en el cual intercambian información.

Objetivos:

- ✓ Independencia de tecnología de conexión a bajo nivel y la arquitectura del computador.
- ✓ Conectividad Universal a través de la red.
- ✓ Reconocimientos de extremo a extremo.
- ✓ Protocolos de Aplicación Estandarizados.

Características:

- ✓ Protocolos no orientados a conexión en el nivel de red.
- ✓ Conmutación de paquetes entre nodos.
- ✓ Protocolos de transporte con funciones de seguridad.
- ✓ Conjunto común de programas de aplicaciones.

### **1.3 PROTOCOLO IP (INTERNET PROTOCOL)**

En un sistema de conmutación de paquetes el enrutamiento es el proceso de selección de un camino sobre el que se enviarán paquetes y el router es el equipo que hace la selección. El enrutamiento ocurre a muchos niveles. Por ejemplo, dentro de una red WAN que tiene

---

<sup>11</sup> Router: Equipo empleado en redes para realizar el enrutamiento de datos y la interconexión de redes.

muchas conexiones físicas, la red por sí misma es responsable de enrutar paquetes desde que llegan hasta que salen. Dicho enrutamiento está completamente contenido dentro de la red WAN. Las máquinas en el exterior no pueden participar en las decisiones; sólo ven a la red como una entidad que entrega paquetes.

El objetivo de IP es proporcionar una red virtual que comprenda muchas redes físicas, así como ofrecer un servicio sin conexión de entrega de paquetes.

El Protocolo Internet proporciona un servicio de distribución de paquetes de información orientado a no conexión de manera no confiable. La orientación a no conexión significa que los paquetes de información, que serán emitidos a la red, son tratados de forma independiente, pudiendo viajar por diferentes trayectorias para llegar a su destino. El término no confiable significa más que nada que no se garantiza la recepción del paquete.

Características:

- ✓ Protocolo no orientado a conexión.
- ✓ Realiza fragmentación de paquetes si es necesario.
- ✓ El direccionamiento lo realiza mediante direcciones lógicas IP de 32 bits.
- ✓ Si un paquete no es recibido, este permanecerá en la red durante un tiempo finito.
- ✓ Realiza el "mejor esfuerzo" para la distribución de paquetes.
- ✓ Tamaño máximo del paquete de 65535 bytes.
- ✓ Solamente realiza verificación por suma de la cabecera del paquete, no a los datos que éste contiene.

### 1.3.1 Formato del Datagrama IP

La siguiente figura muestra la distribución de campos en un datagrama:

0	4	8	16	19	24	31
vers	hlen	tipo de servicio	Longitud Total			
Identificación			bandera	desplazamiento de fragmento		
tiempo de vida	protocolo	suma de verificación del encabezado				
dirección IP de la fuente						
dirección IP del destino						
opciones IP					relleno	
datos						
.....						

*Figura 1.5 Formato de un datagrama IP<sup>12</sup>*

- **Campo de versión.** El primer campo de 4 bits (VERS) contiene la versión del protocolo IP que se utilizó para crear el datagrama. Se utiliza para asegurar que el emisor, el receptor y cualquier ruteador entre ellos proceda de acuerdo con el formato del datagrama.
- **Campo de Longitud.** El campo de longitud de encabezado (HLEN) también de 4 bits proporciona la longitud del encabezado del datagrama medido en palabras de 32 bits.
- **Campo de Tipo de Servicio.** El propósito del campo de Tipo de Servicio (TOS) es el indicar como el datagrama es procesado. Tres de los ocho bits en este campo son usados para denotar la procedencia o nivel de importancia, según lo asignado por el emisor. Este campo provee mecanismos de priorización para los datagramas IP.
- **El campo de longitud total.** Este campo proporciona la longitud total del datagrama IP medido en octetos, incluyendo los octetos del encabezado y los datos. Dado que el

<sup>12</sup> Tomado de: DOUGLAS E. COMER, "Redes Globales de Información con Internet y TCP/IP: Principios Básicos, Protocolos y Arquitecturas", Editorial Prentice Hall, Tercera Edición, 1995.

campo de longitud total es de 16 bits, el tamaño máximo posible de un datagrama IP es de  $2^{16}$  o 65535 octetos.

- **El campo de Identificación.** Su tamaño es de 16 bits, el propósito es permitir que el destino tenga información acerca de qué fragmentos pertenecen a qué datagramas. Conforme llega cada fragmento, el destino utiliza el campo de identificación junto con la dirección de la fuente del datagrama para identificar el datagrama, el originador que envía el datagrama IP debe generar un valor único para este campo por cada datagrama.
- **El campo de Banderas.** Tiene 3 bits, de los cuales se emplean los 2 bits de menor orden. Estos bits son usados como mecanismos de control de fragmentación, el primer bit se le conoce como bit de no fragmentación porque cuando está puesto en 1 especifica que el datagrama no debe fragmentarse, el bit de orden inferior especifica si el fragmento contiene datos intermedios del datagrama original o de la parte final, se le conoce como el bit de más fragmentos.
- **El campo de Desplazamiento de Fragmento.** Este campo especifica el desplazamiento en el datagrama original de los datos que se están transportando en el fragmento, medido en unidades de 8 octetos comenzando con un desplazamiento igual cero. Para reensamblar el datagrama, el destino debe obtener todos los fragmentos comenzando con el fragmento con desplazamiento igual a 0 hasta el fragmento con el desplazamiento de mayor valor.
- **El campo de Tiempo de Vida.** El campo TTL (Time to Live) especifica la duración en segundos, del tiempo que el datagrama tiene permitido permanecer en la red. Cada vez que una máquina introduce un datagrama dentro de una red se establece el tiempo máximo durante el cual un datagrama puede permanecer allí. Los ruteadores que

procesan los datagramas deben decrementar este campo cada vez que pase un datagrama y eliminarlo de la red cuando su tiempo a concluido.

- **El campo Protocolo.** Especifica qué protocolo de alto nivel se utilizó para crear el mensaje que se está transportando en el área de datos de un datagrama.
- **El campo de Verificación de Encabezado.** Asegura la integridad de los valores del encabezado, se forma considerando el encabezado como una secuencia de 16 bits. Es importante notar que ésta verificación sólo se aplica para los valores del encabezado IP y no para los datos.
- **Los campos de Direcciones IP Fuente y Destino.** Contienen direcciones IP de 32 bits de los equipos emisor y receptor involucrados. Aún cuando los datagramas sean transportados a través de muchos ruteadores intermedios éstos campos nunca cambian, especifican la dirección IP de la fuente original y del destino final.
- **El campo de Opciones IP.** No es requerido en todos los datagramas, se incluyen en principio para pruebas de red o depuración. Sin embargo, el procesamiento de las opciones es parte integral del protocolo IP, por lo tanto se lo debe incluir. La longitud del campo varía dependiendo de la opción seleccionada.
- **Bits de relleno.** Los bits de relleno se emplean para ajustar el campo de opciones a 32 bits.

### 1.3.2 Unidad Máxima de Transferencia MTU (Maximum Transfer Unit)

La Unidad de Transferencia Máxima determina la longitud máxima, en bytes, que podrá tener un datagrama para ser transmitido por una red física. Obsérvese que este parámetro está determinado por la arquitectura de la red, por ejemplo para una red Ethernet el valor de la MTU es de 1500 bytes. Dependiendo de la tecnología de la red los valores de la MTU pueden ir desde 128 hasta unos cuantos miles de bytes.

La arquitectura de interconexión de redes propuesta por TCP/IP indica que éstas deben ser conectadas mediante un router o un bridge<sup>13</sup>. Sin que sea necesario que la tecnología de las redes físicas que se conecten sea homogénea. Por tal motivo si para interconectar dos redes se utilizan medios con diferente MTU, los datagramas deberán ser fragmentados para que puedan ser transmitidos. Una vez que los paquetes han alcanzado la red extrema los datagramas deberán ser reensamblados.

### 1.3.3 Direccionamiento IP.

Para que en una red dos computadoras puedan comunicarse entre sí ellas deben estar identificadas con precisión. Este identificador puede estar definido en los niveles inferiores (identificador físico) o en los niveles superiores (identificador lógico) dependiendo del protocolo utilizado. TCP/IP utiliza un identificador denominado dirección internet o dirección IP, cuya longitud es de 32 bytes. La dirección IP identifica tanto a la red a la que pertenece una computadora como a ella misma dentro de dicha red.

Aspectos relevantes:

- ✓ Longitud de 32 bits.
- ✓ Identifica a las redes y a los nodos<sup>14</sup> conectados a ellas.
- ✓ Especifica la conexión entre redes.
- ✓ Se representan mediante cuatro octetos, escritos en formato decimal, separados por puntos.

---

<sup>13</sup> Bridge: ó puente, equipo que conecta dos o más redes, opera a nivel de red física.

**Clases de direcciones IP**

Clases	Número de Redes	Direcciones válidas	Rango de Direcciones IP
A	127	16,777.214	1.0.0.0 a la 127.0.0.0
B	16.383	65.534	128.0.0.0 a la 191.255.0.0
C	2,097.151	254	192.0.0.0 a la 223.255.255.0

*Cuadro 1. 1 Clases de direcciones IP<sup>15</sup>*

Clase	0	1	2	3	4	8	16	24	31	
<b>A</b>	0	id. de red				id. de nodo				
<b>B</b>	1	0	id. de red				id. de nodo			
<b>C</b>	1	1	0	id. de red				id. de nodo		
<b>D</b>	1	1	1	0	dirección multiemisión					
<b>E</b>	1	1	1	1	0	reservado para usos futuros				

*Figura 1. 6 Bits de la dirección IP.*

Tomando tal cual está definida una dirección IP podría surgir la duda de cómo identificar que parte de la dirección identifica a la red y qué parte al nodo en dicha red. Lo anterior se resuelve mediante la definición de las "Clases de Direcciones IP". Para clarificar lo anterior veamos que una red con dirección clase A queda precisamente definida con el primer octeto de la dirección, la clase B con los dos primeros y la C con los tres primeros octetos. Los octetos restantes definen los nodos en la red específica.

**Máscara de una red.**

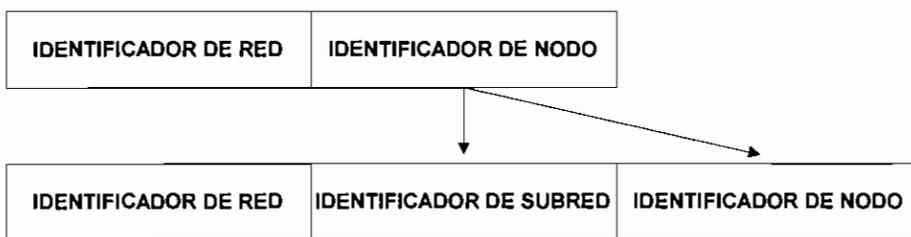
<sup>14</sup> Nodo: Punto de acceso a una red, puede representar un host, una impresora un router, etc.

<sup>15</sup> Tomado de: G. Held, "Voice Over Data Networks: Covering IP and Frame Relay", McGraw-Hill Series on Computer Communications, USA, 1998.

La máscara de una red es una dirección IP de 32 bits, que permite identificar a un nodo y la dirección IP de la red a la que pertenece. Es empleada para saber que bits de la dirección de red corresponden a la red, así como los bits que corresponden al nodo.

### ***Subredes IP***

Es una forma de subdividir una red en varias redes más pequeñas con la finalidad de optimizar el número de IP válidas. Para conseguir esto, los bits de la dirección IP se dividen en una parte para la dirección de subred y otra para el nodo como se observa en la fig. 1.7.



***Figura 1. 7 Subredes IP.***

A través de este proceso una dirección de clase A, B ó C, puede ser dividida en varias subredes, de manera que pueda identificarse como una red interna diferente. Los bits de la dirección IP correspondientes a la red permanecen iguales ( la red principal).

### **1.3.4 Enrutamiento en redes IP.**

El enrutamiento IP consiste en decidir a dónde enviar un datagrama basándose en su dirección IP de destino. Una de las más comunes formas de interconectar redes y subredes es a través del uso de routers. Los routers permiten la conexión física y lógica de distintas redes, cada una con su propio dominio de direccionamiento.

Las funciones principales que realiza un router son:

- ✓ Determinación de la ruta más óptima, y
- ✓ Movimiento de la información a través de las redes.

El enrutamiento se puede dividir en dos partes: entrega directa y entrega indirecta. La entrega directa, es la transmisión de un datagrama desde una máquina a través de una sola red física hasta otra, es la base de toda la comunicación en una red de redes. Dos máquinas solamente pueden llevar a cabo la entrega directa si ambas se conectan directamente al mismo sistema de transmisión física. La entrega indirecta ocurre cuando el destino no está en la misma red, lo cual obliga al transmisor a pasar el datagrama a un router para su entrega.

La transmisión de un datagrama IP entre dos máquinas dentro de una sola red física no involucra routers. El transmisor encapsula el datagrama dentro de una trama física, transforma la dirección IP de destino en una dirección física de hardware y envía la trama resultante directamente a su destino.

La entrega indirecta es más difícil que la directa porque el transmisor debe identificar un ruteador para enviar el datagrama. Luego, el ruteador debe encaminar el datagrama hacia la red de destino. Sabemos que se puede alcanzar un ruteador debido a que todas las redes físicas están interconectadas, así que debe existir un ruteador conectado a cada una. Por lo tanto, el originador del datagrama puede alcanzar un ruteador utilizando una sola red física. Una vez que la trama llega al ruteador, se extrae el datagrama encapsulado, y se selecciona el siguiente ruteador a lo largo del camino hacia el destino. De nuevo, se coloca el

datagrama en una trama y se envía a través de la siguiente red física hacia un segundo ruteador, y así sucesivamente, hasta que se pueda entregar en forma directa.

El algoritmo de enrutamiento en una red de redes utiliza sólo direcciones IP y se controlan por medio de tablas. Aunque es posible que una tabla de enrutamiento contenga una dirección de destino de una máquina específica, la mayor parte de ellas contiene direcciones de red para mantener un tamaño reducido.

Los routers construyen sus tablas de enrutamiento con la información obtenida de los *Protocolos de enrutamiento*<sup>16</sup>; estos protocolos permiten a los routers de una red aprender acerca de los routers de otra red y saber cuál es el camino óptimo para alcanzar dichas redes. Los routers interconectan diferentes tipos de redes e incorporan la capacidad de determinar la mejor ruta para alcanzar un destino. La determinación de la ruta se lleva a cabo con el uso del algoritmo de métricas en función de los parámetros de red como son: longitud de la ruta, ancho de banda disponible, nivel de seguridad de la ruta, costo de la ruta, QoS<sup>17</sup> de la ruta, entre otras.

Generalmente, estas métricas son implementadas por software. Los valores que requiere este algoritmo están almacenados en las *tablas de rutas* en el router residente, las tablas contienen tanto información local como remota, la cual circula alrededor de la red. Los protocolos de enrutamiento son el mecanismo por el cual los routers obtienen la información acerca del estado de la red. Esto es, los protocolos son usados para llenar las tablas de rutas y calcular los costos.

---

<sup>16</sup> Protocolo de enrutamiento: protocolo que permite la difusión de información de ruteo en las redes.

Conceptualmente, los routers notifican, frecuentemente por medio de un broadcast<sup>18</sup>, su información. Esta información además indica los routers de destino que se pueden alcanzar notificando los enlaces de las redes vecinas. Los routers se comunican con otros con el propósito de propagar las conexiones de red que ellos tienen, el costo de la conexión y los niveles de utilización.

Existen varias técnicas para llenar la información de las tablas de rutas. El *enrutamiento estático* requiere que el administrador de la red construya y mantenga actualizadas las tablas de rutas de cada router o del router principal. Esto implica que una vez configurada la tabla de rutas los caminos de acceso a una red no cambian. Un router que tenga enrutamiento estático puede emitir alarmas cuando detecta que un enlace de comunicación ha fallado, pero no puede reconstruir automáticamente la tabla de rutas para redireccionar el tráfico que pasa por el enlace defectuoso. El enrutamiento estático, por lo tanto, es empleado típicamente redes pequeñas o en una red de backbone<sup>19</sup>. El *Enrutamiento dinámico* permite al router actualizar automáticamente su tabla de rutas y recalcular la ruta óptima, basada en datos reales de las condiciones de la red como por ejemplo: falla de enlaces, congestión, etc.

Los routers implementan el enrutamiento dinámico intercambiando información acerca de la topología de su red con otros routers. La capacidad del enrutamiento dinámico es la más deseable, debido a que permite adaptarse a las condiciones de cambio de una red. El enrutamiento dinámico es muy utilizado para interconectar redes través de redes WAN. Los datos se actualizan regularmente e incluyen información de la red completa, esto es, incluye un mapa de los equipos que operan en la capa de red o en niveles inferiores.

---

<sup>17</sup> QoS: Calidad de servicio.

Algunos ruteadores también realizan balanceo de tráfico. Protocolos especiales de enrutamiento son empleados para comunicarse a través de diferentes dominios de administración, como por ejemplo entre una red interna de una empresa y el internet.

Para que la comunicación sea efectiva, es necesario el intercambio de la información de estado y de enrutamiento entre routers. El router intercambia información acerca del estado de los enlaces y las interfaces, y acerca de caminos disponibles, basados en diferentes métricas. Las métricas son empleadas para calcular las rutas óptimas a través de la red, esto incluye el costo, ancho de banda, distancia, retardo, carga, congestión, seguridad, calidad de servicio y confiabilidad. Los protocolos de enrutamiento son empleados para intercambiar esta vital información. Los tres protocolos más usados por TCP/IP son RIP<sup>20</sup>, IGRP<sup>21</sup> y OSPF<sup>22</sup>. El proceso de reconfiguración de las tablas de rutas se lo conoce como proceso de convergencia, el cual debe ocurrir rápidamente de manera que se pueda prevenir a los ruteadores vecinos sobre fallas.

Se emplean dos métodos para la difusión de la información, estos son: *vector distancia* y *estado del enlace*. Los routers que emplean la técnica de vector distancia crean un mapa de red intercambiando información en forma progresiva y periódica. Cada ruteador mantiene una tabla de costos relativos (o puede ser otra métrica como por ejemplo el ancho de banda disponible) desde él hacia cada destino. La información intercambiada es empleada para determinar el campo de acción de la red por medio de varios saltos. Después de esto el router calcula para cada destino un vector distancia, y propaga la información hacia cada uno de los routers vecinos periódicamente, por ejemplo cada 60 segundos. Si existió algún

---

<sup>18</sup> Broadcast: Difusión de la información hacia todas las redes.

<sup>19</sup> Backbone: Columna principal a la que se conectan varias redes.

<sup>20</sup> RIP: Routing Information Protocol

<sup>21</sup> IGRP: Interior Gateway Routing Protocol

cambio en la red se la conoce por medio de éstos vectores, el router que recibe esta información modifica su tabla de rutas, la cual se propaga a los routers vecinos. Este proceso continúa hasta que todos los routers en la red tienen información de la nueva topología. Los protocolos empleados para esta técnica incluyen RIP y IGRP.

Los routers utilizan los protocolos de enlace para aprender la topología e infraestructura entre las redes y actualizar cada uno sus tablas en forma periódica con esta información. La información incluye la identificación de los enlaces o subredes directamente conectados a cada router, y el costo de la conexión. Los routers usando el algoritmo OSPF envían la información del estado del enlace a todos los ruteadores de la red; estos ruteadores utilizan esta información para llenar sus tablas de rutas. Después de esto, cada ruteador calcula el camino óptimo desde sí hacia cada enlace, los caminos indirectos son descartados a favor de los caminos más cortos.

---

<sup>22</sup> OSPF: Open Shortest Path First

## CAPITULO II

### ALGORITMOS DE CODIFICACION DE VOZ

#### 2.1 Introducción.

Para seleccionar apropiadamente los equipos para transmitir voz sobre redes de datos es necesario conocer las ventajas y desventajas asociadas con las diferentes técnicas de digitalización de voz, lo que nos dará una herramienta que permitirá escoger con mejor criterio tanto el producto (equipo), como el algoritmo de compresión de voz a implementarse en determinada aplicación o necesidad.

La voz humana es de naturaleza analógica al igual que todos los sonidos que escuchamos, y es natural que en sus inicios la telefonía haya sido analógica. La transmisión de tipo analógica no es eficiente, ya que es fácilmente afectada por el ruido, el cual es muy difícil eliminarlo por su característica aleatoria. Al amplificar una señal analógica también se amplifica el ruido, y eventualmente las conexiones analógicas son muy ruidosas. Por esta razón la codificación digital tiene mayor inmunidad a la corrupción por ruido en conexiones de larga distancia

En este capítulo se describen los factores que hacen que las redes de datos no garanticen calidad de servicio para el transporte de voz y las formas de minimizar su acción. Además de una revisión de los métodos de codificación de voz y los estándares más conocidos de codificación de voz recomendados por la UIT-T que pueden ser empleados en VoIP.

## **2.2 Calidad de Servicio en una red de datos para el transporte de voz y fax.**

El proveer un nivel de calidad de voz al menos igual que el que proveen actualmente las empresas de telefonía actualmente es el objetivo principal de la telefonía IP, aunque generalmente se comparan otros aspectos como costos, funcionalidad y facilidad de comercialización. La Calidad de Servicio se refiere a la fidelidad con que la voz y los documentos de fax pueden ser transportados, y a la disponibilidad de la red en cuanto a la capacidad de llamadas y nivel de bloqueo de llamadas: la diversidad de servicios de voz como: conferencias, el mostrar el número que llama, la posibilidad de hacer llamadas entre dos puntos cualquiera etc.

La calidad de la reproducción de voz sobre una red telefónica es fundamentalmente subjetiva, aunque la ITU-T ha estandarizado métodos para medirla. Existen tres factores que afectan la calidad del servicio de voz en redes de paquetes:

- **Retardo.** El retardo es el tiempo que toma a un paquete trasladarse desde un equipo local a un equipo remoto de la red. El eco y el solapamiento resultan de un retardo significativo en la red entre usuarios finales. El eco empieza a ser un problema cuando el retardo de la voz (en el viaje de ida y vuelta) es más de 50 mseg. El eco puede llegar a ser un problema significativo en la calidad de voz, por esta razón los sistemas de VoIP deben realizar algún tipo de control de eco e implementar mecanismos de cancelación de eco. El solapamiento de la voz (cuando un usuario empieza a hablar pero el mensaje del otro usuario no ha llegado en su totalidad) es un problema si el retardo

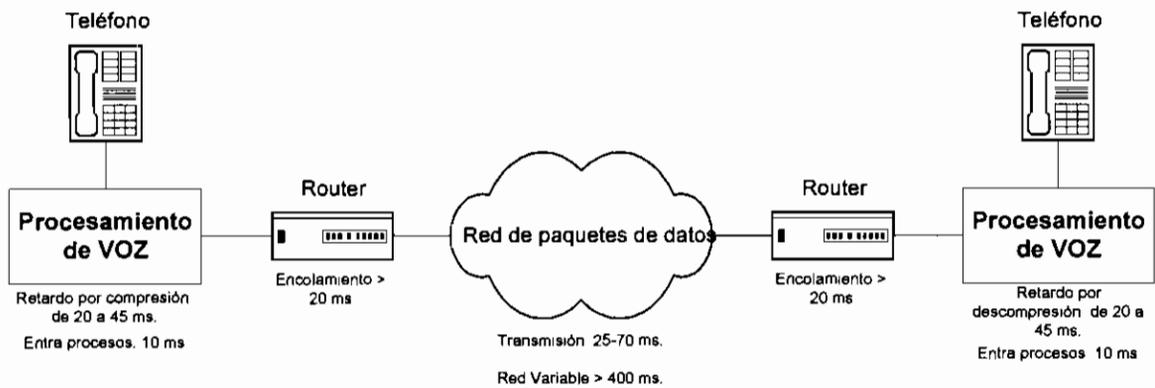
entre usuarios (retardo en una dirección) es mayor que 250 mseg. Por esto, es necesario realizar un presupuesto del retardo a través de la red.

- **Jitter (Variación del retardo).** El jitter es la variación en el tiempo de arribo entre los paquetes, debido a la variación del retardo de transmisión en la red. La eliminación de jitter requiere de la recolección de paquetes y la retención de los mismos un tiempo suficiente de manera que el paquete más lento o retardado llegue para ser ejecutado en la secuencia correcta, este proceso puede causar un retardo adicional. Los buffers<sup>1</sup> para jitter añaden retardo, los buffers se emplean para eliminar la variación de retardo de paquete a la que cada paquete está sujeto durante su viaje a través de la red. La *latencia* o tiempo de espera es un término usado para describir la suma del retardo promedio y el jitter. Si la latencia excede de 200-250 mseg la conversación se verá afectada ya que la persona que está escuchando deberá esperar unos instantes antes de responder para asegurarse que el mensaje llegó completo.
- **Pérdida de paquetes.** Las redes IP no proporcionan la garantía de que todos los paquetes serán entregados, mucho menos que llegarán en orden. Los paquetes se pueden perder en los puntos en que exista congestión (debido por ejemplo a una falla del enlace o falta de capacidad de la red). Ya que la voz es una aplicación de tiempo real los esquemas normales de la red que basan su transmisión sobre TCP no son adecuados. Existen técnicas para compensar esta pérdida de paquetes como: la interpolación de voz que consiste en reenviar al equipo final el último paquete, y el enviar información redundante. Las pérdidas de paquetes que superan el 10% no son tolerables.

---

<sup>1</sup> Buffer: Memoria para almacenamiento temporal de información.

El mantener niveles aceptables de calidad de voz a pesar de las variaciones de calidad de la red (como congestión o fallas de conexión) se logra empleando técnicas de compresión de voz, supresión de silencios y empleando para el transporte de la voz redes capaces de dar calidad de Servicio. Varios desarrollos en los procesadores de señales digitales, el mejoramiento de los equipos de red, el desarrollo de nuevos protocolos permiten a las redes proveer de calidad de servicio, han fomentado al transporte de voz sobre redes de datos. Procesadores de señales digitales de alta eficiencia y bajo costo ejecutan algoritmos de voz y de cancelación de eco eficientemente.



**Figura 2.1 Retardo y Jitter<sup>2</sup>**

Se puede también emplear software que preprocese las conversaciones para optimizar la calidad de voz. Una técnica llamada supresión de silencios, detecta los momentos en que no existe voz y suprime la transferencia de momentos como pausas, respiración, y otros momentos de silencio. Estos pueden llegar entre el 50% y 60% del tiempo de una llamada, lo que da como resultado una considerable reducción del ancho de banda. Ya que la falta de paquetes se interpreta a la salida como un silencio completo, es necesario que en la recepción se implemente una función llamada *ruido comfortable*. El ruido comfortable hace que el oyente no sienta un vacío en la conversación.

<sup>2</sup> Tomado de: TELOGY NETWORKS, "Voice Over IP", [www.telogv.com](http://www.telogv.com), 1998.

Otra función de software que puede mejorar la calidad de voz es la cancelación de eco. Como se mencionó anteriormente, el eco empieza a sentirse cuando el retardo total es mayor que 50 mseg.

Como de muestra en la fig 2.1 las fuentes de retardo en una llamada incluyen el retardo de recolección de las muestras de voz (llamada retardo de acumulación), tiempo de codificación/decodificación, tiempo de paquetización, retardo en el buffer de jitter y retardo en el transporte a través de la red. La ITU-T tiene recomendaciones que definen los requerimientos que las técnicas de cancelación de eco deben cumplir actualmente.

"La ingeniería de una red para VoIP (y los equipos necesarios para implementarla) involucra la negociación entre la calidad de entrega de voz, confiabilidad del sistema, y los retardos inherentes del sistema. El minimizar el presupuesto de retardo entre usuarios finales (end-to-end) es el desafío clave de los sistemas VoIP. El asegurar confiabilidad en un ambiente de realizar el mejor esfuerzo es otro. Los fabricantes de equipos que ofrecen flexibilidad para configurar sus equipos de manera que se ajusten al medio y que optimicen la calidad de reproducción de voz tienen una ventaja competitiva".<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Referencia: J: HUGHES, "Managing Latency in IP Telephony Deployments", Internet Telephony Magazine, Mayo 1998.

### 2.3 Métodos de codificación de voz.

Los primeros métodos de codificación de voz son los de muestreo<sup>4</sup>, y el primer estándar implementado fue el llamado Modulación por Codificación de Impulsos (PCM: Pulse Code Modulation), PCM convierte la voz en la forma digital tomando muestras de la señal de voz 8000 veces en un segundo. La velocidad de muestreo de 8000 veces por segundo (125 microsegundos entre muestras) fue escogida debido a que la voz humana está compuesta de frecuencias menores a 4000 Hz. Tomando muestras de la voz cada 125 microsegundos es suficientes para detectar las frecuencias menores que 4Khz.

Para cada muestra, el codificador de voz almacena la amplitud de la señal y la codifica. Estas muestras se emplean para reconstruir la señal de voz analógica.

El problema con los codificadores de muestreo es que para reducir el ancho de banda empleado para transportar la voz digitalizada, es necesario codificar la señal de voz empleando menos bits.

Un canal telefónico estándar PCM emplea 8 bits para cada código, y consume 64000 bps por cada llamada telefónica. Otro estándar de muestreo para codificación de voz es el llamado ADPCM<sup>5</sup> el cual emplea 4 bits para codificación y consume 32000 bps. ADPCM aún se emplea para conexiones de larga distancia.

---

<sup>4</sup> Estos algoritmos se los conoce también como codificadores de la forma de onda ó con el término en inglés "waveform vocoding".

<sup>5</sup> ADPCM: Adaptive Differential Pulse Code Modulation.

ADPCM puede emplear 16 kbps utilizando solamente 2 bits (4 valores), pero cada vez el número de valores de amplitudes de voz es reducido, la señal resultante es menos parecida a la señal original, y la calidad de voz es degradada.

Una propiedad de la voz es que en términos de milisegundos, el sonido no varía significativamente, de manera que puede ser predecida y sintetizada. Este método se basa en el patrón de voz y sus características, y se lo conoce como "*vocoding*". Los *vocoders* son los codificadores que emplean el método de *vocoding*.

La ventaja de los *vocoders* es la capacidad de producir voz inteligible a una velocidad binaria muy baja. Existen varios tipos de *vocoders* los denominados de predicción lineal (LPC) son los más utilizados.

Este método asume que cada muestra de voz representa una combinación lineal de muestras anteriores. El sonido resultado de este proceso es sintético.

Un tercer método denominado híbrido se basa en las dos técnicas anteriores. El algoritmo más conocido es el CELP (Code Excited Liner Prediction) que puede codificar a velocidades binarias de entre 4.8 a 16 kbps. CELP es la base sobre la cual se han desarrollado varios nuevos algoritmos que codifican a velocidades binarias bajas con una calidad de voz aceptable.

Varios algoritmos de codificación de voz que emplean estos métodos han sido estandarizados por la ITU-T en las series de recomendaciones G.

## 2.4 Estándares de codificación de voz.

Durante el pasado cuarto de siglo hubo un nivel significativo de desarrollos en el área de la tecnología de codificadores y compresión de voz. Durante la primera mitad de los 90's, la ITU-T estandarizó algunos codificadores que eran aplicables a comunicaciones de baja velocidad, es decir comunicaciones multimedia en general, y a la voz sobre IP, internet y aplicaciones intranet en particular. La estandarización es crítica para la interoperabilidad y el asegurar la conectividad total (entre usuarios finales). Los estándares más recientes son G.728, G.729, G.729A y G723.1. Para algunas aplicaciones, el factor dominante es el costo; para otras aplicaciones, la calidad es primordial. Esta es parte de la razón por la cual algunos estándares han sido desarrollados recientemente. Para una completa visión, el cuadro 2.1 muestra los diversos estándares que están disponibles. Sin embargo, *voz sobre IP* debe escoger una tecnología de manera que cualquiera pueda llamar a cualquiera sin importar que tecnología esté usando la contraparte.

<b>Estándar</b>	<b>Descripción</b>
G.711	PCM de 64 Kbps.
G.722	64, 56 o 48 Kbps
G.726	ADPCM
G.727	ADPCM de 40, 32, 24 o 16 Kbps
G.728	LD-CELP de 16 Kbps
G.729	CS-CELP de 8 Kbps
G.723.1	MP-MLQ de 5,3 y 6,3 Kbps

*Cuadro 2.1 Estándares de codificación de la ITU-T<sup>6</sup>*

<sup>6</sup> Tomado de: CISCO SYSTEMS, "Introduction to Packet Voice Networking", [www.cisco.com](http://www.cisco.com). 10/97.

Para seleccionar el algoritmo de codificación de voz a emplearse para la transmisión de voz en una red de datos debe poder considerarse los siguientes aspectos:

- ✓ El ancho de banda que requiere el algoritmo de codificación.
- ✓ Si el algoritmo escogido es estandarizado.
- ✓ Si el algoritmo genera una alta calidad de voz o solamente voz inteligible.
- ✓ El retardo entre usuarios finales (end-to-end) asociado con el algoritmo.
- ✓ Si el algoritmo seleccionado es apropiado para ser empleado en redes de paquetes.

Este capítulo se enfoca principalmente en G.729, G.729A y G.723.1; G.728 también se la menciona, pero su velocidad (16 Kbps) puede ser muy grande para aplicaciones IP. ITU-T G.729 de 8Kbps (CS-ACELP), algoritmo de voz que brinda buena calidad de voz. El algoritmo tiene un retardo de 15 ms por codificación, fue originalmente diseñado para ambientes inalámbricos, pero también se aplica para voz sobre IP y comunicaciones multimedia. El anexo de la recomendación G.729 (G.729A) describe una versión de reducida complejidad del algoritmo, diseñado para aplicaciones de integración de datos y voz y en comunicaciones multimedia de baja velocidad. G.711 se la menciona debido a que es uno de los algoritmos recomendados por el VoIP Forum.

