



**“ MONOGRAFIA ACERCA DE LA TRANSMISIÓN DE VOZ
SOBRE LOS PROTOCOLOS FRAME RELAY E IP”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREPARADO PARA LA FACULTAD DE
INGENIERIA

PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

PRESENTADO POR:

ALEJANDRO REYES OBANDO

MARZO DE 2003

SOYAPANGO, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DON BOSCO

ING. FEDERICO MIGUEL HUGHET RIVERA
RECTOR UDB

PADRE VICTOR BERMÚDEZ, sdb
VICERRECTOR UDB

LIC. MARIO RAFAEL OLMOS ARGUETA
SECRETARIO GENERAL UDB

ING. CARLOS GUILLERMO BRAN
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

ING. OSCAR DURAN VIZCARRA
DIRECTOR ESCUELA INGENIERIA ELECTRONICA

JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

INGENIERO HERBERT ASCENCIO
JURADO

INGENIERO JUAN CARLOS CASTRO
JURADO

INGENIERO CARLOS GIOVANNI VÁSQUEZ
ASESOR

DEDICATORIAS

A Dios Todopoderoso, por estar siempre cerca de mi, y por permitirme alcanzar esta meta.

A mis padres, Isabel y Alejandro, por su amor y por darme la oportunidad de forjarme un futuro a través de la educación.

A mi querida esposa, Judith, por su amor incondicional y por apoyarme en todo momento.

A mis adorados hijos, César y Carlitos, por el tiempo que les he tomado prestado para alcanzar mi meta, y que recompensaré con creces.

A mi estimada suegra, Teresita, por darme su apoyo cuando la he necesitado.

A todos mis familiares y amigos por brindarme su colaboración.

Alejandro.

INDICE.

CONTENIDO	PÁGINA.
CAPITULO I	
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	5
1.1.1 Objetivos General	5
1.1.2 Objetivos Específicos	5
1.2 ALCANCES Y LIMITACIONES	6
1.2.1 Alcances	6
1.2.2 Limitaciones	6
CAPITULO II	
2 REDES DE VOZ	7
2.1 TELEFONIA ANÁLOGA	7
2.1.1 Elementos de la Telefonía Análoga	7
2.1.1.1 Teléfono	9
2.1.1.2 Bucle Local	10
2.1.1.3 Conmutador o Switch	11
2.1.1.4 Troncales	13
2.1.2 Señalización en Sistemas Análogos	13
2.1.2.1 Señalización de Supervisión	14
2.1.2.2 Señalización de Direccionamiento	15
2.1.2.3 Señalización entre Centrales y Toma de Línea	16
2.2 TELEFONÍA DIGITAL	20
2.2.1 Conversión de Voz Análoga-Digital	22
2.2.2 Señalización en Sistemas Digitales	26
2.2.2.1 ISDN	27
2.2.2.2 QSIG	28
2.3 RESUMEN	29

CAPITULO III

3 INTEGRACIÓN DE VOZ Y DATOS	30
3.1 PROBLEMAS DE INTEGRACIÓN	31
3.2 MÉTODOS DE CODIFICACIÓN Y COMPRESIÓN	35
3.2.1 Compresión por codificación de Forma de Onda	36
3.2.2 Compresión Híbrida	37
3.3 RESUMEN	41

CAPITULO IV

4 INTRODUCCION AL PROTOCOLO FRAME RELAY	42
4.1 GENERALIDADES DEL PROTOCOLO	42
4.2 TRAMA FRAME RELAY	45
4.3 FUNCIONAMIENTO DEL PROTOCOLO	48
4.3.1 Circuitos Virtuales	48
4.3.1.1 PVC	48
4.3.1.2 SVC	48
4.3.2 Parámetros de Dimensionamiento de PVC	49
4.3.2.1 Tasa de Información Comprometida	49
4.3.2.2 Ráfaga Comprometida	49
4.3.2.3 Ráfaga en Exceso	49
4.3.3 Señalización	51
4.3.3.1 Gestión y Prevención de Congestión	52
4.3.3.2 Bits FECN y BECN	53
4.3.3.3 Bit DE	53
4.3.4 Acceso a la Red	53
4.4 RESUMEN	54

CAPITULO V

5	TRANSPORTE DE VOZ SOBRE FRAME RELAY	55
5.1	ESQUEMAS DE ENCAPSULACIÓN	56
5.1.1	Información de Usuario Principal	56
5.1.2	Información de Señalización	57
5.2	SUBTRAMAS Y MULTIPLEXACIÓN	59
5.2.1	Formato de la Subtrama VoFR	60
5.2.2	Ejemplos de Subtrama	64
5.3	INTER-OPERATIVIDAD	65
5.3.1	Dispositivos Clase 1	65
5.3.2	Dispositivos Clase 2	66
5.4	PROBLEMAS EN LA IMPLEMENTACIÓN VOFR	67
5.4.1	Retraso, Fluctuación de Fase y Latencia	67
5.4.2	Priorización	68
5.4.3	Fragmentación	70
5.4.3.1	Fragmentación de usuario a red	71
5.4.3.2	Fragmentación de Red a Red	71
5.4.3.3	Fragmentación Punto a Punto	72
5.4.3.4	Formato de Trama Fragmentada	73
5.4.3.5	Procedimiento de Fragmentación y Reensamble de Tramas	75
5.5	RESUMEN	77

CAPITULO VI

6	INTRODUCCION AL PROTOCOLO IP	78
6.1	GENERALIDADES DEL PROTOCOLO	80
6.2	DATAGRAMA IP	82
6.3	DIRECCIONAMIENTO IP	88

6.4	PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO	89
6.5	PROTOCOLOS DE TRANSPORTE IP	90
6.5.1	Protocolo TCP	91
6.5.1.1	Segmento TCP	93
6.5.2	Protocolo UDP	97

CAPITULO VII

7	TRANSPORTE DE VOZ SOBRE IP	99
7.1	RTP y RTCP	101
7.1.1	RTP	102
7.1.2	RTCP	104
7.2	PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN	108
7.3	EL ESTÁNDAR H.323	108
7.3.1	Componentes H.323	110
7.3.2	Mecanismos de Control y Señalización	113
7.3.2.1	H.245 RAS	113
7.3.2.2	H.225 Señalización de Control de Llamada	115
7.3.2.3	H.245 Control de Medios	116
7.4	SIP	119
7.4.1	Componentes SIP	120
7.4.2	Mensajes SIP	121
7.4.3	Direccionamiento	121
7.5	MGCP/megaco	124
7.6	RESUMEN	128

CAPITULO VIII

8	CALIDAD DE SERVICIO	130
8.1	COMPRESIÓN DE CABECERA RTP	131
8.2	GESTIÓN DE COLAS	133
8.2.1	FIFO	133
8.2.2	WFQ	133
8.2.3	CQ	135
8.2.4	PQ	136
8.2.5	CB-WFQ	137
8.2.6	LLQ	137
8.3	CLASIFICACIÓN DE PAQUETES	138
8.3.1	Precedencia IP	138
8.3.2	Políticas de Enrutamiento	139
8.3.3	RSVP	141
8.3.4	IP RTP Reserve	143
8.3.5	IP RTP Priority	143
8.4	MEDICIÓN Y CONTROL DE TRÁFICO	144
8.4.1	CAR	144
8.4.1.1	Aplicaciones	145
8.4.2	Formación de Tráfico.	150
8.4.3	Anulación de Congestión	151
8.4.3.1	RED y WRED	151
8.5	RESUMEN	153

CAPITULO IX

9	EJEMPLOS DE APLICACIÓN	154
9.1	LA TECNOLOGÍA VOFR Y VOIP EN EL PAÍS	154
9.2	ESCENARIO INICIAL	155
9.3	SOLUCION CON MULTIPLEXORES	159

CONTENIDO	PÁGINA.
9.4 SOLUCION VOFR	163
9.4.1 Consideraciones de Configuración	165
9.5 SOLUCION VOIP	170
9.5.1 Solución VoIP con Interfaz E1 y E&M	170
9.5.1.1 Consideraciones de Configuración	172
9.5.2 Solución VoIP con Interfaz Ethernet	175
9.5.2.1 Consideraciones de Configuración	178
9.6 RESUMEN	179
CAPITULO X	
10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	181
10.1 CONCLUSIONES	181
10.2 RECOMENDACIONES	184
APENDICES	188
11.1 Apéndice A. Modelo de Referencia OSI	188
11.2 Apéndice B. Anexo de acuerdo de Implementación FRF.11.1	192
BIBLIOGRAFÍA	206

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La comunicación es una parte vital en el desarrollo de la vida del ser humano, en toda actividad, el hombre necesita comunicarse con su entorno, con los demás, para obtener lo que necesita para vivir y desarrollarse como ser humano. En toda época, el hombre ha buscado la manera de comunicarse de la mejor forma posible, en primer instancia paso de los gestos a las palabras, para comunicarse con su entorno inmediato, luego aprendió a comunicarse a través de símbolos y formas; nació entonces la escritura. Posteriormente surgió la necesidad de comunicarse a distancia y así pasando desde las señales de humo, los mensajeros, el correo, el telégrafo, el teléfono, la radio, la televisión, el satélite, el correo electrónico y la videoconferencia, el hombre ha encontrado la forma de comunicarse prácticamente desde cualquier parte del mundo y fuera de él.

Hoy en día no se concibe ninguna actividad laboral cotidiana sin dos elementos básicos: el teléfono y la computadora; en su forma más simple y se puede afirmar que una parte muy importante en el éxito de una empresa, cualquiera que sea su actividad, está en sus medios de comunicación, ya que éstos ayudan entre otras cosas, a optimizar el rendimiento de su personal, mejorar el procesamiento de la información y la toma de decisiones, obtener una mejor ventaja competitiva, y en general estar siempre en constante comunicación con sus empleados, clientes y proveedores, lo cual en términos globales se traduce en un incremento de la productividad y por ende, en una empresa competitiva y exitosa. De esta forma la calidad, tamaño, tipo y funcionalidad de los recursos tecnológicos con que cuenta toda institución o empresa determinan parte del éxito de la misma.

Por otro lado, una parte muy representativa de los recursos financieros de cualquier empresa, esta destinado a costear sus medios de comunicación, que usualmente están divididos en dos rubros, la telefonía y la red de datos.

El primer rubro incluye la Central Telefónica, los teléfonos, el cableado, las líneas telefónicas análogas o digitales y el tráfico de llamadas. El segundo esta compuesto por las computadoras, servidores, conmutadores, el cableado, los enlaces dedicados a otras dependencias, los servicios como Internet y correo electrónico entre otros. Ambos sistemas por lo general necesitan de personal y mantenimiento diferente.

En los últimos años se ha venido gestando una nueva forma de tecnología, orientada a la integración de estos dos sistemas, que tradicionalmente han estado desarrollándose de forma separada. Esta nueva tendencia se menciona como integración de voz y datos, y busca, entre otras cosas, unificar ambos servicios en una sola red, utilizando el mismo cableado, equipos activos, enlaces y protocolos. Esto es posible gracias a la tecnología actual que permite la creación de chips y procesadores más rápidos y con funciones específicas, equipos más robustos y de mejor desempeño, enlaces digitales de alta velocidad más confiables y económicos, aprobación de estándares que permiten a los fabricantes el desarrollo de equipo específico para estas alternativas de comunicación.

Estas tendencias se han estado desarrollando sobre la base de protocolos de red ya existentes y conocidos como son **Protocolo Internet, IP (Internet Protocol), Frame Relay y Modo de Transferencia Asíncrona; ATM (Asynchronous Transfer Mode)**.

A los desarrollos e implementación de integración de voz en cada uno de estos protocolos se les ha llamado **Voz sobre IP, Voz Sobre Frame Relay y Voz sobre ATM**. Cada uno tiene sus propias ventajas y problemas de implementación, que ha de considerarse a la hora de pensar utilizar cualquiera de ellos.

Un factor que es importante abordar es el hecho que la voz al ser digitalizada y transmitida por un medio específico, se ve afectada de forma distinta a los datos, ya que no tiene el mismo comportamiento al ser transmitida por un enlace de datos. Por ejemplo, la voz es muy sensible al retraso, en cambio los datos pueden admitir cierta cantidad de retraso, sin ningún inconveniente. Este problema representa uno de los

principales retos para estas tecnologías a la hora de tratar de hacer converger ambos tráficos.

En este sentido, el presente compendio tiene como objetivo principal brindar un documento de referencia teórico, que pueda ser utilizado por los estudiantes y profesores de las carreras de Ingeniería de la Universidad Don Bosco y cualquier otra Institución, así como por profesionales del área de las Telecomunicaciones y Redes de Datos, para entender como funcionan las tecnologías de voz sobre redes de datos, y puedan ser capaces de afrontar el reto de administrar o implementar estas nuevas tecnologías, que ya están siendo aplicadas en el ámbito tecnológico del país.

El desarrollo del documento abordará específicamente los temas de Voz sobre Frame Relay y Voz sobre IP, por ser las tecnologías más comunes en las redes del país y por ser también en las que más esfuerzo y desarrollo se ha generado para la integración, ya que los respectivos protocolos no fueron originalmente creados para el transporte de voz.

Con el fin de no cargar el documento ni abrumar al lector con la teoría de telefonía y redes de datos, a un nivel exhaustivo, se introducirá al lector a estos temas con la teoría básica necesaria para tener un marco de referencia claro y poder entender el desarrollo posterior de los temas de voz sobre redes de datos.

Se iniciará el documento con el desarrollo teórico referente a las redes de voz tradicionales, tanto la telefonía analógica como la telefonía digital, donde se mencionarán los elementos, señalización y características de ambos sistemas. Posteriormente se abordará el tema de la integración de voz y datos, donde se verá el procesamiento de la voz, digitalización, compresión y algunos de los problemas, que resultan al momento de transportar voz sobre redes de datos y que afectan la calidad de la voz, como son el retraso, perdidas de paquetes, fragmentación, eco, supresión de silencios, etc.

Una vez cubierto este marco teórico, que servirá de referencia en lo posterior del documento, se abordarán los temas de Voz sobre Frame Relay y Voz sobre IP. En primer lugar, se desarrollará en cada uno de ellos, una introducción básica al protocolo, no pretendiendo ser ésta, demasiado exhaustiva, sino lo suficiente, para que el lector que no tenga un conocimiento previo de los protocolos IP y Frame Relay, pueda entender clara y sencillamente como éstos funcionan. Posteriormente al desarrollo del protocolo, se pasará a estudiar como cada uno ellos inserta y le da el tratamiento adecuado a los paquetes de voz, basándose en las normas y acuerdos de implementación, así como las características, ventajas y problemas en el transporte de la voz, sus elementos y aplicaciones.

Al final del trabajo, se desarrollarán casos de aplicación práctica, para ejemplificar la implementación, solución y problemas de cada una de las tecnologías en estudio.

1.1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Proporcionar un documento de consulta técnico para la comunidad de la Universidad Don Bosco, específicamente en el área de ingeniería, sobre el tema de la transmisión de voz sobre los protocolos IP y Frame Relay.

1.1.2 Objetivos Específicos.

- Desarrollar dos de las tecnologías de transporte de voz sobre redes de datos más utilizadas: Voz sobre Frame Relay y Voz sobre IP.
- Estudiar los problemas de transporte de voz que se presentan en estas tecnologías, así como su solución.
- Estudiar las técnicas utilizadas para el tratamiento de la voz en cada tecnología.
- Presentar ejemplos y ambientes de implementación, para ejemplificar la aplicación de cada tecnología.

1.2 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.2.1 Alcances.

- Se tratarán y desarrollaran los temas de Telefonía Tradicional Digital y Análoga, con la profundidad suficiente, para que el lector se ubique en el marco teórico necesario para entender los temas de tratamiento de la voz
- Se desarrollaran algunos conceptos básicos de redes, que servirán de marco teórico para el desarrollo de los temas de voz sobre Frame Relay e IP.
- Se desarrollaran casos de aplicación práctica, en base a una investigación de la disponibilidad de estas tecnologías en el país.
- El desarrollo del trabajo es orientado a un estudio teórico, con casos de aplicación, y no a un desarrollo práctico o de implementación.

1.2.2 Limitaciones.

- No se cubrirá el tema de Voz sobre ATM ya que no es una tecnología que se utilice ampliamente en el país.
- Como parte del trabajo no se contempla la elaboración de software o implementación practica de ninguna clase.

CAPITULO II

REDES DE VOZ

Las redes de voz actuales pueden transportar la voz, tanto en forma análoga como en forma digital, esto depende de la infraestructura existente en el proveedor de servicios y de los servicios mismos que éste presta a sus usuarios. Las líneas telefónicas que llegan a la mayoría de usuarios residenciales, son líneas análogas de dos hilos, o líneas tróncales que interconectan las centrales telefónicas de empresas y oficinas, con la central pública del proveedor de servicios. Sin embargo, también existen los servicios digitales como la **Red Digital de Servicios Integrados, RDSI** o por sus siglas en ingles **ISDN (Integrated Services Digital Network)** que se proporcionan sobre los mismos hilos de cobre, pero en forma digital, y que se presenta bajo dos formas, la primera llamada **Acceso Básico, BRI (Basic Rate Interface)** y la segunda; **Acceso Primario, PRI (Primary Rate Interface)**.

A continuación se presentarán y describirán los elementos o componentes que integran la telefonía análoga en general, así como las distintas señalizaciones utilizadas para establecer una llamada, a través de la **Red Pública de Telefonía Conmutada, PSTN (Public Switched Telephone Network)**. Posteriormente se analizará la telefonía digital, su señalización y conversión entre la telefonía análoga y digital.

2.1 TELEFONÍA ANÁLOGA.

2.1.1 Elementos de la Telefonía Análoga.

Para poder realizar una llamada en una red telefónica análoga se necesitan dos elementos básicos: la señalización y el hardware. En esta sección se analizará ambos elementos.

El hardware de una red telefónica, es toda aquella infraestructura entre el proveedor de servicios telefónicos local y nuestra casa u oficina.

Esta infraestructura consiste en:

- El Aparato Telefónico o Teléfono.
- El Bucle Local (Local Loop).
- La Línea Troncal.
- El Conmutador o Switch de Voz (Central Pública o Privada).

En la Figura 1 se muestran estos elementos.

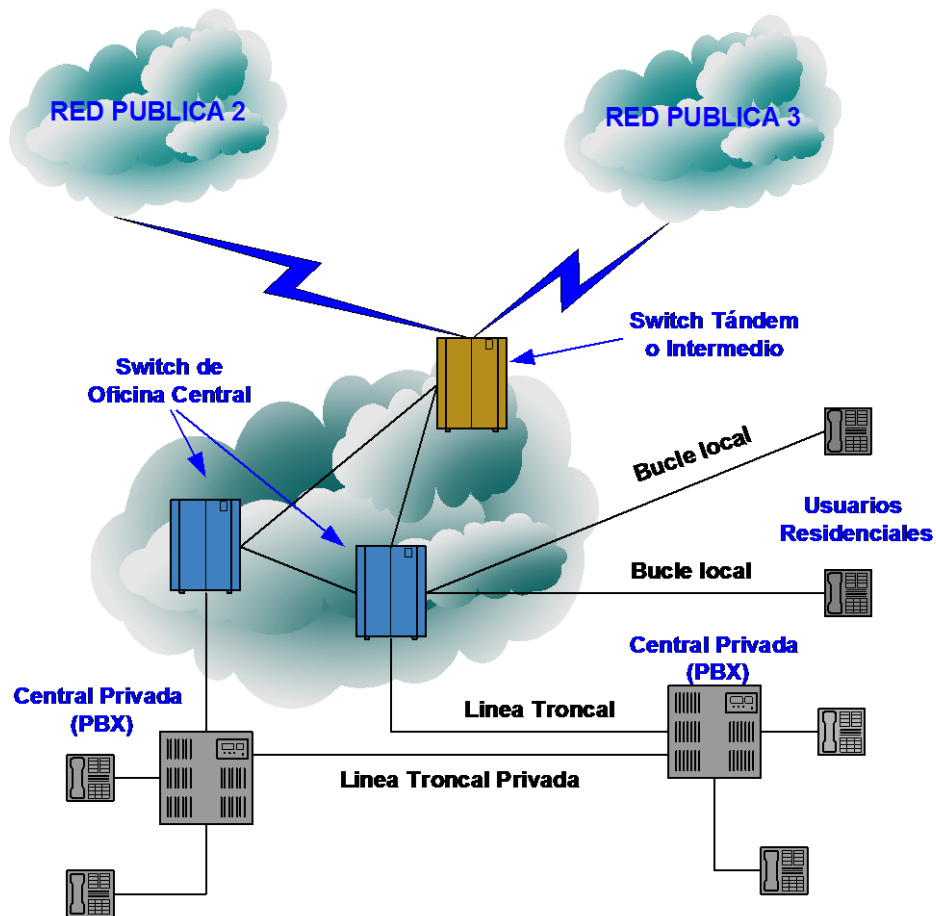


Figura 1. Elementos de la Red Pública Análoga.

2.1.1.1 El Teléfono.

El teléfono es el aparato con el cual nos conectamos a la red, este consta de varias partes esenciales para poder transmitir y recibir una comunicación de voz. En la figura 2 podemos observar estos componentes.

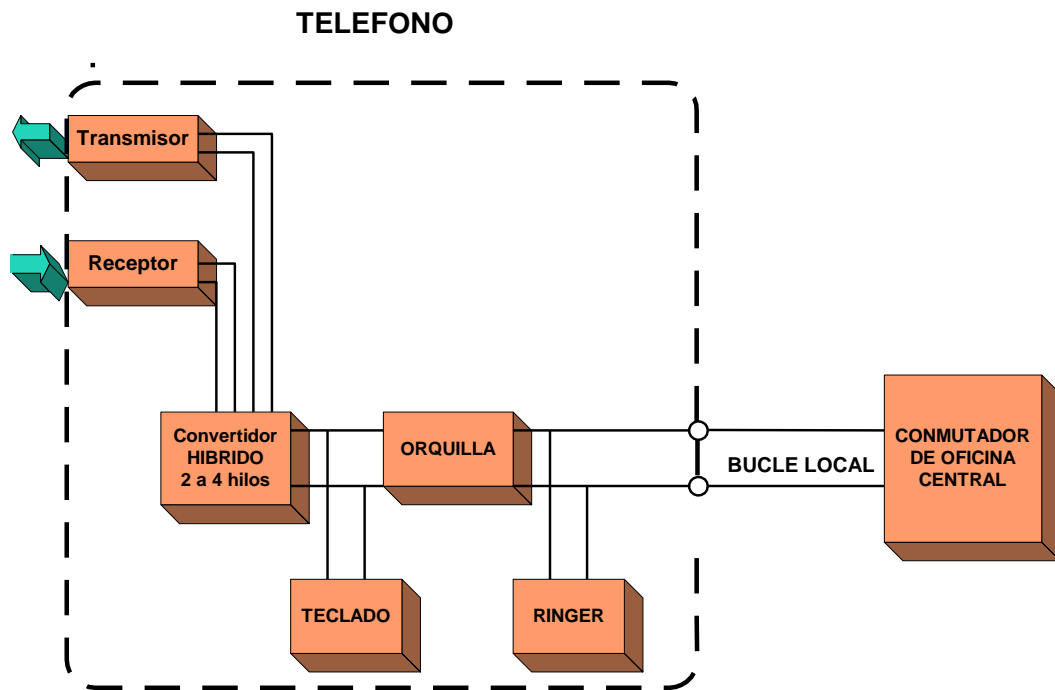


Figura 2. Elementos de un teléfono.

- **Auricular (Handset):** Es la parte del teléfono que sostenemos en la mano y en donde se encuentra el transmisor y receptor.
- **Orquilla (Switch Hook):** Es la parte del teléfono que abre o cierra un circuito cuando el auricular está colgado (on-hook) o descolgado (off-hook) respectivamente. Cuando el auricular es levantado, la orquilla es liberada, se cierra el circuito que va desde la Oficina Local hasta el teléfono y una corriente fluye, debido al voltaje de -48 Voltios, que se encuentra al otro lado del circuito en el conmutador de la Oficina Central. Al liberarse la orquilla, en el auricular se escucha el tono de marcado. Esta orquilla puede ser un simple interruptor mecánico que cierra y abre el circuito, un interruptor magnético o incluso puede

estar compuesto de un emisor y receptor de luz, que se interrumpe al colgar o levantar el auricular.

- **Convertidor Híbrido de 2 a 4 hilos:** Del auricular provienen cuatro hilos, de los cuales un par está destinado a la transmisión y el otro a la recepción. Sin embargo, del lado del proveedor de servicios telefónicos, provienen solamente dos hilos, este elemento del teléfono es el que se encarga de la conversión de 2 a cuatro hilos. Este es un punto donde se pueden generar problemas como eco debido al cambio de 2 a 4 hilos.
- **Teclado (Dialer):** Consiste propiamente de la matriz de teclas o el disco rotatorio, que presionamos para marcar un número específico. Esta acción de presionar las teclas o girar el disco rotatorio es la forma de indicar a la compañía telefónica local a donde deseamos llamar, el número de destino, enviando una serie de pulsos o tonos a través de las líneas.
- **Timbrado (Ringer):** Cuando alguien marca nuestro número, asignado por la compañía telefónica local, nuestro teléfono emite un sonido de alerta que es emitido por el Ringer que se activa cuando se recibe un voltaje de advertencia a través de los dos hilos de cobre que provienen desde la **Oficina Central** (Central Office).

2.1.1.2 Bucle Local.

La conexión física entre la compañía telefónica local y nuestro teléfono se realiza a través de dos hilos de cobre, denominados comúnmente, cada uno de ellos, como **Tip y Ring**.

Este par de hilos conforman el **Bucle Local (Local Loop)** y son el medio físico para la ruta de señalización y de comunicación entre la compañía telefónica y nuestra casa, a la que se le denomina línea telefónica.

2.1.1.3 Conmutador o Switch de Voz.

Resulta obvio, que no es posible conectar permanentemente y en forma dedicada un par de hilos de cobre entre todos y cada uno de los usuarios que desean comunicarse, aunque así fueron los inicios de la Telefonía, esto ahora no es viable.

Durante los primeros pasos de la Telefonía, después de la primera transmisión de voz realizada por Alexander Graham Bell en 1876 y a medida que se fue expandiendo este servicio, se necesitó de un operador humano que realizara la función de conectar la llamada de un usuario que deseaba comunicarse con otro. Los usuarios llamaban al lugar donde se ubicaba este operador y le daban el nombre del otro usuario, con el que deseaban comunicarse, esta es la acción de **conmutar** una llamada.

La conmutación se realiza hoy en día por medio de equipos electrónicos diseñados especialmente para esta función. Este equipo recibe el nombre precisamente de **Conmutador o Central (Switch de Voz)**.

El Switch identifica, direcciona y asegura una ruta entre dos usuarios para establecer una llamada. Mientras la llamada esté en curso, se reserva esa conexión y no es liberada hasta que uno de los usuarios cuelga.

El medio físico, los hilos de cobre, siempre están disponibles, sin embargo la ruta entre un usuario y otro solo se establece en el momento de la llamada y cabe la posibilidad que la ruta no este disponible en un momento dado.

De acuerdo a la función que desempeñe el Switch este se puede clasificar en tres tipos:

- Switch de Oficina Central (Central Office Switch).
- Switch Tándem o Intermedio (Tandem Switch).
- PBX (Private Branch Exchange).

Los dos primeros tipos de Switch se conocen mejor por el nombre de **Centrales Públicas** y la PBX como **Central Privada**.

Al Switch de Oficina Central están conectados todos los usuarios residenciales y algunas Centrales Privadas . Este tipo de Central Pública también se le conoce como Switch de clase 5 y posee capacidad de poder conectar varios cientos de miles de abonados. Los Switches de Oficina Central están conectados entre sí o a los Switches Intermedios para poder transferir llamadas a usuarios que no se encuentran conectados en el mismo Switch.

El Switch tipo Tandem se encarga de direccionar las llamadas entre Switches de Oficina Central o a otras compañías telefónicas. A este Switch se le conoce también como Switch de clase 4.

Una PBX es una central telefónica ubicada y administrada por la empresa propietaria de la misma, brinda una serie de facilidades para la comunicación empresarial como llamada en espera, conferencia múltiple, retención y desvío de llamadas, etc. Una PBX posee un determinado número de líneas internas llamadas extensiones, con las cuales los empleados se comunican entre sí, dentro de la empresa. Esta Central Privada conmuta las llamadas internas sin necesidad de direccionarlas a la red pública, lo cual de otra forma sería muy costoso. Sin embargo, algunas compañías telefónicas ofrecen un servicio llamado **CENTREX** para empresas cuya necesidad de extensiones no sea muy grande, el servicio consiste en brindar un número determinado de líneas desde la Oficina Central de la empresa telefónica quien las administra. Las llamadas entre los empleados se manejan como llamadas de extensión a extensión (en realidad para la Central Pública estas líneas se comportan como extensiones). Con Centrex los empleados usualmente marcan 4 dígitos en lugar de los 7 dígitos que normalmente marcan para salir a la red pública.

Este servicio brinda algunas de las facilidades que brinda la PBX sin embargo, el servicio deja de ser atractivo a medida que le número de extensiones crece ya que el costo por línea se incrementa demasiado.

2.1.1.4 Tróncales.

Las tróncales son el medio de conexión entre Centrales. Estos enlaces o líneas tróncales pueden ser una simple línea de dos hilos que conecta una pequeña PBX con la Oficina Central o un enlace digital T1/E1 entre Centrales Públicas.

Al enlace entre Centrales Privadas se le llama enlace **Troncal Privado** o **Línea Tie**, éste suele ser arrendado a la empresa telefónica pública por un costo mensual o puede ser una línea totalmente privada, cuya infraestructura es propiedad de la misma empresa.

Los enlaces tróncales entre los Switches de Oficina Central o incluso entre estos y PBX's a menudo suelen ser enlaces que agrupan mas de un circuito de voz, es decir, mas de una llamada simultanea, generalmente estos enlaces son digitales.

2.1.2 Señalización en Sistemas Análogos.

Para que una llamada telefónica pueda iniciarse, establecerse y completarse se necesita una serie de reglas a seguir entre las Centrales, las tróncales y los aparatos telefónicos, estas reglas a seguir son la señalización de la red.

Existe tanto señalización para establecer la comunicación entre una Central Telefónica y otra (señalización de red a red) como para establecer la comunicación entre el teléfono del usuario y la Central (señalización de usuario a red).

La señalización entre el teléfono y la Central es de dos tipos:

- Señalización de Supervisión.
- Señalización de direccionamiento.

2.1.2.1 Señalización de Supervisión.

La señalización de supervisión se necesita para conocer el estado de la línea y teléfono antes y después de iniciar una llamada. Esta comprende tres señalizaciones:

- **Señalización de Colgado (On-Hook).**

Como se describió en la sección anterior, mientras la orquilla está presionada por el auricular, el circuito del bucle local que va desde el Switch de la Oficina Central hasta el teléfono, está abierto, por lo que no hay circulación de corriente (la corriente es limitada ya que existe un capacitor entre la línea del lado del teléfono) y de esta forma el Switch sabe que ese número telefónico, está libre y puede ser llamado.

- **Señalización de Descolgado (Off-Hook).**

Cuando el auricular se levanta, la orquilla se libera y el circuito del bucle local se cierra, con lo que circula una corriente que indica al Switch de la Oficina Central que en ese circuito se va a iniciar una llamada, el Switch entonces pone sobre el bucle un tono continuo de marcado. Este tono tiene una frecuencia que varía de país a país pero tiene valores entre los 270Hz y 450 Hz, el tono desaparece al presionarse el primer dígito del teclado o después de cierto tiempo sin marcar nada, usualmente 10 segundos. Mientras el bucle está cerrado se dice que el número está ocupado y no puede entrar otra llamada hasta que el bucle se abra de nuevo. En líneas digitales como las líneas BRI, la notificación de una segunda llamada es factible e incluso puede ser tomada.

- **Timbrado.**

Cuando una llamada es dirigida hacia nuestro número telefónico, el Switch notifica este evento, enviando por el bucle local, un voltaje alterno entre 60 y 90 voltios a 20Hz, proporcionado por el generador de tonos del Switch, lo que hace que el ringer de nuestro teléfono timbre. Al mismo tiempo, el Switch envía un tono de aviso al teléfono de la persona que llama, para notificarle si el número de teléfono al que está llamando está timbrando o está ocupado, este tono es

denominado tono de retorno (Ring Back Tone), ambos tonos usualmente no son los mismos. El tono de retorno cambia de un país a otro, y utilizan frecuencias entre los 384 y 480 Hz para el tono de llamando y entre 480 y 620Hz para el tono de ocupado.

Los tonos de timbrado en general se diferencian uno de otro además de la frecuencia, en la duración de los periodos entre pulso y pulso.

2.1.2.2 Señalización de direccionamiento.

El otro tipo de señalización necesaria, es la utilizada por la Central para determinar a donde queremos realizar la llamada. Existen dos formas, la señalización por **Pulsos** y la señalización de **Doble Tono Multifrecuencia, DTMF (Dual Tone Multifrequency)**.

La primera, que todavía es utilizada aunque con menos frecuencia, es la que se ve en los teléfonos de disco o marcador rotativo, en este tipo de teléfonos se generan una serie de pulsos que abren y cierran el bucle local un determinado número de veces de acuerdo al número marcado. La mayoría de teléfonos de matrix de teclado traen incluido un interruptor que selecciona la generación de pulsos o tonos DTMF al marcar. La generación del doble tono multifrecuencia se produce debido a que cada número del teclado tiene asociada una frecuencia alta y otra baja expresada en HZ, tal como muestra la figura 3. Al presionar un número específico se generan ambos tonos relacionados por la fila y columna en la posición de la tecla marcada, de esta forma la Central identifica el número marcado.

Los dos tipos de señalizaciones de teléfono a red que se han visto, tanto la de supervisión como la de direccionamiento, son conocidas como señalizaciones **dentro de banda** debido a que utilizan la misma ruta que utiliza la voz para transportarse, el bucle local. Existe también la señalización **fuera de banda** la cual utiliza una ruta para la voz y otra para la señalización.

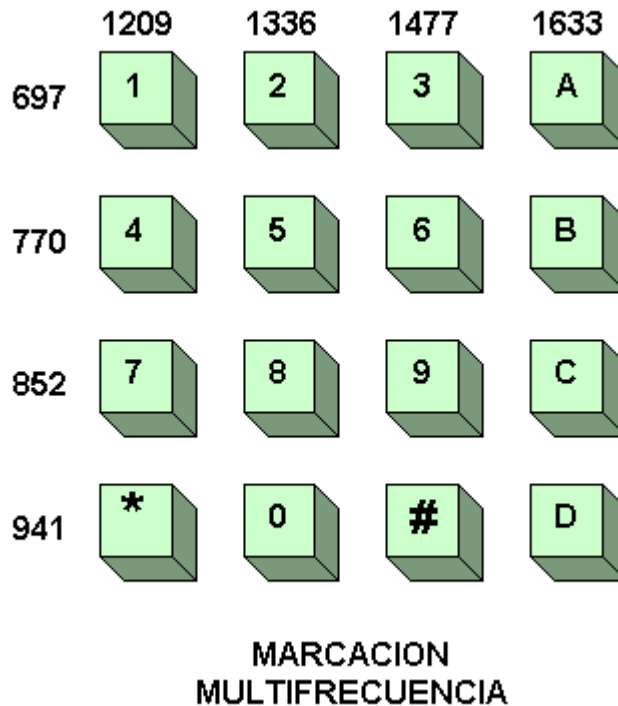


Figura 3. Disposición de frecuencias para la marcación DTMF

2.1.2.3 Señalización entre Centrales y Toma de Línea.

Además de la señalización de supervisión y direccionamiento entre el abonado residencial (Teléfono) y la Central Telefónica de Oficina Central o la PBX, existe la señalización para la toma de línea o troncal, y la señalización entre centrales.

La señalización de toma de línea se complementa con la señalización de teléfono a Central en el caso del Bucle Local y la señalización de Central a Central en el caso del enlace o línea Troncal. A continuación se mencionaran los diferentes tipos de señalizaciones en la telefonía análoga.

- **Tono de Frecuencia Única.**

Básicamente utilizado para señalización entre enlaces troncates entre PBX, para detectar los estados desocupado(on-hook) y ocupado (off-hook). Se utiliza un tono de 2,600 Hz para diferenciar entre ambos estados, el tono esta presente

cuando el enlace esta desocupado y es suprimido cuando el enlace es tomado. Es una señalización dentro de banda.

- **Tonos Multifrecuencia.**

Señalización dentro de banda que utiliza una combinación específica de frecuencias. Constituye la base de diversas señalizaciones entre enlaces de Centrales, para indicar toma, liberación, respuesta, reconocimiento y transmisión de información de direccionamiento (el número marcado). Esta señalización es utilizada por ejemplo en los sistemas de lo antes fue el **Comité de Consultoría Internacional para Telefonía y Telegrafía, CCITT (Consultative Committee for International Telegraph and Telephone)** ahora llamado **Sector de Estandarizaciones de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector)**, estos sistemas son conocidos como el CCITT N°5, R1 y R2.

Para la señalización de supervisión se utiliza el tono de frecuencia único y para la señalización de dirección se utilizan una combinación de dos frecuencias incluyendo dos señales para reconocer el inicio y finalización de los números de dirección.

Señal	Frecuencias (Hz)
Dígito 1	700 y 900
Dígito 2	700 y 1100
Dígito 3	900 y 1100
Dígito 4	700 y 1300
Dígito 5	900 y 1300
Dígito 6	1100 y 1300
Dígito 7	700 y 1500
Dígito 8	900 y 1500
Dígito 9	1100 y 1500
Dígito 0	1300 y 1500
KP(inicio)	1100 y 1700
ST(final)	1500 y 1700

Cuadro 1. Señales de Dirección del Sistema Multifrecuencia (MF) de Bell System.

- **Inicio en Bucle (Loop Start).**

Es la señalización para toma de línea más simple. Básicamente es el mismo método de señalización que se utiliza entre el teléfono y la Central Pública, es decir, la señalización para Bucle Local. No se utiliza como señalización para línea troncal ya que presenta el inconveniente que se pueda tomar simultáneamente ambos extremos de la línea, esto es común que suceda en el bucle de abonado y no representa un problema serio, sin embargo en la toma de troncal entre Centrales sí lo es. Este fenómeno es llamado colisión.