La recomendación G.723.1 de la ITU-T es un codificador para comunicaciones multimedia de 6.3 y 5.3 Kbps, diseñada originalmente para videoteléfonos. El algoritmo tiene un retardo por codificación de 30 ms. En aplicaciones donde el bajo retardo es importante, el retardo de G.723.1 puede ser no tolerable; sin embargo, si el retardo es tolerable, G.723.1 provee una alternativa de complejidad menor y un ancho de banda menor que G.729, a expensas de una pequeña degradación en la calidad de la voz.

Estas tres recomendaciones de la ITU se han venido empleando para voz sobre IP en el internet y en otras redes, puesto que las tres necesitan bajo ancho de banda y son bastante simples en complejidad, que puedan ser ejecutados en el procesador del host o de un PC, o ser implementado en el chip de un módem.

### **2.4.1 Estándar G.711<sup>7</sup>**

G.711, describe la técnica de codificación PCM de 64 kbps, la cual fue empleada para transportar voz digitalizada en las redes de telefonía pública o a través de PBXs.

Muchos equipos toman como entrada PCM a 64 kbps por dos razones:

- ✓ Es la forma de salida estándar de las PBX digitales y los conmutadores telefónicos.
- ✓ Los circuitos codificadores PCM son baratos debido a su amplio uso en las redes telefónicas.

### **2.3.3 Estándar G.728<sup>8</sup>**

G.728, describe la técnica de compresión de voz basada en algoritmos de predicción lineal, Code-Excited Linear-Predictive (CELP), la cual requiere únicamente 16 kbps de ancho de banda y tiene una calidad de voz comparable con ADPCM de 32 kbps. El codificador opera en tramas de 10 ms, en todas las tramas la señal de voz es analizada para extraer los parámetros del modelo CELP (Coeficientes del filtro de predicción lineal e índices de codificación), los que se codifican y son transmitidos.

---

<sup>7</sup> Referencia: CISCO SYSTEMS, "[Introduction to Packet Voice Networking](http://www.cisco.com)", [www.cisco.com](http://www.cisco.com). 10/97.

<sup>8</sup> Referencia: CISCO SYSTEMS, "[Introduction to Packet Voice Networking](http://www.cisco.com)", [www.cisco.com](http://www.cisco.com). 10/97.

#### **2.4.4 Estándar G.729<sup>9</sup>**

G.729 y el anexo A de éste estándar (G.729A) describen métodos de compresión que proveen de alta calidad de voz y alta compresión, lo que permite una baja velocidad de transmisión de la voz digitalizada. La codificación se basa en el método CELP, el algoritmo empleado es CS-ACELP (Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear Prediction) el cual codifica la voz a una velocidad de 8 kbps. El codificador tiene un tiempo de codificación de 10 ms más un preanálisis<sup>10</sup> de 5 ms, lo que da un retardo algorítmico total de 15 ms.

G.729A, representa una versión de menor complejidad que G.729 y fue desarrollada para ser usada en aplicaciones de voz simultánea y de multimedia. La calidad de voz de éstos métodos es comparable con la calidad de ADPCM de 32 kbps.

Muchos fabricantes han introducido mecanismos de supresión de silencios en sus codificadores G.729, lo que ha permitido reducir el ancho de banda promedio requerido para transportar la voz digitalizada hasta aproximadamente 4Kbps.

#### **2.3.5 Estándar G.723.1<sup>11</sup>**

Describe la técnica de codificación MP-MLQ (Multipulse Excitation with a Maximum Likelihood Quantizer) que puede ser usada para compresión de voz o de otras señales de audio, componentes de servicios multimedia a muy baja velocidad.

---

<sup>9</sup> Referencia: G. Held, "Voice Over Data Networks: Covering IP and Frame Relay", McGraw-Hill Series on Computer Communications, USA, 1998.

<sup>10</sup> Preanálisis: almacenamiento en un buffer de las muestras de voz antes de ser codificadas, se lo conoce también como retardo por acumulación ó tamaño de trama.

Tiene asociadas dos velocidades binarias, 5.3 y 6.3 Kbps. La velocidad más alta tiene mejor calidad. La velocidad más baja da una buena calidad y proporciona a los diseñadores de sistema más flexibilidad. Ambas velocidades son una parte obligatoria del codificador y decodificador, y existe una opción que permite implementar mecanismos de supresión de períodos de silencio utilizando la técnica de detección de actividad de voz, que da un amplio rango de velocidad de operación entre 2.65 y 3.15 kbps.

Este codificador codifica la voz u otras señales de audio en tramas de 30 ms y tiene un preanálisis de 7.5 ms, lo que resulta un retardo algorítmico total de 37.5 ms. El codificador se optimizó para que represente la voz con gran calidad a las velocidades mencionadas y con una complejidad restringida. La música y otras señales de audio no se representan con la misma fidelidad que la voz, pero con éste codificador pueden ser comprimidas y descomprimidas.

## **2.4 Calidad de compresión.**

La compresión de voz puede solamente aproximarse a la forma de onda analógica. Mientras que las aproximaciones puedan ser muy buenas para algunos estándares, como G.729, otros estándares pueden sufrir algo de la distorsión de la aproximación de la compresión, en particular si la voz es codificada a la forma digital, decodificada a analógica, y entonces codificada nuevamente en forma digital.

---

<sup>11</sup> Referencia: Recomendación UIT-T G.723.1, "Código de Voz de Doble Velocidad para la Transmisión en Comunicaciones Multimedia a 5.3 y 6.3 kbits/s", Marzo 1996.

La calidad de voz de los codificadores de se mide con la prueba de calidad estandarizada por la ITU en la recomendación SG12, ACR (Absolute Category Rating), en la que personas seleccionadas escuchan entre 8 y 10 muestras de voz codificada y decodificada con los distintos codificadores y dan una calificación. Generalmente la prueba se la conoce como MOS ( Mean Opinion Score). La puntuación MOS provee una medida promedio de la calidad subjetiva, percibida por un gran número de hablantes y oyentes. La percepción de la calidad de voz varía de acuerdo con el individuo, la MOS es una medida ampliamente aceptada para la medición de calidad de voz. En la siguiente tabla se cualifica el valor de la puntuación MOS.

<b>Puntaje</b>	<b>Calidad</b>
4.0 a 5.0	La mejor calidad,
3.0 a 4.0	Calidad para comunicación
< 3.0	Calidad sintética

*Cuadro 2. 2 Escala de calidad de compresión MOS<sup>12</sup>*

En la escala de MOS, cero es calidad pobre y cinco es la más alta calidad, una puntuación de 4.0 se considera que representa una buena calidad. La fig. 2.2 muestra la calificación MOS asignada para los diferentes codificadores de voz. La recomendación G.723.1 es calificada con 3.98 lo cual representa sólo un 2% menos que la calificación de la telefonía analógica. Esto demuestra que los codificadores modernos basados en el modelo de predicción lineal tienen a menudo mejor calidad que los anteriores, basados en muestreo de señales.

<sup>12</sup> Tomado de: R. COX, F. BURG, L. GREENSTEIN, "Selection of a default speech coder for Internet Telephony", AT&T and Nuera Communications, 01/97.

Comprimir voz para ser transportada en paquetes induce un retardo. La figura 2.2, muestra el retardo de codificación promedio asociado con cada uno de los más conocidos estándares de codificación descritos anteriormente. Como se muestra en esta figura, el retardo asociado con la codificación/decodificación de la voz puede ser tan alto como 25 ms para dos muestras de voz CS-ACELP. Este retardo en sí no afecta la calidad de voz, aunque puede inducir una necesidad de cancelación de eco de nodo que no se cree ningún efecto de reverberación o sonido desagradable. Muchos equipos de compresión de voz para voz paquetizada incluye alguna forma de cancelación de eco. Pero otra fuente de retardo en la red puede añadirse a este retardo básico de codificación e inducir un retardo total, suficiente como para interferir la voz.

Método de Compresión	MOS	Retardo (msg)
PCM (G.711)	4.4	0.75
32 K ADPCM (G.726)	4.2	1
16 K LD - CELP (G.728)	4.2	3 - 5
8 K CS - ACELP (G.729)	4.2	10
8 K CS - ACELP (G.729A)	4.2	10
6.3 K MPMLQ (G723.1)	3.98	30
5.3 K ACELP (G.723.1)	3.5	30

**Figura 2. 2 Métodos de codificación de voz<sup>13</sup>**

<sup>13</sup> Tomado de: *Tomado de:* CISCO SYSTEMS, "Introduction to Packet Voice Networking", [www.cisco.com](http://www.cisco.com). 10/97.

## 2.5 Retardo.

Existen dos fuentes adicionales de retardo en las redes de telefonía y en las redes de paquetes de voz, el retardo por propagación y el retardo por manejo. El primero es causado por la limitación de la velocidad de la luz en una fibra óptica o de las redes de microonda o de los electrones en redes de cobre. La segunda es causada por el procesamiento de la voz por los equipos a lo largo de la ruta. El retardo por manejo en las redes de datos puede ser considerable, particularmente cuando las redes llegan a congestionarse y el tráfico debe ser encolado para la transmisión en líneas interurbanas ocupadas.

El Internet algunas veces experimenta retardos aproximados de hasta 1 segundo en rutas internacionales. Entonces la conversación puede convertirse a una estructura de “tú hablas, yo hablo“ para asegurar que ambas partes no empezarán a hablar al mismo tiempo.

La razón por la que el retardo en redes de datos afectan a la calidad de voz es que la información de la voz tiene la característica que una sílaba de una palabra en particular se pronuncia con un intervalo de tiempo entre esta y la siguiente sílaba. Esta pequeña pausa es una parte de la voz, y ese tiempo debe ser conservado. En redes tradicionales de voz, el canal de voz es una secuencia sincronizada de bits que conserva el tiempo de todos los elementos de la voz. En redes de datos, un retardo variable puede ser insertado debido a congestión o manejo y puede corromper la voz.

El retardo en sentido absoluto puede interferir en la ejecución de la conversación humana, el ritmo de la pregunta y la contestación. El jitter puede crear pausas inesperadas entre elocuciones que afectan la inteligibilidad de la conversación en sí.

## CAPITULO III

### FUNDAMENTOS DE LA TRANSMISION DE VOZ Y FAX SOBRE IP

#### 3.1 Introducción.

El tráfico de datos ha sido tradicionalmente forzado a usar redes de voz para su transmisión, con el uso de modems de línea por ejemplo. IP ha creado una oportunidad para revertir ésta situación, por lo tanto ahora, voz y fax pueden ser transportados sobre redes IP, con la integración de vídeo y otras aplicaciones multimedia. El internet con su principal conjunto de protocolos TCP/IP ha venido manejando cada vez nuevas tecnologías, con el desafío de transportar voz en tiempo real, lo cual a impulsado una serie de nuevos desarrollos.

La telefonía sobre internet actualmente no puede garantizar calidad de voz, confiabilidad, escalabilidad y administración. Los equipos que conforman una red necesitan soportar tráfico de voz y eventualmente tráfico multimedia. Los desarrollos futuros incluirán nuevas soluciones innovadoras como videoconferencia, tráfico de voz y datos combinando tiempo real con servicios de mensajes, sistemas de conversión de texto - voz y sistemas de respuesta utilizando la voz.

El mercado de los productos para voz sobre IP ya se ha establecido y ha empezado una fase de crecimiento acelerado.

La transmisión de voz en redes de datos como IP, ATM y Frame Relay es la estrategia preferida por administradores de redes corporativas y redes públicas. Los expertos

predicen que el tráfico de datos crecerá y excederá al tráfico de voz, si esto ya no es así. Al mismo tiempo, más y más empresas ven los beneficios de transportar voz sobre redes IP para reducir costos de teléfono y fax e implementar avanzadas aplicaciones multimedia<sup>1</sup>.

El proporcionar telefonía de alta calidad sobre redes IP es uno de los pasos claves en la convergencia de voz, fax, video, y de los servicios de teleproceso. La voz sobre IP ya ha sido probada y su objetivo actual está orientado a adoptar los estándares ya existentes, el diseño de terminales y comenzar el desarrollo de servicios en una escala global. El añadir voz sobre las redes de paquetes de datos requiere un entendimiento de como superar la interoperabilidad, la pérdida de paquetes, retardos, densidad de tráfico, escalabilidad y confiabilidad.

En este capítulo se explica en forma breve, cómo la voz/fax es transportada en redes de datos que utilizan como protocolo de red IP, tomando como referencia las recomendaciones del VoIP Forum.

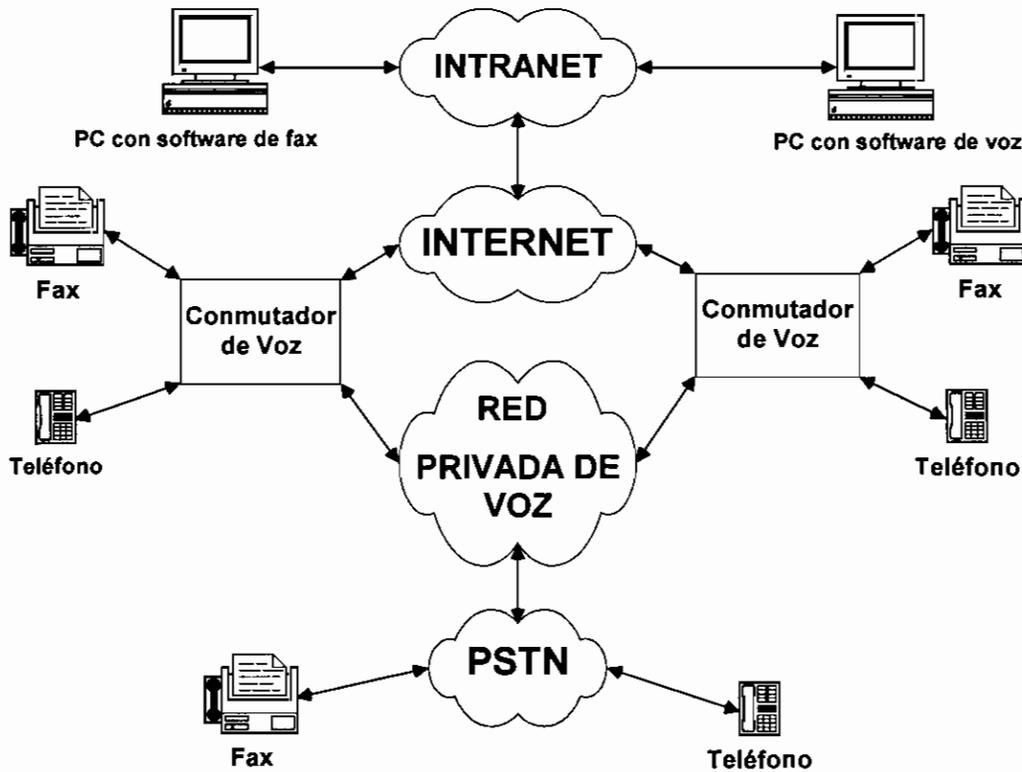
### **3.2 Aplicaciones y beneficios de VoIP.**

La comunicación por medio de la voz, permanecerá como la forma básica de interactuar entre las personas. Las redes de telefonía pública no pueden ser reemplazadas o cambiadas a corto plazo. Por ello el objetivo de los proveedores de servicios de VoIP es reproducir las ventajas de las redes de telefonía pública con una reducción significativa de los costos de operación y ofrecer una alternativa técnica competitiva.

---

<sup>1</sup> Referencia: Held G., "Voice Over Data Networks", McGraw-Hill, 1998.

La figura 3.1 muestra cómo los servicios de telefonía y fax pueden ser implementados empleando una red IP.



*Figura 3.1 Voz y Fax en redes IP.*

Esta misma infraestructura puede aplicarse en otro tipo de redes como Frame Relay y ATM.

La calidad de la reproducción de voz puede ser ajustada de acuerdo con el tipo de aplicación y las necesidades del usuario, por ejemplo en una empresa las llamadas de los clientes podrían necesitar de una mayor calidad que las llamadas internas. Por lo tanto los equipos de VoIP deben tener la flexibilidad de permitir un amplio rango de

configuraciones y la posibilidad de mezclar la telefonía tradicional con VoIP. Algunos ejemplos de aplicaciones de VoIP que probablemente sean útiles son los siguientes:

- **Gateways PSTN.** La interconexión de una red IP con una PSTN puede establecerse usando un gateway integrado dentro de una PBX (iPBX) o como un equipo separado.
- **Acceso telefónico a una red IP.** Un teléfono ordinario, alámbrico o inalámbrico, puede servir como equipo de acceso a una red IP. El acceso a un servicio de directorios puede ser establecido en esta forma, ingresando un nombre y recibiendo un mensaje de voz.
- **Troncales interoficinas sobre redes corporativas.** Reemplaza los enlaces troncales entre PBX de la empresa por enlaces IP, puede ayudar a la reducción de costos mediante la utilización de un solo enlace para voz y datos.
- **Acceso remoto a una agencia.** Una oficina pequeña puede tener acceso a los servicios de voz, datos y fax usando la red IP de la empresa emulando una extensión remota de la PBX por ejemplo.
- **Llamadas telefónicas desde un computador portátil usando el Internet.** Las llamadas a la empresa pueden realizarse usando un PC multimedia que esté conectado al internet. Esto puede ser ideal para dejar o recibir mensajes de voz.

Una de las aplicaciones inmediatas de VoIP es la transmisión de fax en tiempo real. Los servicios de fax normalmente usan conexiones dial-up para acceder a la red de telefonía pública a velocidades de 14.4 kbps. La calidad de transmisión es afectada por el retardo en las redes, compatibilidad en las máquinas y la calidad de la señal analógica. Para operar sobre redes de paquetes, la unidad de interfaz al Fax convierte los datos a la

forma de paquetes, maneja la conversión de señalización y protocolos de control, asegura la completa entrega y recepción de los datos en el orden correcto. Para ésta aplicación, la pérdida de paquetes y el retardo son más críticos que las aplicaciones de voz.

Muchas de las aplicaciones de VoIP han sido definidas considerando actividades en tiempo real.

Los beneficios de la tecnología de VoIP se pueden percibir en los siguientes aspectos:

- **Reducción de Costos:** La reducción de costos en las llamadas de larga distancia es la principal razón para introducir VoIP. La reducción de precios en el internet puede resultar en un considerable ahorro en los costos de voz y fax, se estima que muchas de las llamadas desde EEUU a Asia son envío de fax, las cuales podrán ser reemplazadas con el envío de FoIP (Fax sobre IP). El compartir los equipos y el costo de operación entre los usuarios de voz y datos mejoran la eficiencia de la red, dado que el exceso de ancho de banda de la una red puede ser usada por la otra.
- **Simplificación.** Una infraestructura integrada que soporte todas las formas de comunicación permite la estandarización y la reducción de equipos complementarios. Esta infraestructura combinada puede soportar la optimización de anchos de banda dinámicos y un rango de tolerancia en fallas del diseño. La diferenciación entre los patrones de tráfico de voz y datos hacen que se aprovechen eficientemente los recursos de la red.
- **Consolidación.** El uso generalizado del protocolo IP en todas las aplicaciones dan lugar a la posibilidad de reducir la complejidad y brindar una mayor flexibilidad.

- **Aplicaciones avanzadas.** Aunque la transmisión de voz y fax son las aplicaciones iniciales de VoIP, los beneficios a largo plazo son las aplicaciones multimedia y las aplicaciones multiservicios.

### **3.3 Características de una red IP con soporte de tráfico de voz.**

La característica más importante de una red IP para el exitoso desempeño de VoIP es la capacidad de soportar voz y fax en tiempo real. La calidad de la voz se ve afectada por los retardos, jitter, y la falta de garantía en la entrega de paquetes característica en las redes IP.

Todos los equipos de las redes de datos como: routers, conmutadores LAN, conmutadores ATM, tarjetas de interfaz de red, etc, deben tener la capacidad de soportar tráfico de voz. Más aún los equipos de VoIP deberán integrar los dos tipos de tráfico y ser compatibles con los otros equipos de la red. Existen tres diferentes técnicas usadas para proveer calidad de servicio en una red IP:

- **Un ambiente de red controlado.** En el cual la capacidad pueda ser planificada y adecuada a la calidad deseada, al menos la mayor cantidad de tiempo posible. Esto ocurre generalmente en una red IP privada o intranet, la cual pertenece y es administrada por una sola organización.
- **Utilizando herramientas de administración.** Para la configuración de nodos, medición de calidad, administración de la capacidad y flujo de datos, en forma dinámica. La mayoría de los dispositivos de interconexión de redes (routers, conmutadores, etc.) incluyen una variedad de mecanismos que pueden ser usados en

el soporte de tráfico de voz, como por ejemplo priorización de tráfico por localidad, por protocolo o por tipo de aplicación. Con lo cual se permite que el tráfico en tiempo real tenga preferencia sobre el tráfico no crítico. Los mecanismos de encolamiento pueden también ser empleados para minimizar el retardo en el flujo de datos de tiempo real.

- **Añadiendo mecanismos y protocolos de control.** Protocolos como RTP (Real Time Protocol) y RSVP (Resource Reservation Protocol, protocolo de reservación de recursos) han venido siendo empleados para brindar mayor seguridad y control de la calidad de servicio dentro de la red. Otros mecanismos como el control de admisión y traffic shaping<sup>2</sup> se emplean para evitar congestión en la red.

### **3.3.1 Formas de transporte de VoIP.**

El tráfico de voz en tiempo real puede ser transportado en redes IP de tres diferentes maneras:

- **Troncales de voz.** Los cuales pueden reemplazar a los circuitos digitales o analógicos que servían de troncales de voz como son los enlaces privados entre las PBX's de una misma empresa, ó el acceso a troncales de la red de telefonía pública es decir el enlace entre una PBX y la central telefónica pública. Los paquetes de voz son transferidos entre direcciones IP predefinidas, eliminando la necesidad del número telefónico.
- **Voz de PC a PC.** Esta aplicación puede ser implementada en PC's multimedia que tienen acceso a redes IP sin conexión a la red de telefonía pública. Este tipo de

aplicaciones puede ser punto - punto (llamada de un PC a otro PC) ó multipunto (por ejemplo emulando un chat).

- **Telefonía.** De teléfono a teléfono, la comunicación aparece como una llamada telefónica normal, pero puede emplear diversas formas de transporte de voz, como se muestra en la figura 3.1.

En lo posterior las redes de VoIP incluirán PBX's basadas en IP (iPBX), las cuales emularán las funciones de la tradicional PBX. Esto permitirá a los teléfonos estándar y PC's multimedia conectarse directamente o a la red de telefonía, ó al internet.<sup>3</sup>

### **3.3.2 El protocolo H.323 en la transmisión de VoIP.**

La recomendación H.323 define los componentes, procedimientos y protocolos necesarios para proveer de comunicación audio visual en redes IP. H.323 puede ser empleada en cualquier red de conmutación de paquetes, sin importar el tipo de capa física que se utilice, IP es utilizada en conjunto con un mecanismo de transporte confiable como TCP (Transmission Control Protocol), y un mecanismo de transporte no confiable como UDP (User Datagram Protocol). Los protocolos de transporte confiable emplean mecanismos de confirmación y retransmisión para garantizar la llegada de los datagramas, mientras que los mecanismos de transporte no confiable hacen el mejor esfuerzo para entregar los datagramas sin confirmar su llegada ni hacer retransmisiones, por lo que se tiene menor retardo. H.323 también emplea el Protocolo de Transferencia en Tiempo Real

---

<sup>2</sup> Traffic Shaping: método de control de congestión en una red IP, con el fin de mantener un QoS determinado.

<sup>3</sup> Referencia: G. CARTER, "Ip Telephony Today, Tomorrow, Ever", [www.ericson.com./iptelephony](http://www.ericson.com./iptelephony).

y el Protocolo de Control en Tiempo Real (RTP/RTCP) desarrollados por el IETF<sup>4</sup> y otras recomendaciones para señalización y codificadores de audio y video.

H.323 es independiente de la topología de la red, y los terminales se pueden comunicar en redes IP (por medio de hub's Ethernet, conmutadores LAN, bridges, etc.), sobre redes locales o remotas, y por medio de conexiones dial-up (mediante líneas telefónicas). La aplicación más interesante de esta recomendación es la de videotelefonía sobre el internet.

H.323 propone varios niveles de servicios de comunicaciones multimedia sobre redes de datos como: solamente voz, voz y video, voz y datos o voz, video y datos. Estas opciones son una herramienta en la comunicación virtual corporativa, por medio de intranets<sup>5</sup>, extranets<sup>6</sup> o el internet.

Soportar la voz es obligatorio en este estándar, mientras que datos y video son opcionales, pero, sí lo soporta se debe tener un modo común de operación, de manera que todos los terminales que soporten este tipo de aplicaciones puedan interactuar. Para codificación de audio, la recomendación UIT-T G.711 es obligatoria, mientras que G.728, G.729 y G.723.1 son opcionales.

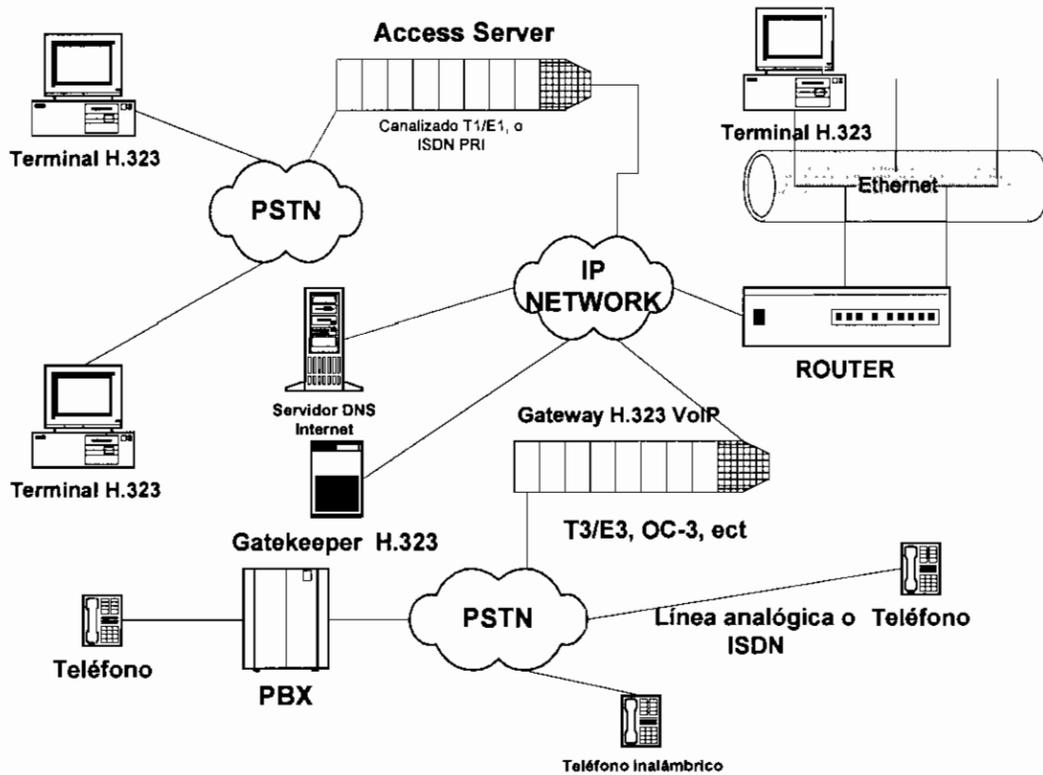
---

<sup>4</sup> IETF: (Internet Engineering Task Force), Grupos de trabajo que buscan el desarrollo de nuevas tecnologías para Internet.

<sup>5</sup> Intranet: red de datos interna a una empresa, que puede estar o no físicamente en un solo lugar.

<sup>6</sup> Extranet: red de datos compuesta por varias redes de empresas que comparten información.

### 3.4 Transmisión de voz en redes IP.



*Figura 3. 2 Elementos de una red de VoIP.*

La base de la transmisión de voz sobre redes IP, es que la voz puede ser paquetizada, encapsulada en los datagramas IP y enrutada entre dispositivos capaces de soportar VoIP. Estos paquetes de voz son tratados de manera que se obtenga la mejor calidad de servicio. La figura 3.2 muestra un ejemplo de ambiente de operación para VoIP. IP corre sobre todos los equipos con excepción de los teléfonos estándar, los cuales tienen conectividad a una red IP usando los estándares H.323 para su transmisión. También la conectividad con la nube IP puede ser vía módem, redes LAN, vía inalámbrica, etc. Dada la naturaleza global de IP, los usuarios de VoIP pueden comunicarse con otros

utilizando un enlace de módem de baja velocidad, conectándose a una red LAN o están conectados a una red IP vía línea telefónica al Internet.

### **3.4.1 Elementos de una Red para VoIP.**

La figura 3.2 muestra los elementos de una red, los componentes principales, opciones de conectividad y los componentes adicionales.<sup>7</sup>

#### ***Terminales H.323.***

Es el software que corre en la computadora del usuario final y que le permite comunicarse en tiempo real usando multimedia. Estos terminales son llamados EndPoints (*Puntos Finales*). El ejemplo más claro de software de cliente es el EndPoint de Microsoft llamado NetMeeting. Los terminales usan codificadores de audio para codificar/decodificar señales de audio en tramas que puedan ser encapsuladas en paquetes IP y enrutadas a otra entidad H.323. Además tienen un conjunto de protocolos para señalización empleados para el establecimiento y mantenimiento de la llamada.

#### ***Gateways.***

Un Gateway permite que las computadoras conectadas en una LAN se puedan comunicar con teléfonos normales conectados a una PSTN, con teléfonos digitales conectados a una red ISDN, permite la conexión de dos teléfonos normales enrutando la conversación a través de una red IP. Un Gateway además realiza la traducción entre los diversos tipos de codificadores que utilizan los terminales. También hace el mapeo de la señalización de las llamadas y de las señales de control. En general, un gateway es un componente que hace

---

<sup>7</sup> Referencia: VOICE OVER IP FORUM, "Voice Over IP Implementation Agreement", versión 1.0, Diciembre 1997.

posible la interconexión de redes de conmutación de paquetes que no provean de QoS con otro tipo de redes. Si las conexiones a diferentes tipos de redes no requieren de un gateway, los terminales pueden estar dentro de una misma red LAN. Los gateways que se conectan directamente a una PSTN o a una PBX, pueden funcionar como un equipo separado y sus funciones pueden estar implementadas en diferentes equipos.

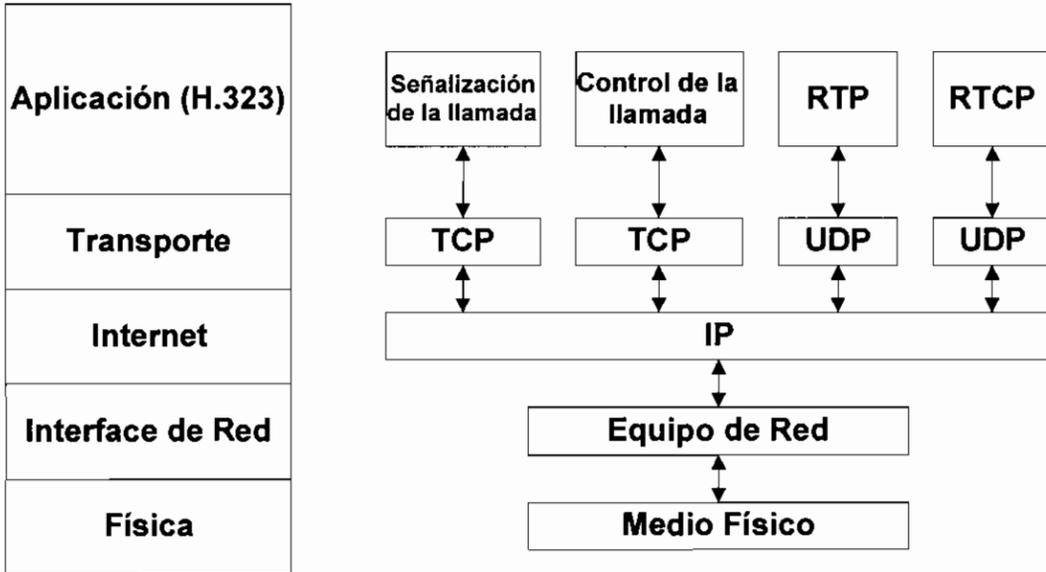
### ***Gatekeepers.***

Un equipo H.323 que facilita la traducción de direcciones y controla el acceso a la red LAN para el acceso a los terminales o a un Gateway. Un gatekeeper ejecuta cuatro funciones básicas:

- *Traducción de direcciones:* Realiza la traducción de direcciones IP a un número telefónico y viceversa.
- *Control de Admisión:* El gatekeeper puede rechazar las llamadas de los usuarios. El usuario debe ser registrado en el gatekeeper para completar la llamada.
- *Control de Ancho de Banda:* Permite restringir el ancho de banda usado para determinada aplicación, con lo cual se provee de control de tráfico LAN. El ancho de banda restante puede ser usado para los requerimientos del Web, e-mail, transferencia de archivos, etc.
- *Zona de Administración:* El gatekeeper provee las funciones de traductor de direcciones, control de admisión y control de ancho de banda para los terminales dentro de una zona de control o administración determinada.

### 3.4.2 Conjunto de Protocolos VoIP.

Los protocolos empleados en la transmisión de VoIP cumplen sus funciones de acuerdo con el siguiente modelo de capas:



*Figura 3. 3 Modelo de capas de VoIP.*

En la figura 3.3 muestra la ubicación de los protocolos de control dentro del modelo de capas para VoIP, el VoIP Forum establece un modelo algo más completo en el que se incluyen las recomendaciones ITU que se siguen para el establecimiento y control de llamada, el formato de los mensajes, el traslado de direcciones entre otras, pero las recomendaciones del VoIP Forum son orientadas un poco más al transporte de voz en el internet. El modelo presentado se adapta satisfactoriamente a la transmisión de Voz en una red IP (Intranet o Extranet), que es el objetivo de la presente tesis.