- **Inicio en Tierra (Ground Start).**

Constituye una modificación del inicio en bucle y corrige el problema de la colisión que se genera en el método anterior por medio de una detección de corriente en ambos extremos. Se utiliza para la señalización entre PBX. La señalización igual que en el método anterior viaja sobre la misma ruta de la voz, los hilos Tip y Ring.

- **Señalización E&M.**

Esta es una señalización entre Centrales, fuera de banda, ya que la voz y la señalización, viajan por rutas distintas. Para la señalización se utilizan 2 hilos llamados E y M (el significado de estas letras según algunos autores es Ear y Mouth ó Earth y Magneto ó TransMit y RecEive).

La señalización E&M comprende 5 tipos denominados Tipo I, II, III, IV y V. De estos los mas utilizados son el tipo I y el tipo V, el primero se utiliza frecuentemente en equipos Norteamericanos y el segundo en equipos Europeos. También suele referirse como E&M de 2 o 4 hilos. La diferencia entre 2 hilos y 4 hilos se debe a que en uno se tiene 2 hilos de audio y en el otro cuatro hilos.

Como parte de la señalización E&M se tienen señales de supervisión de toma de línea específicos, estas son:

- Wink Start
- Delay Start
- Immediate Start

- **Sistemas de Señalización Asociados al Canal, CAS (Channel Associated Signaling).**

Este sistema de señalización se utiliza tanto en sistemas análogos, de 2 o 4 hilos, como en sistemas digitales. En este tipo de sistema, la señalización se transporta en un canal o frecuencia asociado al canal de voz, es decir por cada canal de voz hay implícito un canal de señalización asociado. Forman parte de este métodos los siguientes sistemas:

- **Señalización CCITT N°5**

Utilizado comúnmente en enlaces Tróncales Internacionales de larga distancia, inclusive en enlaces satelitales. La señal de supervisión se realiza por medio de dos frecuencias que se transportan individualmente o combinadas, estas frecuencias son 2400 Hz y 2600 Hz.

Para la señal de dirección se utiliza señalización multifrecuencia, ocupando las mismas frecuencias que el sistema MF de Bell System pero adicionando tres señales más.

- **Señalización R1**

Muy similar al sistema de señalización MF de Bell System, es utilizado únicamente en enlaces telefónicos Norteamericanos.

- **Señalización R2**

Es un sistema de señalización utilizado internacionalmente por lo cual existen varias variantes y una versión internacional reconocida como CCITT-R2, usado principalmente en enlaces Internacionales de corta distancia, utiliza una banda de voz de 300 a 3400Hz y una banda para señalización de 3825Hz por lo que es una señalización fuera de banda, aunque viajen por el mismo cable.

- **Señalización por Canal Común, CCS (Common Channel Signaling).**

En estos sistemas la vía de voz está separada de la vía de señalización, se utiliza un enlace o canal común, para transportar la señalización de varios

circuitos de voz. Actualmente esta señalización es puramente digital y se conoce como Sistema de Señalización N° 7 (SS7: Signaling System 7). Sin embargo, se incluye acá, porque este sistema derivó de otro sistema llamado SS6, desarrollado a finales de los años sesenta, en el cual había señalización para circuitos análogos en donde un circuito o canal de 4Kbps se utilizaba para señalización.

2.2 TELEFONÍA DIGITAL.

Hace poco mas de treinta años, aprovechando el desarrollo electrónico de la integración de circuitos, el programa almacenado y la rapidez de procesamiento, se inicio en Estados Unidos la migración de las redes análogas a redes digitales de telefonía, tanto en equipos como en transmisión.

En la actualidad la mayor parte de la infraestructura telefónica Norteamericana y de países desarrollados es digital. En nuestro país, las líneas de abonado residencial siguen siendo en su mayoría análogas, aunque una buena parte de los enlaces telefónicos empresariales y casi la totalidad de los enlaces entre las Oficinas Centrales de los proveedores de Telefonía son digitales.

Cuando los volúmenes de tráfico de voz se incrementaron, se vio la necesidad de poder transmitir mas de una señal de voz simultáneamente por una misma línea, sobre todo en los enlaces tróncales y de larga distancia. Uno de los primeros métodos utilizados para realizar esto fue la **Multiplexación por División en Frecuencia, FDM (Frequency División Multiplex)**, método por el cual una banda de frecuencias, usualmente arriba de los 60kHz se subdivide en bandas adyacentes de 4kHz, luego **modulando** las señales de voz con señales senoidales denominadas **portadoras**, se lleva una señal de voz por cada una de las frecuencias portadoras para transmitirla. Posteriormente se **demodulan** en el lado receptor, utilizando las mismas señales portadoras. Este método de trasmisión de señales de voz sigue siendo análogo, aparte de la modulación, no hay una transformación de la señal.

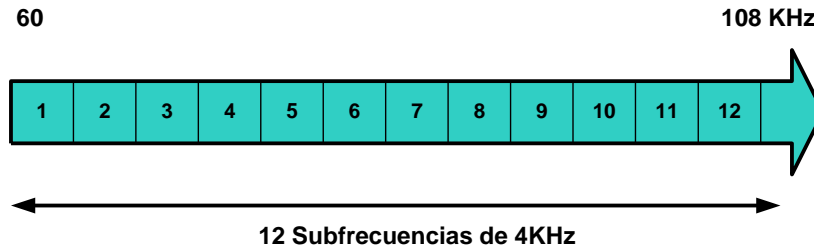


Figura 4. Multiplexación por División en Frecuencia

Posteriormente al método FDM surgió el método de **Multiplexación por División en el Tiempo, TDM (Time División Multiplex)**, el cual consiste en transmitir simultáneamente, varias señales de voz, asignándoles un intervalo de tiempo determinado, en periodos sucesivos.

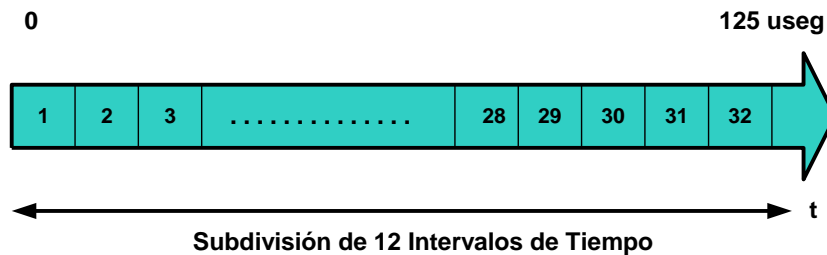


Figura 5. Multiplexación por División en el Tiempo

El método TDM se utiliza en conjunto con la técnica del “muestreo”, la cual consiste en tomar muestras de una señal, en intervalos determinados de tiempo y transmitir solamente estas muestras y no la envolvente completa, posteriormente se puede regenerar la envolvente con las muestras tomadas. Esta técnica se basa en el **teorema de Nyquist**, el cual establece que para poder reproducir la forma original, sin pérdidas de información, de una señal analógica, la frecuencia mínima de muestreo debe de ser, por lo menos, igual o mayor a 2 veces la frecuencia mas alta contenida en la señal analógica.

Con el muestreo se genera una serie de impulsos, cuya magnitud es proporcional a la amplitud instantánea de la señal muestreada. Uniendo las amplitudes o puntos

máximos de estos impulsos se puede reconstruir la señal original. Este método se llama **Modulación por Amplitud de Pulsos, PAM (Pulse Amplitude Modulation)**.

Debido a que los intervalos de tiempo entre las distintas muestras tomadas, son suficientemente largos, se utiliza este tiempo para transmitir mas de una señal PAM, es decir, que pueden transmitirse sucesivamente las muestras de varias señales en forma cíclica.

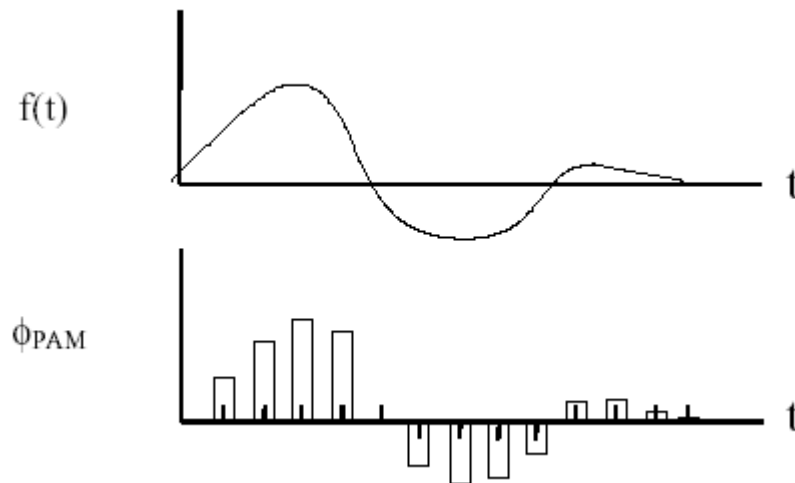


Figura 6. Gráfico representativo de una Señal PAM

2.2.1 Conversión de voz análoga-digital.

Dos procedimientos estrechamente relacionados al método TDM, es la “**cuantificación**” y “**codificación**” de estos impulsos para convertirlos en pulsos codificados, es decir, convertirlos en una señal digital.

La principal ventaja de la “**digitalización**” de la señales análogas es la inmunidad al ruido de línea, que en la contraparte análoga resulta ser un problema serio si se presenta, y generalmente esta expuesta al ruido en todo su trayecto. Además las señales se degradan a medida que aumenta las distancias entre transmisor y receptor, por lo que se hace necesario amplificarlas, sin embargo, también se amplifica el ruido.

Otras ventajas son la facilidad de mantenimiento e instalación, mayor nivel de integración y confiabilidad.

La conversión de señales de voz análogas a digitales se realiza en mediante los siguientes pasos:

1. Filtrado.
2. Muestreo.
3. Cuantificación.
4. Codificación.
5. Compresión (opcional)

A continuación se detallan cada uno de estos pasos:

- **Filtrado.**

A pesar que el oído humano es capaz de escuchar sonidos que van desde los 200 Hz hasta aproximadamente los 20,000 Hz, y que la voz humana se encuentra entre los 250 Hz y los 10,000 Hz, la infraestructura y condiciones que las líneas telefónicas tendrían que tener, para transportar voz en su rango completo, sería muy exigente y costoso. Por esta razón debe limitarse el rango de frecuencias a transmitir, siempre y cuando se garantice una calidad de voz aceptable. El filtrado es el procedimiento a través del cual se limitan las señales sonoras al rango de frecuencias de 300 a 3400Hz, por medio de filtros pasa banda.

- **Muestreo.**

Una vez se ha filtrado la señal, se procede a muestrearla en intervalos fijos de tiempo. Como la banda de frecuencias en la mayoría de sistemas telefónicos es de 300Hz a no más de 4000Hz, se ha definido una frecuencia de muestreo de 8000Hz (dos veces la frecuencia mas alta, según el teorema de Nyquist), lo cual implica un periodo de muestreo de 125 μ s (1/8000Hz), es decir, que cada 125 μ s se toma una muestra de la señal, el resultado es la señal PAM.

- **Cuantificación.**

Posteriormente la señal PAM debe ser cuantificada, lo cual consiste en asignar un valor a cada pulso de acuerdo a su amplitud y posición. Los valores se asignan a partir de intervalos de cuantificación definidos con valores positivos y negativos, dentro de una división más grande llamada “**segmentos**”.

Como el valor máximo de los pulsos pueden situarse entre dos valores de los intervalos, se le asigna el valor medio del intervalo, por esta razón la señal digital del lado receptor, reconstruida a partir del código tendrá distorsiones de cuantificación, ya que no puede reconstruirse el valor exacto de la señal de transmisión al ser convertida de nuevo, lo que se manifestará como ruido superpuesto a la señal original. Para minimizar esta distorsión los intervalos de cuantificación deben ser lo suficientemente pequeños, así también, mientras más intervalos existan menos distorsión habrá.

Normalmente se utilizan 256 intervalos de cuantificación desiguales, donde los segmentos cercanos a la referencia tienen más intervalos de cuantificación y por lo tanto, están más unidos, de esta forma se evita variaciones grandes en las señales de magnitud pequeña, a medida que los intervalos se alejan de la referencia, se hacen menos en cantidad y más grandes. A este método se le llama ***Cuantificación no uniforme o cuantificación no lineal.***

El CCITT especificó dos normalizaciones que describen la cuantificación no uniforme conocidas como líneas características (las líneas que definen las muestras), estas recomendaciones aplican para la norma ITU-T, G.711, que se define más adelante. Las dos normalizaciones son:

- La característica de 13 segmentos conocida como ***ley a***, aplicado en el sistema de transmisión **PCM30**, utilizado en Europa y la mayoría del resto del mundo.
- La característica de 15 segmentos conocida como ***ley μ*** , aplicado en el sistema de transmisión **PCM24**, utilizado en Estados Unidos.

- **Codificación.**

Como se dijo antes, se utilizan 256 intervalos para cuantificar la señal, 128 positivos y 128 negativos. Una vez la señal a sido cuantificada se procede a codificar estos intervalos mediante la asignación o representación de las magnitudes de amplitud de la señal por un código binario o palabras de 8 bits, este método se denomina **Modulación por Pulsos Codificados, PCM (Pulse Code Modulation)**.

En cada código PCM el primer bit define si el intervalo de cuantificación codificado es positivo "1" o negativo "0".

En el caso más básico, sin compresión de voz, se tienen 8000 muestras por segundo y 8 bits por muestra, lo que genera una señal de 64,000 bits por segundo, esto es la norma G.711, que constituye el formato de voz digital más común en las redes telefónicas públicas.

Estos circuitos de 64Kbps se asocian en grupos de 24 canales o 30 canales de voz para su transmisión.

- **Compresión (Opcional).**

La compresión de voz es un procedimiento opcional en la telefonía digital y surgió a partir de la necesidad de poder transportar mas cantidad de canales sobre un mismo enlace básico de 64Kbps. Es utilizada para economizar ancho de banda en enlaces digitales a nivel de WAN. Los enlaces WAN entre oficinas suelen utilizarse, además de transmitir datos, para transmitir voz y es aquí donde se necesita economizar el ancho de banda que generalmente es limitado, estos enlaces comúnmente son de 64Kbps a 256Kbps los cuales en la mayoría de los casos son arrendados a una de las compañías telefónicas locales por un costo mensual. Utilizar 64Kbps para una llamada de voz, es en muchos casos, inadmisibile cuando se tiene un tráfico de datos critico y pesado, por otro lado, mantener un circuito exclusivamente para uno o dos canales de voz entre dos oficinas resulta más costoso que realizar la llamada nacional o internacional a través del Operador Telefónico Local.

Existen diversos métodos de compresión de voz, cada uno de ellos con características y procedimientos distintos. Obviamente la compresión presume

una pérdida en la calidad de voz original. Recordemos que el espectro de frecuencias de voz se ha reducido y luego codificado para poder transmitirlo en PCM a 64Kbps. La compresión reduce aun más el número de bits utilizados para representar un segundo de voz, y por lo tanto, una disminución en la calidad de la voz.

En telefonía digital usualmente se utiliza la codificación PCM de 64 Kbps, como se menciono anteriormente, este formato es llamado **G.711** y constituye el formato por defecto de la red telefónica pública y privada. Los operadores telefónicos utilizan multiplexores TDM para transportar varios circuitos de voz simultáneamente, como se verá mas adelante. Estos equipos enlazan oficinas centrales del operador u oficinas entre operadores Internaciones por medio de enlaces T1 o E1 y para aprovechar al máximo estos enlaces suelen utilizar compresión de voz a 32, 16 o inclusive 8 Kbps.

En el capitulo siguiente, en la sección, “Integración de Voz y Datos”se abordará cada uno de estos métodos de compresión y sus características.

2.2.2 Señalización en Sistemas Digitales.

Por las razones y ventajas antes expuestas de la telefonía digital sobre la telefonía análoga, el desarrollo de los sistemas digitales de voz ha sido considerable y la señalización digital es por ende una de las mas utilizada hoy en día en los sistemas de telecomunicaciones.

Las señalizaciones digitales incluyen los sistemas CAS, R1, R2, ISDN, QSIG, etc.

Al igual como las señales PAM que pueden transmitirse mas de una simultáneamente, las señales PCM también pueden transmitirse sucesivamente en forma cíclica, esto es llamado **multiplexado**. El multiplexado es el método utilizado en la tecnología TDM, ampliamente utilizada hoy en día por para las transmisiones de voz en la Red Publica de Telefonía Conmutada.

En la tecnología TDM los servicios se transportan en unidades denominadas **Time Slot**. Un Time Slot es el tiempo que tarda en transmitirse una palabra PCM, que como ya se definió, es un arreglo de 64 Kbps.

Existen dos sistemas de transmisión digital definidos por el CCITT, asociados a la cuantificación y codificación no lineal, la primera es la recomendación G.732 asociado al sistema PCM30, que funciona a 2.048 Mbps y consta de 30 canales de voz y dos canales para señalización y sincronización, es decir, 32 intervalos de tiempo por trama, es decir, 32 Time Slot. Este sistema también es conocido en Telefonía y enlaces de datos como un E1. Este sistema de señalización es el utilizado en la mayoría de equipos de origen europeo.

La segunda recomendación es la G.733, asociada al sistema PCM24 y que funciona a 1.544 Mbps y consta de 24 time slot, y es el sistema de señalización utilizado normalmente en EE.UU, Canadá y Japón.

2.2.2.1 ISDN (RDSI)

La red digital de servicios integrados RDSI, esta disponible desde 1980 y fue definida por el CCITT. Este sistema es compatible con la señalización SS7, lo que permite que los usuarios puedan tener acceso a las mismas capacidades y servicios que SS7.

Las PBX pueden conectarse a través de ISDN a la red pública e incluso crear redes privadas virtuales.

ISDN brinda servicios tanto de voz como de datos que pueden ser transmitidos simultáneamente sobre el mismo circuito. En este tipo de red se utilizan canales separados para la señalización y para el tráfico de voz y datos.

Dos métodos de acceso están disponibles:

- ***Interfaz de Acceso Básico, BRI (Basic Rate Interface)***

En donde se tienen dos canales de transmisión de 64 Kbps cada uno denominado canales B y un canal de 16 Kbps para la señalización, llamado canal D. Generalmente utilizado en oficinas pequeñas y residenciales.

- **Interfaz de Acceso Primario, PRI (Primary Rate Interface).**

Corresponden a velocidades de 1.544 Mbps conocido en el sistema americano como T1 y consta de 23 canales B de 64 Kbps y un canal D de 64 Kbps. Para el sistema europeo la velocidad del acceso primario es de 2.048 Mbps, conocido como E1, este consta de 30 canales B y un canal D también de 64 Kbps.

En nuestro país se utiliza el acceso primario E1, debido a que la mayoría de equipo que se instaló para la telefonía pública es de origen europeo, el sistema T1 se utiliza sobre todo en enlaces Internacionales de los Carriers hacia estados Unidos.

ISDN ofrece servicios adicionales como identificación de llamada, marcación cerrada, llamada en espera, reenvío y retención de llamadas entre otros.

2.2.2.2 QSIG

Es un sistema de señalización igual a igual, utilizado en las redes de voz privadas, se le conoce también como sistema de señalización privado N 1 o también PSS1. Es un estándar abierto basado en las recomendaciones de la serie Q.9xx de la ITU-T para servicios básicos y suplementarios. Es muy utilizado en la señalización de enlaces privados entre PBX.