### **3.4.3 Procedimiento de una llamada H.323 para VoIP.**

El VoIP Forum establece que la llamada en VoIP se la realiza según el procedimiento de una llamada H.323. La llamada se la realiza siguiendo los pasos que a continuación se indican:

- ✓ Establecimiento de la llamada.
- ✓ Comunicación inicial e intercambio de capacidad.
- ✓ Establecimiento de la comunicación (voz ó fax).
- ✓ Terminación de la llamada.

En una llamada se establecen canales lógicos, para Señalización RAS, señalización de la llamada, un canal de control y los canales de información de usuario (voz, fax).

Cada canal lógico lleva información de un transmisor a uno o más receptores y se identifica con un número de canal lógico que es único en cada sentido de la transmisión. El número de canal lógico sirve para asociar los canales lógicos con la conexión de transporte. Los canales lógicos se abren y cierran utilizando mensajes de apertura de canal lógico y cierre de canal lógico. Cuando se abre un canal lógico el mensaje de apertura de canal lógico describe plenamente el contenido del canal lógico.

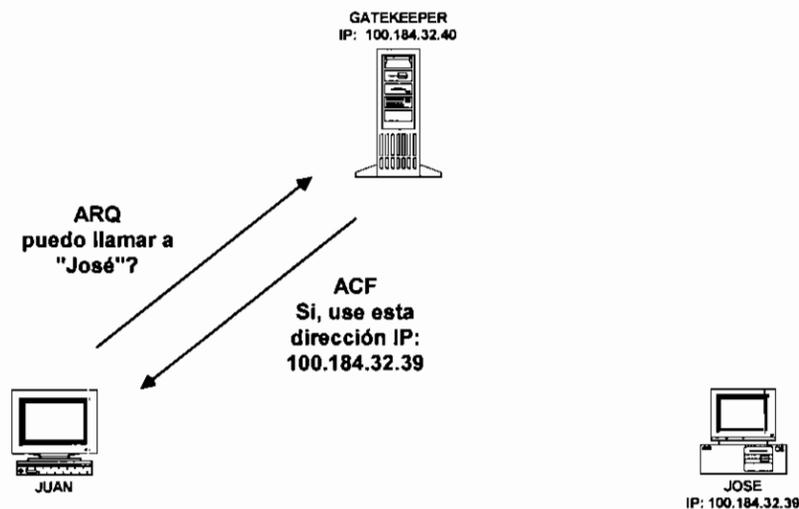
*El canal de señalización RAS*, es un canal no confiable se emplea para transportar mensajes utilizados en los procesos de:

- Descubrimiento de gatekeeper, que es el proceso que realiza un usuario para determinar en qué gatekeeper se debe registrar. El VoIP Forum también permite que un usuario final inicie la localización de un gatekeeper por medio de un DNS (Domain Name System).

- Registro de usuario, que es el proceso mediante el cual un usuario se incorpora a una zona y comunica al gatekeeper su dirección de transporte<sup>8</sup> y dirección de alias<sup>9</sup>.

El canal de señalización RAS es independiente del canal de señalización de la llamada y del canal de control. Las redes LAN que no tienen un gatekeeper no utiliza la señalización RAS, en las redes LAN que si tienen un gatekeeper el canal de señalización RAS se abre entre el usuario y el gatekeeper. El canal de señalización RAS se abre antes de cualquier otro canal entre máquinas de usuario.

El sistema de Nombres de Dominios (DNS) es un estándar del IETF empleado para proveer la resolución de nombres de dominios en direcciones IP. El DNS se emplea como un método para localizar un equipo H.323 específico, que se encuentra dentro de una zona de administración, realizando el cambio de una dirección IP por un nombre de dominio.



*Figura 3. 4 Mensajes del Gatekeeper<sup>10</sup>*

<sup>8</sup> Dirección de transporte: es la dirección de la capa transporte de una entidad h.323 direccionable. Esta compuesta por la dirección IP más el número de puerto lógico.

<sup>9</sup> Dirección de alias: una forma de identificar al equipo de usuario, puede tratarse de un número de acceso a la red, un número telefónico, un nombre, una dirección parecida a la de email, etc., y es válida dentro un una zona.

La figura 3.4 muestra la secuencia inicial de mensajes que pueden fluir si “José” llama o “Juan” en un ambiente H.323. El mensaje ARQ (Requerimiento de Admisión) provee dos fases de funcionalidad: resolución de direcciones y permisos, con devolver un simple mensaje de ACF (Confirmación de Admisión) el gatekeeper provee una aprobación tácita para que la llamada sea completada. Con un mensaje de ARJ (Rechazo de Admisión) la llamada se da por terminada debido a que uno de los requisitos no se cumplieron. La dirección devuelta en el ACF es la que debe ser empleada por José para comunicarse con Juan. Esta no es la misma que la dirección de Juan, sino una dirección asignada para que José pueda realizar sus requerimientos en la red. El gatekeeper es capaz de proveer una dirección (como la propia, o de un gateway específico) a José con la cual se comunicará con Juan. En otras palabras, se puede emplear cualquier dirección que sea devuelta por un mensaje ACF.

*El canal de control* es un canal fiable que lleva mensajes de información de control de extremo a extremo (entre usuarios finales).

*El canal de señalización de la llamada* es una canal fiable utilizado para llevar los mensajes de establecimiento de la llamada, obtener la situación de los usuarios y la finalización de la llamada.

---

<sup>10</sup> Tomado de: VOICE OVER IP FORUM, "Voice Over IP Implementation Agreement", Diciembre 1997.

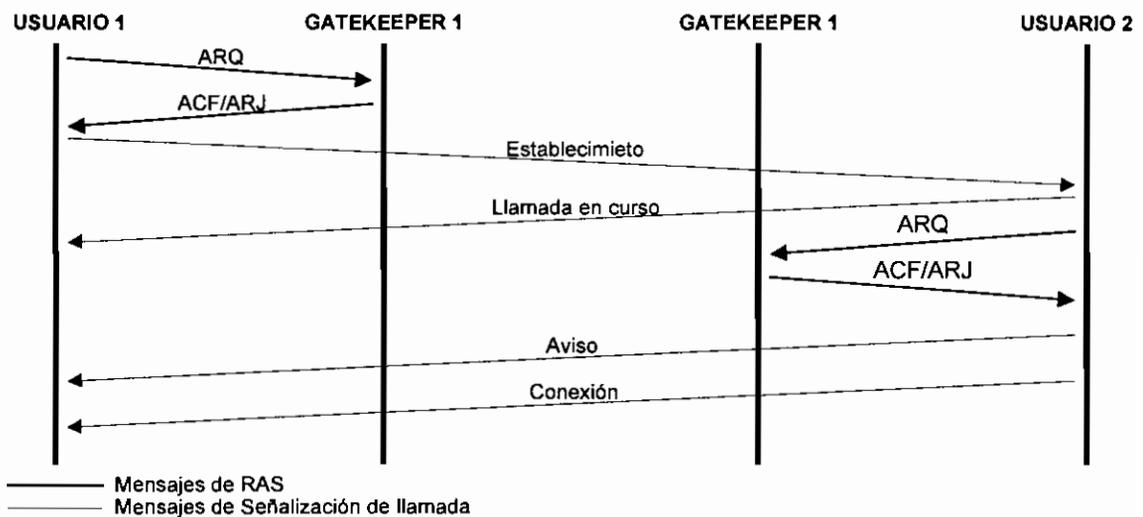


El usuario 1 envía un mensaje de establecimiento al puerto lógico del canal de señalización conocido del usuario 2. El usuario 2 responde con un mensaje de Conexión que contiene una dirección de transporte de canal de control para su utilización en la señalización.

El mensaje de llamada en curso es enviado por el usuario llamado para indicar que se ha iniciado el establecimiento de llamada solicitado y que no se aceptará ninguna información adicional de establecimiento de llamada.

El mensaje de Aviso es enviado por el usuario llamado para indicar que se ha iniciado el aviso del usuario llamada. Es decir, el teléfono está sonando.

La figura 3.7 indica el establecimiento de una llamada entre usuarios que se registran en gatekeepers diferentes.



**Figura 3. 7 Establecimiento de llamada entre usuarios que se registran en gatekeepers diferentes**<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Tomado de: Recomendación UIT-T H.323, Febrero 1997

El usuario 1 y el gatekeeper 1 intercambian mensajes ARQ/ACF. El gatekeeper 1 devuelve la dirección de transporte del canal de señalización de llamada del usuario 2 en el ACF, si el gatekeeper puede comunicarse con el gatekeeper 2. El usuario 1 envía un mensaje de Establecimiento a la dirección de transporte del canal de señalización de llamada del usuario 2. Si el usuario 2 desea aceptar la llamada, inicia el intercambio de mensajes ARQ/ACF con el gatekeeper 2. Entonces comienza un intercambio de mensajes entre el gatekeeper 1 y gatekeeper 2 que permitirán al usuario 2 registrarse en el gatekeeper 1. El usuario 2 envía un mensaje de conexión al usuario 1 que contiene una dirección de transporte de canal de control para su utilización en la señalización.

### ***Comunicación inicial e intercambio de capacidades.***

Una vez que ambos lados han intercambiado los mensajes de establecimiento de la llamada de la fase 1, los puntos extremos establecerán el canal de control.

El intercambio de capacidades tiene la finalidad de asegurar que únicamente las señales multimedios que deben transmitirse son aquellas que el terminal de recepción puede recibir y manejar adecuadamente. Se pone en conocimiento de un terminal la capacidad total de otro terminal para recibir y decodificar diversas señales.

En esta fase también se determina qué terminal será principal y el terminal subordinado. Lo que evitará conflictos cuando los dos terminales inicien simultáneamente eventos iguales, como por ejemplo la apertura de canales lógicos. Esta determinación se la hace de manera aleatoria. Una vez determinada la categoría del terminal ésta permanecerá constante mientras dura la llamada.

### ***Establecimiento de la comunicación (Voz/fax)***

Después del intercambio de capacidades y la determinación de principal/subordinado, se inician los procedimientos para abrir canales lógicos para los diversos tipos de información (voz/fax). La información de voz se transporta utilizando un protocolo no confiable. Las comunicaciones de datos (el fax se considera como datos), se transportan utilizando un protocolo confiable.

El acuse de recibo de apertura de canal lógico devuelve la dirección de transporte que el extremo receptor ha asignado a ese canal lógico. El canal transmisor deberá enviar a continuación a información asociada a ese canal lógico a esa dirección de transporte.

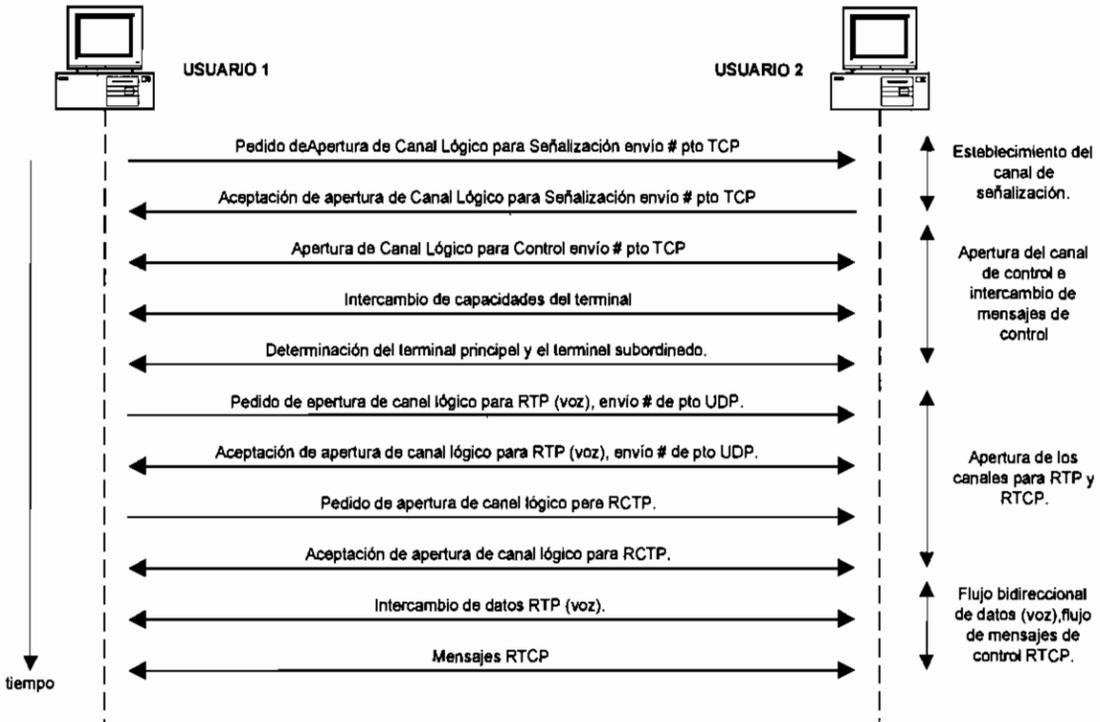
### ***Terminación de la llamada.***

Cualquiera de los usuarios puede terminar la llamada. La terminación de una llamada se la realiza con los pasos siguientes:

- ✓ Se interrumpe la transmisión de la información (voz/fax).
- ✓ Se cierran todos los canales lógicos de información.
- ✓ Se transmite un mensaje de finalizar instrucción por el canal de control indicando el extremo distante que desea desconectarse de la llamada e interrumpe la transmisión de mensajes por el canal de control.
- ✓ Se cierra el canal de control.
- ✓ Liberación de la llamada. Cuando la red no tiene gatekeeper, cada usuario final envía un mensaje de liberación completa y se cierra el canal de señalización. Cuando existe gatekeepers en la red, luego que los usuarios han cerrado los canales de señalización y

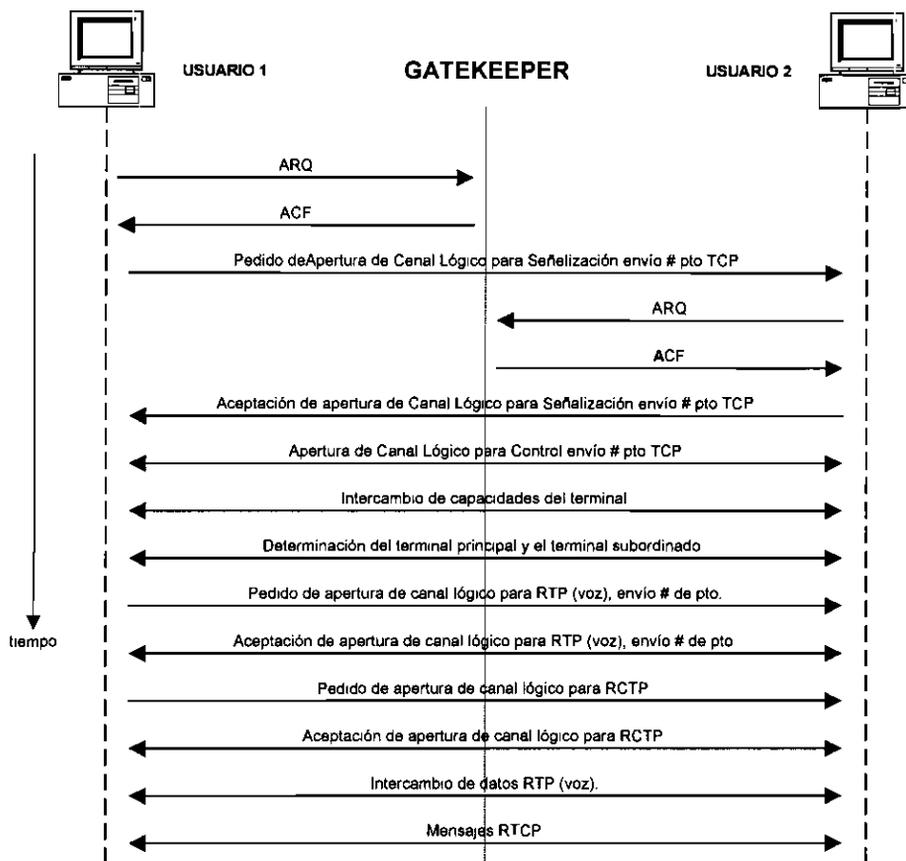
control, envían un mensaje de liberación de llamada a su gatekeeper, y esperan recibir un mensaje de confirmación de liberación de llamada y la llamada está terminada.

El ejemplo siguiente indica paso a paso el procedimiento de una llamada entre dos terminales H.323 en una red sencilla en la que no es necesario un Gatekeeper. El intercambio de mensajes se lo hace directamente.



**Figura 3. 8 Llamada VoIP entre terminales H.323**

En la siguiente figura se muestra el detalle de una llamada en una red que si tiene gatekeeper.



**Figura 3. 9 Llamada VoIP a través de un gatekeeper.**

A continuación se listan los pasos a seguir:

1. El terminal # 1 hace un requerimiento (mensaje ARQ) al gatekeeper para establecer la comunicación con el terminal # 2, recibe del gatekeeper el mensaje de confirmación (mensaje ACF), que incluye la dirección IP del terminal #2.
2. El terminal #1 envía al terminal #2 un mensaje de establecimiento de un canal de señalización de llamada TCP, indicándole que puerto TCP empleará para dicha conexión y lo deja abierto.

3. Una vez que el terminal #2 recibe dicho mensaje, hace un requerimiento de permiso al gatekeeper para comunicarse con el terminal #1 (mensaje de ARQ), y recibe como respuesta un mensaje de ACF.
4. El terminal #2 envía un mensaje de conexión al canal de señalización como respuesta al terminal #1, el mismo que incluye el número de puerto TCP al que se conectará su contraparte en el terminal #1.
5. Se abre un canal para mensajes de control.
6. El terminal # 1 y el terminal # 2 intercambian información de capacidades de terminal (velocidad de comunicación, codificador, etc.), en el canal ya establecido.
7. Antes que los canales de voz sean abiertos, el terminal # 1 y el terminal # 2 emplean mensajes para determinar cual es el *principal* y cual es *subordinado*, con el fin de intercambiar mensajes de solicitud de estado de la llamada. Maestro será el que solicite el estado de la llamada y esclavo será el que provea dicho información de estado, ésta designación se la realiza en forma aleatoria.
8. El terminal # 1 envía un requerimiento de apertura de un canal lógico para que el canal de voz se establezca, conteniendo el número de puerto UDP en que desearía recibir el reporte de recepción de RTCP.
9. El terminal # 2 envía una confirmación de apertura del canal lógico con el número de puerto UDP que se empleará para el flujo de reportes RTCP.
10. El terminal # 2 envía un requerimiento de apertura de canal lógico para que el canal de voz sea abierto. Dentro de la apertura del canal lógico están las características del canal, así como el puerto UDP que desea emplear para recibir los datos RTP.
11. El terminal # 1 envía una confirmación de apertura del canal lógico e indica el puerto UDP que desea emplear para ser usado por el flujo de datos (voz).
12. El audio fluye entre los dos terminales.

### 3.4.4 Transporte de VoIP (RTP/RTCP).

RTP/RTCP y el empaquetamiento de voz en RTP fue originalmente estandarizada por el IETF. RTP/RTCP define el protocolo de transporte en tiempo real, y el empaquetamiento de voz.

#### *Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP).<sup>14</sup>*

El Protocolo de Transporte en Tiempo Real, fue desarrollado como un servicio para entrega de datos que tengan características de tiempo real, como es el audio interactivo y video. Estos servicios incluyen time stamping<sup>15</sup>, secuencia de numeración, monitoreo de la entrega e identificación del tipo de datos transportados.

El monitoreo de la calidad de servicio se realiza por medio del Protocolo de Control de RTP llamado RTCP.



*Figura 3. 10 Paquete IP que contiene datos en tiempo real.*

RTP puede ser considerado como un servicio de aplicación. La aplicación de voz sobre IP emplea RTP sobre UDP, con RTP y UDP formando porciones distintas de la funcionalidad requerida por la transferencia de datos en tiempo real. RTP provee un considerable grado

<sup>14</sup> Referencia: D. MINOLI y E. MINOLI, "Delivering Voice over IP Networks", John Wiley&Sons, USA, 1998

<sup>15</sup> Time stamping: mecanismo de eliminación de jitter, que consiste en almacenar los paquetes de voz entrantes un tiempo suficiente (en milisegundos) de manera que éstos pueden ejecutarse por la aplicación en la secuencia correcta y con un retardo constante entre paquetes.

de flexibilidad, y no incluye ningún mecanismo que garantice la entrega oportuna de los datos, ni provee de ninguna garantía de calidad de servicio. En lugar de esto, RTP confía en los servicios de las capas inferiores como el protocolo de reservación de recursos RSVP.

Cuando RTP es transportado sobre UDP, la especificación requiere que se use un puerto par, con el correspondiente protocolo RTCP como mecanismo de control usando el puerto impar superior siguiente. Si una aplicación específica emplea un número impar como puerto RTP, la especificación indica que debe ser cambiado por el puerto par inferior siguiente.

RTP está compuesto de una cabecera seguida por los datos. De forma opuesta a los protocolos de transporte que emplean el contenido de la cabecera del protocolo para propósitos de control, RTP emplea paquetes RTCP para propósitos de control.

- ***Time stamp.*** Con el empleo del time-stamp, se puede recibir paquetes con un espaciado aleatorio y almacenarlos en una memoria, antes de reconstruir la voz. Entonces cada paquete puede ser removido del buffer de acuerdo al valor del campo time-stamp, para proveer un método uniforme de reconstrucción de la voz, eliminando el apareamiento de retardos aleatorios que podrían hacer que porciones de la voz se escuchen defectuosas.

Con el uso del protocolo RTP se puede proveer de mecanismos estandarizados para el transporte de voz, de manera que su operación dependa de la aplicación. Además es

posible diferenciar las aplicaciones una de otra, el soporte de diferentes tipos de datos RTP, ofrecen alto grado de interoperabilidad entre aplicaciones.

### ***Protocolo de Control de Transporte en Tiempo Real (RTCP).<sup>16</sup>***

RTP es un protocolo diseñado para transportar tráfico en tiempo real y proveer de algunos servicios adicionales que no están disponibles en los protocolos de transporte existentes como UDP. Como compañero de RTP, el IETF ha diseñado el Protocolo de Control de RTP (RTCP), el cual es empleado para comunicación entre los equipos fuente y destino. RTCP no se emplea para establecer parámetros de QoS, está orientado hacia la información de estado.

RCTP se basa en una transmisión periódica de paquetes de control hacia los participantes de una sesión, utilizando el mismo mecanismo de distribución que los paquetes de datos.

La función principal de RTCP es informar la calidad en la distribución de datos. Esta es una parte integral de la función de RTP como transporte y está relacionado con las funciones de control de flujo y control de congestión. Esta información puede ser directamente empleada para el control de codificadores. El enviar reportes de control a los participantes, permite a un tercero que observa la red y encuentra un problema, poder evaluarlo y determinar si éste es de origen local o global. Esto lo realiza generalmente un proveedor de servicios de red que no está directamente involucrado en la sesión, el recibir la información de control le permite actuar como una tercera persona que monitorea y diagnostica los problemas de la red. Además permite el control de las velocidades de los codificadores en los dos extremos.

### ***Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP)***<sup>17</sup>

RSVP se diseñó para reservar recursos de red apropiadamente según los requerimientos de los datos que son enviados. Para ayudar a reducir al mínimo retardos de la transmisión, el usuario de una aplicación puede solicitar servicios especiales de una red que usa RSVP. RSVP proporciona los medios para definir varias clases de tráfico de red dependiendo de la tolerancia de la aplicación a las variaciones en tiempos de respuesta de la red. La red puede rechazar el proporcionar tal servicio cuando los requisitos de la sesión no pueden ser resueltos o si la sesión excede una utilización limitada en una conexión de la red. RSVP se puede utilizar para controlar la calidad de servicio y la administración de recursos.

Una sesión de RSVP es identificada por la dirección de destino IP, el número de puerto, y el protocolo (UDP o TCP). Las sesiones de RSVP son unidireccionales y orientadas al receptor, la petición de reservación es iniciada por el receptor.

La petición de la reservación de RSVP se hace para una determinada QoS para los datos de la sesión que son recibidos. QoS es definido por un flowspec<sup>18</sup> para un modelo dado del servicio. Dependiendo del modelo del servicio, el flowspec especifica la velocidad y el retardo limite para los datos de la sesión, ó especifica solamente la velocidad.

Cuando se implementa RSVP se pone en ejecución uno de los dos modelos de servicio: servicio garantizado o servicio controlado por carga.

---

<sup>16</sup> Referencia: D. MINOLI y E. MINOLI, "Delivering Voice over IP Networks", John Wiley&Sons, USA, 1998

<sup>17</sup> Referencia: L. ZHANG, S. DEERING, D. ESTRIN, S. SHENKER, D. ZAPPALA, "RSVP: A New Resource ReSerVation Protocol", Information Sciences Institute and Computer Science Department, University of Southern California, Los Angeles, [www.usc.edu](http://www.usc.edu)

### ***Servicio garantizado***

En el modelo de *servicio garantizado*, hace que los routers envíen los paquetes dentro de los límites de retardo especificados por el flowspec de un receptor. Un servicio que opera dentro de los límites establecidos da lugar a una menor utilización de la red.

### ***Servicio controlado por carga.***

En el modelo de *servicio controlado* por carga no se da ninguna garantía con respecto retardo o throughput (tráfico entrante y saliente), sino que admite nuevas sesiones.

RSVP se utiliza para realizar reservaciones de los recursos en la red. Comunica una petición para QoS a lo largo del camino de datos, dando por resultado una reservación si la petición es aceptada. No significa que RSVP dará una calidad mejor del servicio. RSVP es un protocolo de control que hace una reservación, pero la ejecución de la reservación la realiza el router.

Cada nodo capaz de reservar recursos tiene varios módulos que funcionan juntos para hacer la reservación. En cada nodo un demonio<sup>19</sup> de RSVP maneja todos los mensajes de gestión para ejecutar las reservaciones

---

<sup>18</sup> Flowspec: Parámetro que especifica la calidad de servicio requerida por un receptor.

<sup>19</sup> Demonio: Rutina que se ejecuta en el momento que es requerida.

Un host de la red utiliza RSVP para solicitar una específica QoS de la red, para una secuencia de datos de aplicación. RSVP lleva la petición a través de la red, visitando cada nodo que la red utiliza para llevar la secuencia. En cada nodo, RSVP procura hacer una reservación del recurso para la secuencia.

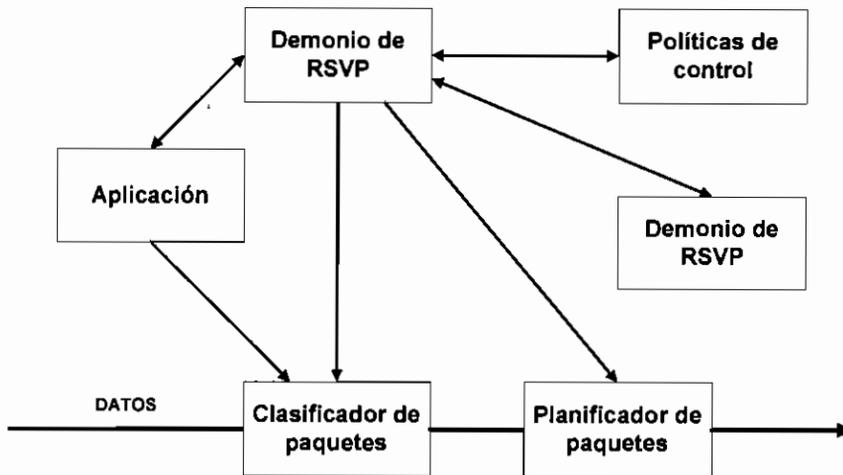
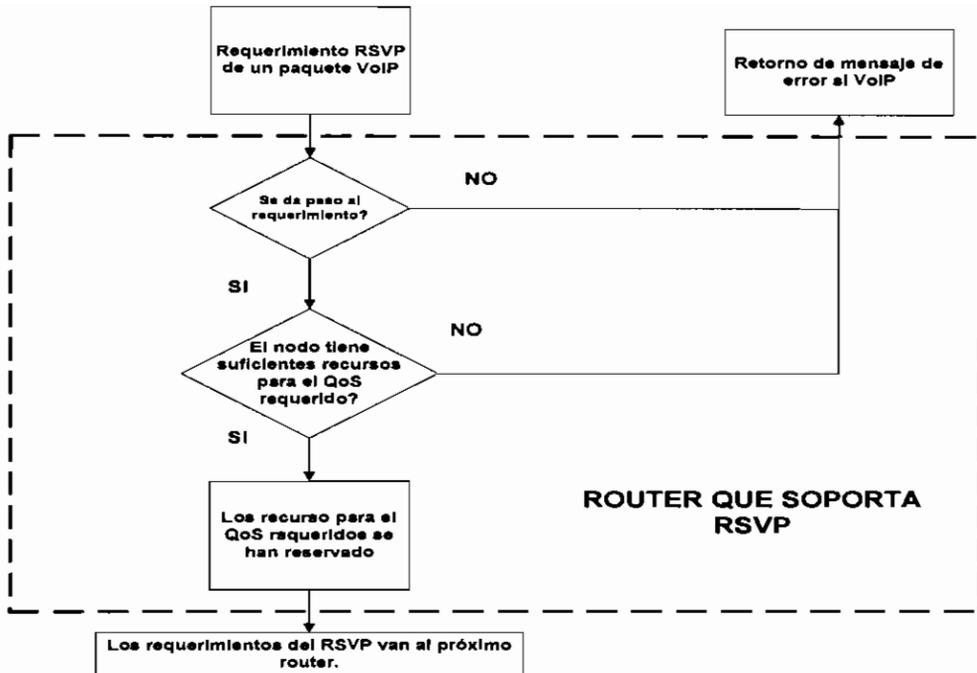


Figura 3. 11 Reservación de Recursos en la red<sup>20</sup>

Para reservar recursos en un nodo, el demonio de RSVP se comunica con dos módulos de decisión, *control de admisión* y *políticas de control*. El control de admisión determina si el nodo tiene suficientes recursos disponibles para proveer la QoS solicitada. El módulo de políticas de control determina si el utilizador tiene permiso administrativo de hacer la reservación. Si cualquier chequeo falla, RSVP devuelve una notificación del error a la aplicación que originó la petición. Si ambos chequeos tienen éxito, el demonio de RSVP fija los parámetros en un *clasificador del paquete* (filterspec) y un *planificador de paquete* (packet scheduler) para obtener el QoS deseado. El clasificador del paquete determina la clase de QoS para cada paquete y el planificador de paquete ordena la transmisión del paquete para alcanzar la QoS prometida para cada secuencia.

<sup>20</sup> Tomado de: L. ZHANG, S. DEERING, D. ESTRIN, S. SHENKER, D. ZAPPALA, "RSVP: A New Resource ReSerVation Protocol", University of Southern California, Los Angeles, [www.usc.edu](http://www.usc.edu)



**Figura 3. 12 Funcionamiento de RSVP.**

RSVP también se diseñó para utilizar la robustez de los algoritmos actuales de enrutamiento. RSVP no realiza su propio enrutamiento; utiliza protocolos de enrutamiento para determinar dónde debe llevar las peticiones de reservación. Ya que el enrutamiento modifica las rutas para adaptarse a los cambios y a la topología, RSVP adapta su reservación a las nuevas rutas. Esta modularidad no limita a RSVP de usar otros servicios de enrutamiento. La investigación actual de RSVP está centrada en diseñar RSVP para que utilice los servicios de enrutamiento de rutas alternas y rutas fijas.

### **3.5 Fax sobre IP (Fax Over Internet Protocol, FoIP)**

Una aplicación de fax sobre redes de datos permite que las máquinas de fax estándares envíen su información sobre redes de paquetes. Esto se hace extrayendo la imagen de fax de una fuente analógica y transportándola como datos digitales sobre una red de datos.

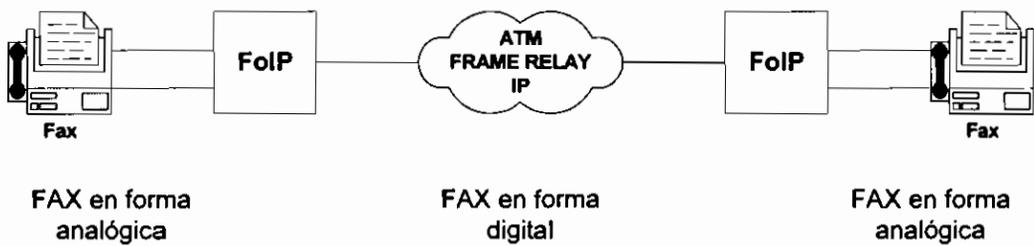
El facsímil, o el fax, es una tecnología fundamental para los negocios. El fax ha probado ser un mecanismo confiable de entrega de documentos que las empresas y los individuos continuarán utilizando por muchos años. Se estima que casi 40% de las llamadas entre los E.E.U.U. y la Europa a cualquier una hora son llamadas de fax, y que entre los E.E.U.U. y la Asia se acerca al 50%. Con la transmisión de FoIP las empresas ahorrarán millones de dólares por año al usar redes de datos existentes, como la red Internet y redes privadas IP para el transporte de fax.

Tradicionalmente, ha habido dos formas para enviar el fax sobre redes de paquetes: método de transmisión en tiempo real y el método de almacenamiento y envío (store-and-forward).

La diferencia primaria en servicio entre estos dos métodos está en la salida de la información y el método de confirmación de recepción. La ITU y el Internet Engineering Task Force (IETF) desarrollaron el protocolo estándar para la transmisión de fax en tiempo real sobre redes IP, (FoIP), el estándar es el T.38, así como el estándar para el método de almacenamiento y envío de FoIP, denominado T.37. Además, T.38 es el protocolo de la transmisión del fax seleccionado por H.323.