Este sistema de señalización es compatible con ISDN tanto privada como pública.

2.2.3 RESUMEN.

Las redes de voz son hoy en día muy extensas y ofrecen una variedad de servicios a los usuarios, tanto residenciales como para pequeñas y grandes empresas, así también la cantidad de empresas que ofrecen estos servicios son muchas y variadas. Los servicios análogos de voz han permanecido desde sus inicios hasta la fecha sin cambios significativos, en cuanto a su forma de operar y servicios prestados. El sector residencial es sobre todo el que utiliza a gran escala estos servicios.

Así también aun hay muchas empresas sobre todo pequeñas y medianas que utilizan estos servicios pero la mayoría de ellas, principalmente las grandes empresas, han cambiado sus redes de voz del sistema análogo al digital utilizando circuitos E1 para sus enlaces de PBX y enlaces BRI para sus oficinas pequeñas.

Debido al auge de la Internet, algunos Proveedores del servicio telefónico están ofreciendo desde hace un par de años, servicios digitales al sector residencial, en donde ofrecen un enlace BRI para el acceso a Internet y sobre la misma línea el circuito de voz, además de los servicios de valor agregado que el medio permite.

CAPITULO III

INTEGRACIÓN DE VOZ Y DATOS.

Aunque se ha escuchado mucho de este tema, aparentemente existen pocas implementaciones en el país, de esta tecnología, debido en parte, a que constituye una tecnología relativamente nueva y en desarrollo y por otra parte, a la desconfianza de los administradores de red en invertir en una tecnología que desconocen y de la que hay poca información en el medio. Además las soluciones actuales parecen actualmente no justificar económicamente el cambio.

Los administradores de red siguen confiando en que resulta mejor tener dos redes separadas para datos y para voz, aunque esto supone ciertas desventajas técnicas y de gestión. Muchas empresas cuentan con un personal específico para administrar y mantener la red de datos y otro personal distinto para la red de voz, lo que implica obviamente además del recurso humano, mayor cantidad de recursos tanto económicos como de infraestructura. De hecho, disponer de una infraestructura común para voz y datos, así como un sistema único de gestión son parte de las ventajas que la integración supone, ya que es el mismo personal que administra tanto la red de datos como la de voz, que en este caso es una sola.

La integración, precisamente es eso, unificar los servicios y funciones en una sola red. Existen sistemas y servicios que operan con los dos tipos de infraestructura pero que convergen en un momento dado en el puesto de trabajo de una persona y específicamente convergen en su computadora, por ejemplo, los **Centros de Llamadas, Call Center**, utilizan software y hardware para poder ver en sus pantallas información de los clientes que llaman, a través de enlaces digitales, como un enlace E1 que entra por la PBX, un equipo especial conecta y distribuye esta llamada hasta las operadoras que pueden identificar el número de la persona que llama y si este se encuentra en su base de datos pueden tener una variedad de información adelantada sobre el cliente.

Estos sistemas pueden aun converger más, si se piensa que la llamada que entro por una PBX tradicional, puede conectarse directamente a un servidor que hará las funciones de la PBX, es decir, el control y direccionamiento de las llamadas, este servidor se conectará directamente a la red LAN, interactuando inmediatamente con el sistema de Call Center. Además los teléfonos tradicionales serán sustituidos por teléfonos IP, con un puerto de red. Pueden tenerse también integrados otros sistemas como las contestadoras automáticas, servidores de Fax, **Sistemas Interactivos de Respuesta de Voz, IVR (Interactive Voice Response)**, y otros más.

Existen además otras razones que justifican el creciente desarrollo de las tecnologías de voz por paquetes, entre ellas se encuentran el desarrollo de Software de aplicaciones múltiples, aplicaciones que incluyen multimedia, voz y datos, la reducción de los costos en llamadas de larga distancia, simplificación de las redes en infraestructura y administración, unificación de servicios, etc.

3.1 PROBLEMAS DE LA INTEGRACIÓN.

Pero para que la voz pueda ser transmitida a través de las redes de datos, de manera eficaz y con una calidad tal, que no quede duda de su aplicación y uso, se necesita superar ciertos inconvenientes, para lo cual se han definido nuevas especificaciones y recomendaciones con el fin de impulsar esta tecnología ampliamente, y superar los problemas que se presentan en el transporte de la voz cuando comparte los recursos con el tráfico de datos.

Uno de los problemas típicos en las redes, es el retraso (Delay). Mientras que las aplicaciones de datos pueden soportan estos retrasos sin mayores molestias, que las quejas de los usuarios, porque la red esta lenta y no pueden bajar una pagina de la web, con la rapidez que ellos esperan, esto no representa ninguna perdida de información, pero en una comunicación de voz esto es fatal.

También se tienen otros inconvenientes como son congestión en la red, limitaciones de ancho de banda, interoperatividad entre equipos y proveedores, etc. Estos son algunos de los retos a superar, para poder implementar la integración de voz sobre redes de datos y que obviamente justifiquen su implementación, sobre todo si se piensa que competirá con la calidad de voz que se tiene por las redes tradicionales.

A continuación se detallará algunos de estos problemas a los que se enfrenta la paquetización de voz.

- **Retraso (Delay)**

La voz a diferencia de los datos es más susceptible al retraso, una transmisión de voz en tiempo real se ve claramente afectada si en el canal de transmisión hay retrasos considerables. La recomendación G.114 del ITU-T, sugiere por ejemplo que debe haber menos de 150ms de retraso en una conexión punto a punto de una vía, para una conversación de buena calidad, para llamadas internacionales, el retraso de una vía de hasta 300ms es aceptable sobre todo si se tiene una vía satelital.

Estos retrasos se deben a factores tales como la propagación misma de las señales a través de los cables físicos, los procesos de digitalización, codificación, decodificación y compresión de la señal. Además influyen otros factores como el número de saltos entre conmutadores del proveedor de servicios, carga y congestión de la red.

A continuación se ejemplifica la cantidad de retraso acumulado en una comunicación punto a punto, tomando como codificador de voz el estándar G.729 que comprime a 8 Kbps.

Causa	Retraso Fijo	Retraso Variable
Retraso de Codificador G.729 (5 ms Look Ahead)	5 ms	
Retraso de Codificador G.729 (10 ms por trama)*	20 ms	
Retraso de empaquetamiento (Incluido en el anterior)		
Retraso de Gestión de cola. 64 Kbps Troncal		6 ms
Retraso de serialización 64 Kbps Troncal	3 ms	
Retraso de propagación (líneas privadas)	32 ms	
retraso de red		
buffer de fluctuación de fase		2-200 ms
Total (asumiendo un buffer de fluctuación de fase de 50 ms)	110 ms	

* dos tramas

Cuadro 2. Retraso de una vía Punto a punto.

- **Fluctuación de Fase o Retardo diferencial (Jitter) y Latencia.**

El retardo diferencial o mejor conocido como Jitter se define como el retardo variable entre un paquete y otro al llegar a su destino, en otras palabras, es la variación del tiempo de llegada entre paquetes consecutivos. Este retraso variable es generado por factores como la cogestión en la red, las ráfagas de datos de las aplicaciones, que en un momento dado pueden acaparar el puerto de salida y el ancho de banda, las tramas o paquetes de datos demasiado grandes, que pueden hacer esperar mas tiempo a las tramas de voz, entre otros. A la suma del retraso fijo y el Jitter se le llama **Latencia**.

- **Limitación de Ancho de Banda (Compresión de voz).**

Uno de los propósitos de la Voz por Paquetes, es disminuir los costos de llamadas de larga distancia o entre oficinas regionales del sector industrial y empresarial, y es posible hacerlo cursando el tráfico de las llamadas que usualmente salen a la Red Telefónica Publica, por los enlaces de datos existentes, pero estos enlaces usualmente son de ancho de banda reducido y son utilizados primariamente por software de aplicación vitales para las empresas, facturación, consultas en línea, trasferencias, etc.

Una conversación de voz por una línea telefónica normal consume 64 Kbps, como ya se explicó anteriormente, esto esta bien para los circuitos residenciales o los circuitos internos (extensiones) de las PBX, pero si se va a transmitir voz a través de los enlaces WAN públicos o privados, esto resulta ser un serio problema. Entonces es necesario reducir el consumo de ancho de banda por llamada, esto es, se necesita utilizar métodos de compresión.

- **Cancelación de Ecos.**

La cancelación de eco es necesaria ya que siempre que existe un paso de dos a cuatro hilos, entre un sistema y otro, como sucede entre los equipos de acceso a la red WAN, como routers, conmutadores, multiplexores, teléfonos y Centrales, se genera el efecto de reflexión de la señal de voz desde un extremo a otro, lo cual dificulta una conversación clara entre los interlocutores. Este efecto es incrementado mientras más distancia o retardo hay entre un extremo y otro.

El retraso en la señal de voz tiene dos efectos perceptibles al oído del interlocutor. Primero, si el retraso es mínimo (menos de 150ms), y no existen mecanismos de cancelación de eco, el interlocutor escuchará su propia voz después de que habla. Segundo, si el retraso si es significativo (mayor a 150ms) la conversación normal se ve afectada ya que la voz proveniente de un extremo a otro del canal llega muy retrasada , lo que causa que las conversaciones se superpongan una a la otra, y esto se percibe como interrupciones o cortes en la voz de ambos interlocutores.

- **Supresión de Silencios.**

A diferencia de los datos, en una conversación de voz sobre un sistema Full Duplex, solamente alrededor del 50% del tiempo es conversación efectiva el otro 50% son periodos de silencio. Esto es porque mientras una persona habla la otra escucha. Esto es tiempo que puede aprovecharse para transmitir mas datos.

La solución a estos problemas será abordada en cada uno de los capítulos de Voz sobre Frame Relay y Voz sobre IP.

3.2 METODOS DE CODIFICACIÓN Y COMPRESION.

Un factor importante a considerar cuando se transmite voz sobre los enlaces de datos, es hacer un uso eficaz del ancho de banda. Generalmente se desea establecer comunicación entre oficinas y reducir los costos de las llamadas entre ellas, utilizando las tecnologías de voz por paquetes abordadas aquí, específicamente, VoFR y VoIP. Estas tecnologías deben utilizar compresión de voz, de lo contrario cada llamada entre oficinas utilizaría 64Kbps del enlace WAN existente y por lo general, estos enlaces son reducidos y transportan datos de suma importancia o de aplicaciones de misión crítica como facturación, consultas en línea, etc.

Los métodos de compresión de voz mas utilizados en Telefonía, Voz sobre Frame Relay y Voz sobre IP, pertenecen a dos grandes categorías: la compresión por forma de onda y la compresión Híbrida, esta última es una combinación de la compresión por forma de onda y la compresión por “Codificadores de Voz”, **Vocoders** (Voice Coders).

La codificación por Vocoders requiere un proceso electrónico y de procesamiento inteligente muy complicado y robusto, es una técnica de voz sintetizada y aunque produce una señal con poco consumo de ancho de banda, la calidad de la voz es muy baja, el sonido producido es lo que comúnmente se llama un sonido “robotizado” que hace difícil identificar al interlocutor. Esto se debe a que los Vocoders no reproducen la forma de onda original, en su lugar el codificador construye un conjunto de parámetros que son enviados al receptor para modelar la voz en base a solamente las variaciones en la frecuencia producidos por la interacción de la lengua, labios y dientes al articular las palabras: los fonemas. Esto significa que se necesita una serie de patrones de la voz humana, previamente reconocidos y almacenados para poder codificar efectivamente las palabras humanas.

Un ejemplo de codificación por Vocoders es la **Codificación con Predicción Lineal, LPC (Linear Prediction Coding)** que deriva parámetros de la voz proveniente de un filtro digital variable en el tiempo, el cual modela la salida sonora del tracto vocal del interlocutor en base a los fonemas sonoros y no sonoros.

La ITU-T ha normalizado los métodos de codificación y compresión en lo que se denomina recomendaciones de la serie G. A continuación se describirán cada uno de ellos.

3.2.1 Compresión por Codificación de Forma de Onda.

- **Norma G.711, Codificación por Pulsos Codificados (PCM).**

La compresión por forma de onda está directamente relacionada a la codificación PCM y comprende el método PCM propiamente dicho, en el cual no hay compresión adicional a la codificación de 64 Kbps que es la utilizada en los circuitos digitales telefónicos como se menciono anteriormente.

Este método tiene dos formatos relacionados con la cuantificación de la señal, la cuantificación no uniforme, que se explicó en la sección 2.2.1 “Conversión de la voz Análoga - Digital”. Estos formatos son la **ley a** y la **ley μ** , ambos utilizan una compresión logarítmica de la señal, es decir, para la cuantificación de la señal se utiliza una escala logarítmica. La ley μ tiene un mejor rendimiento en la relación señal a ruido.

- **Norma G.726 y G.727, Codificación por Pulsos Codificados Diferencial y Adaptable. ADPCM.**

ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) incluye varios niveles de compresión tales como 40 Kbps, 32 Kbps, 24 Kbps y 16 Kbps. Este método, a diferencia de PCM que codifica directamente la amplitud de la señal de voz, codifica las diferencias de amplitud, y la velocidad de cambio de la amplitud. En ADPCM se muestrea la señal a la misma velocidad de 8000 veces por segundo pero se codifica solamente la diferencia de amplitud entre la cuantificación de la muestra actual y la anterior por tal razón se llama diferencial.

La primera versión de este método fue la de 32Kbps, la cual utiliza palabras de 4 bits para codificar la señal de voz, en lugar de 8 bits como en PCM, el primer bit se utiliza para representar si el cambio de amplitud incrementó o disminuyó desde la ultima muestra, los tres bits restantes representan el valor del cambio.

La versión de 40 Kbps utiliza palabras de 5 bits, la de 24 Kbps utiliza 3 bits y la de 16 Kbps utiliza solamente 2 bits. Obviamente mientras menos bits se utilizan para la codificación de la señal mas se degrada la calidad de la voz resultante.

3.2.2 Compresión Híbrida.

La compresión Híbrida aprovecha las principales características de la compresión por forma de onda y la compresión por Vocoders, y produce una compresión de voz de muy buena calidad y bajo consumo de ancho de banda. Estos métodos procesan la señal enviando solamente información paramétrica simplificada sobre la vibración y modulación de la voz original. Se les conoce también como **codecs de origen (Source Codecs)**.

Los codificadores Híbridos utilizan una técnica llamada **Análisis por Síntesis, AbS (Analysis by Synthesis)**. En esta técnica, un filtro es excitado continuamente por una señal proveniente de la diferencia entre la señal de entrada de la fuente de voz original y la salida del filtro mismo, buscando minimizar el error entre la señal de entrada y la voz sintetizada.

La señal de voz original de entrada es dividida en tramas, generalmente de unos 20 ms (*milisegundos*) de duración, para cada trama el filtro de síntesis determina los parámetros los cuales también excitan de nuevo al filtro, se determinan numerosas aproximaciones hasta lograr minimizar el error.

En la figura 7 de la siguiente página, se puede observar un modelo de bloques del Codec AbS.

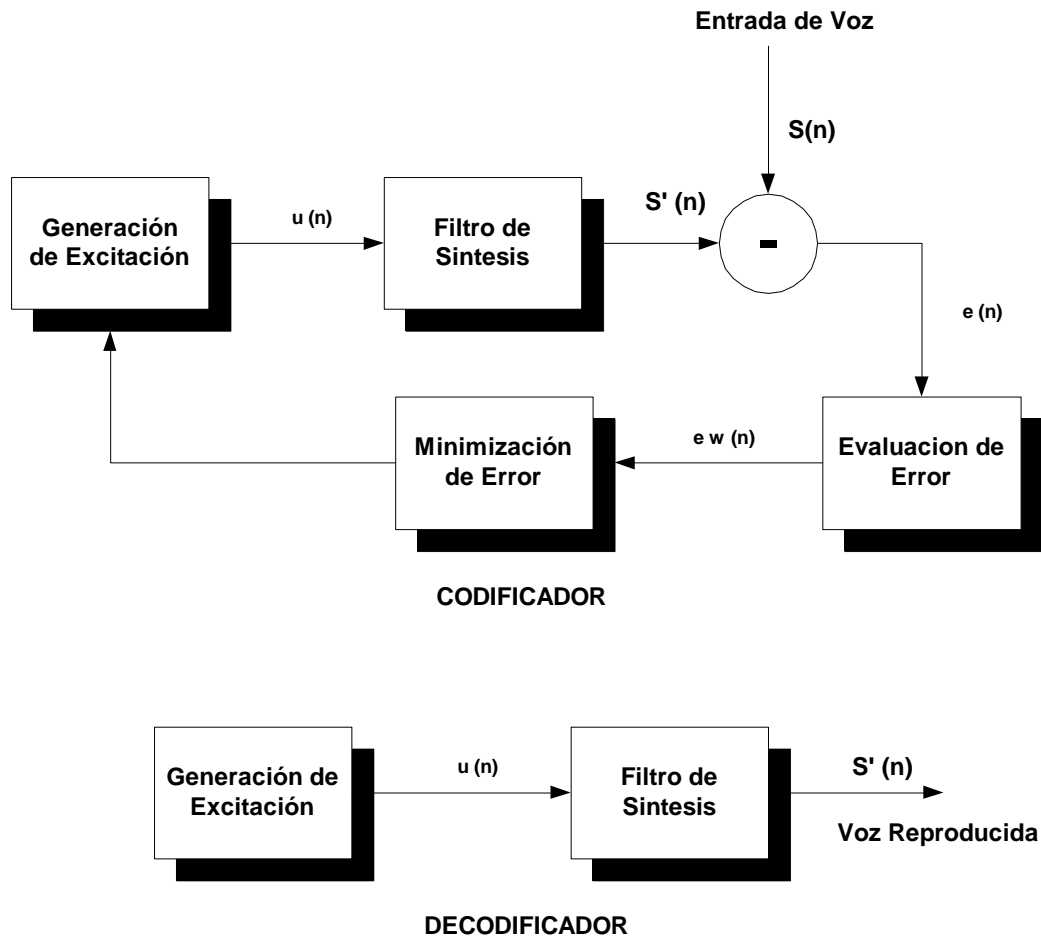


Figura 7. Diagrama de Bloques ejemplificando el CODEC AbS.

Posteriormente se introdujo una mejora al método AbS, que consiste en utilizar una fuente de códigos almacenados en memoria llamada “*libro de códigos*” (Codebook), donde a cada código le corresponde una forma de onda, de los diferentes sonidos que la voz humana puede producir, el código es binario. A esta técnica se le llama **Quantificación por vector, VQ (Vector Quantization)**.

Utilizando el principio de LPC y combinando la técnica VQ con AbS, da origen al método de **Predicción Lineal con Excitación por Código, CELP (Code Excited Linear Prediction)**. En este método cuando una señal de voz es recibida, la forma de onda es muestreada y comparada con el código almacenado. El código que más se

asemeja a la forma de onda de entrada, es el que se envía al canal de comunicación. Para obtener una aceptable calidad de voz procesada, se necesita un procesamiento muy robusto, así como una buena cantidad de memoria para los códigos, sin embargo, el proceso de comparación con el libro de códigos causa un retardo apreciable en el proceso total.

CELP tiene dos variantes, una es llamada **Predicción Lineal con excitación por código de bajo retraso, LD-CELP (Low Delay CELP)**, este método construye la fuente o libro de códigos directamente de la señal de voz entrante en lugar de utilizar las formas de onda almacenadas, como resultado se tiene un retraso de procesamiento mas corto y una mejor representación de la voz.