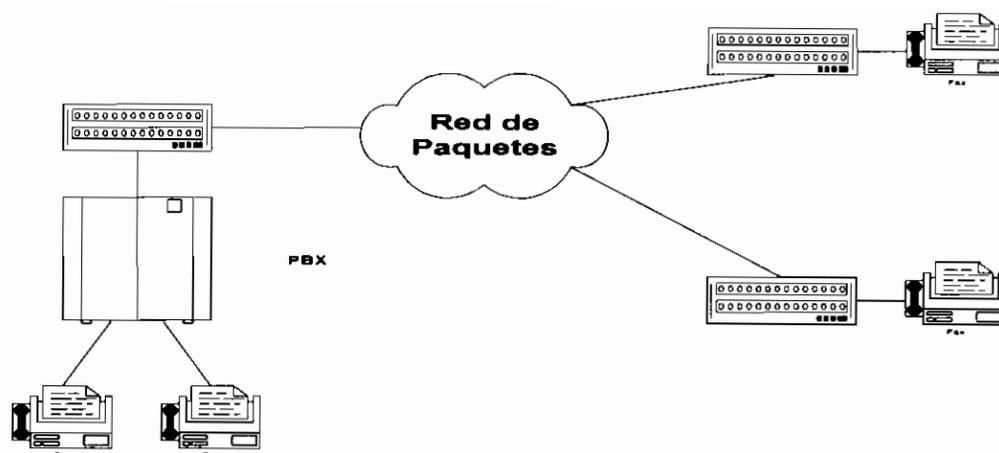
Los datos de fax en su forma original son digitales, éstos se modulan y se convierten a la forma analógica para la transmisión sobre la red de telefonía pública (PSTN), que utiliza 64 kbps de ancho de banda en ambas direcciones.

En la transmisión de fax sobre IP la señal analógica se la convierte nuevamente en señal digital, los datos digitales se transmiten en la red y después se los reconvierte a la forma analógica para ser entregados a la máquina de fax en recepción. Este proceso reduce el ancho de banda total requerido para enviar fax porque el formato digital es mucho más eficiente y la transmisión es half-duplex (es decir, sólo una dirección se utiliza en cualquier momento). La velocidad máxima para una transmisión del fax es 14,4 kbps en una dirección. En la figura 3.13 se muestra un esquema de la transmisión de Fax en redes IP.



*Figura 3. 13 Transporte de Fax sobre redes IP.*

La figura 3.14 muestra la configuración de red de una empresa y sus sucursales que utilizan su red de datos en lugar de la red interurbana para tener acceso a la máquina de fax en la oficina principal. El equipo de FoIP permite interconectar directamente las máquinas de fax de las oficinas remotas y la máquina de fax de la oficina principal a través de una PBX.



**Figura 3. 14 Implementación de FoIP.**

### **3.5.1 Calidad de servicio para FoIP.**

Las ventajas de la reducción de ancho de banda y el ahorro al transportar fax sobre redes de datos están asociadas con la Calidad de Servicio, la cual es específica para las redes de datos y que pueden afectar a la confiabilidad de transmisión de fax.

El *retardo* de los paquetes de fax a través de la red causa que la sincronización precisa requerida por el protocolo de fax sea afectada lo que puede ocasionar la pérdida de la llamada. El protocolo de fax sobre IP debe compensar la pérdida de sincronismo de los mensajes sobre la red de manera que la transmisión no tenga errores.

El *jitter* es otro factor que afecta la correcta recepción de documentos de fax, debido a que los paquetes llegan con diferentes retardos, puede ocasionar errores en el momento de su ejecución, fax sobre IP incorpora el mecanismo de time-stamp que asegura que los paquetes de información serán ejecutados en la secuencia correcta.

La *pérdida de paquetes* es un serio problema dependiendo del tipo de red que se esté empleando. El protocolo de transporte de fax sobre redes de datos afronta el problema de dos formas:

- Repitiendo la información en las tramas siguientes de manera que el error pueda ser corregido por el mecanismo de ejecución en la recepción.
- Empleando un protocolo de transporte que realice corrección de errores, como TCP, para transporte de datos a expensas de tener un retardo mayor.

### **3.5.2 Transmisión de FoIP en tiempo real y almacenamiento-envío<sup>21</sup>**

El fax se puede transmitir sobre IP de dos maneras: en tiempo real o con el método de almacenamiento y envío. El fax en tiempo real sobre IP trabaja exactamente como una llamada regular del fax. Las dos máquinas de fax se sincronizan y envían los datos sobre una conexión telefónica local, con un enlace IP entre las dos conexiones locales. Si el fax está ocupado, el equipo que hace la llamada recibe una señal de ocupado, el usuario tiene entonces la opción de enviar el fax posteriormente o emplear el modo de almacenamiento y envío. El método de almacenamiento y envío sobre IP trabaja como el e-mail. El usuario envía el mensaje de fax a un servidor, que lo envía a otro servidor, el cual envía el fax a un recipiente. Eventualmente, se notifica al usuario si el fax fue o no recibido.

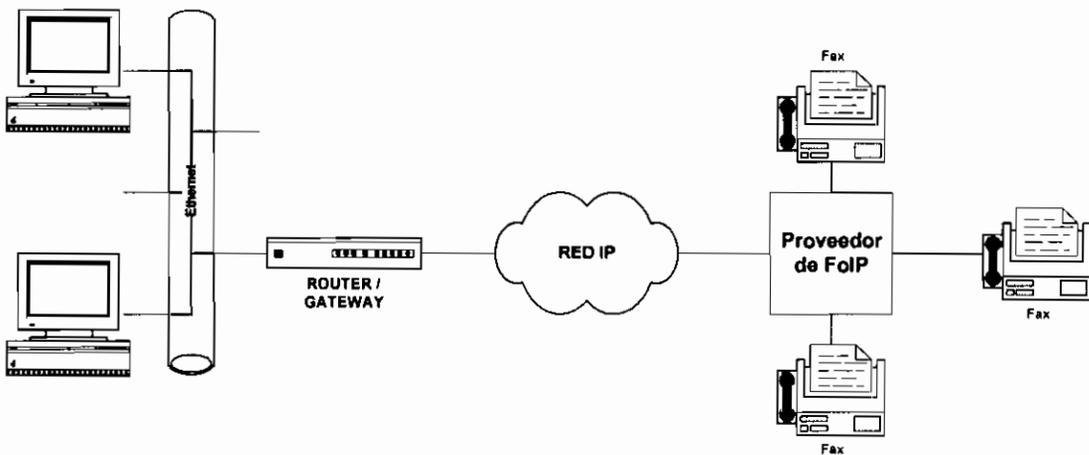
---

<sup>21</sup> Referencia: TELELOGY NETWORKS, "Fax Over IP (FoIP)", [www.telogy.com](http://www.telogy.com), Agosto 1999

### 3.5.3 Estándar T.38<sup>22</sup>

El estándar para el fax en tiempo real sobre IP es T.38 estandarizado por la ITU. El título de la recomendación de ITU es "T.38: Procedimientos para la comunicación en tiempo real de fax sobre redes IP." Esta recomendación define los procedimientos para la transmisión de facsímil entre máquinas de fax, en donde una parte del camino de transmisión entre los terminales incluye (a más de PSTN, ISDN) una red del IP como el Internet.

T.38 hace posible que las máquinas de fax de diversos vendedores puedan comunicarse sobre redes IP. La figura 3.15 muestra la implementación de FoIP con el protocolo T.38.

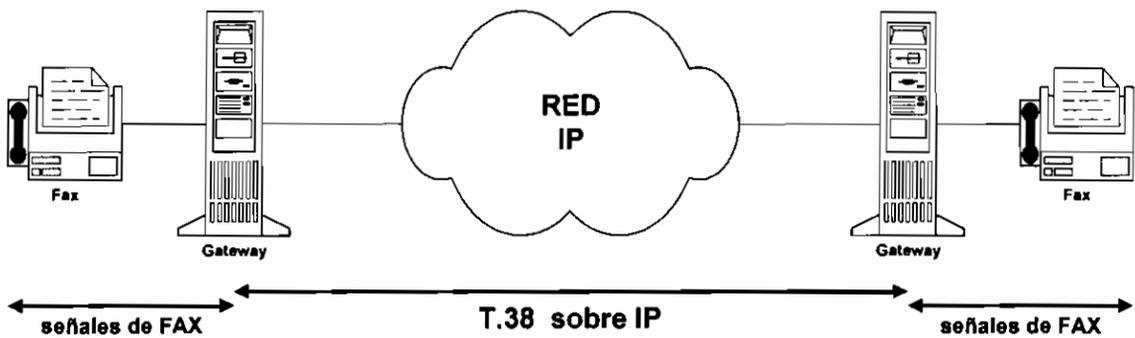


*Figura 3.15 FoIP con el protocolo T.38*

La figura 3.16 muestra un esquema de la recomendación T.38. Una máquina de fax tradicional está conectado a un Gateway, emitiendo un facsímil a través de una red IP hacia un Gateway de recepción. El Gateway de recepción por medio de una llamada PSTN hace que una máquina de fax reciba el facsímil proveniente del otro lado de la red. Una vez que

<sup>22</sup> Referencia: "T38 and the Future of Fax", <http://www.dialogic.com>.

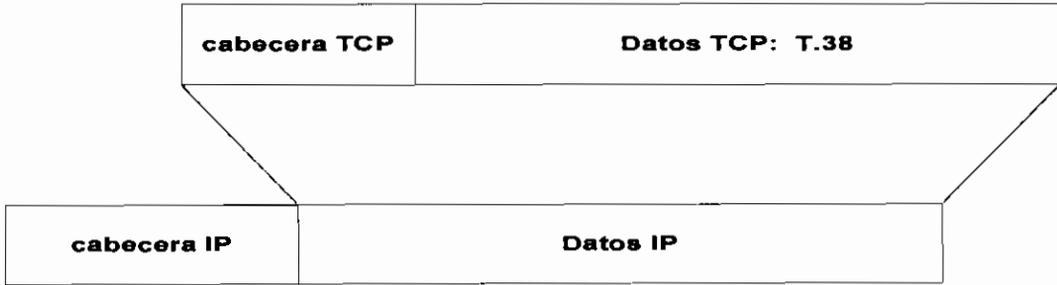
las llamadas del PSTN se establecen en ambos extremos, las dos terminales se conectan virtualmente. Las terminales establecen la sesión y negocian las capacidades para las funciones del fax como la confirmación positiva de paginación y la duración mínima de la llamada. Otra función definida en la recomendación T.38, es una conexión en uno o ambos extremos de la transmisión a un dispositivo que soporte fax como una PC, conectada directamente a una red IP.



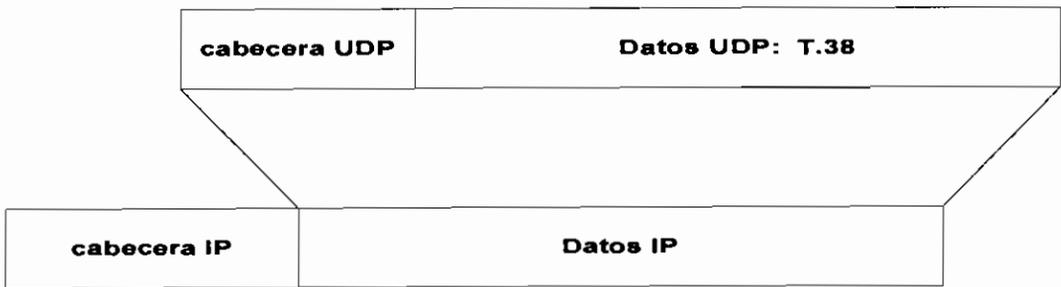
*Figura 3.16 Componentes de FoIP.*

En la configuración T.38, las señales de fax se demodulan en el Gateway de voz/fax y se envían sobre la red IP como paquetes fax IP usando TCP o UDP, dependiendo del ambiente del servicio. Las figuras 3.17 y 3.18 muestran la estructura del paquete para ambos mecanismos del transporte. TCP proporciona una transmisión 100% sin errores, pero no en tiempo real ya que los routers desechan los paquetes TCP primero si ocurre congestión. UDP funciona bien en tiempo real, puesto que los routers no desechan sus datagramas tan fácilmente como los paquetes TCP, pero UDP da baja calidad de servicio. Es posible que los datagramas se pierdan, lleguen en desorden, o duplicados.

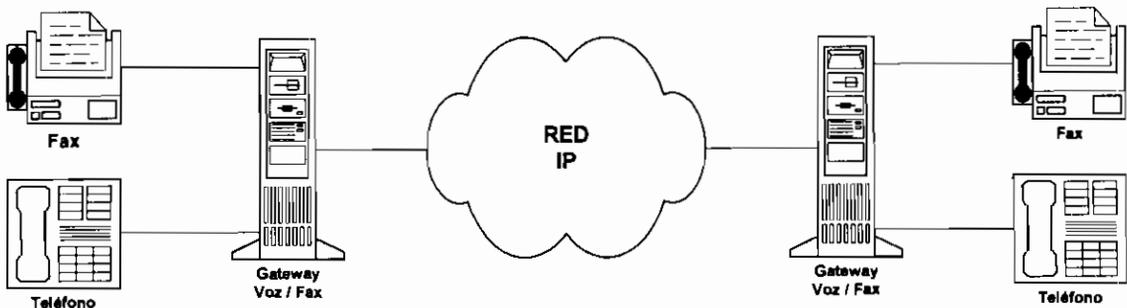
Con los mecanismos de redundancia implementados por FoIP es posible que los paquetes de fax no se pierdan incluso usando UDP. En el otro extremo de la red IP, el Gateway remoto decodifica los paquetes de fax IP y regenera señales de fax.



*Figura 3.17 Estructura de FoIP usando TCP.*



*Figura 3.18 Estructura FoIP usando UDP*



*Figura 3.19 Gateway H.323 con opción de codificación de fax T.38.*

El protocolo T.38 funciona directamente entre los Gateways emisor y receptor. El gateway por defecto, selecciona a un codificador de voz. Si el Gateway detecta una señal de fax, cambia la forma de operación a la de fax usando T.38 como codificador. Si se interrumpe la señal de fax, los Gateways cambian de nuevo al modo de voz sin romper la conexión.

## CAPITULO IV

# PRUEBAS Y RESULTADOS DE LA TRANSMISIÓN DE VOZ Y FAX SOBRE IP.

### 4.1 Introducción.

En este capítulo se describen las pruebas realizadas para la determinación de la calidad de voz y fax en redes IP.

Las redes sobre las que se realizaron las pruebas son:

- ✓ Una red LAN Ethernet 10BASET.
- ✓ Una red WAN que emplea un enlace satelital con SCPC.
- ✓ Una red WAN que emplea la tecnología de VSAT LAN (VLAN) para unir redes LAN en diferentes sitio geográficos.

En cada una de las redes implementadas se analiza los factores que afectan la calidad de voz (retardo en la red, jitter y pérdida de paquetes) y la forma que se contrarrestará los efectos usando las técnicas que ofrecen los equipos empleados.

Los efectos del retardo en la red son el eco y el solapamiento. La priorización de los paquetes de voz/fax minimizan el efecto del retardo en la red. Los equipos poseen un mecanismo de priorización de paquetes de voz/fax, canceladores de eco y un mecanismo de eliminación de jitter. La pérdida de paquetes en una red se da debido a fallas en el medio físico de enlace y también puede darse por congestión, las redes de prueba no

presentan fallas en el medio físico. Con la finalidad de probar los equipos en condiciones adversas, se introduce tráfico de datos mediante ping's<sup>1</sup> en la red de manera que su utilización sea cercana al 100%. Es importante anotar que las redes se implementaron exclusivamente para las pruebas, no corrieron sobre ellas otra aplicación que no sea tráfico de voz y tráfico de datos anteriormente mencionado.

La medición de la calidad de voz es subjetiva, como se mencionó en el capítulo 2, existe una escala llamada MOS (Mean Opinion Score) utilizada para medición de calidad de voz que se aplica a los codificadores de voz. Este método toma como referencia la calidad de voz que se obtiene de una línea de una red telefónica pública. Es aceptada y utilizada ampliamente por los fabricantes de equipos que manejan voz en redes de datos.

En la presente tesis se dará una puntuación similar a la escala MOS, pero se aplicará a la calidad de la voz en la red y no al codificador empleado. Así, si la calidad de voz es nítida y no se siente el retardo la prueba tendrá una calificación de 5. Si es afectada por el retardo y presenta cortes en las palabras tendrá una calificación cercana a 3 y cuando la voz llegue muy afectada, es decir no sea inteligible, tendrá una calificación de 1.

En las tablas de resultados se muestran la variación de los parámetros utilizados en las medidas y una descripción de cómo se percibió la calidad de voz/fax y en cada una de las pruebas. En las pruebas que tienen un retardo inherente al medio de transmisión (enlace satelital) se incluye además el tiempo promedio de retardo percibido en cada prueba.

---

<sup>1</sup> Ping: Es un comando que permite verificar la conexión del hardware y la conexión lógica en una red IP.

Las pruebas en general se realizaron en la siguiente forma: los teléfonos 1 y 2 se colocaron en la misma sala, en el teléfono 1 se conectó a una contestadora automática, mientras en el teléfono 2 una persona con un cronómetro toma la medida del retardo, la cuenta del cronómetro inicia en el momento en que en el teléfono uno inicia el mensaje de la contestadora (el usuario del teléfono 2 lo escucha ya que está en la misma sala), y termina la cuenta del cronómetro en el momento en que el usuario del teléfono 2 escucha por el teléfono el inicio del mensaje de la contestadora, este procedimiento se lo repite entre tres y cuatro veces y se toma un promedio de los datos obtenidos. Para describir la calidad de voz percibida el usuario del teléfono 2 escucha durante aproximadamente cinco minutos una grabación de la contestadora poniendo atención en la nitidez y los cortes en el mensaje recibido.

#### **4.2 Características de los equipos empleados en las pruebas.**

Se emplearon equipos marca Motorola modelo 6450, los mismos que ofrecen en la versión más actual las facilidades para transmitir VoIP y VoFR. En lo subsiguiente se hará referencia a éstos como los equipos de VoIP.

Los equipos tienen los siguientes puertos:

- ✓ Un puerto Ethernet (puerto LAN).
- ✓ Dos puertos de datos (puerto WAN).
- ✓ Dos puertos de voz/fax.

### **Características VoIP**

El manejo de VoIP en los equipos empleados se la hace de dos formas: el modo propietario que emplea protocolos propios para el procesamiento y transporte de VoIP y que se lo implementa solamente para conectarse con equipos de la misma marca, y la forma estandarizada que trabaja de acuerdo con las recomendaciones del VoIP Forum, es decir empleando H.323, lo que permite trabajar en redes que tienen equipos de otra marca y que también trabajen de acuerdo con ésta recomendación. Las pruebas de ésta tesis se las realizaron con el estándar de VoIP Forum considerando que es la mejor forma de presentar condiciones reales de implementación de la red.

En la siguiente figura se muestra el formato del paquete H.323 que emplean éstos equipos:



*Figura 4. 1 Formato del paquete H.323*

La cabecera H.323 contiene la siguiente información:

*Cuadro 4. 1 Cabecera H.323.*

<b>Componentes de la cabecera H.323</b>	<b>Tamaño</b>
IP	20 bytes de cabecera
UDP	8 bytes de cabecera
RTP	12 bytes de cabecera
Total	40 bytes de cabecera

Para transportar tráfico de voz, H.323 emplea los protocolos TCP y UDP. Se emplea TCP para transportar tráfico de control y señalización del canal de voz, ya que debe llegar al nodo de destino sin errores y con un retardo mínimo. El tráfico de voz se transporta sobre una sesión UDP. UDP provee un transporte fácil y rápido con un mínimo tamaño de cabecera, hace el mejor esfuerzo para el transporte de tráfico pero no da confiabilidad.

Cada llamada emplea dos puertos TCP y dos puertos UDP. Los puertos TCP se emplean para las sesiones de: señalización y control de la llamada. Los puertos UDP son empleados para las sesiones de los protocolos RTP y RTCP.

*Cuadro 4. 2 Sesiones empleadas por H.323 para VoIP*

<b>Sesión</b>	<b>Tipo de tráfico</b>	<b>Descripción.</b>
Sesiones TCP	Señalización de la llamada.	Establecimiento, y finalización de la llamada.
	Control	Intercambio de capacidades, señalización de canal lógico, modo de requerimiento, retardo.
RTP	Tráfico de voz	RTP provee capacidades de multicast.
RTCP	Control de la calidad. Información de control.	RCTP, notificación de calidad, velocidad de recepción de paquetes e información de la sesión de control.

Los números de puerto TCP y UDP que emplean los equipos de VoIP no se configuran se asignan aleatoriamente, ésta información se la puede obtener de las estadísticas H.323 de los equipos.

Los puertos UDP empleados para las sesiones RTP y RTCP son consecutivos, el puerto RTP es par y el puerto RTCP es el puerto impar inmediatamente superior. La información que se obtiene se la presenta a continuación:

*Cuadro 4. 3 Detalle de las estadísticas del puerto de voz en los equipos de VoIP.*

<i>Dirección IP de Destino:</i>		
<i>Canal de señalización de llamada</i>		
Estado: Conectado		
# de puerto TCP	Local: 1029	Remoto: 1720
<i>Canal de Control del estado de la llamada:</i>		
Estado: Conectado		
# de puerto TCP	Local: 2605	Remoto: 1029
<i>Real Time Protocol:</i>		
# de puerto UDP	Local: 49664	Remoto: 49662
<i>Real Time Control Protocol:</i>		
# de puerto UDP	Local: 49665	Remoto:49663
<i>Estado del puerto:</i> Habilitado	<i>Duración de la llamada:</i> 00:03:22	
<i>Estado del Circuito:</i> Conectado	<i>Duración de todas las llamadas:</i> 1:48:43	
<i>% de Utilización del Puerto:</i> 98 %	<i># de canales de voz:</i> 1	

Los equipos no soportan RSVP, su implementación no es necesaria ya que las pruebas únicamente conectan dos puntos. RSVP es útil cuando la voz debe ser transportada a través de varios nodos de una red.

### ***Codificadores de voz.***

En cuanto a la codificación de voz, los equipos empleados soportan los siguientes estándares de codificación de voz:

**Cuadro 4. 4** Algoritmos de codificación de voz<sup>2</sup>.

<b>Estándar de Codificación</b>	<b>Velocidad</b>
G.723.1 MP-MLQ	5.3k y 6.3k
CVCELP	8k
CVCELP	16k

CVCELP es un método propietario de codificación que se basa en el estándar de codificación CS-CELP. Estos codificadores tienen similares características en cuanto a la calidad de compresión y ocupación de ancho de banda.

### ***Parámetros para mejoramiento de calidad de voz***

Los equipos incluyen algoritmos de supresión de eco que se habilitan o no según las necesidades. Estos algoritmos están implementados en el hardware del equipo reduciendo el tiempo de procesamiento si ésta opción es habilitada. La opción de supresión de eco fue habilitada en todas las pruebas realizadas.

El parámetro Smoothing Delay funciona de manera similar que el Time Stamping el cual, como se explicó en el capítulo anterior es un mecanismo de eliminación de jitter, que

---

<sup>2</sup> Tomado de: MOTOROLA. "Vanguide: Voice Over IP", Realease 5.3-Revisión A, Noviembre 1999.

consiste en almacenar los paquetes de voz entrantes un tiempo suficiente (en milisegundos) de manera que éstos pueden ejecutarse por la aplicación en la secuencia correcta y con un retardo constante entre paquetes. El rango es de 40 a 300 ms.

Los equipos de VoIP también poseen un mecanismo de priorización de tráfico de voz y fax que consiste en:

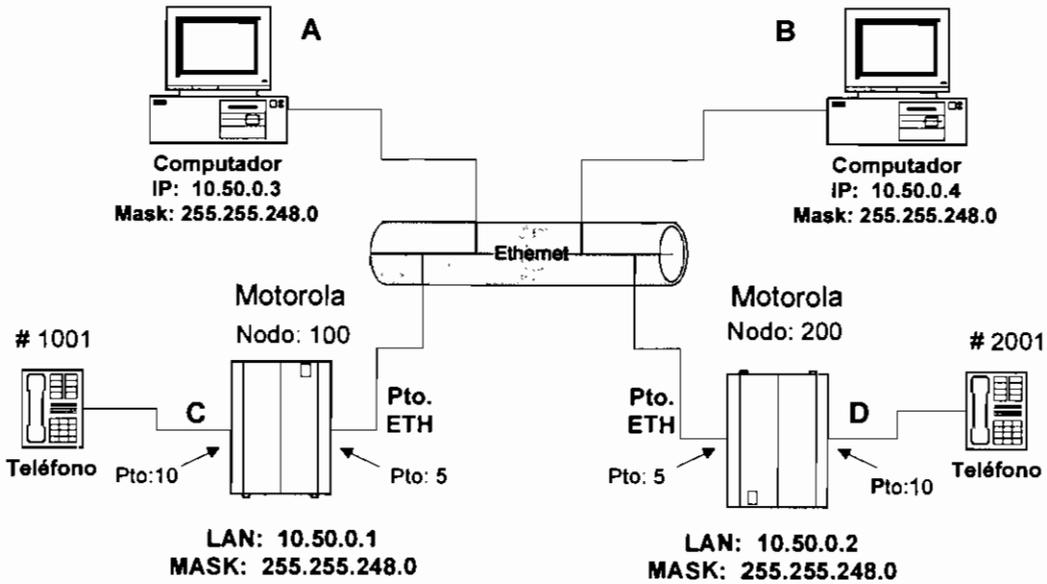
- ✓ Permite al usuario determinar el tamaño que tendrá el paquete de datos (de 32 hasta 1024 bytes) cuando detecta tráfico de voz.
- ✓ Y, cuando se detecta tráfico de voz los equipos cambian automáticamente la forma de transmisión enviando dos paquetes de datos por cada paquete de voz.

La detección de tráfico de voz se realiza o no activando el parámetro VAD (Voice Activation Detection) en el puerto. Este mecanismo de priorización es aplicable solamente en el puerto de datos (puerto WAN) del equipo de VoIP.

Los parámetros Input/Output Signal Level ó nivel de la señal de entrada/salida, permiten ajustar el volumen de voz que sale o entra en el puerto de voz. Debido a que no se tienen variaciones significativas en los resultados de las pruebas al variar éstos parámetros se los ha configurado con los valores por defecto recomendado por el fabricante.

### 4.3 Pruebas en una red LAN.

La red empleada fue una de tipo Ethernet 10BASET, con el siguiente esquema:



*Figura 4. 2 Red LAN implementada para las pruebas de voz.*

#### 4.3.1 Descripción

La red LAN está compuesta por un Hub Ethernet 10BaseT. Dos computadores se conectan al Hub por medio de la tarjeta de red y los equipos de VoIP por medio del puerto Ethernet. Un teléfono se conecta a cada uno de los puertos de voz.

Se introduce tráfico contante en la red por medio de ping's con un tamaño de paquete de 18.000 bytes desde un punto A al punto C, al mismo tiempo que se envía un ping del mismo tamaño de C hacia A, se siguió el mismo procedimiento entre B y D, es decir, se enviaron pings de B hacia D y desde D hacia B.

### 4.3.2 Configuración de la red para las pruebas de voz.

El siguiente esquema muestra la secuencia de configuración de los parámetros principales de los equipos de VoIP. A los computadores A y B se les asigna una dirección IP de acuerdo con la fig 4.2.

La configuración del puerto de voz, la tabla de rutas y la tabla de conmutación será la misma para todas las pruebas realizadas. Para las pruebas de fax, se debe especificar en la configuración del puerto de voz que se conectará una máquina de fax.

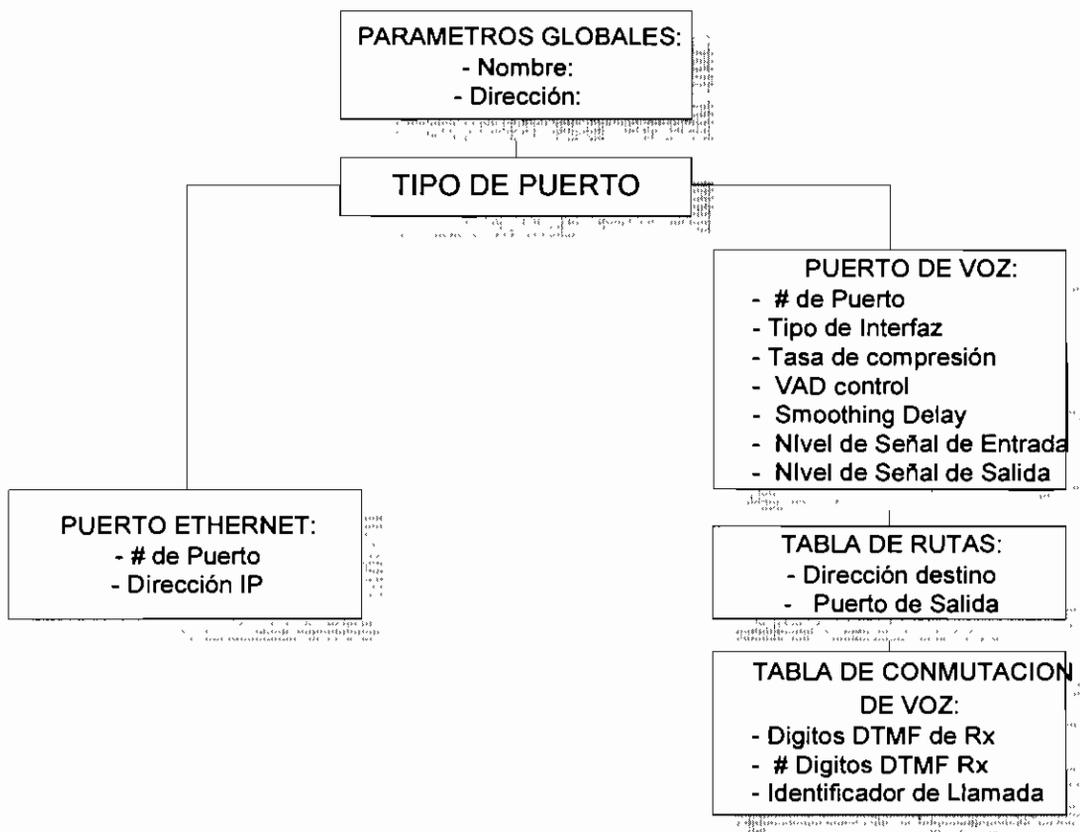


Figura 4.3 Configuración de los equipos de VoIP para las pruebas de voz en una red LAN.

*Cuadro 4. 5 Configuración de parámetros globales.*

<b>Parámetro</b>	<b>Equipo #1</b>	<b>Equipo #2</b>
<b>Nombre del Nodo</b>	Uno	Dos
<b>Dirección del Nodo</b>	100	200

La dirección del nodo representa un identificador del mismo, éste se ha venido empleando para aplicaciones de X.25 en esta marca en particular de equipos. El tamaño de la tabla de conmutación de voz indica el número máximo de destinos de voz que puede ser configurados en el equipo.

*Cuadro 4. 6 Configuración del puerto Ethernet.*

<b>Parámetro</b>	<b>Equipo #1</b>	<b>Equipo #2</b>
<b>Número de Puerto</b>	5	5
<b>Tipo de Puerto</b>	Ethernet	Ethernet
<b>Dirección IP</b>	10.50.0.1	10.50.0.2
<b>Máscara de Dirección IP</b>	255.255.248.0	255.255.248.0

Para las pruebas en la red LAN no es necesario activar la detección de tráfico de voz, pero en este caso se configura de ésta forma ya que se empleará la misma configuración del puerto de voz para las pruebas de red WAN con enlace satelital SCPC y con VLAN.

*Cuadro 4. 7 Configuración del puerto de Voz.*

<b>Parámetro</b>	<b>Equipo #1</b>	<b>Equipo #2</b>
<b>Tipo de Puerto</b>	Voz	Voz
<b>Número de Puerto</b>	10	10
<b>Tipo de Interfaz</b>	FXO	FXO
<b>Tasa de compresión</b>	5.6k/6.3k/8k/16k	5.6k/6.3k/8k/16k
<b>Control de activación de detección de voz</b>	Habilitado	Habilitado
<b>Smoothing Delay</b>	70/100/200/300	70/100/200/300
<b>Nivel de señal de entrada</b>	2.5 dB	2.5 dB
<b>Nivel de señal de salida</b>	- 2.5 dB	- 2.5 dB

*Cuadro 4. 8 Tabla de selección de rutas.*

<b>Parámetro</b>	<b>Equipo #1</b>	<b>Equipo #2</b>
<b>Entrada</b>	# 1	# 1
<b>Dirección IP de destino</b>	10.50.0.2	10.50.0.1
<b>Puerto de salida</b>	Ethernet	Ethernet

En este cuadro se indica al equipo hacia dónde enrutar el tráfico de voz.

*Cuadro 4. 9 Tabla de conmutación de Voz.*

<b>Parámetro</b>	<b>Equipo #1</b>	<b>Equipo #2</b>
<b>Dígitos DTMF de Rx</b>	2001	1001
<b># de Dígitos DTMF de Rx</b>	4	4
<b>Identificador de llamada</b>	10010	20010

Los dígitos DTMF de recepción indican el número que debe se debe marcar para poder llamar al teléfono remoto. El identificador de llamada indica el destino de la llamada, y consta de la dirección del nodo seguido del número de puerto al cual se hace la llamada.

### 4.3.3 Resultados de las pruebas de voz

#### *Codificación G.723.1 a 5.3k.*

SMOOTHING DELAY (ms)	NIVEL DE SEÑAL DE ENTRADA (dB)	NIVEL DE SEÑAL DE SALIDA (dB)	PING A-D (ms)	PING B-C (ms)	CALIDAD DE VOZ	DESCRIPCIÓN DE LA CALIDAD DE VOZ PERCIBIDA
70	2.5	-2.5	2	1	5	No se siente el retardo, la calidad de voz buena, volumen bueno.
100	2.5	-2.5	2	3	5	No se siente el retardo, la calidad de voz buena, volumen bueno.
200	2.5	-2.5	4	0	5	No se siente el retardo, la calidad de voz buena, volumen bueno.
300	2.5	-2.5	1	2	5	No se siente el retardo, la calidad de voz buena, volumen bueno.

#### *Codificación G.723.1 a 6.3k.*

SMOOTHING DELAY (ms)	NIVEL DE SEÑAL DE ENTRADA (dB)	NIVEL DE SEÑAL DE SALIDA (dB)	PING A-D (ms)	PING B-C (ms)	CALIDAD DE VOZ	DESCRIPCIÓN DE LA CALIDAD DE VOZ PERCIBIDA
70	2.5	-2.5	5	3	5	No hay retardo, la calidad de voz buena, volumen bueno.
100	2.5	-2.5	2	2	5	No hay retardo, la calidad de voz buena, volumen bueno.
200	2.5	-2.5	4	3	5	No hay retardo, la calidad de voz buena, volumen bueno.
300	2.5	-2.5	2	2	5	No hay retardo, la calidad de voz buena, volumen bueno.

### *Codificación CV-CELP a 8k.*

SMOOTHING DELAY (ms)	NIVEL DE SEÑAL DE ENTRADA (dB)	NIVEL DE SEÑAL DE SALIDA (dB)	PING A-D (ms)	PING B-C (ms)	CALIDAD DE VOZ	DESCRIPCIÓN DE LA CALIDAD DE VOZ PERCIBIDA
70	2.5	-2.5	4	3	5	No hay retardo, la calidad de voz buena, volumen bueno.
100	2.5	-2.5	6	4	5	No hay retardo, la calidad de voz buena, volumen bueno.
200	2.5	-2.5	5	4	5	No hay retardo, la calidad de voz buena, volumen bueno.
300	2.5	-2.5	3	3	5	No hay retardo, la calidad de voz buena, volumen bueno.

### *Codificación CV-CELP a 16k.*

SMOOTHING DELAY (ms)	NIVEL DE SEÑAL DE ENTRADA (dB)	NIVEL DE SEÑAL DE SALIDA (dB)	PING A-D (ms)	PING B-C (ms)	CALIDAD DE VOZ	DESCRIPCIÓN DE LA CALIDAD DE VOZ PERCIBIDA
70	2.5	-2.5	5	6	5	No hay retardo, la calidad de voz buena, volumen bueno.
100	2.5	-2.5	7	6	5	No hay retardo, la calidad de voz buena, volumen bueno.
200	2.5	-2.5	5	7	5	No hay retardo, la calidad de voz buena, volumen bueno.
300	2.5	-2.5	6	5	5	No hay retardo, la calidad de voz buena, volumen bueno.

### *Análisis de los resultados.*

La calidad de voz obtenida fue totalmente nítida, a pesar del tráfico que se introdujo en la red mediante pings no se vio afectada la calidad de voz. La cantidad de tráfico introducido no fue suficiente como para congestionar la red. En ésta prueba no fue posible determinar el porcentaje de utilización de la red ya que no se disponía de un analizador de protocolos.

En la red no se tiene retardo, ni pérdida de paquetes, es una red que si provee de calidad de servicio para la transmisión de voz, por ello no es importante el ancho de banda que se ocupe en cada tipo de codificación.

El jitter se da cuando los paquetes de voz pueden viajar por distintas rutas hacia su destino y por el retardo de la red, razón por la cual en estas pruebas la variación del parámetro Smoothing delay no afectan los resultados.

#### 4.3.4 Configuración de la red para las pruebas de Fax.

En las pruebas de fax se emplearon máquinas estándar, los equipos de VoIP permiten conectar indistintamente en el puerto un teléfono ó una máquina de fax, únicamente se debe configurar adecuadamente el puerto de voz en el equipo de VoIP, indicándole que se conectará una máquina de Fax. Se empleará la compresión para fax especificada por los equipos de VoIP que es de 9.6 kbps.

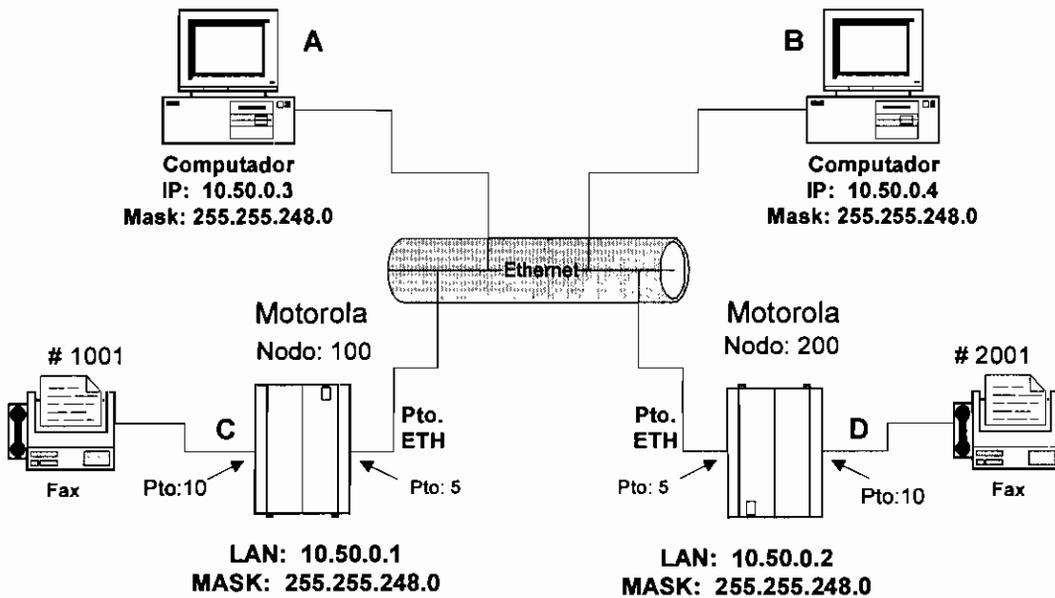


Figura 4. 4 Red LAN implementada para las pruebas de fax.

La configuración es similar a la empleada en las pruebas de voz excepto la configuración del puerto para el fax.

*Cuadro 4. 10 Configuración del puerto de Fax*

<b>Parámetro</b>	<b>Equipo #1</b>	<b>Equipo #2</b>
<b>Tipo de Puerto</b>	Fax	Fax
<b>Número de Puerto</b>	10	10
<b>Tipo de Interfaz</b>	FXO	FXO
<b>Capacidad de Fax</b>	Habilitada	Habilitada
<b>Tasa de compresión</b>	9.6 Khz	9.6 Khz
<b>Smoothing Delay</b>	70/100/200/300	70/100/200/300

#### **4.3.5 Resultados de las pruebas de Fax.**

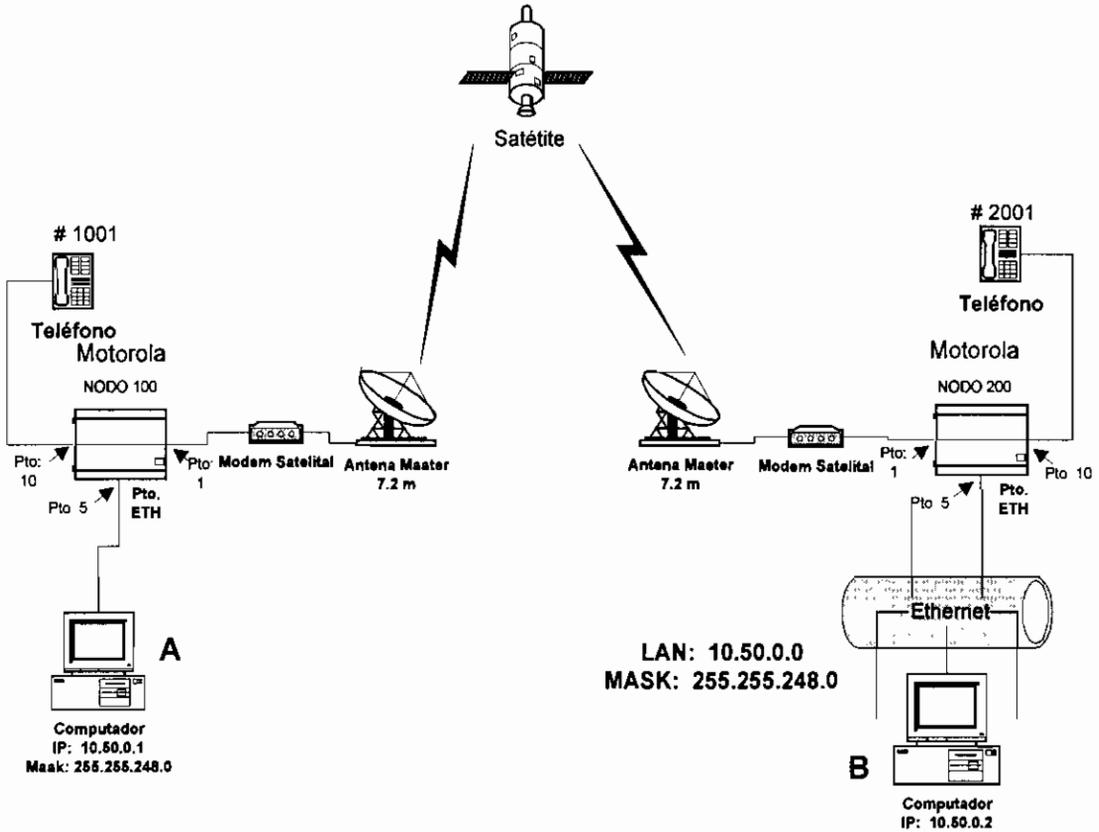
<b>SMOOTHING DELAY (ms)</b>	<b>PING A-D (ms)</b>	<b>PING B-C (ms)</b>	<b>CALIDAD</b>	<b>CALIDAD DE FAX</b>
70	2	1	5	el fax es nítido
100	1	0	5	el fax es nítido
200	0	1	5	el fax es nítido
300	1	1	5	el fax es nítido

#### *Análisis de los resultados.*

Al igual que en los resultados de las pruebas de voz, las pruebas de fax fueron de alta calidad debido a que la red si provee de calidad de servicio. Todos los documentos llegaron a su destino totalmente nítidos. Los faxes recibidos se los adjunta en los anexos.

## 4.4 Pruebas en una red WAN que emplea un enlace satelital SCPC.

La siguiente figura se muestra la configuración y los elementos de la red implementada para determinar la calidad de voz en una intranet que emplea un salto satelital como medio para enlazar segmentos de la red que se encuentran en diferentes sitios geográficos.



*Figura 4. 5 Esquema de pruebas en una red WAN que emplea un enlace satelital SCPC para conectar dos segmentos de red.*

### 4.4.1 Descripción.

La red tiene como objetivo integrar el computador del lado A con la red LAN del lado B. El equipo de VoIP en este caso funciona como un router.

La conexión WAN empleada es un enlace satelital SCPC. En un enlace satelital SCPC (Single Channel Per Carrier: Un único canal por portadora), cada estación tiene asignada una portadora, que no comparte con nadie. Cada portadora transmite un canal digital de alta velocidad, por el cual se puede transportar cualquier tipo de información, sean voz, datos, vídeo. A éste canal se puede conectar cualquier equipo de usuario directamente. El retardo de propagación es de aproximadamente 500 ms ya que emplea el espacio satelital de un satélite geoestacionario. El módem del lado A levanta una portadora que es demodulada por el módem del lado B y viceversa. A continuación se detalla la configuración del enlace satelital:

*Cuadro 4. 11 Parámetros de configuración del modulador en el módem satelital.*

<b>Parámetros del modulador</b>	<b>Módem 1</b>	<b>Módem 2</b>
<b>Frecuencia intermedia de Transmisión</b>	75.00 Mhz	75.25 Mhz
<b>Tipo de Modulación</b>	QPSK <sup>3</sup>	QPSK
<b>FEC<sup>4</sup></b>	½	½
<b>Velocidad de Transmisión</b>	32 kbps	32 kbps
<b>Potencia de Transmisión</b>	A determinar en el ajuste del enlace.	A determinar en el ajuste del enlace.

Los niveles de potencia de transmisión servirán para obtener los niveles requeridos en la recepción de la estación remota.

<sup>3</sup> QPSK: Tipo de modulación digital el cual es frecuentemente empleada en enlaces satelitales, es eficiente en cuanto al uso del ancho de banda.

<sup>4</sup> FEC: Es un método de detección de errores en el que se agregan bits de redundancia, el valor de 1/2 indica que por cada dos bits transmitidos uno es de control.

*Cuadro 4. 12 Parámetros de configuración del demodulador en el módem satelital.*

<b>Parámetros del modulador</b>	<b>Módem 1</b>	<b>Módem 2</b>
<b>Frecuencia intermedia de Rx.</b>	75.25 Mhz	75.00 Mhz
<b>Tipo de Modulación</b>	QPSK	QPSK
<b>FEC</b>	½	½
<b>Velocidad de Recepción</b>	32 kbps	32 kbps

*Cuadro 4. 13 Parámetros de configuración de relojes en el módem satelital.*

<b>Parámetros del modulador</b>	<b>Módem 1</b>	<b>Módem 2</b>
<b>Reloj de Transmisión</b>	SCT(Internal)	SCT(Loop)
<b>Reloj de Recepción</b>	Internal	Recive Satellite
<b>Tamaño de Buffer</b>	640 bits	0 bits
<b>Loop Timing</b>	Off	On

El reloj de transmisión indica el origen del reloj de transmisión, en éste caso el módem A proveerá de sincronismo a la red y el módem B devolverá el reloj recibido. Solamente debe existir una fuente de reloj en toda la red. El Reloj de recepción como Internal, indica que el módem A que ignorará el reloj de recepción ya que está configurado para dar reloj, el módem B toma el reloj que llega por el enlace satelital. El tamaño del buffer sirve como amortiguador del reloj de recepción y transmisión en cada módem. El Loop Timing debe activarse cuando se devuelve el reloj recibido.

A este canal transparente se conecta por medio del puerto de datos del módem el puerto de datos (puerto WAN) de los equipos de VoIP. Se empleará como protocolo de nivel de enlace a Frame Relay sobre el cual se transportará IP.

Frame Relay es un protocolo de nivel de enlace que permite la multiplexación estadística de varios tipos de datos de usuario sobre (referidos generalmente como payload ó carga útil) sobre la misma conexión física. En el protocolo Frame Relay, cada conexión física puede soportar múltiples conexiones lógicas, cada una de las cuales pueden transportar datos de diferentes aplicaciones de usuario. La naturaleza de orientada a conexión de Frame Relay asegura que las tramas de una misma conexión seguirán el mismo camino a través de la red, por medio de circuitos virtuales permanentes o PVC's.

En los equipos de VoIP empleados, el ancho de banda asignado a cada PVC se lo determina por medio de los parámetros siguientes:

- ✓ CIR: Representa la velocidad de información comprometida para el PVC. El valor no puede exceder a la velocidad de acceso. La suma de los CIR de todos los PVC's del puerto no puede acceder a la velocidad de acceso.
- ✓ Be: es la máxima cantidad de datos en exceso que la red tratará de transferir en un intervalo de tiempo Tc.

Nótese que:  $CIR = Bc/Tc$ , en dónde Bc representa la máxima cantidad de datos comprometida para ser transportados en condiciones normales durante un intervalo de tiempo Tc. Generalmente se toma como  $Tc = 1$ .

Las conexiones lógicas están identificadas por un DLCI (Data Link Connection Identifier).

El protocolo asume que el medio físico es libre de errores, razón por la que no hace corrección de errores o retransmisión de tramas. Si se detectan errores en las tramas éstas

son descartadas, y la recuperación de errores se la delega a las aplicaciones que corren en los equipos finales.

Dentro de la red las tramas son conmutadas (de acuerdo con el DCLI) hacia su destino. Estas características proveen un rápido mecanismo de conmutación para el transporte de datos de usuario y una eficiente utilización de ancho de banda. Además, el protocolo provee procedimientos para localización de ancho de banda para cada enlace lógico y asegurar que los canales lógicos transporten el tráfico comprometido. Esto significa que los usuarios pueden negociar el ancho de banda requerido por su aplicación para asegurar la calidad de servicio y para administrar sus costos.

A continuación se presenta la secuencia que se siguió en la configuración del puerto WAN, al cual se lo llamará puerto Frame Relay.

**Cuadro 4. 14** Configuración del puerto Frame Relay en el equipo de VoIP.

<b>Parámetro</b>	<b>Equipo #1</b>	<b>Equipo #2</b>
<b>Número de Puerto</b>	1	1
<b>Tipo de Puerto</b>	FRI	FRI
<b>Velocidad</b>	32000	32000
<b>Fuente de Reloj</b>	Externa	Externa
<b>Tamaño del paquete de datos cuando la voz está presente</b>	1024/512/256/128/64/32	1024/512/256/128/64/32

La configuración de los parámetros globales, y del puerto Ethernet se indica en los cuadros 4.5 y 4.6.

Los equipos de VoIP denominan como FRI ó FRA a los puertos que emplearán el protocolo Frame Relay. FRI se emplea cuando el equipo remoto es de la misma marca, y FRA cuando el equipo remoto es de otro fabricante. La determinación del tamaño de paquete de datos cuando se detecta tráfico de voz es una técnica propietaria de esta marca de equipos que consiste en limitar el tamaño de la trama de datos en el que se transmite por el puerto de datos.

*Cuadro 4. 15 Configuración del PVC para datos*

<b>Parámetro</b>	<b>Equipo #1</b>	<b>Equipo #2</b>
<b>Número de puerto</b>	1	1
<b>Número de PVC</b>	1	1
<b>DLCI</b>	16	17
<b>CIR</b>	16.0 kbps	16.0 kbps
<b>Bc</b>	16.0 kbps	16.0 kbps
<b>Tipo de interfaz lógica</b>	DCE	DTE

A través de éste PVC se transportará tráfico de datos y voz. El tráfico de datos de introducirá tráfico mediante un ping de tamaño de 10000 bytes hacia el computador del lado B, la utilización el puerto debido al tráfico es alrededor del 95 y 98%.

#### **4.4.2 Configuración de los equipos para las pruebas de Voz.**

La configuración del puerto de voz, la tabla de selección de rutas y la de conmutación de voz corresponden a los cuadros 4.7, 4.8 y 4.9.

### 4.4.3 Resultados de las pruebas de voz

#### Codificación G.723.1 a 5.3k

TAMAÑO DE PAQUETE	SMOOTHING DELAY (ms)	NIVEL DE SEÑAL DE ENTRADA (dB)	NIVEL DE SEÑAL DE SALIDA (dB)	PING A-B (ms)	CALIDAD DE VOZ	CALIDAD DE VOZ DE VOZ PERCIBIDA
1024	70	2.5	-2.5	6638	4.2	Degradada y con cortes, retardo 750 ms.
1024	40	2.5	-2.5	6300	4.2	Retardo 900 ms, se nota cortes, volumen bajo.
1024	50	2.5	-2.5	6684	4.2	Retardo 780 ms, tiene cortes, volumen bajo
1024	60	2.5	-2.5	6800	4.2	Retardo 660 ms, cortes más notorios, volumen bajo.
1024	80	2.5	-2.5	6562	4.2	Retardo 590 ms, cortes menos seguidos, volumen bajo.
1024	90	2.5	-2.5	6460	4.2	Retardo 530 ms, cortes menos frecuentes, volumen bajo.
1024	100	2.5	-2.5	6605	4.2	Retardo 530 ms, cortes menos frecuentes, volumen bajo.
1024	120	2.5	-2.5	6400	4.3	Retardo 560 ms, disminución de cortes, volumen normal.
1024	140	2.5	-2.5	6400	4.3	Retardo 600 ms, cortes igual, volumen igual
1024	200	2.5	-2.5	6400	4.3	Retardo 590 ms, cortes igual, volumen igual
1024	250	2.5	-2.5	6400	4.3	Retardo 530 ms, cortes igual, volumen igual
1024	300	2.5	-2.5	6400	4.3	Retardo 530 ms, cortes igual, volumen igual
512	40	2.5	-2.5	6500	4.3	Retardo 630 ms, cortes más esporádicos, volumen igual
512	80	2.5	-2.5	6700	4.5	Retardo 570 ms, cortes más esporádicos, volumen igual.
512	120	2.5	-2.5	6500	4.5	Retardo 560 ms, cortes más esporádicos, volumen igual
512	160	2.5	-2.5	6600	4.5	Retardo 550 ms, esporádicos cortes, volumen igual
512	200	2.5	-2.5	6550	4.5	Retardo 550 ms, esporádicos cortes, volumen igual
512	250	2.5	-2.5	6550	4.5	Retardo 540 ms, cortes esporádicos, cada 40 o 50 segundos, volumen igual
512	300	2.5	-2.5	6550	4.5	Retardo 540 ms, cortes esporádicos, cada 40 o 50 segundos, volumen igual
256	40	2.5	-2.5	7400	5	Retardo 560 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen

						bueno
256	70	2.5	-2.5	7300	5	Retardo 540 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno.
256	100	2.5	-2.5	7200	5	Retardo 540 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno.
256	150	2.5	-2.5	7200	5	Retardo 540 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno.
256	200	2.5	-2.5	7150	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
256	300	2.5	-2.5	7150	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
128	40	2.5	-2.5	7115	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
128	100	2.5	-2.5	7700	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
128	200	2.5	-2.5	7700	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
128	300	2.5	-2.5	7719	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
64	40	2.5	-2.5	8140	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
64	100	2.5	-2.5	8138	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
64	200	2.5	-2.5	8160	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
64	300	2.5	-2.5	8145	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
32	40	2.5	-2.5	8582	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
32	100	2.5	-2.5	8545	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena.
32	200	2.5	-2.5	8549	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena.
32	300	2.5	-2.5	8576	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena.

### **Análisis de los resultados.**

La incidencia del retardo satelital se aprecia claramente en los primeros resultados, el tamaño de paquete de 1024 bytes retarda la voz, haciendo que se pierdan partes de la conversación. A medida que se incrementa el Smoothing Delay, se siente una leve mejora, pero se consiguen mejores resultados al disminuir el tamaño de paquete. Al tener un tamaño de paquete de 128 bytes la voz es de buena calidad, en adelante las variaciones de tamaño de paquete y de Smoothing Delay no causaron ninguna mejora. En estas condiciones se tiene el retardo satelital de aproximadamente 500 ms y los 30 ms restantes se puede considerar como el de tiempo de procesamiento.

### **Codificación G.723.1 a 6.3k.**

<b>TAMAÑO DE PAQUETE</b>	<b>SMOOTHING DELAY (ms)</b>	<b>NIVEL DE SEÑAL DE ENTRADA (dB)</b>	<b>NIVEL DE SEÑAL DE SALIDA (dB)</b>	<b>PING A-B (ms)</b>	<b>CALIDAD DE VOZ</b>	<b>CALIDAD DE VOZ DE VOZ PERCIBIDA</b>
1024	40	2.5	-2.5	7145	3.2	Voz degradada y con cortes cada 5 a 6 segundos, retardo 1s, volumen bajo
1024	50	2.5	-2.5	7391	3.2	Retardo 860 ms, se nota cortes cada 5 a 6 s, volumen bajo.
1024	60	2.5	-2.5	7298	3.4	Retardo 840 ms, tiene cortes cada 10 a 12 s. a veces ráfagas de 2 o 3 cortes seguidos, volumen bajo
1024	70	2.5	-2.5	7169	3.4	Retardo 820 ms, cortes cada 10 a 12 s, ráfagas de cortes menos frecuentes, volumen bajo.
1024	80	2.5	-2.5	7134	3.4	Retardo 810 ms, cortes cada 10 a 12 s, ráfagas de cortes menos frecuentes, volumen bajo.
1024	90	2.5	-2.5	7174	3.4	Retardo 750 ms, cortes cada 10 a 12 s, ráfagas de cortes menos frecuentes, volumen bajo.
1024	100	2.5	-2.5	7039	3.4	Retardo 720 ms, cortes igual, ráfagas igual, volumen igual.
1024	120	2.5	-2.5	7420	3.6	Retardo 710 ms, cortes cada 15 a 20 s, ráfagas esporádicas, volumen mejor.
1024	140	2.5	-2.5	7443	3.6	Retardo 690 ms, cortes cada 4 a 5s no hay ráfagas, volumen igual

1024	200	2.5	-2.5	7243	3.6	Retardo 780 ms, cortes igual, volumen igual
1024	250	2.5	-2.5	7240	3.6	Retardo 700 ms, cortes igual, volumen igual
1024	300	2.5	-2.5	7245	3.9	Retardo 720 ms, cortes igual, ráfagas igual, volumen igual.
512	40	2.5	-2.5	7010	3.9	Retardo 680 ms, cortes más esporádicos, volumen igual
512	80	2.5	-2.5	7215	3.9	Retardo 670 ms, cortes más esporádicos, volumen igual.
512	120	2.5	-2.5	7015	4	Retardo 660 ms, cortes, más esporádicos, volumen igual
512	160	2.5	-2.5	7115	4	Retardo 650 ms, esporádicos cortes, volumen igual
512	200	2.5	-2.5	7065	4	Retardo 650 ms, esporádicos cortes, volumen igual
512	250	2.5	-2.5	7065	4.3	Retardo 640 ms, cortes esporádicos, cada 40 o 50 s, volumen igual
512	300	2.5	-2.5	7065	4.3	Retardo 640 ms, cortes esporádicos, cada 40 o 50 s, volumen igual
256	40	2.5	-2.5	7915	4.3	Retardo 660 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
256	70	2.5	-2.5	7815	4.5	Retardo 600 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno.
256	100	2.5	-2.5	7715	4.5	Retardo 600 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno.
256	150	2.5	-2.5	7715	4.5	Retardo 600 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno.
256	200	2.5	-2.5	7665	4.5	Retardo 580 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
256	300	2.5	-2.5	7665	4.5	Retardo 580 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
128	40	2.5	-2.5	7630	4.5	Retardo 580 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
128	100	2.5	-2.5	8215	4.5	Retardo 570 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
128	200	2.5	-2.5	8215	4.8	Retardo 570 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
128	300	2.5	-2.5	8234	4.8	Retardo 570 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno

64	40	2.5	-2.5	8655	4.8	Retardo 550 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
64	100	2.5	-2.5	8653	4.8	Retardo 550 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
64	200	2.5	-2.5	8675	5	Retardo 550 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
64	300	2.5	-2.5	8660	5	Retardo 550 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
32	40	2.5	-2.5	9097	5	Retardo 540 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
32	100	2.5	-2.5	9060	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
32	200	2.5	-2.5	9064	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno
32	300	2.5	-2.5	9091	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, calidad de voz buena, volumen bueno

### *Análisis de los resultados.*

Los resultados cuando el tamaño de paquete es de 1024 bytes no son aceptables, se tienen cortes. Los cortes son pérdidas de partes de palabras, pero no son pérdidas muy grandes, las palabras se entienden, las ráfagas las entenderemos como pérdidas de sílabas e incluso palabras completas de la conversación, en lugar de la conversación se oye ruido.

Con la variación del Smoothing Delay se consigue disminuir la frecuencia de las pérdidas en ráfagas, pero aún persisten los cortes, al seguir disminuyendo el tamaño de paquete de datos, se consigue eliminar las pérdidas por ráfagas, y mejorar los cortes. A partir del un tamaño de paquetes de 128 bytes los resultados no se alteraron, y la calidad de voz mejoró, sin cortes y con un buen volumen.

Con respecto a los resultados de la codificación de 5.3 k se asemejan mucho, ya que el ancho de banda que ocupan es muy poco diferente.

**Codificación CV-CELP a 8k.**

TAMAÑO DE PAQUETE	SMOOTHING DELAY (ms)	NIVEL DE SEÑAL DE ENTRADA (dB)	NIVEL DE SEÑAL DE SALIDA (dB)	PING A-B (ms)	CALIDAD DE VOZ	CALIDAD DE VOZ DE VOZ PERCIBIDA
1024	40	2.5	-2.5	7395	3	Retardo 940 ms, cortes muy seguidos, se cortan las palabras, volumen bueno.
1024	70	2.5	-2.5	7583	3	Retardo 890 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
1024	100	2.5	-2.5	7935	3	Retardo 860 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
1024	120	2.5	-2.5	7674	3.2	Retardo 830 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
1024	150	2.5	-2.5	8209	3.2	Retardo 840 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
512	40	2.5	-2.5	7883	3.2	Retardo 920 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
512	70	2.5	-2.5	7916	3.2	Retardo 910 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
512	100	2.5	-2.5	7887	3.2	Retardo 800 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
512	120	2.5	-2.5	7970	3.3	Retardo 790 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
512	150	2.5	-2.5	7916	3.3	Retardo 700 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
256	40	2.5	-2.5	10766	3.5	Retardo 700 ms, cortes cada 15 a 20 s, existen ráfagas de cortes, volumen bueno.
256	70	2.5	-2.5	10497	3.6	Retardo 690 ms, cortes cada 15 a 20 s, existen ráfagas de cortes, volumen bueno.
256	100	2.5	-2.5	10497	3.6	Retardo 680 ms, cortes cada 20 a 30 s, las ráfagas son ocasionales, volumen bueno.

256	120	2.5	-2.5	10311	3.6	Retardo 650 ms, cortes cada 20 a 30 s, las ráfagas son ocasionales, volumen bueno.
256	150	2.5	-2.5	10370	3.6	Retardo 650 ms, cortes cada 20 a 30 s, las ráfagas son ocasionales, volumen bueno.
128	40	2.5	-2.5	11988	3.9	Retardo 600 ms, los cortes son muy esporádicos, la voz no es muy nítida, volumen bueno.
128	70	2.5	-2.5	11865	3.9	Retardo 600 ms, los cortes son muy esporádicos, la voz no es muy nítida, volumen bueno.
128	100	2.5	-2.5	11793	3.9	Retardo 580 ms, los cortes son muy esporádicos, la voz no es muy nítida, volumen bueno.
128	120	2.5	-2.5	11560	4	Retardo 590 ms, no hay cortes, la voz no es muy nítida, volumen bueno.
128	150	2.5	-2.5	11496	4.2	Retardo 590 ms, no hay cortes, la voz no es muy nítida, volumen bueno.
64	40	2.5	-2.5	12994	4.5	Retardo 590 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
64	70	2.5	-2.5	123785	4.5	Retardo 570 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
64	100	2.5	-2.5	12782	4.6	570 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
64	120	2.5	-2.5	12544	4.6	570 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
64	150	2.5	-2.5	12649	4.6	570 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
32	40	2.5	-2.5	13519	4.8	Retardo 530 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
32	70	2.5	-2.5	13264	4.9	Retardo 530 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
32	100	2.5	-2.5	13206	4.9	Retardo 530 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
32	120	2.5	-2.5	13703	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
32	150	2.5	-2.5	13707	5	Retardo 530 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.

### *Análisis de los resultados.*

En este caso solamente se tuvo una calidad aceptable de voz cuando el tamaño de paquete de datos de 64 y 32 bytes, en los demás casos la conversación era entendible, pero con muchas pérdidas. Con un paquete de datos de 128, los cortes disminuyeron pero aun persistían. Es importante notar que la variación del Smoothing Delay para cada tamaño de paquete no mejoró en nada la calidad de voz. Se puede ver en los datos que el retardo del ping es mayor mientras se disminuye el tamaño de paquete de datos esto debido a que el paquete debe ser dividido en más segmentos.

### *Codificación CS-CELP 16 k.*

TAMAÑO DE PAQUETE	SMOOTHING DELAY (ms)	NIVEL DE SEÑAL DE ENTRADA (dB)	NIVEL DE SEÑAL DE SALIDA (dB)	PING A-B (ms)	CALIDAD DE VOZ	CALIDAD DE VOZ DE VOZ PERCIBIDA
1024	40	2.5	-2.5	9369	3	Retardo 1003 ms, cortes muy seguidos, se cortan las palabras, volumen bueno.
1024	70	2.5	-2.5	9583	3	Retardo 900 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
1024	100	2.5	-2.5	9935	3	Retardo 880 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
1024	120	2.5	-2.5	9674	3	Retardo 880 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
1024	150	2.5	-2.5	10209	3	Retardo 880 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
512	40	2.5	-2.5	9883	3.2	Retardo 980 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
512	70	2.5	-2.5	9916	3.2	Retardo 950 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
512	100	2.5	-2.5	9887	3.2	Retardo 880 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
512	120	2.5	-2.5	9970	3.2	Retardo 871 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.

512	150	2.5	-2.5	9916	3.2	Retardo 850 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
256	40	2.5	-2.5	12766	3.4	Retardo 870 ms, cortes cada 15 a 20 s, existen ráfagas de cortes, volumen bueno.
256	70	2.5	-2.5	12497	3.5	Retardo 810 ms, cortes cada 15 a 20 s, existen ráfagas de cortes, volumen bueno.
256	100	2.5	-2.5	12497	3.5	Retardo 790 ms, cortes cada 20 a 30 s, las ráfagas son ocasionales, volumen bueno.
256	120	2.5	-2.5	12311	3.5	Retardo 770 ms, cortes cada 20 a 30 s, las ráfagas son ocasionales, volumen bueno.
256	150	2.5	-2.5	12370	3.5	Retardo 750 ms, cortes cada 20 a 30 s, las ráfagas son ocasionales, volumen bueno.
128	40	2.5	-2.5	13988	3.8	Retardo 660 ms, los cortes son muy esporádicos, la voz no es muy nítida, volumen bueno.
128	70	2.5	-2.5	13865	3.8	Retardo 650 ms, los cortes son muy esporádicos, la voz no es muy nítida, volumen bueno.
128	100	2.5	-2.5	13793	3.8	Retardo 630 ms, los cortes son muy esporádicos, la voz no es muy nítida, volumen bueno.
128	120	2.5	-2.5	13560	3.8	Retardo 610 ms, no hay cortes, la voz no es muy nítida, volumen bueno.
128	150	2.5	-2.5	13496	3.8	Retardo 610 ms, no hay cortes, la voz no es muy nítida, volumen bueno.
64	40	2.5	-2.5	14994	4	Retardo 620 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
64	70	2.5	-2.5	13785	4	Retardo 590 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
64	100	2.5	-2.5	14782	4	Retardo 590 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
64	120	2.5	-2.5	14544	4	Retardo 590 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
64	150	2.5	-2.5	14649	4	Retardo 590 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
32	40	2.5	-2.5	16519	4.5	Retardo 530 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.