La otra variante de CELP esta conformada por la adición de los **Procesadores de Señal Digital, DSP (Digital Signal Processors)**, los cuales son microprocesadores especializados que realizan múltiples operaciones en un corto periodo de tiempo. A esta variante se le llama **Predicción Lineal con Excitación por Código Algebraico de Estructura Conjugada, CS-ACELP (CS-ACELP)**, y fue desarrollada mejorando el método LD-CELP y adicionando DSP's. En este método se realizan procesos matemáticos complejos para evaluar y codificar la señal. El libro de código es mas adaptativo y a diferencia del método original CELP cuyo libro de código fue diseñado usando sonidos del Ingles Americano, el libro de código de CS-CELP tiene la capacidad de adaptar sus formas de onda a muchas variaciones de la voz humana del lenguaje que este siendo hablado.

En general los codificadores de voz que utilizan Análisis por Síntesis y Predicción Lineal, pertenecen al grupo de codificadores denominados Codificadores de **Predicción Lineal y Análisis por Síntesis, LPAS (Linear Prediction Analysis by Syntesis)**, y son los que logran compresiones de 16 Kbps hasta 4.8 Kbps.

Los métodos de digitalización y compresión Híbridos son los más utilizados en las aplicaciones de VoIP y VoFR.

- **Norma G.723.1**

Esta norma brinda dos formatos de compresión, uno a 5.3 Kbps y otro a 6.3 Kbps. Ambos son ampliamente usados para codificar componentes de señales de audio o voz en aplicaciones multimedia como lo es Videoconferencia, forma parte de la familia de normas H.324.

Este codificador de voz utiliza el mismo filtrado del espectro de voz del ancho de banda telefónico y toma muestras igualmente a 8000 veces por segundo. El sistema codifica las señales de voz en tramas de acuerdo a la codificación LPAS, las tramas constan de 240 muestras de voz, lo que genera una trama de 30 ms. Además, realiza un muestreo adelantado de 7.5 ms, por lo que el retraso total generado por el algoritmo es de 37.5 ms. La compresión a 5.3 Kbps se realiza por medio del método ACELP, en cambio la compresión a 6.3 Kbps se realiza por medio del método llamado **Cuantificación Multipulso-Multinivel, MP-MLQ (MultiPulse-MultiLevel Quantization)**.

- **Norma G.729 y G.729A**

Este método está diseñado para aplicaciones donde se necesita bajo retraso. El tamaño de trama es de 10 ms y el retraso de procesamiento es de otros 10 ms, el muestreo adelantado es de 5 ms, obteniéndose un retraso total de 25 ms. Este bajo retraso, hace del método una buena elección para utilizarse en aplicaciones de voz a través de Internet. Además la compresión de voz que se obtiene en este método es de 8 Kbps.

La versión inicial G.729 corresponde a una codificación CS-ACELP, y ofrece una calidad de voz tan buena como 32 Kbps de ADPCM. La segunda versión a la cual se llamó G.729 anexo A, también utiliza CS-CELP, sin embargo es menos compleja que la primera.

Existen dos variantes más de este método, **G.729B y G.729AB**, ambas comprimen también a 8 kbps, pero adicionan un algoritmo llamado **Detección de Actividad de Voz, VAD (Voice Activity Detection)**, con la cual se logra un ahorro de ancho de banda adicional.

- **Norma G.728**

Constituye la norma de compresión a 16 Kbps utilizando LD-CELP

3.3 RESUMEN.

Con la rapidez que las redes de datos han crecido en los últimos años, el desarrollo de nuevos estándares y el auge que Internet ha tenido, nuevos servicios y productos han sido desarrollados y lanzados al mercado, incluso cuando éste no se encontraba preparado para ello. Pero esta tecnología se está abriendo camino y aunque todavía hay escepticismo en el ambiente, muchas empresas han empezado a utilizar estos servicios y productos. Los grupos encargados del desarrollo de estándares, también están trabajando para poder integrar ambos mundos de la mejor manera, y poder solventar varios problemas que se generan al convivir la voz, en los medios que originalmente fueron desarrollados para los datos.

La voz paquetizada es una tecnología que brinda muchas ventajas como el ahorro en costos en comunicación y gestión administrativa de los medios, el cual ha sido el caballo de batalla para lograr su aceptación de parte de los usuarios empresariales y aunque todavía hay que solventar los problemas de ancho de banda y calidad de servicio, su implementación en este sector es ya un hecho, muchas empresas han migrado sus servicios de voz tradicionales hacia la voz paquetizada, utilizando los enlaces de datos con que ya contaban. Productos y servicios han sido ya implementados en nuestro país, Call Centers, IVR's, voice mail, fax server son algunos de ellos.

CAPITULO IV

INTRODUCCIÓN AL PROTOCOLO FRAME RELAY.

Una de las tecnologías más populares y recientes en redes WAN, para el transporte de datos, es precisamente Frame Relay, debido a su bajo costo y desempeño ha encontrado un mercado muy amplio. Muchos operadores, sobre todo en Estados Unidos proveen Frame Relay como medio principal de enlaces privados y redes corporativas. Mas nuevo aún, son los esfuerzos encaminados al transporte de voz, y que ha tenido así también muy buena aceptación. En este capítulo se examinará las características que hacen de FR una de las dos principales tecnologías de aplicaciones de paquetización de voz .

4.1 GENERALIDADES DEL PROTOCOLO.

Frame Relay es un protocolo de WAN que fue definido originalmente para operar sobre interfaces ISDN en 1984, por el comité en aquel entonces llamado CCITT, ahora ITU-T, también el ANSI desarrolló trabajos sobre Frame Relay en esa época. Durante los años 80's esta tecnología no tuvo mayor desarrollo, a principios de los 90's un grupo de compañías se unieron para formar un consorcio y enfocar el desarrollo y acelerar la introducción de productos específicos interoperables que trabajasen con este protocolo. Las especificaciones desarrolladas por este consorcio se basaron en las originales definidas por ANSI y el ITU-T pero introdujeron facilidades adicionales para trabajar en entornos complejos de red. Posteriormente estas dos organizaciones normalizaron y ampliaron dichas especificaciones a las que se les conoce colectivamente como ***Interfaces de Dirección Local, LMI (Local Management Interface)***.

Frame Relay es un protocolo de conmutación de paquetes orientado a conexión, que opera en las capas física y de enlace de datos, multiplexa estadísticamente la información, dividiéndola en paquetes o tramas de longitud variable, a velocidades que generalmente van desde 56Kbps hasta 2 Mbps, pero incluso puede llegar hasta 45

Mbps. **La multiplexación estadística** es una técnica utilizada en la tecnología de conmutación de paquetes, para controlar el acceso a la red haciendo un uso más flexible y eficiente del ancho de banda disponible. Como la mayor parte del tráfico que circula entre LAN's es tráfico a "ráfagas", es decir, que en un momento dado se transmite una gran cantidad de datos, los cuales requieren de todo el ancho de banda disponible seguido de momentos de inactividad o baja tasa de flujo de datos, un solo enlace o acceso a la red puede ser utilizado por varias aplicaciones e interfaces a la vez y enviar sus datos a destinos distintos, la multiplexación estadística se vale de este fenómeno, alternando el envío de datos de las distintas interfaces y aplicaciones de acuerdo al flujo de datos de cada aplicación en un momento dado para hacer un uso dinámico del ancho de banda disponible.

Frame Relay establece comunicación entre nodos o puntos finales por medio de conexiones lógicas llamadas **Circuitos Virtuales**. Estos circuitos son rutas lógicas bidireccionales que unen un equipo transmisor en un extremo y un receptor en el otro, el enlace puede ser punto a punto o una malla llamada comúnmente "nube". Cada circuito virtual tiene una dirección asociada, que se define dentro de la trama, para que los dispositivos de la red determinen el destino de los paquetes o tramas. Los circuitos virtuales pueden ser de dos tipos: **Circuitos Virtuales Permanentes, PVC (Permanent Virtual Circuits)** y **Circuitos Virtuales Conmutados, SVC (Switched Virtual Circuits)**, los cuales se definirán y explicarán más adelante en el capítulo.

Frame Relay es utilizado ampliamente hoy en día para interconectar LAN's y transmitir tráfico TCP/IP, IPX, tráfico asíncrono como SNA, voz e incluso como acceso a Internet. Su éxito consiste en que es un protocolo "rápido", flexible y de bajo costo, además provee conectividad "todos con todos", interfaces estándares y simplicidad en la gestión.

Algunas de estas ventajas se explican a continuación:

- **Bajo costo.**

Ya que soporta múltiples aplicaciones como TCP/IP, SNA, voz, etc., no es necesario el uso de múltiples líneas privadas para soportar cada aplicación.

Además, el acceso a la red Frame Relay se logra a través de un único puerto o interfaz, para alcanzar diferentes destinos las aplicaciones utilizan puertos virtuales en lugar de puertos físicos reduciendo la cantidad de equipo necesario en cada sitio.

Otro factor que contribuye a reducir los costos de comunicación es el uso dinámico del ancho de banda por medio de la multiplexación estadística.

- **Protocolo de Alta Velocidad y Bajo Retardo.**

La trama Frame Relay utiliza un “overhead” de solamente 2 a 5 bytes lo cual significa que la mayor parte del ancho de banda será utilizado para transportar mas datos de usuario y menos overhead. No existe retransmisión de mensajes, ya que el protocolo no incluye mecanismos para la corrección de errores ni control de flujo, por lo que los “delays” o retardos se reducen.

- **Flexible y escalable.**

Debido a que las conexiones físicas en las oficinas del usuario final son simples, (un solo puerto) y que la topología de la red puede ser cambiada fácilmente con solo agregar o quitar circuitos virtuales, para que un sitio se comuniquen con otro, las redes Frame Relay son más flexibles y escalables que las redes punto a punto, además existe la posibilidad de interoperar con otros protocolos como ATM.

Las ventajas de Frame Relay sin embargo se obtienen si se cumplen dos condiciones importantes, que de no cumplirse afectan considerablemente el desempeño de este protocolo:

- La línea de transmisión debe ser de muy buena calidad, es decir, libre de error. Frame Relay no funcionará eficientemente si la tasa de error del medio físico es alta.
- Los nodos conectados a Frame Relay no deben ser terminales tontos, sino que deben ser nodos que corran sus propios protocolos de control de flujo y

corrección de errores, es decir, deben estar corriendo un protocolo inteligente de capa superior.

4.2 TRAMA FRAME RELAY

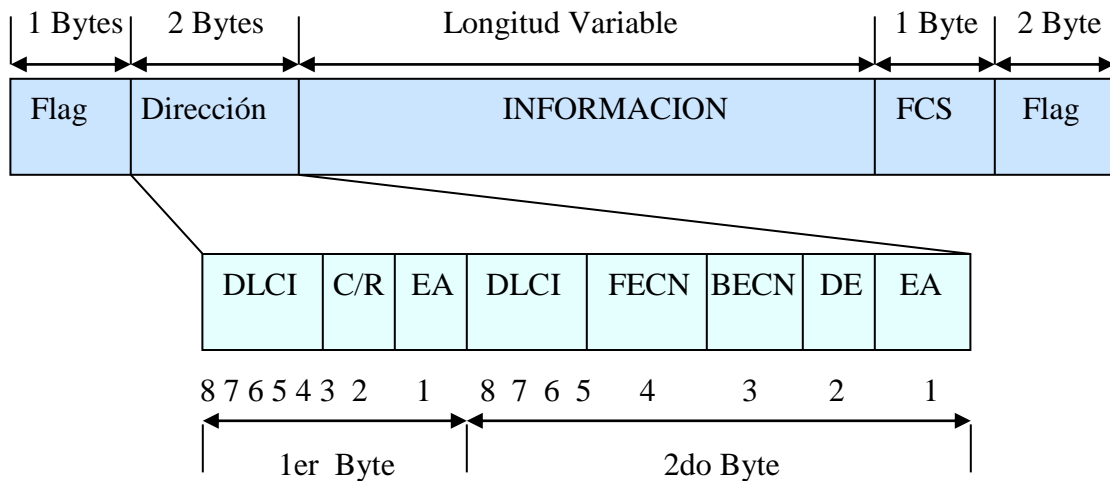


Figura 8. Detalle de la Trama Frame Relay

La trama Frame Relay consta de los siguientes campos:

- **Flag: Bandera.** Es un indicador que delimita el inicio y final de la trama. El valor de este campo es siempre el mismo y se representa por el número binario 01111110, o en hexadecimal 7E.
- **Dirección o Cabecera (Header):** Llamado también Header o Encabezado, consta de los siguientes subcampos:
 - **DLCI (Data Link Connection Identifier): Identificador de Conexión de Enlace de Datos.** Es un campo de 10 bits utilizado para representar la conexión virtual entre dos equipos de una red Frame Relay, es la dirección del destino próximo. Este DLCI es único para cada conexión virtual dentro del mismo enlace o puerto físico. Sin embargo, en una nube Frame Relay (el termino nube es utilizado para referirse a una red grande de

dispositivos interconectados entre si, usualmente pertenecen al proveedor de servicios), los equipos finales o extremos pueden tener DLCI distintos, aunque hagan referencia al mismo circuito virtual, ya que este valor tiene un significado local, es decir, que son idénticos solamente entre dos equipos conectados a través del enlace físico local. Como este campo es de 10 bits se pueden multiplexar hasta 1024 circuitos virtuales por enlace físico. 976 DLCI's están disponibles para los usuarios, del número 16 al 991, el resto se utiliza para administración de la red o están reservados.

- **C/R (Command/Response Field Bit): Bit de Campo Comando/Respuesta.** Es un bit de aplicación específica, que no es modificable por la red. No está definido aun.

- **EA (Extended Address): Dirección Extendida.** Es el ultimo bit (el menos significativo) de cada byte del Header o Campo de Dirección. Se utiliza para determinar o indicar si el byte al que pertenece es el ultimo del encabezado. Si el bit tiene el valor de cero indica una extensión al próximo byte, si el valor es uno indica que es el ultimo byte.
Actualmente todas las implementaciones de Frame Relay utilizan encabezados de 2 Bytes, pero este campo permite utilizar encabezados de 3 y 4 bytes, lo cual permitirá expandir el número de direcciones DLCI.

- **FECN (Forward Explicit Congestion Notification): Notificación de Congestión Explícita hacia delante.** Es un campo de un bit que se pone al valor de 1 para indicarle a un dispositivo terminal como un router que existe saturación o congestión en la red en la dirección de transmisión del origen al destino.

- **BECN (Backward Explicit Congestion Notification): Notificación de Congestión Explícita hacia Atrás.** Es un campo de un bit que se pone al valor de 1 para indicar que existe congestión en la red en la dirección opuesta a la ruta de transmisión de origen al destino.

- **DE (Discard Eligibility): Elegible para Descartar.** Es un bit que se utiliza para indicar que las tramas marcadas con el valor de 1 en este campo son de menor importancia en relación con otras que están siendo transmitidas y pueden ser descartadas en caso de congestión.

- **Campo de Información:** Contiene información encapsulada de las capas superiores. Cada trama incluye este campo variable de hasta 8,000 bytes (por defecto es de 1,600 bytes) para transportar datos de usuario o “payload” (carga útil), llamado también PDU, Unidades de Datos de Protocolo.

- **FCS (Frame Check Sequence): Secuencia de verificación de tramas.** Asegura la integridad de los datos transmitidos. Es un valor de comprobación de redundancia cíclica CRC 16, calculada en el dispositivo de origen y luego verificado en el destino, representa la suma del contenido total de la trama y se utiliza para verificar si la trama ha sido corrompida durante la transmisión.

4.3 FUNCIONAMIENTO DEL PROTOCOLO.

4.3.1 Circuitos Virtuales

Como se definió al principio, Frame Relay opera con circuitos virtuales que representan la ruta de comunicación virtual bidireccional entre dos puntos, identificados por un DLCI único, estos circuitos virtuales pueden pasar por una serie de nodos intermedios dentro de la red antes de llegar a su destino final, y son de dos tipos PVC y SVC. A continuación se definirán cada uno de ellos.

4.3.1.1 PVC.

Son conexiones establecidas en forma permanente que se utilizan cuando las transmisiones de datos son frecuentes y constantes entre dos nodos. Un PVC emula una conexión dedicada punto a punto, ya que este circuito siempre está disponible, aun cuando no exista transferencia de datos, entonces se dice que el circuito está en estado “ocioso” (Idle). Los PVC son configurados por el operador de una red privada o un proveedor de servicios, se pueden adicionar o eliminar de acuerdo a los requerimientos de ancho de banda, nuevos sitios, rutas alternas o cuando alguna aplicación necesita que un puerto se comunique con otro.

4.3.1.2 SVC.

Son conexiones temporales que se utilizan cuando se requiere una comunicación esporádica entre dos puntos de la red. Un SVC se establece dinámicamente solo cuando una petición de conexión es requerida, lo que se conoce como establecimiento de la llamada por demanda, se transfieren los datos y luego se da por terminada la llamada cuando ya no hay más datos que transferir. También existen periodos ociosos como en los circuitos PVC pero solamente por un periodo determinado de tiempo, el SVC permanece activo.

4.3.2 Parámetros de Dimensionamiento de los PVC.

Para definir un circuito virtual además de especificar el DLCI se especifican tres parámetros referente al ancho de banda y la cantidad de tráfico que se va a transmitir por los circuitos virtuales, el CIR, Bc y Be, que se definirán a continuación. Estos parámetros son precisamente los que en conjunto con la multiplexación estadística, el bajo overhead y la ausencia de excesivos mecanismos de control de flujo dan a Frame Relay sus características de eficiencia y bajo costo.

4.3.2.1 Tasa de Información Comprometida, CIR (Committed Information Rate)

Se refiere a la tasa (en bits por segundo) a la cual la red (del proveedor de servicios) se compromete, en condiciones normales de operación, a aceptar o transmitir desde el origen al destino. Esta velocidad es promediada sobre un mínimo intervalo de tiempo. Esta tasa de información del usuario está garantizada a ser transmitida a través del enlace. Si el servicio es proporcionado por un proveedor de servicios, el usuario pagará solamente por el ancho de banda especificado por el CIR.

4.3.2.2 Ráfaga Comprometida, Bc (Committed Burst Zise)

Es la cantidad de bits transmitidos en el periodo T a la tasa CIR ($CIR = Bc/T$), en condiciones normales de operación.

4.3.2.3 Ráfaga en exceso, Be (Excess Burst Size)

Se refiere a la cantidad de bits transmitidos en el periodo T por encima de la tasa CIR. Es tráfico en exceso que el proveedor transmitirá si hay ancho de banda disponible pero no garantiza transmitir en caso de saturación en la red. Las tramas por encima de Bc y por debajo de Be son marcadas con el bit DE activo, lo cual significa que serán descartadas si es necesario.

Las tramas arriba de Be, son descartadas inmediatamente llegan al nodo de entrada. En la figura 9 se puede observar en que momento se descartan las tramas.

Precisamente esta es una de las ventajas de Frame Relay cuando el servicio es proporcionado por un proveedor, ya que el usuario pagará como ya se dijo antes solamente por el tráfico especificado por el CIR, el tráfico arriba por encima de esto es probable que se transmita si hay espacio en la red y es aquí donde el usuario obtiene el valor agregado.