32	70	2.5	-2.5	16264	4.5	Retardo 530 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
32	100	2.5	-2.5	16206	4.5	Retardo 530 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
32	120	2.5	-2.5	16703	4.5	Retardo 530 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
32	150	2.5	-2.5	16707	4.5	Retardo 530 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.

### ***Análisis de los resultados.***

La calidad de voz es aceptable cuando el tamaño de paquete de datos es de 64 y 32 bytes, la variación del Smoothing Delay no afecta la calidad de voz recibida. El retardo de los datos es mayor, en ocasiones el tiempo excede al especificado en el ping (20000 ms) dando time outs (tiempo de espera fuera de rango) a la respuesta del ping. Cuando esto sucede la voz no se ve afectada. Para un tamaño de paquete de datos mayor 64 bytes la conversación tiene cortes pero aún es entendible. Cuando el tamaño de paquete de datos es de 1024 bytes, existen cortes excesivos y no es posible entender la conversación.

La utilización del ancho de banda del PVC es constante, debido al paso de tráfico de datos (pings) de entre el 95 y 98%, y cuando se ocupa el canal de voz ésta utilización llega al 100% incluso sobrepasa el 100%.

De los resultados obtenidos se concluye que para ésta prueba, en la que se tiene un retardo debido al medio físico de transmisión juega un papel muy importante el ancho de banda que emplea el codificador de voz. El tiempo de retardo en el procesamiento es casi imperceptible, éste es mayor cuando la red es más grande y tiene varios nodos. Se obtuvo mejores resultados con la codificación G723.1, la cual es recomendada por los fabricantes

de equipos VoIP, sobre todo en redes que la voz deba pasar por varios nodos. En todos los casos la utilización del puerto WAN cuando se transmitía voz era cercana al 100%.

#### 4.4.4 Configuración de los equipos para las pruebas de Fax

Para las pruebas de fax en una WAN que emplea un enlace satelital, los parámetros de configuración de los equipos para las pruebas de fax son los mismos de las pruebas de voz, solamente que se debe indicar en el puerto de Voz/Fax que se lo empleará para enviar y recibir fax, y también se especifica la velocidad (9.6 kbps).

#### 4.4.5 Resultados de las pruebas de Fax.

TAMAÑO DE PAQUETE	SMOOTHING DELAY (ms)	NIVEL DE SEÑAL DE ENTRADA (dB)	NIVEL DE SEÑAL DE SALIDA (dB)	PING A-B (ms)	CALIDAD DE FAX
1024	70	2.5	-2.5	9874	La llamada se corta, no se recibe el fax
512	70	2.5	-2.5	10250	La llamada se corta, no se recibe el fax
256	70	2.5	-2.5	12356	La llamada se corta pero al principio se logra establecer comunicación.
128	70	2.5	-2.5	13854	La llamada se corta pero al principio se logra establecer comunicación.
64	70	2.5	-2.5	14825	El fax se recibe con dificultad. Hay llamadas que no presentan problema.
32	70	2.5	-2.5	16593	Se recibe el fax sin problemas, ocasionalmente el fax no es nítido.

#### *Análisis de los resultados.*

La llamada para la transmisión de fax no debe tener paquetes perdidos, ya que la comunicación se corta, esto sucedió con las llamadas en las que el tamaño de paquete de datos mayores a 64 bytes, cuando el tamaño de paquete de datos es de 256 y 128 bytes, la llamada se establece y empieza la transferencia de fax, pero no llega completo ya que la

llamada se corta. Únicamente cuando la transferencia del fax tiene mayor prioridad, se recibe el fax completamente, pero aún en ocasiones, los faxes no llegan nítidos al destino.

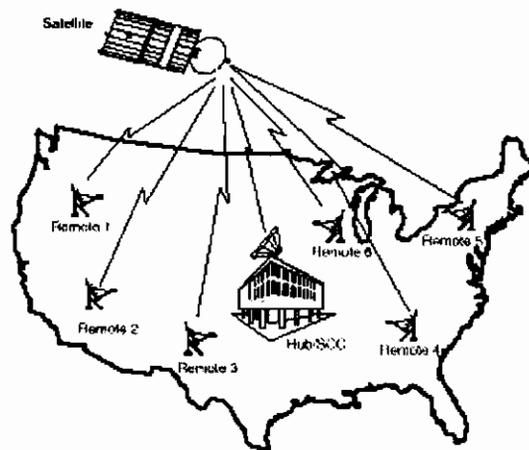
En esta prueba no se consigue ninguna mejora al variar el Smoothing Delay. Lo importante es la prioridad que tiene el fax sobre los datos para determinar la calidad del mismo. Los faxes recibidos se los adjunta en los anexos.

## 4.5 Pruebas sobre una red que emplea tecnología VLAN.

### 4.4.1 Descripción

#### *Introducción a la tecnología VLAN.*

La red VSAT es una red de amplia cobertura que tiene configuración estrella, en la cual las remotas están ubicadas geográficamente en forma dispersa, las mismas que se comunican por medio de un enlace satelital con un HUB central.



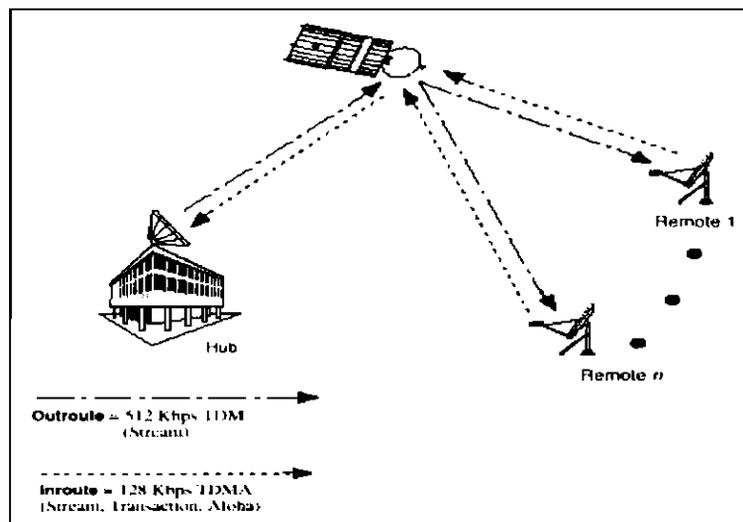
*Figura 4. 6 Red VSAT<sup>5</sup>*

---

<sup>5</sup> Tomado de: HUGHES NETWORK SYSTEMS Inc. "Lan Advantage Reference Manual", Release 7.A-Revision 1.5, Febrero 1996.

Una red VSAT se compone de un HUB, que constituye el sistema de control central y múltiples remotas.

- ✓ En HUB administra en forma centralizada la comunicación de las remotas. Todo el tráfico entre las remotas debe pasar a través de HUB.
- ✓ El sistema de control de la red, está en el HUB. Mediante una consola virtual para es posible configurar, monitorear y controlar la red.
- ✓ Las remotas se encuentran dispersas geográficamente y están constituidas de una Personal Earth Station (PES) y el equipo del cliente. Los equipos del cliente se conectan a la red a través de los puertos de la PES. La tecnología VLAN permite que el puerto de la PES se conecte directamente a una red LAN del cliente pudiendo extender la cobertura de la misma a través de un enlace VSAT. Su funcionamiento se explica más adelante.



**Figura 4.7 Transmisión Inroute y Outroute<sup>6</sup>.**

<sup>6</sup> Tomado de: HUGHES NETWORK SYSTEMS Inc. "Lan Advantage Reference Manual", Release 7.A-Revision 1.5, Febrero 1996.

Las remotas intercambian información por medio de un enlace satelital al hub. La transmisión Remota – Hub viaja sobre *inroutes*, y la transmisión Hub – Remota viaja sobre *outroutes*, como muestra la figura 4.7. Es decir la transmisión remota-remota viaja desde una remota al HUB sobre una inroute, y desde el HUB hacia otra remota sobre una outroute.

*Transmisión en Inroute.* La inroute usa la transmisión mediante el método de acceso TDMA (Time Division Multiplexed Access: Acceso por multiplexación por división de tiempo<sup>7</sup>).

En el HUB se configura el método de acceso de la inroute como Stream<sup>8</sup> (ST), Transaction/Reservation<sup>9</sup> (TR) ó una de las opciones combinadas. Las opciones combinadas permiten que cualquier sesión ODLC<sup>10</sup> en un puerto pueda conmutar dinámicamente entre dos métodos de acceso a medida que el tráfico se incremente o disminuya.

Cuando la red maneja tráfico de una red LAN, los accesos combinados son útiles ya que este tipo de tráfico es generalmente por medio de ráfagas en el cual la longitud del mensaje varía ampliamente. Se lo configurada con el método de Transaction/Reservation. Para redes LAN que transmiten una gran cantidad de tráfico, puede seleccionarse el método de

---

<sup>7</sup> TDMA: Método de acceso al satélite, en la cual cada remota tiene un slot de a tiempo asignado para poder transmitir.

<sup>8</sup> STREAM: Método de acceso Vsat en el que la remota siempre que lo solicite tiene permiso para transmitir.

<sup>9</sup> Transaction/Reservation: Método de acceso Vsat en el que la remota solicita permiso para transmitir, pero el Hub le asigna un espacio en la trama de outroute solamente si tiene espacio disponible.

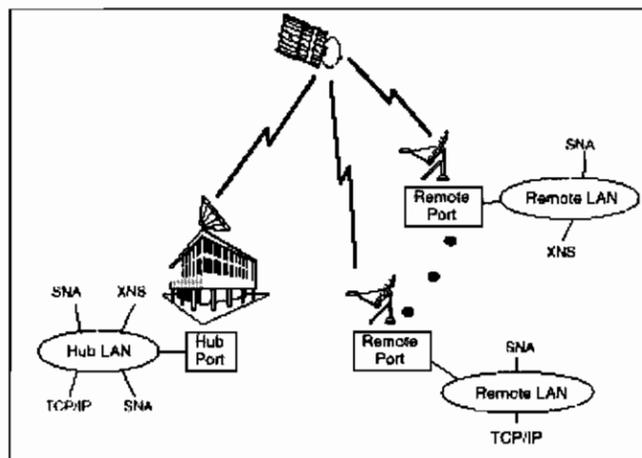
<sup>10</sup> ODLC: Protocolo propietario de HUGHES, trabaja hasta el nivel de enlace.

Stream. El puerto VLAN puede conmutar entre los métodos de acceso con la finalidad de acomodarse a la demanda de las diferentes aplicaciones usando el mismo puerto.

*Transmisión de Outroute:* La outroute para la transmisión desde el HUB hacia todas las remotas emplea multiplexación por división de tiempo (TDM), a una velocidad típica de 512 Kbps. La remota recibe todos los paquetes de datos enviados por el HUB, y lee solamente los direccionados a ella.

### *Aspectos principales de VLAN.*

En el ambiente de redes WAN, las redes LAN deben tradicionalmente conectarse a través de routers, los mismos permiten convertir los protocolos LAN en protocolos WAN. Como se muestra en la figura 4.8, VLAN elimina la necesidad de un router, permitiendo que los usuarios LAN se conecten directamente a una Personal Earth Station (PES).



*Figura 4.8 VLAN<sup>11</sup>*

<sup>11</sup> Tomado de: HUGHES NETWORK SYSTEMS Inc. "Lan Advantage Reference Manual", Release 7.A-Revision 1.5, Febrero 1996.

Las tramas LAN son enviadas a través de la red, permitiendo que la red local y la red remota se conviertan en una gran red LAN. Este diseño integrado elimina los problemas de costos y calidad que generalmente están presentes en el tradicional acceso WAN, mejorando el throughput y la velocidad de transferencia.

A continuación se describe brevemente las principales funciones de una VLAN.

- ✓ *Comunicación entre HUB–remota y remota–HUB.* VLAN provee capacidad eficiente de conmutación entre LANs, por medio de una red VSAT y el HUB.
- ✓ *Integración directa entre la red LAN y la PES.* Esto proporciona de una calidad óptima debido a que no existe la necesidad de convertir el protocolo LAN local a un protocolo WAN.
- ✓ VLAN opera en la capa de Control de Acceso al Medio (MAC) de acuerdo con el Modelo ISO/OSI, por lo que todas las aplicaciones que operan en los niveles superiores pueden ser soportadas incluyendo TCP/IP.
- ✓ Debido a la muy baja tasa de error que proveen los enlaces satelitales de alta calidad, la detección de errores y el proceso de retransmisión se delega a los equipos finales. Esto reduce la cantidad de procesamiento en cada nodo de la red.
- ✓ *Aprendizaje dinámico de las direcciones y del envejecimiento de direcciones.* VLAN monitorea las direcciones de las estaciones en la red LAN del lado del HUB y de las de la red LAN remota. Además borra las direcciones inactivas de la tabla de direcciones cuando no se han generado paquetes por una estación en un tiempo determinado.
- ✓ *Filtrado de paquetes.* Los paquetes que tienen una dirección de la red local son filtrados, de manera que solamente los paquetes destinados al sitio remoto sean enviados sobre el enlace satelital, usando eficientemente el ancho de banda satelital.

### Arquitectura VLAN.

VLAN está compuesta por dos tipos de módulos de hardware los cuales permiten el envío de datos y las funciones de filtrado que se necesitan para enviar tráfico LAN sobre la red VSAT.

- ✓ *HUB de VLAN.* Que consiste de módulos que hacen de interfaz entre el equipo VSAT (el HUB VSAT) y el HUB de la red LAN (LAN Ethernet de la oficina principal). Tiene dos componentes físicos: el módulo LANscape I/O el cual provee de la conexión física entre el HUB Ethernet y un módulo de Interfaz LAN que contiene un microprocesador en el cual se ejecuta el software de VLAN.
- ✓ *El equipo VLAN remoto.* Consisten de módulos que sirven de interfaz entre las PES y la red LAN remota y hacen el filtrado de direcciones.

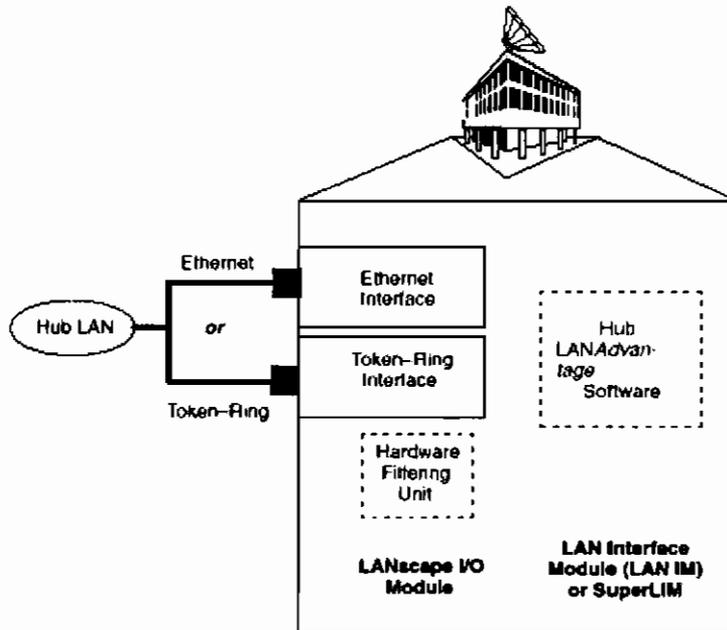
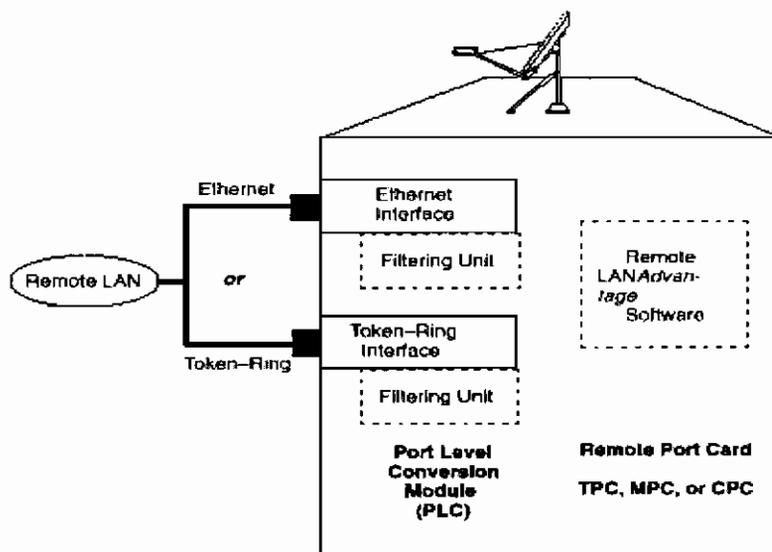


Figura 4. 9 HUB VLAN.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Tomado de: HUGHES NETWORK SYSTEMS Inc. "Lan Advantage Reference Manual", Release 7.A-Revision 1.5, Febrero 1996.

El módulo de LANscape I/O tiene las siguientes funciones:

- Maneja todas las funciones de la capa MAC Ethernet, y realiza la filtración de las direcciones fuente y destino, el aprendizaje de las direcciones fuente, y la remoción por envejecimiento de direcciones.

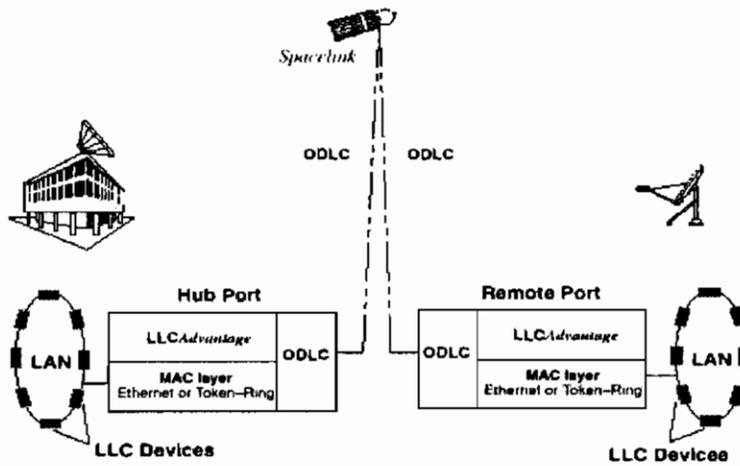


*Figura 4.10 Hardware VLAN remoto<sup>13</sup>*

VLAN incluye una capa llamada LLC Advantage que permite a los usuarios comunicarse a través del enlace satelital a nivel de la capa LLC (Logical Link Control). VLAN emplea el protocolo ODLC para procesar las sesiones que transportan el tráfico a través del enlace satelital.

---

<sup>13</sup> Tomado de: HUGHES NETWORK SYSTEMS Inc. "Lan Advantage Reference Manual", Release 7.A-Revision 1.5, Febrero 1996.



*Figura 4.11 Estructura por capas de VLAN<sup>14</sup>*

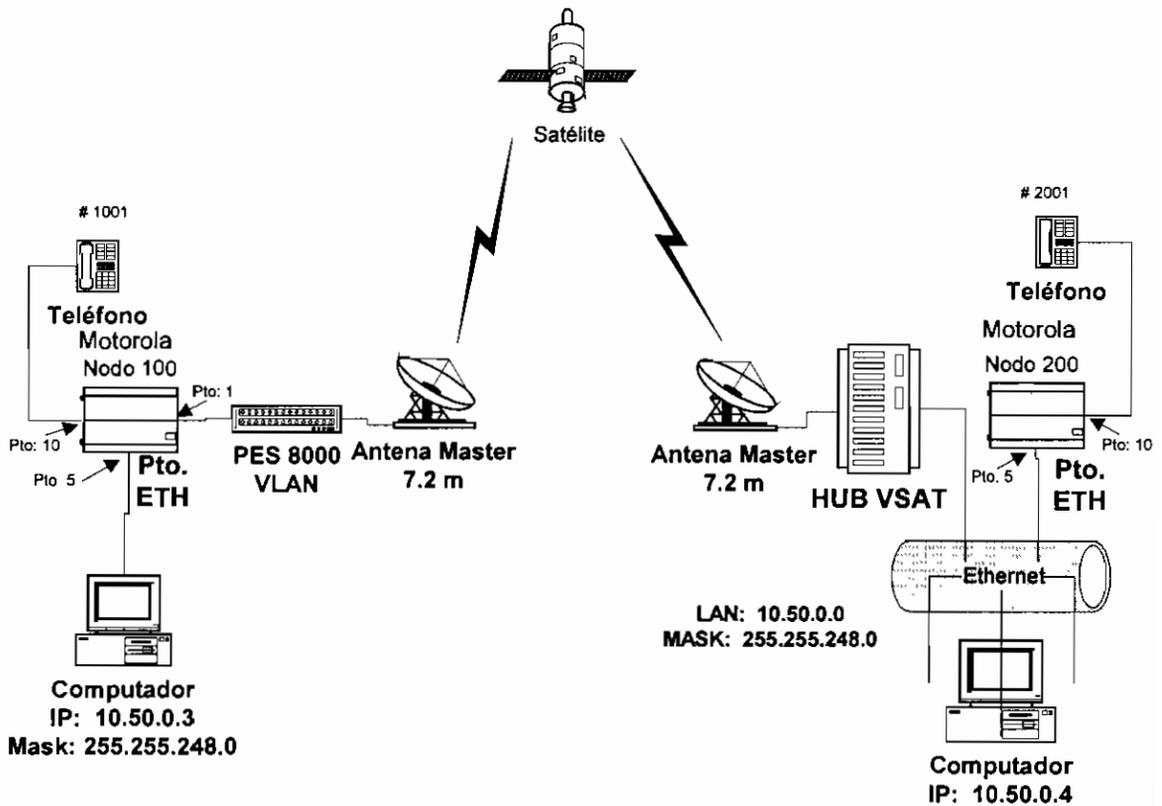
#### 4.4.2 Pruebas con VLAN.

La figura 4.12 muestra la configuración de red implementada para las pruebas de Voz sobre IP en una red VLAN.

La remota se configuró inicialmente con acceso Transaction/Reservation, con éste tipo de acceso los resultados no fueron satisfactorios ya que depende del número de remotas que en ese momento tenga datos para transmitir, por lo que se optó por cambiar al método de acceso Stream.

<sup>14</sup> Tomado de: HUGHES NETWORK SYSTEMS Inc. "Lan Advantage Reference Manual", Release 7.A-Revision 1.5, Febrero 1996.

La configuración de los equipos para éstas pruebas son similares a la configuración para las pruebas de una red LAN, debido a que VLAN se comporta como un bridge entre los dos segmentos de una red LAN.



*Figura 4. 12 Esquema de Pruebas para VLAN.*

Una VSAT está diseñada para aplicaciones en las que el tráfico de inroute sea bajo, como por ejemplo cajeros, o aplicaciones de consultas en bases de datos, en las cuales las remotas envían solicitudes que representan poco tráfico, mientras que el tráfico de respuesta (es decir de outroute) es mayor. Por ésta razón se optó por analizar separadamente la transmisión de voz remota-hub y hub-remota.

La red únicamente se utilizó para la transmisión de voz, y en este caso el parámetro que es determinante es la eliminación de jitter (Smoothing Delay). Además del retardo que es algo mayor que el de SCPC. Por ésta razón la calidad de los documentos transmitidos es muy mala, en la mayoría de ocasiones se perdió la comunicación con la máquina de fax remota por los excesivos retardos.

De lo antes mencionado indicaremos que las pruebas de voz se las hicieron únicamente con la codificación G.723.1 de 5.3k ya que es la que ocupa menor ancho de banda. Las pruebas con la codificación G.723.1 de 6.3 dieron una calidad de voz muy degradada, la mayor parte de la conversación se perdía, razón por la cual no se presentan los resultados.

Los parámetros de Nivel de Señal de Entrada/Salida se fijaron en 2.5 dB y -2.5 dB como en las pruebas anteriores.

## Resultados:

### Codificación G.723.1 a 5.3k

SMOOTHING DELAY (ms)	CALIDAD DE VOZ (HUB-REMOTA)	CALIDAD DE VOZ (REMOTA-HUB)	CALIDAD DE VOZ (HUB-REMOTA)	CALIDAD DE VOZ (REMOTA-HUB)
40	5	3.5	Se escucha con claridad	Retardo 780 ms se escuchan palabras incompletas.
70	5	3.5	Se escucha con claridad	Retardo 780 ms se escuchan palabras incompletas.
100	5	3.5	Se escucha con claridad	Retardo 780 ms. Se tiene pocos cortes.
130	5	3.5	Se escucha con claridad	Retardo 780 ms. Se tiene pocos cortes.
160	5	4	Se escucha con claridad	Retardo 770 ms. Se tiene pocos cortes.

140	5	4	Se escucha con claridad	Retardo 770 ms. Se tiene pocos cortes.
160	5	4	Se escucha con claridad	Retardo 770 ms. Se tiene pocos cortes.
190	5	4	Se escucha con claridad	Retardo 760 ms. Se tiene muy pocos cortes.
210	5	4	Se escucha con claridad	Retardo 760 ms. Se tiene muy pocos cortes.
240	5	4.5	Se escucha con claridad	Retardo 750 ms. Se tiene muy pocos cortes.
270	5	4.5	Se escucha con claridad	Retardo 750 ms. Se tiene muy pocos cortes.
300	5	4.5	Se escucha con claridad	Retardo 740 ms. Se tiene muy pocos cortes.

### ***Análisis de resultados***

Debido a que el retardo satelital y de procesamiento en el HUB en esta red es en promedio de aproximadamente 700ms, si se incluye el retardo por procesamiento, se tiene un retardo de alrededor de 730 ms a 750 ms, se optó por emplear para las pruebas únicamente la codificación G.729.1 de 5.3kbps, ya que para una ancho de banda mayor no se obtuvieron resultados satisfactorios inclusive con el tamaño más grande de buffer para compensación de jitter. La prioridad en este caso se la puede especificar al determinar el método de requerimiento de la remota para transmitir, al configurar a la remota con Stream, se asegura que cada vez que la remota tenga datos para transmitir, el HUB VSAT le da permiso para hacerlo.

De los resultados obtenidos podemos ver que la mejor calidad que se obtuvo en ésta prueba fue menor que las anteriores.

En todas las muestras tomadas se escuchaba mejor del lado del HUB, mientras que del lado de la remota la calidad era mucho menor. La calidad de voz en el sentido HUB-Remota se ve afectado únicamente por el retardo satelital, los cortes debido a esto disminuyen a medida que se aumenta el Smoothing Delay.

Este comportamiento se debe a que cuando se transmite en el sentido HUB-remota se tiene un mayor ancho de banda, y se envía la información a todas las remotas, mientras que la transmisión remota-Hub el ancho de banda es menor, las remotas envían su información en forma de ráfagas (burst de información) generalmente de 9.6 kbps.

Esta solución no es la mejor pero funciona relativamente bien, y se constituye una opción para situaciones, en las que la calidad de la voz no necesariamente debe ser la mejor, por ejemplo en una empresa que tenga una oficina muy distante de la matriz en dónde el servicio telefónico no exista o sea muy caro.

## CAPITULO V

### COMPARACIÓN ENTRE LAS TECNOLOGÍAS DE VoIP Y VoFR

#### 5.1 Introducción.

Frame Relay ha tenido gran aceptación en redes de datos por las características que ofrece. Frame Relay aprovecha la alta confiabilidad de los medios de transmisión modernos para transportar datos, no hace corrección de errores reduciendo las retransmisiones, además hace control de congestión dando como resultado la eficiencia en la ocupación de ancho de ancho de banda.

IP por otro lado es ampliamente difundido a nivel mundial debido al crecimiento acelerado del Internet. Y es precisamente la razón principal por la cual se han desarrollado varias aplicaciones nuevas que emplean IP. Es importante notar que la mayor parte del tráfico que corre sobre Frame Relay es IP. En las pruebas realizadas en la presente tesis, se utilizó IP sobre un enlace WAN Frame Relay.

VoFR ya ha sido implementada y probada en redes que emplean Frame Relay en su red WAN. VoIP es relativamente nueva en el mercado y ha tenido gran éxito, especialmente por su empleo en el Internet con programas como Net2phone.

Para VoIP y VoFR el ofrecer la calidad y la confiabilidad similar a las redes de telefónicas tradicionales implica desafíos técnicos significativos. En el presente capítulo se analiza las diferencias técnicas entre estas soluciones alternativas.

La comparación entre estas dos posibilidades se hace considerando el ancho de banda ocupado, las técnicas empleadas por ambos métodos para que la red de calidad de servicio a la transmisión de Voz y Fax; y la calidad de voz percibida en las pruebas realizadas.

## **5.2 Comparación técnica**

La voz sobre Frame Relay (VoFR) y la voz sobre IP (VoIP) se pueden comparar analizando las áreas siguientes:

- ✓ Consumo de ancho de banda.
- ✓ Forma de dar calidad de servicio para el transporte de voz/fax..

Más adelante se compara también la calidad de voz percibida al emplear estas dos técnicas en redes configuradas en similares condiciones.

### **5.2.1 Consumo de ancho de Banda**

Los paquetes Frame Relay e IP contienen esencialmente la información de cabecera del paquete, la información de cabecera de la voz y la información digitalizada y comprimida de fax/voz, conocida como carga útil. Cuanto más grande es la carga útil, el buffer de voz deberá ser mayor, lo que puede aumentar el retardo en la conversación, causando un sonido artificial.

Al examinar la cabecera de paquete de VoIP y VoFR, VoFR tiene una cabecera de 2Kbps y VoIP tiene un valor entre 7Kbps y 9Kbps dependiendo si el protocolo IP está encapsulado en otro protocolo a través de la conexión WAN. Puede decirse que el valor

mínimo de 7Kbps puede ser reducido si el router realiza compresión de la cabecera. Se requiere que todos los routers de la red sean capaces de entender la compresión de la cabecera.

Otra manera de reducir el ancho de banda consumido, es implementar la, supresión de silencios. En cualquier conversación generalmente una persona está escuchando mientras que el segundo está hablando, esto significa sobre 50% del tiempo. Las pausas y las interrupciones en la conversación significan otro 10%. El ancho de banda neto consumido es de alrededor de 40% del ancho de banda máximo<sup>1</sup>.

Las tablas 5.1 y 5.2 muestran el ancho de banda consumido en Kbps para los paquetes de voz en Frame Relay y en IP. Se asume que VoFR y VoIP utilizan la misma técnica de compresión de voz, utilizando un ancho de banda de alrededor de 8Kbps.

Ancho de Banda de un codificador típico	8 kbps
Cabecera de paquete Frame Relay Voz/Fax	2 kbps
Ancho de Banda Total de FR	10 kbps
Menos el 60 % de silencios	(-) 6 kbps <sup>2</sup>
Consumo promedio de ancho de banda en una conversación de 20-30 segundos	4 kbps

**Cuadro 5.1** Cabecera del paquete de VoFR y el consumo promedio de ancho de banda<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Las consideraciones para éste análisis han sido tomadas de los estudios realizados por los Laboratorios Bell.

<sup>2</sup> Debido a que cuando existen silencios de la conversación no se transmiten paquetes de voz, en promedio en una conversación de 20 a 30 segundos se tiene una ocupación del canal de alrededor del 40%.

Ancho de Banda de un codificador típico	8 kbps
Cabecera de paquete IP Voz/Fax	7 kbps
Ancho de Banda Total de IP	15 kbps
Menos el 60 % de silencios	(-) 9 kbps
Consumo promedio de ancho de banda en una conversación de 20-30 segundos	6 kbps

*Cuadro 5. 2 Cabecera del paquete de VoIP y el consumo promedio de ancho de banda*<sup>3</sup>

De lo anterior podemos ver que el tráfico de VoIP consume alrededor de 50% más de ancho de banda WAN que la voz sobre FR (6Kbps contra 4Kbps).

Los codificadores de voz más empleados para VoIP y para VoFR son: G.723.1 de 5.3 y 6.3kbps, G.729 que tiene un ancho de banda de 8 kbps y G.728 de 16 kbps, debido al bajo consumo de ancho de banda y la calidad de voz obtenida.

### **5.2.2 Forma de dar calidad de servicio para el transporte de voz/fax.**

Una red de datos actualmente no da calidad de servicio para el transporte de aplicaciones de tiempo real como es la Voz. Las redes de datos presentan dos problemas significativos, el retardo en la red, jitter y pérdidas de paquetes.

---

<sup>3</sup> Tomado de: E. LARSON, S. NIKOLA, "Voice Technologies for IP and Frame Relay Networks", Motorola Information Group, Network Systems Division, Abril 1998.

Dar mayor prioridad a la transmisión de voz es un mecanismo de reducir el retardo, cuando el retardo es muy grande no se lo puede utilizar en la recepción, ya que distorsionaría la voz. Se debe considerar además cómo VoIP y VoFR manejan estos problemas de retardo y pérdida de paquetes.

### ***La Priorización de paquetes/tramas de voz/fax.***

Para que la integración de voz/datos trabaje sobre una red de datos, el retardo promedio de la red debe ser bajo (menos que 200ms). Una de las formas para reducir la latencia es dando prioridad al paquete de voz. Las formas de implementar la priorización, son diferentes para IP y Frame Relay. En general, la forma que lo hace Frame Relay es más sencilla que en IP.

En VoIP, el router que conecta la red LAN a su línea de acceso WAN ordena buscar los paquetes IP de voz y poner delante de cualquier paquete de los datos que espera ser transmitido por el router. De esta manera, una cadena de paquetes de datos salientes no agregará una variación en el tiempo de llegada de los paquetes de voz. La priorización de los paquetes de voz es especialmente importante a los accesos WAN de velocidades entre 64Kbps - 512Kbps.

Existen dos métodos de ordenar que el router de prioridad a los paquetes IP de voz.

- En el primero, el administrador de la red programa explícitamente el router para buscar número de puerto UDP del Gateway VoIP.
- En el segundo método, se utiliza un protocolo de priorización, que es entendido por todos los equipos de la red. Un ejemplo es el protocolo de Reservación de Recursos

(ReSource ReserVation Protocol: RSVP). Con RSVP, cuando el Gateway detecta que va a enviar o recibir una llamada de voz, establece una sesión de RSVP con el router, usando la red LAN para pasar la información. El Gateway ordena que el router de prioridad a los paquetes de voz durante todo el tiempo de duración de la llamada. Cuando se termina la llamada, el Gateway ordena al router cesar dar la prioridad.

En Frame Relay, el dar mayor prioridad a los paquetes que a los paquetes de datos se hace automáticamente en el FRAD. Cuando hay varios canales de voz/fax activos, Frame Relay da prioridad en varios niveles para los diferentes circuitos activos, mientras que IP tiene generalmente solamente un nivel de prioridad. Aunque los efectos de priorización son iguales tanto en Frame Relay como en IP, Frame Relay tiene la flexibilidad y la posibilidad de priorización en varios niveles.

### ***Segmentación de los paquetes/tramas de voz.***

Los paquetes de voz pueden también ser retrasados cuando un paquete grande de datos se está transmitiendo y un paquete de voz se empieza a transmitir. El paquete de la voz debe esperar hasta que el paquete de datos se haya terminado de transmitir. Esto puede causar un jitter suficientemente grande para incrementar el retardo en un margen grande.

Es importante, que el equipo de Voz/Datos divida cualquier paquete largo de datos en segmentos cuando hay tráfico de voz.

Cuando segmentación de paquetes es implementada en la red, y el número de paquetes en la red aumenta, Frame Relay tiene otra ventaja sobre IP, porque su cabecera es más

pequeña. En IP, el de ancho de banda que se gasta por el tamaño de la cabecera reduce eficiencia de la red WAN entre 10-15%, mientras que con Frame Relay es de 2-4%.

En IP, el router debe configurarse de modo que divida permanentemente todos los paquetes en segmentos lo que no es muy eficiente. Se debe mencionar que varios fabricantes han implementado en sus routers la segmentación de los paquetes de datos cuando se detecta la presencia de tráfico de voz. Este es el caso de los equipos empleados en las pruebas de la presente tesis.

En Frame Relay, la segmentación de paquetes se da automáticamente dentro del FRAD siempre que haya una llamada activa. Durante la llamada, todos los paquetes de datos se dividen en segmentos según una configuración predefinida. Cuando no hay llamadas activas, la segmentación de paquetes se detiene.

### ***Cancelación de eco.***

El VoIP Forum y VoFR Forum recomiendan el uso de canceladores o supresores de eco.

### ***Manejo del jitter.***

Tanto VoIP como VoFR emplean un buffer para minimizar el efecto del jitter.

### ***Manejo de la pérdida de paquetes.***

La congestión causa retardos muy grandes y pérdidas de paquetes (tramas en FR), VoIP y VoFR emplean dos métodos para compensar la pérdida y retardo de paquetes. La generación de silencios trata de compensar pérdidas, también se opta por repetir paquetes anteriores. Cuando se trata de pérdidas grandes de paquetes la generación de silencios

puede causar en la recepción cortes de voz y pérdida de inteligibilidad, la repetición de paquetes anteriores puede causar distorsión de la voz.

Actualmente se estudia la posibilidad de usar los paquetes de voz recibidos previamente para producir voz sintética y llenar los períodos de pérdida.

### 5.3 Comparación de Resultados

Para poder hacer una comparación entre las dos técnicas de transmisión de voz en redes de datos se ha escogido una red WAN que emplea un enlace satelital con SCPC.

En las pruebas de VoFR se conecta directamente los FRADS al enlace satelital y se configura un PVC de datos y uno de voz. Para las pruebas de VoIP se configuró un PVC de datos sobre el cual se transportó el tráfico de datos y voz.

*Cuadro 5.3 Configuración del PVC de datos.*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
<b>CIR</b>	16 kbps
<b>BC</b>	16 kbps

A través de PVC de datos de pasó el tráfico de un ping de 18.000 bytes con el cual se consiguió una utilización del canal entre en 95 y 98%.

El PVC de voz se configuró con un CIR del ancho de banda que necesita cada tipo de codificación y con un BC de 0 kbps. La información del ancho de banda que necesita cada tipo de codificador empleado para VoFR se la obtuvo del manual Motorola.

Tipo de codificación	CIR
G 723.1 5.3k	5.3 kbps
G 723.1 6.3k	6.3 kbps
CV CELP 8k	8 kbps
CV CELP 16k	16kbps

*Cuadro 5. 4 Ancho de Banda del PVC de voz.<sup>4</sup>*

Los demás parámetros se han configurado de forma similar para poder hacer una comparación de los resultados de las pruebas bajo las mismas condiciones.

**Resultados :**

**Codificación G.723.1 a 5.3k**

TAMAÑO DE PAQUETE	SMOOTHING DELAY (ms)	NIVEL DE SEÑAL DE ENTRADA (dB)	NIVEL DE SEÑAL DE SALIDA (dB)	PING DELAY (ms)	CALIDAD DE VOZ	CALIDAD DE VOZ
1024	40	2.5	-2.5	6040	3.8	Retardo 720 ms pocos cortes, volumen bueno
1024	70	2.5	-2.5	6040	3.8	Retardo 720 ms pocos cortes, volumen bueno
1024	90	2.5	-2.5	6080	3.8	Retardo 720 ms pocos cortes, volumen bueno
1024	120	2.5	-2.5	6080	4	Retardo 700 ms menos cortes, volumen bueno
1024	140	2.5	-2.5	6080	4	Retardo 700 ms menos cortes, volumen bueno
1024	200	2.5	-2.5	6080	4	Retardo 680 ms menos cortes, volumen bueno
1024	300	2.5	-2.5	6080	4	Retardo 680 ms menos cortes, volumen bueno
512	40	2.5	-2.5	6100	4	Retardo 600 ms, casi no hay cortes, volumen igual
512	70	2.5	-2.5	6100	4.5	Retardo 680 ms, casi no hay cortes, volumen igual
512	100	2.5	-2.5	6110	4.5	Retardo 680 ms, casi no hay

<sup>4</sup> *Tomado de:* MOTOROLA. "Vanguide: Voice Over Frame Relay", Realease 5.3-Revisión A, Noviembre 1999.

						cortes, volumen igual
512	150	2.5	-2.5	6120	4.5	Retardo 650 ms, no hay cortes, volumen igual
512	200	2.5	-2.5	6120	4.5	Retardo 640 ms, no hay cortes, volumen igual
512	300	2.5	-2.5	6110	4.5	Retardo 620 ms, no hay cortes, volumen igual
256	40	2.5	-2.5	6300	5	Retardo 560 ms, calidad de voz buena, volumen igual
256	100	2.5	-2.5	6300	5	Retardo 530 ms, calidad de voz buena, volumen igual
256	200	2.5	-2.5	6300	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
256	300	2.5	-2.5	6300	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
128	40	2.5	-2.5	6350	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
128	100	2.5	-2.5	6350	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
128	200	2.5	-2.5	6350	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
128	300	2.5	-2.5	6350	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
64	40	2.5	-2.5	6420	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
64	100	2.5	-2.5	6420	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
64	200	2.5	-2.5	6420	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
64	300	2.5	-2.5	6420	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
32	40	2.5	-2.5	6550	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
32	100	2.5	-2.5	6550	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
32	200	2.5	-2.5	6550	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
32	300	2.5	-2.5	6550	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual

**Codificación G.732.1 a 6.3k**

TAMAÑO DE PAQUETE	SMOOTHING DELAY (ms)	NIVEL DE SEÑAL DE ENTRADA (dB)	NIVEL DE SEÑAL DE SALIDA (dB)	PING DELAY (ms)	CALIDAD DE VOZ	CALIDAD DE VOZ
1024	40	2.5	-2.5	6100	3.5	Retardo 800 ms cortes, volumen bueno
1024	70	2.5	-2.5	6111	3.5	Retardo 800 ms cortes, volumen bueno
1024	90	2.5	-2.5	6120	3.5	Retardo 780 ms cortes,

						volumen bueno
1024	120	2.5	-2.5	6124	3.5	Retardo 750 ms cortes, volumen bueno
1024	140	2.5	-2.5	6120	3.5	Retardo 750 ms pocos cortes, volumen bueno
1024	200	2.5	-2.5	6120	3.5	Retardo 720 ms pocos cortes, volumen bueno
1024	300	2.5	-2.5	6120	3.5	Retardo 680 ms menos cortes, volumen bueno
512	40	2.5	-2.5	6140	3.5	Retardo 600 ms, casi no hay cortes, volumen igual
512	70	2.5	-2.5	6140	4	Retardo 680 ms, casi no hay cortes, volumen igual
512	100	2.5	-2.5	6150	4	Retardo 680 ms, casi no hay cortes, volumen igual
512	150	2.5	-2.5	6150	4	Retardo 650 ms, no hay cortes, volumen igual
512	200	2.5	-2.5	6160	4	Retardo 640 ms, no hay cortes, volumen igual
512	300	2.5	-2.5	6160	4.5	Retardo 620 ms, no hay cortes, volumen igual
256	40	2.5	-2.5	6350	4.5	Retardo 560 ms, calidad de voz buena, volumen igual
256	100	2.5	-2.5	6340	4.5	Retardo 530 ms, calidad de voz buena, volumen igual
256	200	2.5	-2.5	6340	4.5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
256	300	2.5	-2.5	6340	4.5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
128	40	2.5	-2.5	6390	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
128	100	2.5	-2.5	6400	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
128	200	2.5	-2.5	6390	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
128	300	2.5	-2.5	6390	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
64	40	2.5	-2.5	6460	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
64	100	2.5	-2.5	6450	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
64	200	2.5	-2.5	6460	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
64	300	2.5	-2.5	6455	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
32	40	2.5	-2.5	6460	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
32	100	2.5	-2.5	6590	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
32	200	2.5	-2.5	6580	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual

32	300	2.5	-2.5	6590	5	Retardo 500 ms, calidad de voz buena, volumen igual
----	-----	-----	------	------	---	---

**Codificación CV-CELP de 8k**

TAMAÑO DE PAQUETE	SMOOTHING DELAY (ms)	NIVEL DE SEÑAL DE ENTRADA (dB)	NIVEL DE SEÑAL DE SALIDA (dB)	PING DELAY (ms)	CALIDAD DE VOZ	CALIDAD DE VOZ
1024	40	2.5	-2.5	6633	3	Retardo 900 ms, se cortan las palabras, volumen bueno.
1024	70	2.5	-2.5	6821	3	Retardo 850 ms, las palabras se cortan, volumen bueno.
1024	100	2.5	-2.5	7173	3	Retardo 860 ms, las palabras se cortan, volumen bueno.
1024	150	2.5	-2.5	7447	3.3	Retardo 840 ms, las palabras se cortan, volumen bueno.
512	40	2.5	-2.5	7121	3.3	Retardo 880 ms, las palabras se cortan, volumen bueno.
512	70	2.5	-2.5	7154	3.3	Retardo 880 ms, las palabras se cortan, volumen bueno.
512	100	2.5	-2.5	7125	3.4	Retardo 860 ms, las palabras se cortan, volumen bueno.
512	150	2.5	-2.5	7154	3.4	Retardo 680 ms, las palabras se cortan, volumen bueno.
256	40	2.5	-2.5	9995	3.5	Retardo 680 ms, cortes menos seguidos, volumen bueno.
256	70	2.5	-2.5	9735	4	Retardo 670 ms, cortes menos seguidos, volumen bueno.
256	100	2.5	-2.5	9735	4	Retardo 670 ms, cortes menos seguidos, volumen bueno.
256	150	2.5	-2.5	9608	4	Retardo 630 ms, cortes menos seguidos, volumen bueno.
128	40	2.5	-2.5	10965	4.5	Retardo 580 ms, cortes son muy esporádicos, la voz no es muy nítida, volumen bueno.
128	70	2.5	-2.5	11103	4.5	Retardo 580 ms, los cortes son muy esporádicos, la voz no es muy nítida, volumen bueno.
128	100	2.5	-2.5	11031	4.5	Retardo 550 ms, menos cortes, la voz no es muy nítida, volumen bueno.
128	150	2.5	-2.5	10734	4.5	Retardo 560 ms, menos cortes, la voz no es muy nítida, volumen bueno.
64	40	2.5	-2.5	1232	5	Retardo 550 ms, no hay cortes, voz nítida, volumen bueno.
64	70	2.5	-2.5	11616	5	Retardo 540 ms, no hay cortes, voz nítida, volumen bueno.
64	100	2.5	-2.5	12020	5	Retardo 540 ms, no hay cortes, voz nítida, volumen bueno.

64	150	2.5	-2.5	11870	5	Retardo 540 ms, no hay cortes, voz nítida, volumen bueno.
32	40	2.5	-2.5	12757	5	Retardo 500 ms, no hay cortes, voz nítida, volumen bueno.
32	70	2.5	-2.5	12502	5	Retardo 500 ms, no hay cortes, voz nítida, volumen bueno.
32	100	2.5	-2.5	12444	5	Retardo 500 ms, no hay cortes, voz nítida, volumen bueno.
32	150	2.5	-2.5	12945	5	Retardo 500 ms, no hay cortes, voz nítida, volumen bueno.

### *Codificación CV-CELP de 16k*

TAMAÑO DE PAQUETE	SMOOTHING DELAY (ms)	NIVEL DE SEÑAL DE ENTRADA (dB)	NIVEL DE SEÑAL DE SALIDA (dB)	PING DELAY (ms)	CALIDAD DE VOZ	CALIDAD DE VOZ
1024	40	2.5	-2.5	8607	3	Retardo 950 ms, cortes muy seguidos, se cortan las palabras, volumen bueno.
1024	70	2.5	-2.5	8821	3	Retardo 900 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen normal.
1024	100	2.5	-2.5	9127	3.2	Retardo 880 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen normal
1024	120	2.5	-2.5	8912	3.2	Retardo 880 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen normal.
1024	150	2.5	-2.5	9447	3.2	Retardo 880 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen normal.
512	40	2.5	-2.5	9121	3.5	Retardo 880 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen normal.
512	70	2.5	-2.5	9154	3.5	Retardo 860 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
512	100	2.5	-2.5	9125	3.5	Retardo 860 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
512	120	2.5	-2.5	9208	3.5	Retardo 860 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
512	150	2.5	-2.5	9154	3.5	Retardo 830 ms, cortes muy seguidos, las palabras se cortan, volumen bueno.
256	40	2.5	-2.5	12004	3.8	Retardo 800 ms, existe ráfagas de cortes, volumen normal.
256	70	2.5	-2.5	11735	3.8	Retardo 800 ms, existe ráfagas de cortes, volumen normal.

256	100	2.5	-2.5	11735	3.8	Retardo 780 ms, menos cortes, volumen normal.
256	120	2.5	-2.5	11549	4	Retardo 750 ms, menos cortes, ráfagas ocasionales, volumen normal.
256	150	2.5	-2.5	11608	4	Retardo 740 ms, menos cortes, ráfagas ocasionales, volumen normal.
128	40	2.5	-2.5	13226	4.5	Retardo 630 ms, cortes ocasionales, la voz no es muy nítida, volumen normal.
128	70	2.5	-2.5	13103	4.5	Retardo 620 ms, cortes ocasionales, la voz no es muy nítida, volumen normal.
128	100	2.5	-2.5	13031	4.5	Retardo 600 ms, cortes ocasionales, la voz no es muy nítida, volumen normal.
128	120	2.5	-2.5	12734	4.5	Retardo 580 ms, casi no hay cortes, volumen normal.
128	150	2.5	-2.5	12398	4.5	Retardo 570 ms, casi no hay cortes, volumen normal.
64	40	2.5	-2.5	14323	5	Retardo 580 ms, no hay cortes, la voz de mejor calidad, volumen bueno.
64	70	2.5	-2.5	13023	5	Retardo 550 ms, no hay cortes, la voz buena calidad, volumen normal.
64	100	2.5	-2.5	14020	5	Retardo 560 ms, no hay cortes, la voz buena calidad, volumen normal.
64	120	2.5	-2.5	13782	5	Retardo 560 ms, no hay cortes, la voz es nítida, volumen bueno.
64	150	2.5	-2.5	13887	5	Retardo 560 ms, no hay cortes, la voz buena calidad, volumen normal.
32	40	2.5	-2.5	15757	5	Retardo 510 ms, no hay cortes, voz nítida, volumen bueno.
32	70	2.5	-2.5	15502	5	Retardo 520 ms, no hay cortes, voz nítida, volumen normal.
32	100	2.5	-2.5	15444	5	Retardo 520 ms, no hay cortes, voz nítida, volumen normal.
32	120	2.5	-2.5	15941	5	Retardo 520 ms, no hay cortes, voz nítida, volumen normal.
32	150	2.5	-2.5	15945	5	Retardo 520 ms, no hay cortes, voz nítida, volumen normal.

### ***Análisis de los resultados.***

La principal comparación se la puede realizar en el ancho de banda empleado por los paquetes/tramas de voz en cada una de las pruebas. En las pruebas de VoIP el paquete de voz (que incluye cabecera IP, cabecera RTP y carga útil) se encapsula en una trama Frame Relay, mientras que en las pruebas de VoFR la carga útil (Voz/Fax) se incluyen directamente en la trama. Las dos pruebas fueron afectadas igualmente por el retardo satelital y de procesamiento, y por el tráfico alto introducido por medio de ping's.

Los resultados de las pruebas de VoFR no tienen una significativa diferencia de calidad de voz obtenida. En ocasiones a pesar de la variación de los parámetros de no se tuvieron cambios en los resultados, por el contrario en las pruebas de VoIP la variación de los parámetros mejoraron en muchas ocasiones la calidad de voz. Existe una pequeña mejora de los tiempos de respuesta de los ping's debido a que el ancho de banda consumido por los paquetes de voz es algo menor.

De todo lo anterior, se concluye que la calidad de voz sobre IP, es comparable con la calidad de voz sobre Frame Relay en las condiciones planteadas.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

- ✓ La transmisión de voz sobre IP es una aplicación relativamente nueva, pero que va ganando terreno debido al carácter universal de las redes IP, no solamente en el Internet, sino en redes privadas.
- ✓ Los equipos especificados por el VoIP Forum, permiten que VoIP funcione como la telefonía tradicional. Actualmente se ha popularizado la telefonía sobre Internet, la cual a pesar que no es de buena calidad, reduce el costo de llamadas internacionales.
- ✓ La transmisión de voz sobre IP tiene sus desventajas, siendo la principal, que únicamente se puede establecer comunicación entre usuarios conectados a equipos de la misma marca. El VoIP Forum, trata de estandarizar las técnicas empleadas para la transmisión de VoIP.
- ✓ La calidad de servicio para aplicaciones en tiempo real que pueda proveer una red es determinante para la implementación de VoIP. La calidad de servicio se refiere a la fidelidad con la que la voz y los documentos de fax son transmitidos.
- ✓ La implementación de VoIP en una red privada es sencilla ya que actualmente muchos equipos de red incluyen técnicas que hacen posible la compresión, empaquetamiento y transporte de voz sobre IP. Además se facilita la administración de la red en lo referente a asignación de anchos de banda y priorización de tráfico de los diferentes servicios ya sea voz ó datos. El administrador de la red según las necesidades de los usuarios puede establecer mayor o menor calidad de servicio a determinada aplicación.
- ✓ La calidad de voz en redes de datos es afectada por retardo, la variación de retardo ó jitter y la pérdida de paquetes. Si el retardo promedio es mayor que 50 milisegundos se produce eco. El control del eco es importante para las aplicaciones de tiempo real, como es el transporte de voz. En la actualidad todos los fabricantes de equipos para este

tipo de aplicaciones, incluyen la cancelación o supresión de eco, ya sea por medio de software o como parte del hardware.

Si el retardo es mayor que 250 milisegundos la conversación es incómoda debido a que se debe esperar un tiempo antes de responder el mensaje para asegurarse que llegó completamente, ya que no se tiene una respuesta inmediata como se está acostumbrado. Muchas veces se repite el mensaje suponiendo que no fue recibido, pero mientras se repite el mensaje se recibe la respuesta esperada, deteriorando la calidad de la conversación. La forma de minimizar este efecto es priorizando la transmisión de voz, por ejemplo con el empleo de protocolos como el RSVP, que permite la reservación de recursos en la red para el posterior uso de una determinada aplicación, en este caso el transporte de voz.

Al igual que la eliminación de eco, actualmente los equipos de datos que manejan voz incluyen técnicas de eliminación de jitter, en especial para aplicaciones en tiempo real como es la transmisión de voz.

La pérdida de paquetes, ha sido compensada de dos formas: repitiendo el último paquete de voz recibido, generando en lugar del paquete perdido silencio sintético ó mediante la reconstrucción de voz utilizando los paquetes de voz recibidos con anterioridad. Todos estos métodos funcionan bien mientras las pérdidas no sean mayores, en cuyo caso la inteligibilidad de la voz es afectada. Los equipos de VoIP empleados, generan silencio sintético en lugar de los paquetes de voz perdidos.

- ✓ Varios fabricantes han implementado la detección del tráfico de voz con la finalidad de cambiar de forma de transmisión para dar prioridad a los paquetes de voz. Estas formas pueden ser: cursar el tráfico de voz inmediatamente después de generado ó trasmitiendo dos paquetes de datos por cada paquete de voz, como lo hacen los equipos de VoIP utilizados en las pruebas.

- ✓ Las técnicas de compresión de voz, a velocidades menores que 64 kbps (PCM) reducen significativamente la cantidad de ancho de banda ocupado por una comunicación de voz, mientras mantiene la calidad de reproducción de voz.
- ✓ La supresión de silencios es una posibilidad de recuperar ancho de banda durante los períodos de silencio de una conversación, este ancho de banda puede estar disponible para otras aplicaciones. Según estudios realizados, el consumo de ancho de banda promedio se reduce en un 40%.
- ✓ El protocolo RTP fue creado para dar servicios de entrega de extremo a extremo a las aplicaciones de tiempo real. Su característica principal es la posibilidad de establecer comunicaciones multimedia con varios usuarios simultáneamente, asegurando la calidad de recepción para cada usuario con el uso del protocolo de control de RTP, RTCP.

En las pruebas realizadas la característica de este protocolo no ha sido explotada en su totalidad por la sencillez de las redes implementadas. En aplicaciones como la transmisión de voz sobre el internet ó multiconferencias sobre el internet se aprovecha realmente los servicios que ofrece este protocolo.

- ✓ Los equipos de VoIP empleados para las pruebas no soportan el protocolo RSVP, pero no es necesario ya que las redes únicamente enlazan dos sitios. El protocolo RSVP es muy útil cuando la red es grande y tiene varios nodos por los cuales los paquetes de voz deben pasar como por ejemplo el internet.
- ✓ La red LAN Ethernet empleada en las pruebas ofrecía calidad de servicio a pesar del tráfico introducido mediante ping's. El tráfico introducido no es suficiente para saturar los 10 Mhz de ancho de banda disponible en la red. La utilización de la red puede ser determinada con un analizador de protocolos.

Por lo anteriormente expuesto, los resultados obtenidos fueron los que se esperaban, la calidad de voz óptima, al igual que la nitidez de los documentos de fax transferidos, sin importar la utilización de ancho de banda que utiliza cada algoritmo de codificación empleado. No fue necesario variar los parámetros para mejoramiento de calidad de voz que ofrecen los equipos de VoIP.

- ✓ En las pruebas en una red WAN con enlace satelital SCPC, el retardo satelital es el principal problema que se debe enfrentar. Para emular condiciones reales de utilización de la red se introduce tráfico de ping's como en el caso anterior.

La mejor forma de compensar el retardo es la priorización de paquetes de voz, mientras más pequeño es el tamaño del paquete de datos la calidad es mejor. Pero lo determinante en esta prueba es el ancho de banda que emplea el algoritmo de codificación, y como se puede ver se obtuvieron mejores resultados con la codificación G.723.1 de 5.3 y 6.3 kbps.

La calidad de voz obtenida con la codificación de 8 kbps es aceptable, mientras que la codificación de 16 kbps requiere de mayor prioridad, y funciona bien cuando el paquete de datos es de 32 bytes. El incremento del tamaño del buffer para eliminación de jitter mejora levemente la calidad de voz.

- ✓ En las pruebas en una red WAN con enlace satelital SCPC, el protocolo de nivel de enlace es Frame Relay, el tráfico de voz y datos empaquetados en IP se transporta a través de un único PVC. Estas pruebas fueron comparadas con las pruebas de voz sobre Frame Relay en las que se empleó un PVC para datos ( tráfico de ping's) y un PVC para voz.
- ✓ De la comparación se tiene la calidad de voz sobre IP y voz sobre Frame Relay son semejantes en las redes implementadas en iguales condiciones, en realidad la diferencia principal en las condiciones de la red planteadas en la presente tesis es el ancho de banda que emplean los paquetes de voz.

- ✓ En las pruebas en una red WAN con VSAT LAN, es importante destacar que el medio definitivamente no es apto para la transmisión de voz, dadas las características de la red Vsat. En la transmisión desde HUB de VSAT hacia la remota, la calidad de voz es aceptable pese al retardo satelital ya que el ancho de banda empleado es el de la Outroute, mientras que en el sentido de remota hacia HUB, la calidad no siempre es buena. Depende mucho del ancho de banda empleado por el codificador. Las remotas levantan burst (ráfagas de información) de máximo 9.6 kbps.

La forma de transmitir de una remota depende del método de acceso empleado, en un principio este método se configuró como Transaction/Reservation, en el cual la remota intercambia mensajes con el HUB de Vsat solicitando permiso para transmitir y el HUB le da permiso si existe un espacio disponible. Los resultados en éstas condiciones dependían mucho de la utilización de la inroute, es decir del número de remotas que en ese momento también deseaban transmitir. La calidad de voz obtenida en estas condiciones no es aceptable, existen muchas cortes y la conversación no se entiende por lo que se optó por cambiar de método de acceso.

Al utilizar el método de Stream, cada vez que la remota tiene información que transmitir puede hacerlo. En este caso la calidad de voz obtenida es aceptable pero no óptima. Otro aspecto importante que debe anotar es que únicamente se transmitió voz, pues de otra forma la calidad de voz es muy mala por los excesivos retardos, y pérdidas de paquetes. El único parámetro que útil para estas pruebas es el mecanismo de eliminación de jitter, que permite que la calidad de voz mejore al aumentar el tamaño del buffer de compensación.

- ✓ De las pruebas realizadas se concluye que las formas de minimizar el efecto del retardo funcionan dentro de cierto rango que depende de las características de la red. La priorización de tráfico funciona bien, pero cuando el retardo es inherente al medio de transmisión, como un enlace satelital la mejora se da con limitaciones.

## BIBLIOGRAFIA

- CISCO SYSTEMS Inc., "Introduction to Internetworking", USA, 1995.
- CISCO SYSTEMS Inc., "Introduction to Packet Voice Networking", [www.cisco.com](http://www.cisco.com). 10/97.
- CISCO SYSTEMS Inc., "TCP/IP", [www.cisco.com](http://www.cisco.com).
- CISCO SYSTEMS Inc., "Data/ Voice/ Video Integration Technical Track", Cisco University for Resellers, 1998.
- D. MINOLI y E. MINOLI, "Delivering Voice over IP Networks", John Wiley&Sons, USA,1998.
- DOUGLAS E. COMER, "Redes Globales de Información con Internet y TCP/IP: Principios Básicos, Protocolos y Arquitecturas", Editorial Prentice Hall, Tercera Edición, 1995.
- E. LARSON, S. NIKOLA, "Voice Technologies for IP and Frame Relay Networks", Motorola Information Group, Network Systems Division, Abril 1998.
- E. PENA, "Voice Over IP Technology", COMMUNICATION SOCIETY, [www.comsoc.org.mx](http://www.comsoc.org.mx)
- EF DATA, "SDM 300 Satellite Modem HandBook", Revisión 3, Arizona-USA, 17 de Marzo de 1998.
- G. CARTER, "Ip Telephony Today, Tomorrow, Ever", [www.ericson.com](http://www.ericson.com).
- G. HELD, "Voice Over Data Networks: Covering IP and Frame Relay", McGraw-Hill Series on Computer Communications, USA, 1998.
- H. KAUFMAN, "IP in the Real-Time World", Internet Telephony Magazine, Mayo 1998

- HUGHES NETWORK SYSTEMS Inc. "Lan Advantage Reference Manual", Release 7.A-Revision 1.5, Febrero 1996.
- J. HUGHES, "Managing Latency in IP Telephony Deployments", Internet Telephony Magazine, Mayo 1998.
- J. LAWRENCE, "Internet Telephony Over Frame Relay", Internet Telephony Magazine, Mayo 1998.
- L. DAVID PASSMORE, "Delated Voice over IP", Bussiness Communications Review, [http:// www.netreference.com/Documents/Articles/bcr/bcr.12.98.art.12/98](http://www.netreference.com/Documents/Articles/bcr/bcr.12.98.art.12/98).
- L. ZHANG, S. DEERING, D. ESTRIN, S. SHENKER, D. ZAPPALA, "RSVP: A New Resource ReSerVation Protocol", Information Sciences Institute and Computer Science Department, University of Southern California, Los Angeles, [www.usc.edu](http://www.usc.edu).
- M. KATZ, "Intranet Telephony: The Next Trent in IP Telephony", Internet Telephony Magazine, Mayo 1998.
- MICOM Communications Corp, "Voice/Fax Over IP: Internet, Intranet, and Extranet", [www.micom.com](http://www.micom.com)
- MOTOROLA. "Vanguide: Voice Over IP", Realease 5.3-Revisión A, Noviembre 1999.
- MOTOROLA. "Vanguide: Voice Over Frame Relay", Realease 5.3-Revisión A, Noviembre 1999.
- NORTEL ENTERPRISE NETWORKS, "Packet Voice Everywhere: Support for a Power Network", [www.nortel.com/Networktech](http://www.nortel.com/Networktech).
- R. COX, F. BURG, L. GREENSTEIN, "Selection of a default speech coder for Internet Telephony", AT&T and Nuera Communications, 01/97.

- Recomendación UIT-T G.723.1, "Códec de Voz de Doble Velocidad para la Transmisión en Comunicaciones Multimedia a 5.3 y 6.3 kbits/s", Marzo 1996.
- Recomendación UIT-T H.245, "Protocolo de Control para Comunicación Multimedia", Octubre 1996.
- Recomendación UIT-T H.225, "Paquetización y Sincronización de Trenes de Medios en Redes de Area Local de Calidad de Servicio no Garantizada", Octubre 1996.
- Recomendación UIT-T H.323, "Sistemas y Equipos Videotelefónicos para Redes de Area Local que Proporcionan una calidad de Servicio no Garantizada", Febrero 1997.
- SELSIUS SYSTEMS Inc., "A Fundamental Shift in Telephony Networks", Marzo 1998, versión 1.0.
- T. SOCOLOFSKY, C. KALE, "A TCP/IP Tutorial", [www.src.doc.ic.uk](http://www.src.doc.ic.uk). Febrero 1991.
- TELEGY NETWORKS, "Voice Over IP", [www.telogy.com](http://www.telogy.com), 1998.
- TELEGY NETWORKS, "Fax Over IP (FoIP)", [www.telogy.com](http://www.telogy.com), Agosto 1999.
- VOICE OVER IP FORUM, "Voice Over IP Implementation Agreement", versión 1.0, Diciembre 1997.
- "Procedures for Real Time Group 3 Facsimile Communication between Terminals Using IP Networks", [http:// www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-fax-ipfax-00.txt](http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-fax-ipfax-00.txt).
- "T38 and the Future of Fax", [http:// www.dialogic.com](http://www.dialogic.com).
- "Voice Over IP (VoIP)", [http:// www.it.kth.se/edu/gru/Internet/VOIP.html](http://www.it.kth.se/edu/gru/Internet/VOIP.html).

## **GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS**

En la presente sección se presenta una lista de términos técnicos empleados a lo largo de esta tesis con su respectivo significado.

### **ATM**

Asynchronous Transfer Mode, tecnología de conmutación de paquetes de alta velocidad. La información se organiza en celdas estándar de 53 bytes. Los datos se envían por carácter con un impulso de inicio y otro de interrupción para cada uno. Estas características permiten niveles de rendimiento muy altos.

### **BIT**

Unidad de datos de información digital.

### **CALIDAD DE SERVICIO.**

Quality of Service (QoS), termino que describe un nivel de servicio necesario para una aplicación específica.

### **CAPACIDAD:**

Un terminal tiene una capacidad determinada si es capaz de codificar y transmitir o recibir y decodificar esa señal concreta.

### **CANAL LÓGICO:**

Canal utilizado para transportar los trenes de información entre dos puntos extremos. Estos canales se establecen siguiendo los procedimientos de apertura de canal lógico. Se utiliza un canal no fiable para trenes de información de audio. Se utiliza un canal fiable para trenes de datos y de información de control. No hay relación entre un canal lógico y un canal físico.

### **CANAL DE CONTROL:**

Canal fiable utilizado para transportar mensajes de información de control entre dos puntos extremos.

### **CANAL DE SEÑALIZACIÓN DE LLAMADA:**

Canal fiable utilizado para llevar los mensajes de establecimiento de la comunicación y descomposición de la llamada entre dos entidades.

### **CANCELACION DE ECO.**

Proceso mediante el cual el eco es removido de la línea, el eco es generalmente causado por una impedancia errónea del cableado de una red telefónica, un cancelador de eco genera una señal voz totalmente contraria al eco que llega en la señal de voz. La señal generada se resta de la señal original.

### **CIR**

Committed Information Rate, ancho de banda garantizado y establecido como base del nivel de servicio en Frame Relay.

### **CODER-DECODER (CODEC):**

Transforma la voz de la forma analógica al formato digital y viceversa. Este término también es empleado para indicar un tipo de codificación de voz (por ejemplo Codec G.729).