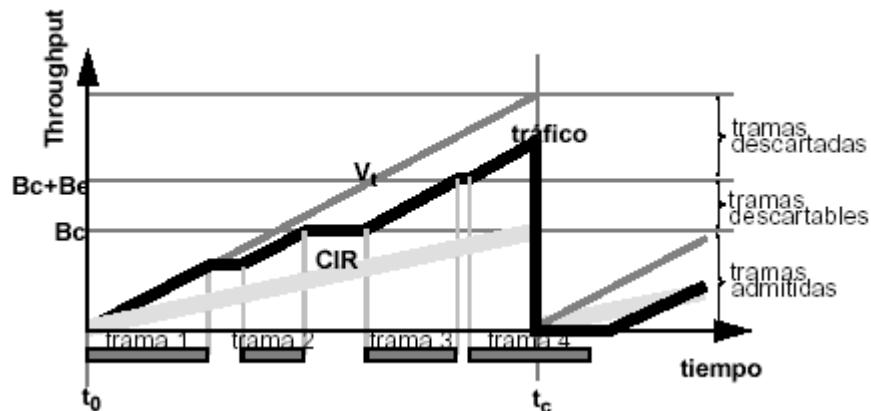


Figura. 9 Tramas descartadas

Como se menciona al inicio de este capítulo, Frame Relay no implementa ningún mecanismo de control de flujo, ni corrección de errores; se basa en la hipótesis de que la línea de transmisión está libre de errores, por lo cual básicamente deja estos dos procedimientos a los niveles superiores de los protocolos de las aplicaciones de usuario.

En este sentido Frame Relay tiene una regla básica: *si una trama tiene un error se descarta*.

Existen dos situaciones bajo las cuales las tramas se descartan:

- por detección de errores en los datos y,
- por congestión en la red.

Los errores en los datos de la trama pueden deberse a ruido en la línea, básicamente las líneas analógicas son muy propensas a ruido, aunque hoy en día este tipo de servicio

se ofrece sobre líneas digitales, con medios físicos de transmisión como fibra óptica, que está libres de interferencias electromagnéticas que producen el ruido, sin embargo, estas líneas digitales pueden tener errores por mal funcionamiento en los equipos de transmisión o interrupciones esporádicas cuando se utilizan medios de transmisión satelitales o radio enlaces. Los errores en la trama se detectan por medio del campo FCS.

La congestión en la red puede deberse a dos razones, cuando un nodo de la red reciba mas tramas de las que puede procesar o cuando un nodo envía datos a una velocidad más alta de lo que la línea permite. Generalmente los nodos o equipos terminales cuentan con una cantidad de memoria de almacenamiento adicional llamada **buffer**, existen buffers de entrada en los cuales se almacenan las tramas entrantes mientras se procesan y buffers de salida en donde las tramas esperan ser enviadas. Cuando existe congestión en un nodo, estos buffers están llenos y no pueden aceptar mas tramas, entonces estas son rechazadas.

4.3.3 Señalización.

La señalización dentro de Frame Relay esta definida en los estándares pero es opcional proveerla o no. La simplicidad del protocolo, la asunción de la calidad del medio físico y la inteligencia de las aplicaciones de usuario podrían ser condiciones, en ciertos casos, suficientes para un buen desempeño de la red, esto es, si la red esta bien dimensionada. Sin embargo, incluir estas facilidades proporcionan mejoras en el desempeño del protocolo.

Los mecanismos de señalización en Frame Relay se utilizan para brindar información a los equipos terminales y de acceso acerca de:

- Congestión en la red.
- Estado de las conexiones.
- Señalización de Circuitos Conmutados.

4.3.3.1 Gestión y Prevención de Congestión.

La trama Frame Relay contiene tres campos destinados a informar acerca de la congestión, estos son: FECN, BECN y DE. Los dispositivos Frame Relay en si no implementan ningún mecanismo propio que reduzca la congestión, solamente se encargan de notificar que ésta existe y a lo sumo descartaran algunas tramas marcadas, no hay mecanismos de control de flujo. Como se ha venido mencionando, son las aplicaciones de usuario las que deben encargarse de este problema.

En este sentido, existen dos inconvenientes, uno estriba en el hecho que esta notificación de congestión en Frame Relay es opcional y rara vez se ve implementada, por otro lado, y un poco como la causa de que estos mecanismos no se implementen, se debe a que los protocolos de redes LAN no contemplan en su diseño, el concepto de congestión, o de contemplarse, no se habilita. Además la toma de decisión y acción es, en todo caso, competencia del software de aplicación, sin embargo, el equipo de interfaz y de acceso a la red, que usualmente es un router multiprotocolo, no tiene ningún tipo de comunicación con el software de aplicación que genera el tráfico, y si tomamos en cuenta que la red descartará paquetes en caso de congestión, el protocolo de LAN responderá realizando mas retransmisiones, incrementando mas el tráfico y causando por tanto, el efecto contrario a la descongestión.

Algunos mecanismos de control de flujo que utilizan los protocolos de capa superior son por ejemplo, el sistema **Windowing** de TCP/IP, este protocolo por ejemplo puede también detectar implícitamente la congestión al detectar un incremento del tiempo de respuesta o perdida de paquetes.

Sin embargo, no existe normalización todavía que dicte que tienen que hacer los nodos y protocolos de capa superior para detectar, generar o interpretar estos campos de Frame Relay.

4.3.3.2 Los Bits FECN y BECN

Aun así, los campos para aviso de congestión existen y están definidos en la trama Frame Relay por la especificación ANSI, T1.606 y la especificación ITU-T, I.370. Una trama con el bit FECN puesto en 1, indica al equipo receptor que existe congestión en alguna parte del circuito virtual del cual proviene la trama. Si el equipo receptor recibe una trama con el bit BECN puesto en 1, indica que la ruta por donde está enviando sus tramas, esta congestionado. En ambos casos, el dispositivo de acceso a la red debe informar al protocolo de capa superior de la congestión y es éste quien debe tomar acción, iniciando el control de flujo, es decir, disminuyendo las peticiones de datos al equipo emisor (cuando el bit FECN está en 1) o reduciendo su tasa de envío (cuando el bit BECN está en 1).

4.3.3.3 El Bit DE.

Es el campo de un bit dentro de la trama Frame Relay utilizado para marcar ciertas tramas, (previamente escogidas por el tipo de aplicación) como descartables cuando sobrepasan el CIR. En caso de congestión en la red, estas tramas marcadas serán descartadas en primer lugar antes que otras que no estén marcadas. La trama se considera descartable cuando el bit está puesto en 1.

4.3.4 Acceso Físico a la Red.

Generalmente el acceso a la red se logra a través de un equipo instalado en los puntos finales, el cual sirve de interfaz entre la red del cliente y la red Frame Relay. Este equipo cuenta con varios puertos en donde se conectan por ejemplo; la red LAN (un puerto Ethernet), la central Telefónica, un teléfono o fax. A este equipo se le denomina ***Dispositivo de Acceso Frame Relay, FRAD (Frame Relay Access Device)***.

El acceso a la red Pública o enlace Frame Relay se obtiene por medio de un único puerto, generalmente una Interfaz Física V.35 (Winchester), donde se conecta un modem o un DSU/CDU, que enlaza el equipo del cliente, el VFRAD, el cual

generalmente se configura física y lógicamente como una interfaz DTE (Data Terminal Equipment), con el equipo del proveedor de servicios Frame Relay, configurado como un DCE (Data Communication Equipment).

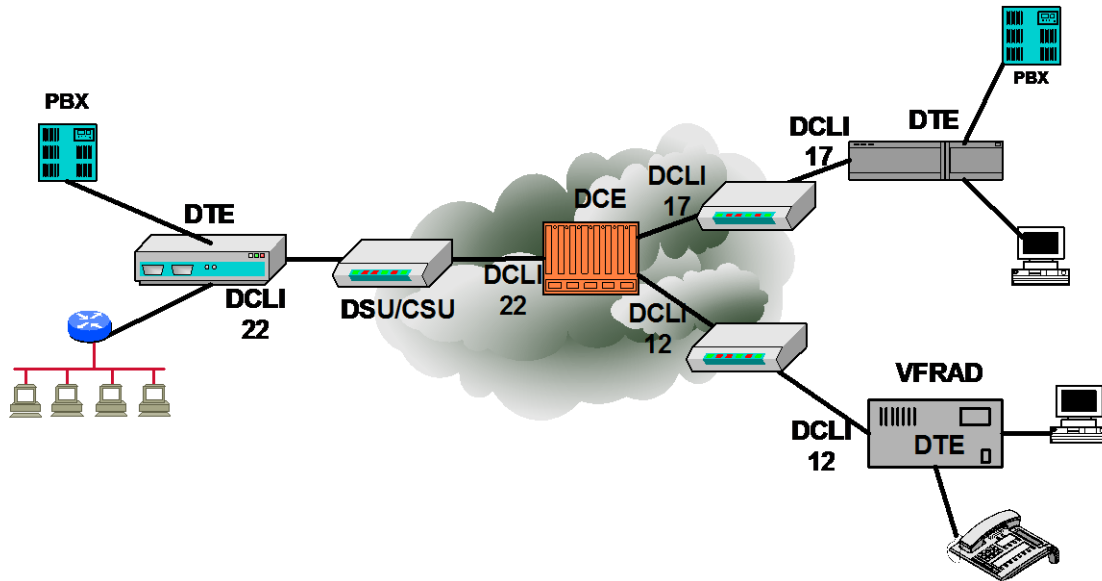


Figura 10. Ejemplo de Red Frame Relay.

4.4 RESUMEN.

Frame Relay es una tecnología muy madura, a pesar que solo tiene un poco mas de 10 años de su implementación pero sin embargo, ha tenido una aceptación muy buena de parte de proveedores de servicio y usuarios finales. Su éxito se debe en parte a su relación rendimiento-costos, su escalabilidad y que puede coexistir y transportar otros protocolos. A pesar que es un protocolo no fiable, en el sentido que puede tener pérdidas de tramas y no hará nada para recuperarlas, su comportamiento es mas predecible y ofrece una mejor eficiencia debido a su bajo overhead.

CAPITULO V

TRANSPORTE DE VOZ SOBRE FRAME RELAY

Tradicionalmente el transporte de voz y datos sobre el mismo enlace privado, se ha realizado por medio de enlaces dedicados TDM, en los cuales se asigna parte del ancho de banda total a la voz, que generalmente ha sido comprimida para ahorrar ancho de banda, que en este tipo de enlace suele ser muy costoso. Por otro lado, el ancho de banda (time slot) que se dedica a la voz, no puede ser utilizado por el tráfico de datos cuando no hay voz que transmitir y este espacio del enlace es desperdiciado. Frame Relay como se definió al inicio del capítulo utiliza la multiplexación estadística para un mejor aprovechamiento del ancho de banda disponible y cuando se transmite voz y datos sobre Frame Relay, el ancho de banda es utilizado dinámicamente, es decir, si no hay voz todo el ancho de banda puede ser utilizado por los datos y viceversa.

Algunas especificaciones para el transporte de voz se encuentran definidas en el acuerdo de implementación del **Frame Relay Forum FRF.11.1**, este acuerdo define el formato de la trama y procedimientos para el soporte de aplicaciones que incluyen tramas de voz digitalizada, multiplexación de tramas, soporte de diversos formatos de compresión, transferencia de fax, etc. Además este acuerdo define lo que se conoce como anexos donde se especifica el soporte de los diferentes codec de compresión, modulación para fax, etc. Estos anexos se detallan en el apéndice 2 de la tesis.

Al equipo que soporta una interfaz de voz se le llama VFRAD (Voice FRAD). Esta interfaz de voz puede ser un puerto con condiciones de recibir tramas de voz digitales provenientes de una tarjeta o puerto E1 de una central telefónica por ejemplo, o un puerto análogo E&M o puertos FXS/FXO a los cuales se puede conectar un teléfono o una troncal análoga.

En todo caso el equipo debe comprimir la voz para economizar ancho de banda, además si el puerto es análogo debe digitalizarse la voz antes de poder transmitirla.

5.1 ESQUEMAS DE ENCAPSULACIÓN.

Como se estudio en el capitulo 2, además de la voz propiamente dicha, existe una señalización antes, durante y después de establecer una conexión de voz entre dos sistemas telefónicos; por ejemplo, dígitos del número marcado, tonos DTMF, timbrado, detección de colgado, etc. Por lo tanto, esta señalización debe transmitirse íntegramente de un extremo a otro del enlace. Así también habrá datos modulados en la banda de voz de Fax y modems que necesitan establecer una conexión.

Debido a esto y con la finalidad de procesar y transportar distintos tipos de datos de acuerdo a su naturaleza, el Forum Frame Relay define varios esquemas de encapsulación y clasificación de tramas. A estos esquemas les llama **Sintaxis de Transferencia (Transfer Syntax)**.

Están definidas sintaxis de transferencia para los distintos algoritmos de compresión, para la marcación de dígitos DTMF, para fax, etc. A continuación se muestra un esquema a manera de ejemplo de algunas de las sintaxis de transferencia.

VOCODERS					OTROS			
G.729 CS- ACELP	G.728 LD CELP	G.723.1 MP-MLQ	G.726 G.727 ADPCM	G.711 PCM	Dígitos Marcados	Bits CAS	Transfer de Datos	Fax Relay

Cuadro 3. Ejemplos de Sintaxis de Transferencia

Por otro lado, también se clasifican las tramas de acuerdo a la naturaleza de la información que transportan y de acuerdo a esta clasificación también se les acomoda en un esquema de encapsulación determinado. Los datos con información de usuario (Payload), se clasifican en dos tipos: Información de usuario Primaria e información de usuario de señalización.

5.1.1 Información de Usuario Principal.

Esta puede ser de tres tipos:

- **Voz Codificada o Comprimida.**

Representan las tramas de voz comprimida que son encapsuladas de acuerdo al esquema de compresión que se esté utilizando en el VFRAD.

- **Datos de Fax Codificado o de Modem en la Banda de Voz.**

Son las tramas que llevan información de un fax o modem, en la banda de voz y que el VFRAD debe identificar y demodular antes de enviar esta información a través del acceso o enlace Frame Relay en forma digital. En el lado receptor el equipo debe ser capaz de identificar que estas tramas son de datos demodulados y reconstruir la señal modulada original, en lugar de tratar de reconstruir una señal de voz. Esta información también puede viajar como Información de Señalización.

- **Tramas de Datos.**

Son aquellas tramas de datos, que en este caso son transparentes al servicio de voz proporcionado por el VFRAD. Se pueden incluir aquí los mensajes de señalización de canal común (CCS: Common Channel Signalling) utilizados en sistemas como PBX`s. Aunque también estos mensajes pueden viajar como Información de Señalización.

5.1.2 Información de Señalización.

La cual se clasifica de acuerdo al tipo de información que transportan:

- **Marcación de Dígitos.**

Consiste de aquellos datos que llevan pulsos o tonos DTMF o cualquier otro dígito marcado desde el equipo conectado al puerto de voz del VFRAD. Estos dígitos son enviados durante la configuración de la llamada como los dígitos de

direccionamiento (número marcado) o después del establecimiento de la llamada como los dígitos marcados en el servicio de marcación por tonos utilizado en los sistemas de contestadora automática, **Respuesta de Voz Interactiva, IVR (Interactive Voice Response)** y otros sistemas similares.

- **Bits de Señalización (Señalización de Canal Asociado)**

Es toda información que lleva bits de toma o liberación de una conexión, marcación de pulsos, timbrado o cualquier otra información que el sistema de señalización del equipo final o de transmisión necesite enviar.

- **Indicación de Fallas.**

Consisten de aquellas señales de indicación de alarmas y fallas en un sistema.

- **Mensajes Orientados a señalización (Señalización de Canal Común).**

Son los mismos que se definieron en la sección 5.1.1 Información de Usuario Principal.

- **Fax Codificado.**

Aunque la información de fax puede ser transportada en una trama de información principal se recomienda que se transporte como información de señalización.

- **Descriptor de Información de Silencios, Silence Information Descriptor (SID)**

Son tramas utilizadas para indicar la finalización de un borbotón de palabras (varias palabras seguidas de un tiempo de silencio relativamente largo), para que se genere un ruido confortable en un extremo con el fin de que el usuario no interprete el silencio como una pérdida de conexión. Estas tramas se relacionan también con la **Activación por Voz, VAD (Voice Activity Detection)** y supresión de silencios.

5.2 SUB-TRAMAS Y MULTIPLEXACIÓN.

Una de las principales ventajas de Frame Relay es su flexibilidad y diversidad de funciones. Como se anoto al inicio de este capítulo Frame Relay puede soportar múltiples Circuitos Virtuales Permanentes, cada uno de estos PVC's pueden soportar servicios de voz. Además cada PVC esta definido por un DLCI.

Estos identificadores pueden soportar hasta 255 canales de voz y datos multiplexados en un solo DLCI.

En la figura 11 se puede observar el esquema explicativo de multiplexacion de canales o subtramas.

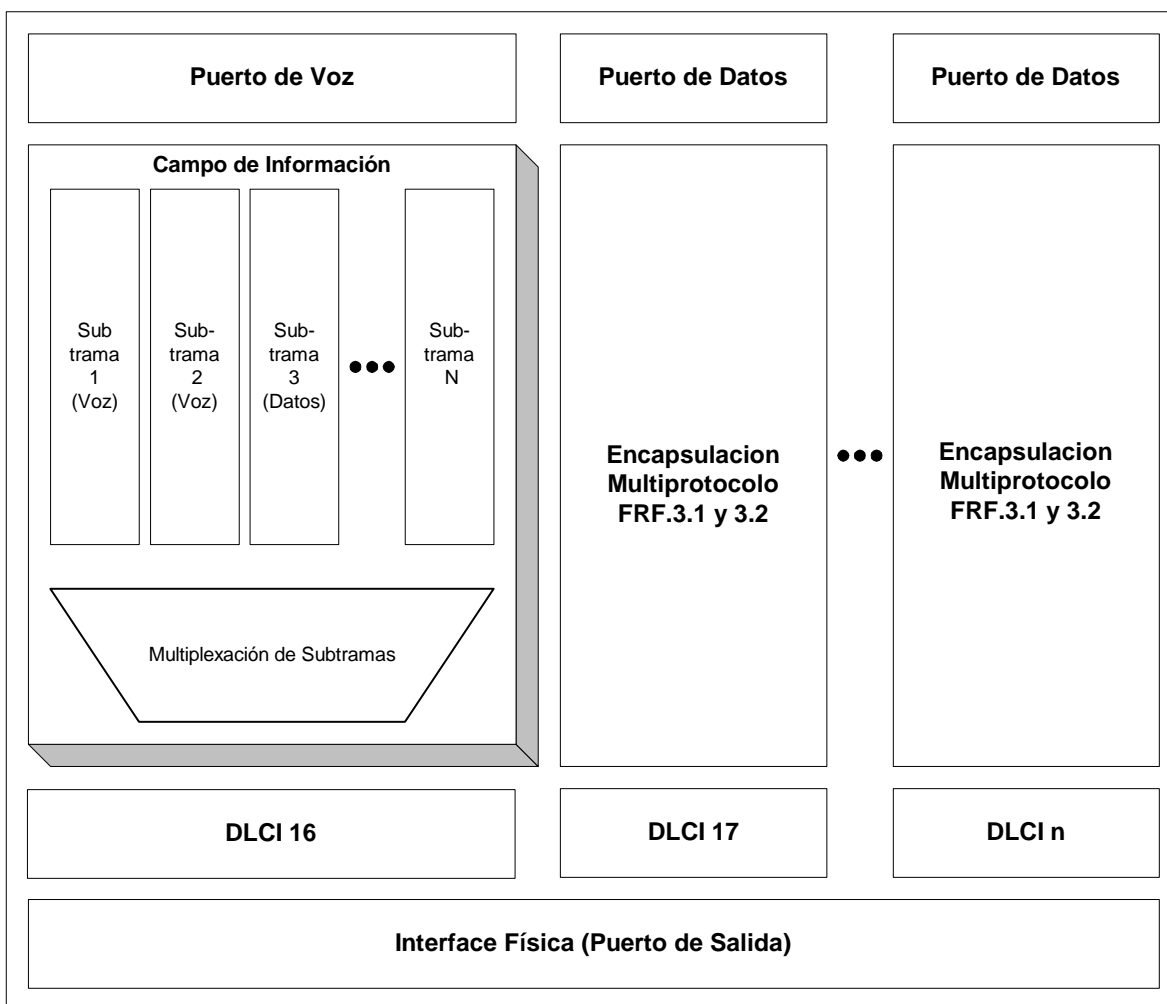


Figura 11. Multiplexación de Subtramas

En lo posterior al desarrollo de este capítulo se discutirá lo referente a la parte de proceso de la trama VoFR, no se discutirá la encapsulación multiprotocolo que corresponde específicamente al tratamiento de los datos, tal como se anoto al inicio del trabajo; se ilustra aquí y más adelante en el trabajo, solamente como referencia. Sin embargo, este tema puede ser consultado en los siguientes documentos:

- Frame Relay Forum, en los acuerdos de implementación FRF 3.1, FRF 3.2: Frame Relay Multiprotocol Encapsulation Implementation Agreement.
- Recomendaciones ITU-T X.36: Interface Between Data Terminal Equipment (DTE) And Data Circuit-Terminating Equipment (DCE) For Public Data Networks Providing Frame Relay Data Transmission Service By Dedicated Circuit; ITU-T I.555: Frame Relaying Bearer Service Interworking.
- RFC 2427, Multiprotocol Interconnect over Frame Relay.