### **COMUNICACIÓN MULTIMEDIOS:**

La comunicación multimedia se refiere a la transmisión y/o recepción de señales de dos o más tipos de medios, simultáneamente.

### **CONEXIÓN DE TRANSPORTE:**

Una asociación establecida por una capa de transporte entre dos entidades H.323 para la transferencia de datos.

### **dB**

Decibel. Unidad estándar que expresa la tasa de dos niveles de potencia. Se utiliza en comunicaciones para indicar la ganancia o la pérdida de potencia entre los dos dispositivos de entrada y salida.

### **DETECCIÓN DE ACTIVIDAD DE VOZ.**

Voice activity detection (VAD), permite la diferenciación entre voz y silencio; las redes de paquetes se valen de VAD para no transmitir silencio.

### **DIRECCIÓN DE TRANSPORTE:**

La dirección de transporte de una entidad H.323 está compuesta por la dirección LAN más el número de puerto lógico de la entidad H.323 direccionable.

### **DLCI**

Data Link Connection Identifier. En Frame Relay, el valor que identifica una conexión lógica.

### **DTMF**

Dual tone multifrequency tone detection. Un método para teléfonos con teclado desarrollado para facilitar la marcación; cada dígito corresponde a unade 16 combinaciones de pares de señales de siete diferentes frecuencias. (Por ejemplo el dígito 7 esta definido con la combinación de las frecuencias de 852 Hz y 1209 Hz).

### **ETHERNET**

Tecnología de redes LAN que corre sobre una topología en bus, basada en el estándar de la IEEE 802.3.

### **FDMA**

Acceso múltiple por división de frecuencias. Utiliza varias portadoras en el mismo transpondedor, en el cual se le ha asignado cada enlace ascendente un ancho de banda y una ranura de frecuencia.

### **FEC**

Corrección hacia delante de errores. Técnica que utiliza información redundante transmitida con la información verdades para detectar y corregir errores sin tener que volver a transmitir los bits de datos erróneos. Hay varios tipos de FEC estándares en los sistemas de comunicaciones entre los que se incluyen: Trellis, Viterbi, Secuencial y Reed Salomon.

**FRAD**

Frame Relay Access Device. Dispositivo de acceso de un usuario a una red Frame Relay.

**FRAME RELAY**

Tecnología de redes de datos, empleado para la implementación de redes WAN, trabajan en el nivel 2 del modelo OSI.

**GATEKEEPER.**

Equipo opcional en un sistema H.323, facilita la traducción de direcciones y controla el acceso a la red para terminales y gateways. Un Gatekeeper puede prestar también otros servicios a los terminales y gateways como gestión de ancho de banda y localización de otros gateways.

**GATEWAY.**

Equipo opcional en una conferencia H.323, un gateway H.323 es un extremo en la red de área local que proporciona comunicaciones en ambos sentidos en tiempo real entre terminales H.323 de LAN y otros terminales en una red WAN, ó con otro gateway.

**HUB**

Estación principal de una red VSAT, a través de la cual pasan todas las comunicaciones de las estaciones terminales remotas.

**H.323.**

Recomendación ITU-T para aplicaciones multimedia de tiempo real.

**IP**

Protocolo de nivel 3, parte del grupo de protocolos TCP/IP, que gobierna el intercambio de paquetes entre segmentos de redes LAN o entre terminales LAN.

**ITU-T**

International Telecommunications Union Telecommunication Standardization Sector. Organización establecida por las Naciones Unidas, cuyo objetivo es el establecer los estándares que rigen las telecomunicaciones.

**JITTER.**

Variación del tiempo de arribo de paquetes.

**LATENCIA.**

El tiempo de retardo asociado en una red.

**LINEA DEDICADA**

Circuito dedicado suministrado normalmente por una compañía telefónica.

**LLAMADA:**

Comunicación multimedios punto a punto entre dos puntos extremos H.323. La llamada empieza con el procedimiento de establecimiento de la comunicación y termina con el procedimiento de terminación de la llamada. La llamada está formada por el conjunto de canales fiables y no fiables entre los puntos extremos. .

**MODO:**

Conjunto de flujos elementales que transmite, pretende transmitir o espera recibir un terminal.

**MULTIPLEXACIÓN**

Técnica que permite un número de transmisiones simultáneas sobre un mismo canal.

**MULTIPLEXACIÓN ESTADÍSTICA**

Una forma de multiplexación TDM, en la que se asigna toda la capacidad de un canal solamente a los circuitos que estén activos.

## **MTU**

Unidad máxima de transmisión (Maximum transmission unit), es el tamaño máximo de paquete en bytes que transmite una interfaz en particular.

## **NÚMERO DE CANAL LÓGICO:**

Número que identifica un canal lógico único.

## **NÚMERO DE PUERTO LÓGICO:**

Un número de puerto lógico que identifica el punto de acceso al servicio de capa de transporte. Pueden ser preasignados estáticamente por alguna autoridad internacional o bien ser asignados dinámicamente durante el establecimiento de una comunicación.

## **OSI**

Open System Interconnection. Modelo de referencia desarrollado por la International Standards Organization (ISO) y el ITU-T, que divide las actividades de comunicaciones en siete niveles.

## **PROTOCOLO**

Procedimientos específicos que el hardware y el software que componen un enlace deben cumplir para permitir la transferencia y la recepción de información de un punto a otro.

## **PVC**

Permanent Virtual Circuit. Circuito virtual equivalente de una línea privada dedicada, se emplea sobre una red de conmutación de paquetes.

## **QPSK**

Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura. Esquema de modulación digital utilizado en las comunicaciones de transmisión para permitir incrementar la capacidad de envío.

## **RAS**

Registro, Admisión y Estado (Registration/Admission/Status), es un protocolo H.323 que permite la comunicación entre un gatekeeper H.323 y un gateway ó equipor terminal.

## **RTP**

Protocolo de Transporte en Tiempo Real (Real-Time Transport Protocol), recomendación RFC 1889, parte de la especificación ITU-T H.323 para aplicaciones de tiempo real.

## **RSVP**

Protocolo de Reservación de Recursos (Resource Reservation Protocol). Es un protocolo que define la capacidad de reservación dinámica ó localización de ancho de banda para un particular flujo de tráfico.

## **RETARDO**

Tiempo necesario para ir de un punto A hacia un punto B.

## **ROUTER**

Dispositivo que opera en el nivel 3 del modelo OSI, determina el camino óptimo para el tráfico LAN.

## **SATELITE**

Sofisticada estación de comunicaciones que orbita a 36000 km sobre el ecuador y que se desplaza siguiendo una órbita fija a la misma velocidad y dirección de la tierra.

## **SEÑALIZACIÓN FXO.**

Foreign exchange office (FXO), es una interfaz que imita a un auricular de un teléfono estándar (Es decir, requiere otro equipo que provea el tono de marcación).

## **SEÑALIZACIÓN FXS.**

Foreign exchange station (FXS), es una interfaz que imita una red PSTN; provee tono de marcación a un auricular de teléfono estándar.

### **SEÑALIZACIÓN DE CANAL LÓGICO:**

Conjunto de procedimientos utilizados para la apertura y el cierre de los canales lógicos.

### **SCPC**

Un solo canal por portadora. Sitúa una fuente de información en una sola portadora en el dominio de la frecuencia.

### **TERMINAL:**

Cualquier punto extremo, pudiendo ser un terminal de usuario o cualquier otro sistema de comunicación como un servidor de información.

### **TDMA**

Acceso múltiple por división en el tiempo. Técnica de acceso múltiple en la que muchos usuarios comparten una única portadora.

### **TIPO DE SERVICIO.**

Type of Service (ToS), parte de la cabecera IP que relaciona el nivel de servicio del paquete.

### **TRANSPONDEDOR**

Componente de un satélite de comunicaciones formado por la combinación de un receptor, un convertidor de frecuencia y un emisor.

### **T.4**

Protocolo ITU-T que describe la formación de la imagen de página dato en una transmisión de fax.

### **T.30**

Protocolo ITU-T, es el Protocolo de Control de Sesión de Fax, que describe el formato de nonpage data así como los mensajes de negociación de capacidades en una transmisión de fax.

### **VSAT**

Terminal muy pequeña abertura. Estaciones terrenas pequeñas, normalmente de 1,2 a 2,4 metros de diámetro.

## HOJA DE PRUEBA DE FAX

En la siguiente página se trata de probar la calidad de fax en cada una de las pruebas realizadas.

Texto tomado de: Douglas E. Comer, "Redes de computadoras, internet e interredes".

### **Cómo lograr un servicio universal**

La meta de la interconectividad es el servicio universal en redes heterogéneas. Para ofrecer un servicio universal entre todas las computadoras de una interred, los enrutadores deben acordar el reenvío de información de la fuente de una red a un destino de otra. La tarea es complicada, pues los formatos de cuadro y los esquemas de direccionamiento usados por las redes pueden ser diferentes. Como resultado, para lograr el servicio universal se necesitan protocolos en las computadoras y en los enrutadores.

## HOJA DE PRUEBA DE FAX

En la siguiente página se trata de probar la calidad de fax en cada una de las pruebas realizadas.

Texto tomado de: Douglas E. Comer, "Redes de computadoras, internet e interredes".

### **Cómo lograr un servicio universal**

La meta de la interconectividad es el servicio universal en redes heterogéneas. Para ofrecer un servicio universal entre todas las computadoras de una interred, los enrutadores deben acordar el reenvío de información de la fuente de una red a un destino de otra. La tarea es complicada, pues los formatos de cuadro y los esquemas de direccionamiento usados por las redes pueden ser diferentes. Como resultado, para lograr el servicio universal se necesitan protocolos en las computadoras y en los enrutadores.

## HOJA DE PRUEBA DE FAX

En la siguiente página se trata de probar la calidad de fax en cada una de las pruebas realizadas.

Texto tomado de: Douglas E. Comer, "Redes de computadoras, internet e interredes".

### **Cómo lograr un servicio universal**

La meta de la interconectividad es el servicio universal en redes heterogéneas. Para ofrecer un servicio universal entre todas las computadoras de una interred, los enrutadores deben acordar el reenvío de información de la fuente de una red a un destino de otra. La tarea es complicada, pues los formatos de cuadro y los esquemas de direccionamiento usados por las redes pueden ser diferentes. Como resultado, para lograr el servicio universal se necesitan protocolos en las computadoras y en los enrutadores.

## HOJA DE PRUEBA DE FAX

En la siguiente página se trata de probar la calidad de fax en cada una de las pruebas realizadas.

Texto tomado de: Douglas E. Comer. "Redes de computadoras, internet e interredes"

### **Cómo lograr un servicio universal**

La meta de la interconectividad es el servicio universal en redes heterogéneas. Para ofrecer un servicio universal entre todas las computadoras de una interred, los enrutadores deben acordar el reenvío de información de la fuente de una red a un destino de otra. La tarea es complicada, pues los formatos de cuadro y los esquemas de direccionamiento usados por las redes pueden ser diferentes. Como resultado, para lograr el servicio universal se necesitan protocolos en las computadoras y en los enrutadores.

## HOJA DE PRUEBA DE FAX

... de probar la calidad de fax en cada una de las

## HOJA DE PRUEBA DE FAX

En la siguiente página se trata de probar la calidad de fax en cada una de las pruebas realizadas.

de Douglas E. Comer, "Redes de computadoras, internet

## HOJA DE PRUEBA DE FAX

En la siguiente página se trata de probar la calidad de fax en cada una de las pruebas realizadas

Texto tomado de: Douglas E. Comer. "Redes de computadoras, internet e interredes"

## HOJA DE PRUEBA DE FAX

En la siguiente página se trata de probar la calidad de fax en cada una de las pruebas anteriores.

Este formato de Hojas de Pruebas se computariza mediante el siguiente:

### Cómo lograr un servicio universal

La meta de la interconectividad es el servicio universal en redes heterogéneas. Para ofrecer un servicio universal entre todas las computadoras de una red, los enrutadores deben acordar el servicio. La solución de la fuente de una red a un destino de otra. La tarea es la siguiente: 1. Encuentro a los enrutadores de...

## HOJA DE PRUEBA DE FAX

En la siguiente página se trata de probar la calidad de fax en cada una de las pruebas realizadas.

Texto tomado de Douglas E. Comer "Redes de computadoras internet e intranets"

### Cómo lograr un servicio universal.

La meta de la interconectividad es el servicio universal en redes heterogéneas. Para ofrecer un servicio universal entre todas las computadoras de una intranet, los enrutadores deben acordar el reenvío de información de la fuente de una red a un destino de otra. La tarea es complicada, pues los formatos de cuadro y los esquemas de direccionamiento usados por las redes pueden ser diferentes. Como resultado, para lograr el servicio universal, se necesitan protocolos en las computadoras y en los enrutadores.

## HOJA DE PRUEBA DE FAX

En la siguiente página se trata de probar la calidad de fax en cada una de las pruebas realizadas

Texto tomado de Douglas E. Comer "Redes de computadoras, internet e interredes"

### **Cómo lograr un servicio universal**

La meta de la interconectividad es el servicio universal en redes heterogéneas. Para ofrecer un servicio universal entre todas las computadoras de una interred, los enrutadores deben acordar el reenvío de información de la fuente de una red a un destino de otra. La tarea es complicada, pues los formatos de cuadro y los esquemas de direccionamiento usados por las redes pueden ser diferentes. Como resultado, para lograr el servicio universal se necesitan protocolos en las computadoras y en los enrutadores.

## HOJA DE PRUEBA DE FAX

En la siguiente página se trata de probar la calidad de fax en cada una de las pruebas realizadas

Texto tomado de: Douglas E. Comer. "Redes de computadoras, internet e interredes"

### **Cómo lograr un servicio universal**

La meta de la interconectividad es el servicio universal en redes heterogéneas. Para ofrecer un servicio universal entre todas las computadoras de una interred, los enrutadores deben acordar el reenvío de información de la fuente de una red a un destino de otra. La tarea es complicada, pues los formatos de cuadro y los esquemas de direccionamiento usados por las redes pueden ser diferentes. Como resultado, para lograr el servicio universal se necesitan protocolos en las computadoras y en los enrutadores

## HOJA DE PRUEBA DE FAX

En la siguiente página se trata de probar la calidad de fax en cada una de las pruebas realizadas.

Texto tomado de Douglas E. Comer. "Redes de computadoras, internet e interredes"

### **Cómo lograr un servicio universal**

La meta de la interconectividad es el servicio universal en redes heterogéneas. Para ofrecer un servicio universal entre todas las computadoras de una interred, los enrutadores deben acordar el reenvío de información de la fuente de una red a un destino de otra. La tarea es complicada, pues los formatos de cuadro y los esquemas de direccionamiento usados por las redes pueden ser diferentes. Como resultado, para lograr el servicio universal se necesitan protocolos en las computadoras y en los enrutadores.

## HOJA DE PRUEBA DE FAX

En la siguiente página se trata de probar la calidad de fax en cada una de las pruebas realizadas.

Texto tomado de: Douglas E. Comer, "Redes de computadoras, internet e interredes".

### **Cómo lograr un servicio universal**

La meta de la interconectividad es el servicio universal en redes heterogéneas. Para ofrecer un servicio universal entre todas las computadoras de una interred, los enrutadores deben acordar el reenvío de información de la fuente de una red a un destino de otra. La tarea es complicada, pues los formatos de cuadro y los esquemas de direccionamiento usados por las redes pueden ser diferentes. Como resultado, para lograr el servicio universal se necesitan protocolos en las computadoras y en los enrutadores.

## HOJA DE PRUEBA DE FAX

En la siguiente página se trata de probar la calidad de fax en cada una de las pruebas realizadas.

Texto tomado de: Douglas E. Comer. "Redes de computadoras, internet e interredes".

### **Cómo lograr un servicio universal**

La meta de la interconectividad es el servicio universal en redes heterogéneas. Para ofrecer un servicio universal entre todas las computadoras de una interred, los enrutadores deben acordar el reenvío de información de la fuente de una red a un destino de otra. La tarea es complicada, pues los formatos de cuadro y los esquemas de direccionamiento usados por las redes pueden ser diferentes. Como resultado, para lograr el servicio universal se necesitan protocolos en las computadoras y en los enrutadores.

## HOJA DE PRUEBA DE FAX

En la siguiente página se trata de probar la calidad de fax en cada una de las pruebas realizadas

Texto tomado de: Douglas E. Comer. "Redes de computadoras, internet e interredes"

### **Cómo lograr un servicio universal**

La meta de la interconectividad es el servicio universal en redes heterogéneas. Para ofrecer un servicio universal entre todas las computadoras de una interred, los enrutadores deben acordar el reenvío de información de la fuente de una red a un destino de otra. La tarea es complicada, pues los formatos de cuadro y los esquemas de direccionamiento usados por las redes pueden ser diferentes. Como resultado, para lograr el servicio universal se necesitan protocolos en las computadoras y en los enrutadores.

## HOJA DE PRUEBA DE FAX

En la siguiente página se trata de probar la calidad de fax en cada una de las pruebas realizadas

Texto tomado de: Douglas E. Comer. "Redes de computadoras, internet e interredes"

### **Cómo lograr un servicio universal**

La meta de la interconectividad es el servicio universal en redes heterogéneas. Para ofrecer un servicio universal entre todas las computadoras de una interred, los enrutadores deben acordar el reenvío de información de la fuente de una red a un destino de otra. La tarea es complicada, pues los formatos de cuadro y los esquemas de direccionamiento usados por las redes pueden ser diferentes. Como resultado, para lograr el servicio universal se necesitan protocolos en las computadoras y en los enrutadores.

# LANADVANTAGE™

## An integrated LAN capability for the Integrated Satellite Business Network™ (ISBN™)

### INTRODUCTION

LANAdvantage™, part of the Integrated Satellite Business Network (ISBN) by Hughes Network Systems, Inc. (HNS), enables local area network (LAN) traffic to be transmitted efficiently over wide area satellite links. Fully integrated into both the ISBN's hub and each remote Personal Earth Station™ (PES™) VSAT, LANAdvantage supports rapid data transfers between remote and host, as well as the broadcasting of data for distributed processing applications. LANAdvantage supports both Ethernet and Token Ring.

### APPLICATIONS

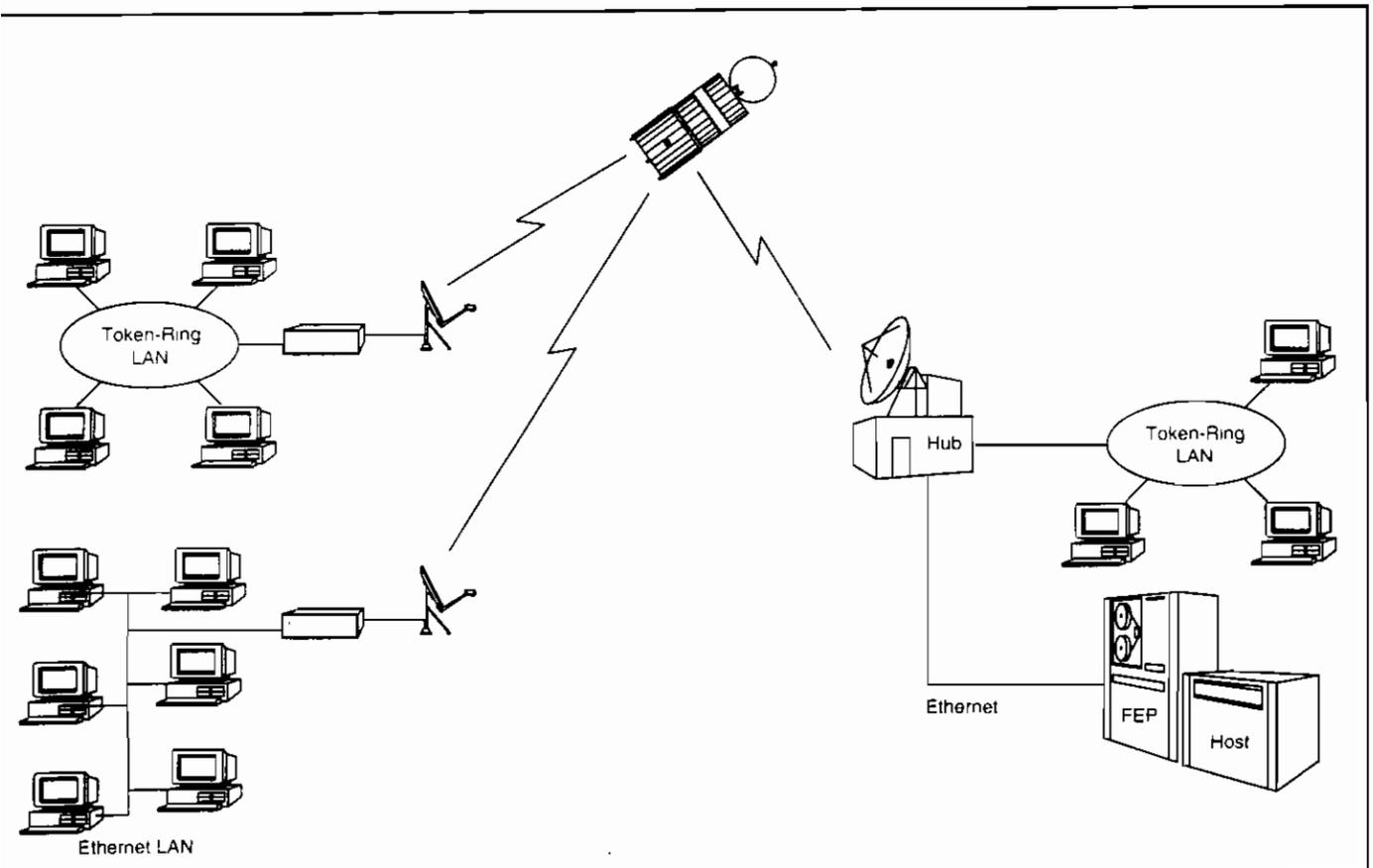
- Access from workstations on remote LANs to both centralized and distributed processing applications

- Simultaneous broadcasting of files and images from a host to an unlimited number of remote LANs
- Rapid and efficient file transfers and electronic mail among remote facilities
- High capacity links between sites that facilitate large file transfers and other applications that are throughput-dependent
- Automatic dial backup of remote sites to ensure high availability
- Remote to remote data access
- On-demand, dynamic allocation of bandwidth to each remote site for efficient, real-time network performance
- Compatible with many popular LAN protocols (TCP/IP, SNA, DECnet, etc.)

### FUNCTIONAL DESCRIPTION

LANAdvantage is an intelligent interface, resident in the remote PES and in the ISBN hub, that links geographically dispersed Ethernet LANs and Token Ring LANs. Users can perform monitoring and fault isolation of their LANs and the wide area ISBN from a single location using HNS' IllumNET™ network management system.

The ISBN transmits from the hub to the remote sites at 512 kbps and from each remote site to the hub at up to 128 kbps. The network dynamically allocates capacity to remote sites based on user demand, providing the high throughput and fast transfer times required to support LAN applications, while ensuring efficient network utilization.



## LANADVANTAGE FEATURES

- Broadcast capability—Simultaneous transmission of batch files from the hub: time required to deliver the files is independent of the number of sites.
- Address filtering—LAN*Advantage* distinguishes between local and distant LAN traffic, and transmits only that data which is addressed to a distant LAN, optimizing network utilization and ensuring high throughput.
- Self learning and aging—LAN*Advantage* learns the address of devices on the local network, simplifying network reconfiguration requirements. "Aging" of these addresses removes them from the address table when they are inactive for a user-specified period.

- Protocol transparent—because LAN*Advantage* is insensitive to the type of traffic protocol, new applications with different protocols can be added with no change in LAN*Advantage* software.

## SUMMARY SPECIFICATIONS

- Throughput per remote:
  - Receive: 400 kbps
  - Transmit: Up to 110 kbps
- Filtering rate:
  - Full LAN bandwidth
- LAN interfaces
  - Ethernet: 10Base2, 10BaseT, 10Base5 (at hub)
  - Token Ring: IBM\* Type 1, Type 3 Cable

- LAN rates
  - Ethernet: 10 Mbps
  - Token Ring: 4 Mbps, 16 Mbps
- LAN connectors
  - Ethernet: BNC, DB15, and RJ45; other connectors accommodated via external adapter
  - Token Ring: RJ11 and DB9 female connector
- Platform
  - Personal Earth Station
  - Integrated Satellite Business Network Hub

**HUGHES**  
NETWORK SYSTEMS  
A HUGHES ELECTRONICS COMPANY

© 1992 Hughes Network Systems, Inc.

Information is subject to change.

LAN*Advantage*, Personal Earth Station, PES, Integrated Satellite Business Network, and ISBN are trademarks of Hughes Network Systems, Inc. IBM is a registered trademark of International Business Machines Corporation.

11717 Exploration Lane  
Germantown, MD 20876  
(301) 428-5500 (X5622)  
Fax: (301) 428-7066

VSAT310  
MAY96-3K



**MOTOROLA**

*What you never thought possible.™*



**VANGUARD**

## **Vanguard® 6450 Overview**

The Motorola Vanguard 6450 is a member of the Vanguard 6400 Series, a new class of innovative, multiservice, RISC processor based products. The Vanguard 6450 addresses customer needs for small to large branch offices with higher throughput needs to regional concentration sites. The Vanguard

6450 is ideally suited for hierarchical networks where the customer desires to concentrate remote branch offices using multiple analog/digital leased lines, ISDN, Frame Relay, X.25 and Nx64K (FTL/FED) services. Fax, Remote VU™ video, and Voice Relay™ analog voice can be combined with data traffic over dedicated or public Frame Relay links and still maintain excellent voice and video quality levels.

The multi processor hardware architecture utilizes a sophisticated PowerPC™ RISC processor, plus three additional communication processors,

and, together with various function specific semiconductors, provide the best performance architecture in its branch node class. A fast 1 Gbps bounded bus provides service to network interfaces and multi-port option modules.

The Vanguard™ ONS software architecture utilizes a dual core routing and switching schema. This architecture provides fast response and low delay for serial applications, LAN protocols, and multimedia traffic, while simultaneously providing superior WAN connectivity.

A removable motherboard allows for future upgradeability (Future Proofing), and for ease in servicing in a rack-mount or desktop environment.

The Vanguard™ 6450 with integrated Voice Relay™ voice, fax, Remote VU™ video, LAN routing, and legacy data support, is the best value, in the industry, for reducing branch networking costs for these mixed applications. Vanguard 6450 is a price/performance leader.



*The Vanguard 6450 addresses customer needs for small to large branch offices with higher throughput needs to regional concentration sites for serial, Ethernet, Token Ring LAN and multi-media traffic.*





What you never thought possible™



VANGUARD

## Vanguard® 6430 Overview

The Motorola Vanguard 6430 is a member of the Vanguard 6400 Series: a new class of innovative, multiservice, RISC-processor based products. The Vanguard 6430 is a wide area network access product optimized for small branch offices that depend on efficiently consolidating legacy protocols (SNA, SDLC, BSC, etc.)

with LAN traffic over dedicated or switched X.25, Frame Relay, Point-to-Point, Multipoint, ISDN, and Nx64K (FT1, FE1) connections. Fax, RemoteVU™ video and Voice Relay™ analog voice can be combined with data traffic over dedicated or public Frame Relay links, while maintaining excellent voice and video quality levels.

The multi-processor hardware architecture utilizes a sophisticated PowerPC RISC-processor, plus three additional communication processors, and together with various function specific semiconductors, provide the best price/performance architecture in its class.



*The Vanguard ONS software architecture provides fast response and low delay for legacy applications, LAN protocols, and multimedia traffic, while simultaneously providing superior WAN connectivity.*

Motorola's extensive suite of protocols, coupled with a flexible hardware platform, provide the Vanguard 6430 with an extensive set of network solutions. Flash memory allows the node's software to be upgraded locally or across a network.

The Vanguard 6430 can be configured to connect to an Ethernet network with up to eleven serial applications. When configured with an integral ISDN daughtercard a full range of ISDN services are supported.

A removable motherboard allows for future upgradeability ("Future Proofing"), and for ease in servicing in a rack-mount or desktop environment.

The Vanguard 6430 with integrated Voice Relay™ voice, fax, RemoteVU™ video, LAN routing, and legacy data support, is the best value in the industry for reducing branch networking costs for these applications. The Vanguard 6430 is a price/performance leader.

## Features and Benefits

- High Performing Dual Core Switching, Routing & Bridging
- Fast response times
  - Bandwidth optimization
  - Quality voice transmission
  - Multimedial transport capability
  - Maximizing network's efficiency across the LAN and the WAN

### Voice Relay™ Support

- Integration of voice with data traffic
- 8/16 Kbps compression minimizes network bandwidth requirement
- Support for analog voice port connections

### RemoteVideo™ Video Support

- Integration of video with data and voice traffic
- Transport of video images over low bandwidths as low as 2.4 Kbps
- Security surveillance and remote video monitoring applications supported
- Motorola's RemoteVideo™ video technology scales automatically to available bandwidth

## Specifications

### SOFTWARE

#### Wide Area Protocols

- Frame Relay DTL with Traffic Fairness
- Frame Relay switching (DCE)
- Frame Relay Annex A (ITU Q 933)
- Frame Relay Annex D (ANSI T1 617)
- Frame Relay Annex G (ANSI T1 617)
- Local Management Interface (LMI)
- X 25 DTL
- X 25 switching
- RFC 877
- ISDN (Q 921/Q 931)
- X 25 on ID channel support
- Transparent HDLC support (EBOP)
- MX 25 multidrop X 25 protocol
- XDLC
- Novell IPX WAN
- Voice Relay™
- SMDS

#### LAN Protocols

- AppleTalk routing
- OSPF
- TCP Telnet
- UDP
- PPP
- ML PPP
- IP routing
- IPX routing
- RIP 1 and RIP-2
- Source Route Bridging (SRB)
- Transparent bridging (spanning tree IEEE 802.1d)
- SLIP support
- RFC 1291-1490 compliant Frame Relay encapsulation of supported LAN protocols
- IP Multicast

#### Management and Utilities

- Vanguard
- SNMP management
- TELNET to host and internode software download
- Kermit configuration upload/download
- Broadcast management

#### Bandwidth Management

- Frame Data Compressor
- Bandwidth on Demand (BOD)
- Dial on Demand (DOD)
- Data Connection Protection (DCP) (X 25 Async SDLC X DLC)
- Link back up (V 25bis and ISDN)
- Traffic prioritization
- Frame Relay DLCI multiplexing
- Time of Week (TOW)

#### Legacy Protocols

- Async PAD
- Transparent Pooled Async (TPA)
- NCR BISYNC
- IBM BSC 3270
- IBM BSC 2780/3780
- Burroughs Poll Select
- IBM 2260
- Transparent COP support (IC OP)
- Transparent BOP support (EBOP)
- 3201
- T3POS
- TNPP PAD
- TNPP routing
- Siemen's HDLC
- SNA/SDLC support
- Physical Unit (PU) remapping and spoofing
- QLLC transport (IBM NPS) point-to-point multidrop (up to 64 PUs)
- Conversion SDLC to RFC 1490
- Conversion SDLC to LLC2
- Conversion LLC2 to RFC 1490
- PPDU
- SPP PAD
- ALG
- 801 auto-dial for BSC 2780
- X 25bis dialing for BSC 2780

#### HARDWARE

##### Vanguard 6430 Platform Base System

- Low Profile 3 expansion slots
- Rear loadable motherboard
- 1 RS232 Management Port with easy-to-use menu
- 1 RS232 port (300 bps to 115 Kbps)
- 2 high speed serial ports (500 bps to 2.048 Mbps)

- V 35 X 36 X 24 and V 11 DB25 interfaces
- Ethernet LAN motherboard port with AUI and 10Base-T support
- High MHz power supply
- Auxiliary cooling fan
- Motorola 860 PowerPC RISC processor and three Motorola 68302 processors
- 4 MB of non-volatile onboard Flash
- 8 MB onboard DRAM

#### Expansion Options

- 1600 or 3000bps DSU
- DTM serial daughter card
- E1/E1.6/CSU/DSU daughter card
- Integrated ISDN BRI (2B1D), S/T & U interfaces
- Flash expansion up to 8 MB
- DRAM expansion up to 16 MB
- Frame Data Compressor™
- Dual port FAS analog voice Digital Signal Processing
- Single port FAX/FXO analog voice Digital Signal Processing
- 19 inch rack mount hardware kit

#### ENVIRONMENT

- Operating temperature: 32 to 104 degrees F (0 to 40 degrees C)
- Storage temperature: -40 to 158 degrees F (-40 to 70 degrees C)
- Relative humidity: 5% to 90% (non-condensing)

#### Power Requirements

- 90-264Vac
- 47 to 63 Hz

#### Dimensions

- Height: 1.7 in (44.3 mm)
- Width: 17 in (430 mm)
- Depth: 6 in (152.4 mm)

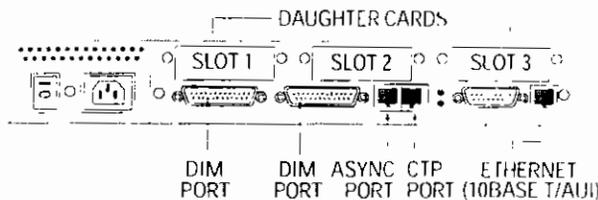
#### Certification

- FCC Class A (A, AUSTRIA, EMC, Telecom, TAD, CE Marking)

## Service & Ordering

Motorola ISG and its partners offer a full range of network maintenance, systems integration and network operations services. For further information on service, warranty and ordering, go to <http://www.mot.com/MIMS/ISG/Contacts> or call the telephone number listed below.

## Vanguard® 6430 Rear View



### INFORMATION SYSTEMS GROUP

#### ISG HEADQUARTERS

3000 North Central Expressway, Suite 100, Chicago, IL 60630

Phone: (312) 961-4800

#### NETWORK SYSTEMS DIVISION

200 Matheson Parkway West, Mississauga, Ontario L4R 4P4, Canada

Phone: (905) 967-7200



MOTOROLA