5.2.1 Formato de la Sub-Trama VoFR

Como ya se mencionó, dentro del campo de información de la trama Frame Relay se puede colocar subtramas de voz y datos, esto mejora la eficiencia de procesamiento y de transporte de cada trama. Las subtramas serán multiplexadas durante la transmisión en el mismo orden que fueron entrando.

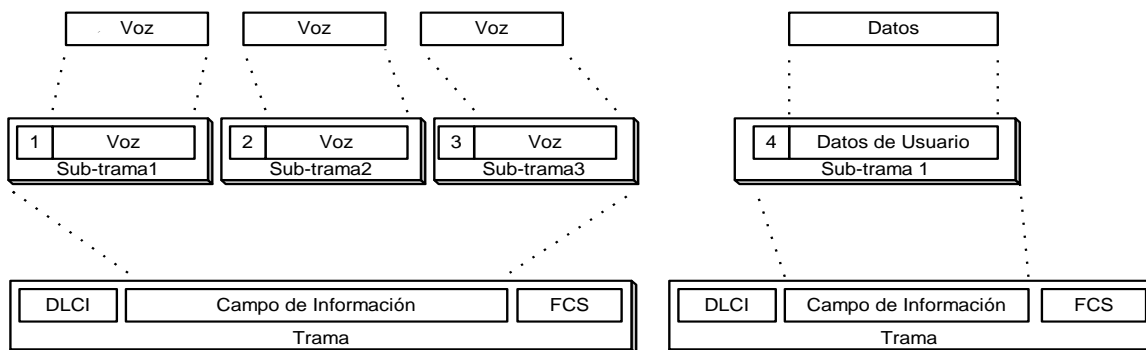


Figura 12. Inserción de Subtramas en el campo de Información de la Trama Frame Relay.

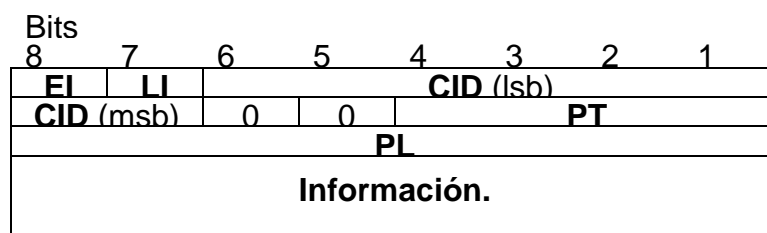
Cada subtrama contiene información de usuario (Voz o Datos) y una cabecera. Esta cabecera se utiliza para identificar la subtrama y si es requerido también, el tipo de información de la trama y su longitud.

La información de usuario puede ser primaria o de señalización. Generalmente la mayor parte de las subtramas transportan información de usuario primaria. Dentro de la cabecera de subtrama existe un campo que identifica que tipo de información es la que esta incluida. La longitud de la cabecera es variable y como mínimo es de un byte que contiene los seis bits menos significativos del identificador de subtrama mas un bit de indicación de longitud y otro de extensión.

El identificador de la subtrama o subcanal (CID), es el número que determina la secuencia de la subtrama incluida dentro de la trama. El segundo byte contiene los dos bits más significativos del identificador de subtrama y un campo de 4 bits para identificar el tipo de información que transporta la subtrama. Este segundo byte está presente solo si el bit de extensión esta puesto en 1.

El tercer byte está presente solo si el bit de indicación de longitud esta puesto en 1 y contiene la longitud de la subtrama.

En el cuadro 4 se describe el formato de la subtrama.



Cuadro 4. Formato Cabecera de Subtrama

- **Indicación de Extensión, EI (Extensión Indication):** cuando este bit esta en 1 indica la presencia de un segundo byte a continuación. Este bit debe de ponerse a 1 cuando el número del identificador de subtrama es mayor a 63 o cuando el tipo de información PT es indicada.

- **Indicación de Longitud, LI (Length Indication):** Si este bit esta puesto en 1, indica la presencia de un tercer byte que contiene el campo para la longitud de la subtrama.
Cuando hay mas de una subtrama dentro del campo de información de la trama primaria, el bit LI de la última subtrama es siempre puesto a 0. Para las subtramas precedentes a la última el bit LI esta puesto en 1.
- **Identificador de Subtrama, CID (Subchannel Identification):** Para subtramas mayores a la 63, los 6 bits menos significativos del CID son todos 1. Los números de identificación de subtrama del 00000000 al 00000011 están reservados.
- **Tipo de Información, PT (Payload Type):** este campo es utilizado para indicar el tipo de información contenida en la subtrama. Un valor de 0 en este campo (cuando el bit EI es cero), es decir, que el segundo byte no esta presente, indica siempre que la información es del tipo Primaria.

Bits				Tipo de Sintaxis de Transferencia
4	3	2	1	
=====				
0	0	0	0	Información Primaria
0	0	0	1	Dígitos Marcados (Anexo A)
0	0	1	0	Bit de Señalización (Anexo B)
0	0	1	1	Fax Relay (Anexo D)
0	1	0	0	Descriptor SID

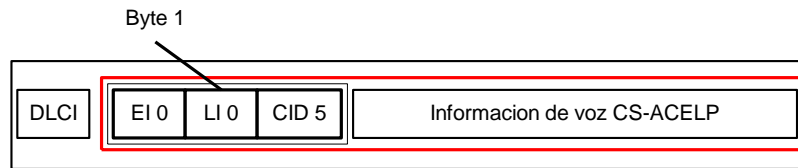
Cuadro 5. Tabla de Identificación de Tipo de Información.

Nota: Los anexos a los que se hace mención en este apartado se refieren a los anexos del acuerdo de Implementación del Frame Relay Forum FRF.11.1, los cuales se describen en el apéndice B de esta tesis.

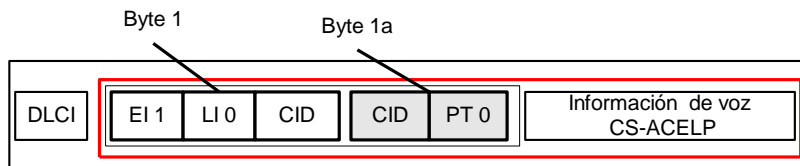
- **Longitud del campo de Información, PL (Payload Lenght):** define el número de bytes que siguen al campo de cabecera, siempre que hay mas de dos subtramas en el campo de información de la trama principal.
- **Información de Usuario (Payload):** contiene los bytes de información según el tipo de información definida en el campo PT.

En la pagina siguiente, en la figura 13 a,b,c y d; se muestran varios ejemplos de subtramas.

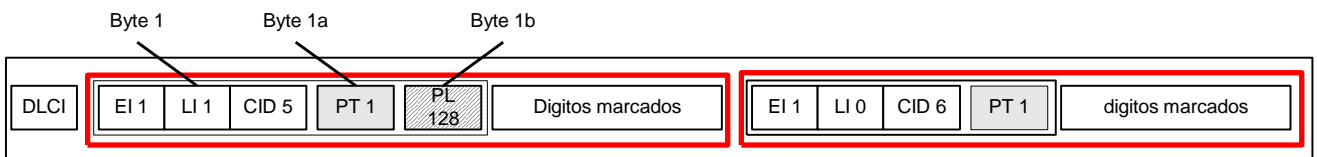
5.2.2 Ejemplos de subtramas



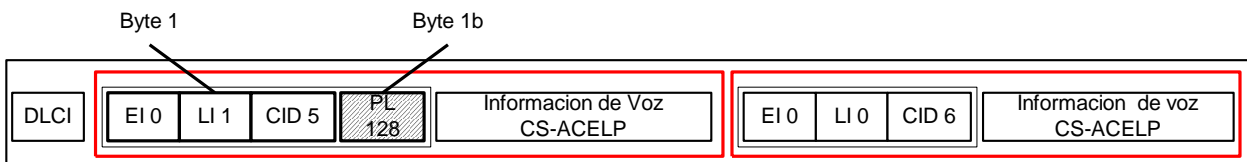
a) Trama conteniendo una subtrama de información primaria de voz. La subtrama es de baja numeración.



b) Trama conteniendo una subtrama de numeración superior a 63 y con un paquete de voz. El campo PT (tipo de información) es cero.



c) Trama conteniendo dos subtramas en donde el PT es distinto de cero y la primer subtrama tiene que incluir el tercer byte para colocar el campo PL(longitud del campo de Información).



d) Trama con dos subtramas y el campo PT igual a cero.

Figura 13. a,b,c,d. Ejemplos de Subtramas FR.

5.3 INTEROPERATIVIDAD ENTRE EQUIPOS.

La interoperatividad entre equipos de distintos fabricantes debe garantizarse sino de otra forma Frame Relay no tendría el éxito actual como protocolo de red WAN. Para que dos equipos de distintos fabricantes puedan operar sin problemas deben por lo menos algunas de las más comunes Sintaxis de Transferencia. En base a estas definiciones de Sintaxis los equipos se clasifican en dos clases:

5.3.1 Dispositivos Clase 1

Equipos para conexiones de alta velocidad que requieren de mecanismos de compresión escalables y eficientes como por ejemplo ADPCM. Deben cumplir o soportar las siguientes características:

- Formato de trama.
 - Soporte del formato de trama descrito en la sección anterior.
 - Recepción de tramas opcionales puede ser descartada.

- Tipo de Información Primaria.
 - Soporte del algoritmo de compresión G.727 (EADPCM), descrito en el anexo F del FRF.11.1 es obligatorio. El soporte de los otros vocoders descritos en este anexo como G.711 (PCM) y G.726 (ADPCM), es opcional.
 - La transmisión a 32 Kbps es obligatoria.
 - Soporte de velocidades de recepción de 32 Kbps, 24 Kbps y 16 Kbps es obligatorio.
 - Soporte de otras sintaxis de transferencia para información primaria como FAX, es opcional.

- Tipo de Información de señalización.
 - Soporte para información de señalización de marcación de dígitos, es opcional.
 - Soporte para información de bits de señalización para CAS es obligatorio.
 - Soporte para señalización de Fax codificado, es opcional.

5.3.2 Dispositivos Clase 2.

Son los equipos que utilizan conexiones de menor velocidad y que por lo tanto necesitan algoritmos de compresión de voz de baja velocidad. Deben soportar las siguientes características:

- Formato de Trama.
 - Soporte del formato de trama descrito en la sección anterior.
 - Recepción de tramas opcionales puede ser descartada.

- Tipo de Información Primaria.
 - Soporte de los algoritmos de compresión G.729 (CS-ACELP), Anexo E o G.729A es obligatorio.
 - Soporte de otras sintaxis de transferencia para información primaria como FAX, es opcional.

- Tipo de Información de señalización.
 - Soporte para información de señalización de marcación de dígitos, es obligatorio.
 - Soporte para información de bits de señalización para CAS es obligatorio.
 - Soporte para señalización de Fax codificado, es opcional.

A continuación se estudiará lo referente a algunas de las técnicas propias de Frame Relay, para realizar un manejo eficiente de las tramas de voz, cuando se presentan

problemas al compartir el medio con las tramas de datos. Los mecanismos generales de Calidad de Servicio, QoS y otros métodos como gestión de colas, se describirán en un capítulo dedicado solamente a la calidad de servicio, ya que algunas de estas técnicas también son implementadas en redes IP. Por el momento solo se describirán las técnicas propias de Frame Relay, establecidas en el acuerdo de implementación del Frame Relay Forum.

5.4 PROBLEMAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE VoFR.

Como ya se describió en el capítulo de Integración de Voz y Datos, existen varios problemas al momento de pasar voz sobre las redes de datos, generados casi siempre por problemas de latencia, ancho de banda y por la naturaleza misma de la voz, que es un tráfico en tiempo real y muy sensible al retraso. A continuación se estudiará como en Frame Relay se implementan mecanismos para minimizar estos inconvenientes.

5.4.1 Retraso, Fluctuación de fase y Latencia.

Uno de los primeros inconvenientes con los cuales hay que lidiar para lograr una calidad de voz aceptable y prometedora para el usuario, es el *retraso*. Existe un retraso casi fijo o promedio de extremo a extremo, que depende del proceso de codificación, decodificación y compresión, así como del número de saltos o conmutadores entre un sitio y otro, en redes privadas que no pasan por la red pública este efecto es menos problemático, ya que se tienen enlaces dedicados punto a punto y solamente el tráfico de un solo grupo de usuarios o empresa se transmite sobre el enlace. Por otro lado, se tiene un retraso variable llamado fluctuación de fase o **Jitter**, que es definido como la variación en los tiempos de llegada entre un paquete y otro consecutivo. Este retraso variable es generado por factores como la congestión en la red, las ráfagas de datos de alguna aplicación, que en un momento dado pueden acaparar el puerto de salida y el ancho de banda, las tramas o paquetes de datos demasiado grandes que pueden

hacer esperar mas tiempo a las tramas de voz, entre otros. La suma del retraso promedio y el retraso variable se llama **latencia**.

La fluctuación de fase y en general la latencia, produce una conversación de voz de mala calidad, palabras entrecortadas, calidad de voz variable, ruido o siseo en las conversaciones, debido a que algunos equipos reproducen el ultimo paquete, cuando pasa un tiempo determinado sin recibir el siguiente consecutivo.

Para minimizar el efecto producido por la fluctuación de fase, algunos fabricantes de equipo incorporan una memoria intermedia o “**Buffer**” en la cual los paquetes entrantes se almacenan hasta que los siguientes paquetes consecutivos llegan, para enviarlos uno tras otro con un tiempo fijo entre ellos y en el orden correcto. La cantidad de tiempo que se espera para enviar los paquetes es la medida del Buffer, generalmente esta dado en milisegundos. Sin embargo, este tiempo del Buffer también aumenta la latencia, sobre todo si esta mal configurado y si este tiempo es mayor que el tiempo del retraso promedio de extremo a extremo, también si el tiempo del buffer es demasiado pequeño podría no ayudar al problema inicial, además las condiciones de la red cambian constantemente, sobre todo si es una red compartida.

Por esta razón, equipos mas nuevos utilizan un buffer dinámico que está permanentemente monitoreando los retardos variables de la red y de acuerdo a ello, ajustando su tiempo de cola o espera. Estos Buffer se utilizan en conjunto con algunas técnicas de medición, control y formación de tráfico que se describirán en el capitulo de Calidad de Servicio como FRTS (Frame Relay Traffic Shape).

5.4.2 Prioritización.

Como ya se menciona antes, el tráfico de voz es muy sensible al retraso, entonces, para minimizar el retardo promedio y variable, y mejorar la calidad de voz en Frame Relay se implementa la aplicación de prioritización de tramas.

Este mecanismo consiste en dar mayor prioridad a las tramas que transportan voz y fax que a las que transportan datos. Como la longitud de las tramas de voz generalmente son mas cortas que las de datos, por ejemplo, la longitud de una trama de voz se encuentra entre 30 y 100 Bytes, en cambio las tramas de datos usualmente oscilan entre 100 y 1,500 Bytes, por lo que estas ultimas pueden monopolizar los puertos de salida y originar problemas serios con la voz.

Por el contrario, las aplicaciones de datos como correos electrónicos, aplicaciones gráficas, etc., son mas tolerantes con el retraso y no se generará mayor inconveniente al mantener los paquetes de datos esperando en un buffer mientras los paquetes de voz se envían. Usualmente, dependiendo del fabricante, se implementan reglas de Prioritización como por ejemplo, enviar entre cada paquete de voz, no mas de dos paquetes de datos, como se puede observar en la figura 14. En este caso, el VFRAD esta en todo momento monitoreando el puerto de voz, donde usualmente se encuentra una interfaz E1 o T1 a una PBX o una interfaz FXO-FXS a un teléfono, y da prioridad a este tráfico sobre el tráfico del puerto Ethernet por ejemplo. Esto contribuye a evitar el jitter que desmejoraría el

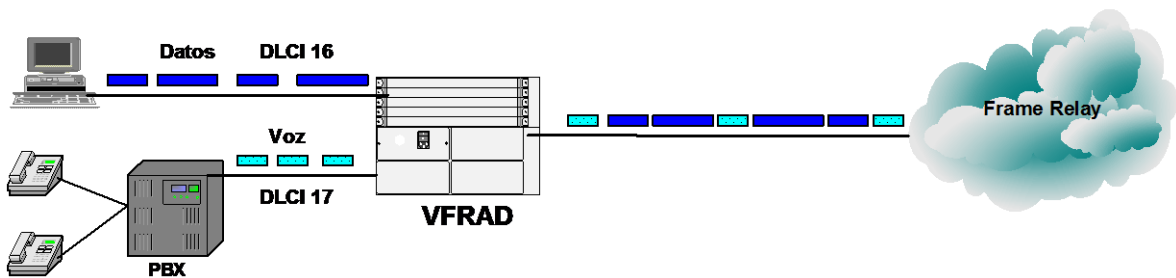


Figura 14. Priorización de tramas de Voz

5.4.3 Fragmentación.

Aun cuando se aplique priorización de tramas, algunos paquetes de datos son muy largos comparados con los de voz y fax, de modo que todavía es posible tener serios problemas con el retardo variable o jitter, que se verán reflejados como una calidad de voz variable, llamadas que no conectan, cortes en la voz, etc. Por tal razón, se implementa la Fragmentación de datos, e inclusive de voz, que consiste en dividir los paquetes demasiado grandes que entran a los puertos del VFRAD en paquetes mas pequeños, los cuales serán multiplexados a la salida, tratando así de evitar el problema que las tramas de las aplicaciones sensibles al retraso, como la voz, tengan que esperar tiempos muy largos por tramas demasiado grandes que están siendo transmitidas en ese momento.

El acuerdo de implementación **FRF.12** detalla el procedimiento y formato de la trama en caso de Fragmentación.

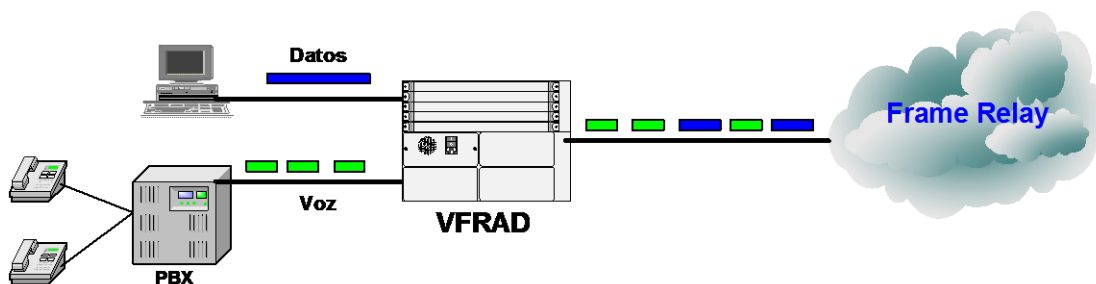


Figura 15. Fragmentación de datos en un VFRAD

Existen tres tipos de fragmentación de datos dependiendo del punto donde se generan y se reensamblan las tramas, estos diferentes tipos se describen a continuación

5.4.3.1 Fragmentación de usuario a Red.

La fragmentación de Usuario a Red, (UNI: User to Network Interface), se genera entre el equipo del usuario (el VFRAD), comúnmente configurado como una interfaz DTE, y el equipo de red del proveedor propiamente dicho, generalmente configurado como una interfaz DCE.

Esta es una fragmentación local ya que se da entre las interfaces físicas de los equipos del mismo nodo. El VFRAD fragmenta y el equipo de acceso del lado del proveedor, reensambla las tramas de nuevo. Este tipo de fragmentación es útil en cualquiera de estos tres casos: cuando los equipos terminales VFRAD en los extremos de un circuito virtual no pueden implementar fragmentación punto a punto, cuando las velocidades de los equipos DTE en los extremos, son diferentes, y sobre todo, cuando las velocidades de acceso a la red son muy bajas.

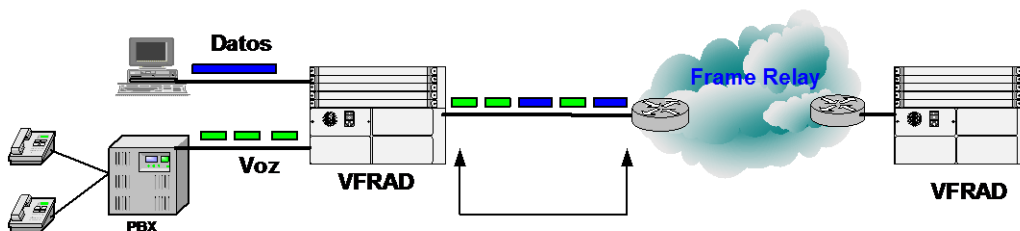


Figura 16. Fragmentación de Usuario a Red. UNI.

5.4.3.2 Fragmentación de Red a Red.

La fragmentación de Red a Red, (NNI: Network to Network Interface) es utilizada cuando se conectan dos redes Frame Relay, a nivel del proveedor de servicios, y este enlace entre las dos redes es de baja velocidad. La fragmentación se da entre dos equipos DCE.

Esta fragmentación permite multiplexar tráfico sensible al retraso de distintos PVC o SVC a través de una sola interfaz entre redes.

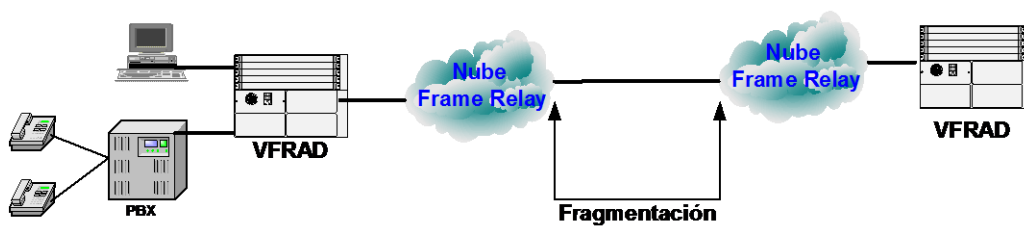


Figura 17. Fragmentación de Red a Red. NNI.

5.4.3.3 Fragmentación punto a punto.

Al contrario de los dos tipos de fragmentación anteriores, que pueden utilizarse tanto en PVC's como en SVC's, la fragmentación punto a punto (End to End), solo se define para PVC's. La fragmentación es entre dos equipos o interfaces DTE y es transparente a la red Frame Relay, ya que el proceso de fragmentación y reensamblaje de las tramas, se da en los extremos.

Se utiliza este tipo de fragmentación, cuando se intercambia tráfico sensible al retraso en enlaces de baja velocidad y una o ambas de las interfaces de Usuario a Red (UNI) no soportan fragmentación, o cuando los VFRAD están en redes diferentes y la interfaz NNI es de baja velocidad y no soporta fragmentación.

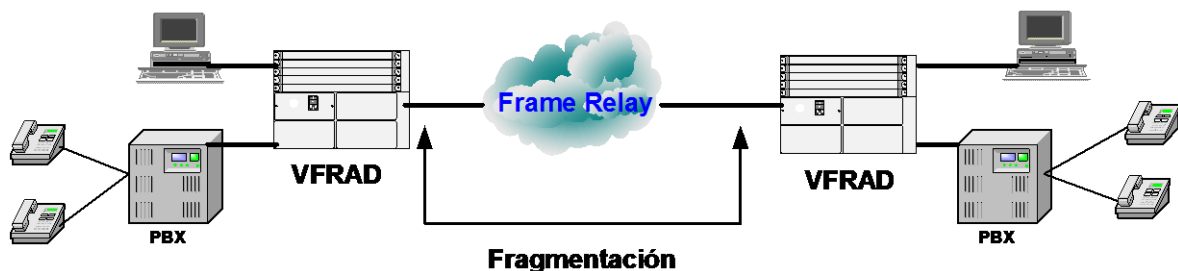


Figura 18. Fragmentación Punto a Punto.

5.4.3.4 Formato de Trama Fragmentada.

Existen dos formatos de trama fragmentada, uno para la fragmentación de Usuario a red (UNI) y Red a Red (NNI) y otro para la fragmentación Punto a Punto. A continuación de detalla cada uno de ellos:

Bits	8	7	6	5	4	3	2	1
Encabezado de Fragmentación	B	E	C	Secuencia (MSB)			1	
	Secuencia (LSB)							
Encabezado Frame Relay	DLCI (MSB)					C/R	0	
	DLCI (LSB)			F	B	DE	1	
Información Fragmentada								
FCS (Dos Bytes)								

Cuadro 6. Formato Trama Fragmentada para UNI y NNI

Campos:

- **Bit B (Beginning):** Bit de Inicio de Fragmento. Es un campo de un bit que se utiliza para señalar el primer fragmento en que se ha dividido la trama original. Este bit esta puesto al valor de 1 para el primer fragmento y en 0 para los demás fragmentos de la misma trama.
- **Bit E (Ending):** Bit de Finalización de Fragmento: Es un campo de un bit utilizado para señalar el ultimo fragmento en que se ha dividido la trama original. Este bit esta puesto al valor de 1 para el ultimo fragmento y en 0 para los fragmentos anteriores de la misma trama.
- **Bit C (Control):** Este es un campo de un bit cuyo valor es 0 para todos los fragmentos. Esta reservado para aplicaciones futuras de control.

- **Secuencia:** este es un campo de 12 bits utilizado para llevar una secuencia de los fragmentos transmitidos en un circuito virtual. Este número se va incrementando por cada fragmento. En cada Circuito Virtual se lleva una secuencia independiente de los fragmentos que se transmiten.
- **FCS :** Al igual que en la trama original se lleva una comprobación de redundancia cíclica para comprobar la integridad del fragmento.

En el encabezado de fragmentación el bit menos significativo del primer byte esta puesto siempre al valor de 1, con el propósito de diferenciar el encabezado de fragmentación del encabezado de la trama Frame Relay.

Este mecanismo de señalización permite detectar si ha habido una perdida o error de configuración en cualquiera de los puntos, ya que ambos extremos del circuito virtual se deben configurar idénticos en cuanto a si utilizara o no fragmentación. Si uno de los extremos recibe tramas con el encabezado de fragmentación y este no ha sido configurado para tal propósito, la trama será descartada. Igualmente sucederá si uno de los extremos del circuito se configura para procesar tramas fragmentadas y recibe tramas sin el encabezado correspondiente.

Bits	8	7	6	5	4	3	2	1
Encabezado Frame Relay	DLCI (MSB)						C/R	0
	DLCI (LSB)				F	B	DE	1
UI (0x03)	0	0	0	0	0	0	1	1
NLPID (0xB1)	1	0	1	1	0	0	0	1
Encabezado de Fragmentación	B	E	C	Secuencia (MSB)			0	
	Secuencia (LSB)							
	Información Fragmentada							
	FCS (Dos Bytes)							

Cuadro 7. Formato de Trama Fragmentada Punto a Punto.

Este formato se diferencia del primero en que el encabezado de fragmentación va a continuación del encabezado multiprotocolo, en donde se asigna el valor hexadecimal

B1, al campo de identificación de protocolo de red (NLPID), para identificar la trama como fragmentada. Estos dos valores se definen en el documento FRF 3.1 y FRF 3.2, que tratan la encapsulación multiprotocolo.

Los campos B, E, C, secuencia y FCS tienen el mismo significado que el formato anterior.

Los dos formatos que se acaban de estudiar son específicamente para tramas de datos, sin embargo, una trama de VoFR puede transportar subtramas de datos como se estudió en la sección 5.2

En el anexo C del acuerdo de implementación FRF.11.1 se define el soporte de fragmentación de datos, encapsulados como subtrama de datos en el campo de información de usuario en un circuito VoFR. En este caso, cada fragmento es precedido por una cabecera VoFR que identifica la subtrama como información de usuario Primaria o principal. Este anexo está descrito en el apéndice B.

5.4.3.5 Procedimiento de Fragmentación y reensamble de tramas.

El procedimiento de fragmentación y posterior reensamble de las tramas es idéntico para los dos formatos descritos anteriormente. El procedimiento es el siguiente:

Cuando se ha definido en el equipo o nodo que se va a utilizar fragmentación, la trama que llega es dividida en varios fragmentos, removiendo primero las banderas de inicio y final de trama, así como el campo FCS original; a cada fragmento se le incluye los dos bytes de dirección de la trama original y los bits de información de congestión FECN, BECN y DE.

Los fragmentos conteniendo los bytes de información son enviados en el mismo orden y secuencia que fueron recibidos, a cada fragmento se le asigna un número de secuencia que es incrementado en uno por cada fragmento generado.

Cada circuito virtual utiliza un número de secuencia distinto e independiente de los otros circuitos, de esta forma se pueden intercalar o multiplexar varios circuitos virtuales en una interfaz sin problemas que los fragmentos que llegan al destino sean confundidos

y logrando así, el propósito buscado de intercalar tramas de aplicaciones sensibles al retraso, con tramas mas pequeñas (fragmentos) que de otra forma monopolizarían el puerto o interfaz de salida.

El primer fragmento de una serie o secuencia, tiene siempre el bit B puesto en el valor de 1, y al valor de cero en los fragmentos restantes. El ultimo fragmento de la secuencia tiene el bit E puesto al valor de 1 y 0 en los fragmentos anteriores.

Si la trama que esta siendo fragmentada es una trama multiprotocolo, los bytes de control UI y NLPID se incluyen solamente en el primer fragmento.

El procedimiento de reensamblaje de los fragmentos recibidos se lleva a cabo en el lado del receptor si todos los números de secuencia de los fragmentos son recibidos, el receptor lleva una cuenta de la secuencia de los fragmentos de una trama a partir de que recibe un fragmento con el bit B puesto en 1, cuando llega un fragmento con el bit E puesto en 1, determina que es el ultimo de la secuencia y reensambla la trama original.

Cuando una secuencia en un circuito virtual no está completa, lo cual significa que ha ocurrido una perdida de fragmentos, el receptor descarta todas las tramas fragmentadas recibidas previamente y las siguientes que llegaran dentro de esa secuencia para ese circuito virtual. El receptor seguirá descartando las tramas fragmentadas hasta que vuelva a recibir de nuevo una trama con el bit B puesto a 1.

La perdida de fragmentos puede deberse a errores en el medio de transmisión o a que los buffer de salida o entrada estén llenos.

Los acuerdos de implementación Frame Relay no definen un tamaño especifico de fragmento de trama, este es configurado en el transmisor y debe ser idéntico en el lado receptor. El tamaño de fragmento o trama dependerá de consideraciones como velocidades de acceso o línea en ambos extremos del circuito virtual, de los requerimientos de retraso, de las aplicaciones, etc. Sin embargo, el receptor debe de tener la capacidad de ensamblar fragmentos de trama hasta de 1600 bytes.

5.5 RESUMEN.

El desarrollo de estándares y acuerdos para el soporte de voz han hecho que esta tecnología se desenvuelva muy bien sobre los enlaces privados de buena calidad, es decir, con enlaces limpios donde el promedio de errores es muy bajo.

Los mecanismos sobre todo de fragmentación y priorización sumados a su bajo overhead hacen de VoFR un protocolo muy eficiente en el transporte de voz. Así mismo, la mayoría de operadores del país ofrecen enlaces Frame Relay, lo que hace muy factible que las empresas tomen en cuenta este protocolo para transportar sus circuitos de voz y lograr así ahorros significativos en las llamadas internacionales a sus oficinas en otros países o sucursales a través del país.

CAPITULO VI

INTRODUCCIÓN AL PROTOCOLO IP.

Las redes IP son hoy en día, una de las mas difundidas en todo el mundo, utilizadas tanto en redes de área local como en redes de área extensa, Internet, Intranet, etc. IP tuvo su origen en la transmisión de datos, pero es en esta tecnología donde mas esfuerzos hacia la integración de voz y datos se han hecho, se han definido normas para este fin, los fabricantes de hardware, ahora incorporan en sus equipos el soporte para VoIP y nuevas aplicaciones se han desarrollado para esta nueva tecnología.

Es de aclarar, que cuando se habla de *“Tecnología IP”*, se hace referencia de manera general a un conjunto de protocolos que conforman lo que conocemos hoy en día como red IP. De la misma forma, cuando se habla de VoIP deberíamos entender este termino como un conjunto de protocolos y estándares que interrelacionan entre si para transportar voz desde un punto a otro sobre redes IP. Estos protocolos y estándares han sido desarrollados por distintos grupos sobre la base del protocolo IP, del cual el estándar VoIP toma su nombre.

Dos protocolos de los más escuchados en el caló de redes son: **Protocolo de Control de Transporte (TCP: Transport Control Protocol)** y el **Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP: User Datagram Protocol)**.

Estos dos protocolos realizan parte del trabajo en VoIP pero como se ha explicado en los capítulos anteriores, la voz por su naturaleza, no soporta los retrasos y procesos largos que algunos de estos protocolos como TCP implementan, sin embargo, existen también dentro del stack de protocolos IP, otros que intentan proporcionar servicios en tiempo real sobre IP como son: **RTP (Real Time Transport Protocol)**, **RTCP (Real Time Control Protocol)**, desarrollados por el IETF (Internet Engineering Task Force), así como los protocolos **RSVP (Resource Reservation Protocol)** y **RTSP (Real Time Streaming Protocol)**.

Existe también otro estándar que se ha utilizado ampliamente para el transporte de tráfico multimedia, entendiendo este termino como datos, voz y video. Este estándar fue desarrollado originalmente para aplicaciones de conferencia multimedia para redes LAN. El estándar se llama **H.323** y fue aprobado en 1996 por la ITU, con el nombre de *“Sistemas de telefonía visual sobre redes de área local sin garantías de calidad de servicio”*. Posteriormente en 1998 se aprobó la versión 2 del estándar con el nombre *“Sistemas de comunicaciones multimedia basados en redes de paquetes”*, el cual mantiene hasta la fecha. En noviembre de 2000 se aprobó la versión 4.

Sobre este estándar se han desarrollado múltiples aplicaciones y distintos grupos como el IETF y el ITU-T han llegado a un acuerdo para que sea H.323 la base para lograr una interoperatividad entre los distintos equipos y aplicaciones sobre redes basadas en IP.

Al igual que en el caso de Frame Relay, existen problemas a solventar para el transporte de la voz en IP, algunos de estos son: retrasos, calidad de voz recibida, congestión, pérdida de paquetes, etc., para los cuales se tienen que implementar mecanismos como la compresión, la calidad de servicio, lograr retardos mínimos y de preferencia retardos diferenciales (jitter) nulos, así como definir prioridades dentro de los paquetes.

En este capítulo se abordaran estos temas y otros para aclarar los mecanismos utilizados por IP para el transporte de la voz, y al igual que el apartado sobre Frame Relay, se dará primero una introducción a las generalidades del protocolo, para luego pasar de lleno a la tecnología de voz sobre IP.

6.1 GENERALIDADES DEL PROTOCOLO IP

El Protocolo Internet es parte del grupo de protocolos que forman la arquitectura TCP/IP, que tuvo sus inicios en la red de comunicaciones militar del gobierno de los estados unidos conocida como **ARPANET**. Hoy en día, es una de las arquitecturas mas utilizadas a nivel mundial, en parte debido a la expansión que ha tenido la Internet.

Para poder explicar como trabajan y se interrelacionan los diferentes protocolos de TCP/IP se utilizara un modelo similar al modelo de referencia OSI. Aunque no existe un modelo oficial para IP algunos autores utilizan 4 o 5 capas para el modelo de explicación. Aquí utilizaremos el modelo de 5 capas, el cual se muestra a continuación.

Aplicación	FTP, TELNET, SNMP, SMTP, HTTP, ETC.			APLICACIÓN
Presentación	TCP, UDP			TRANSPORTE
Sesión				
Transporte	PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO	IP	ICMP	RED
Red	ARP, RARP	ATM, FR, ETHERNET, PPP, ETC		ENLACE
Enlace	RS-232, V.35, RS-449, ETC.			FISICA
Física				

OSI

Cuadro 8. Modelo de capas TCP/IP

Si se hace la comparación con el modelo OSI, las capas de aplicación, presentación y sesión de este modelo, se convierten en una sola capa llamada simplemente capa de Aplicación.

TCP y UDP son protocolos de capa 4, es decir, Transporte y la capa de Red es donde se ubica el protocolo IP, llamada también Capa Internet, aquí también se ubican otros protocolos de enrutamiento como OSPF, IGRP, BGP, etc.

Algunos autores unen las capas de red y física en una sola llamada de Subred. A nivel de la capa de enlace trabajan los protocolos, conocidos como protocolos de capa 2 como Frame Relay, ATM, algunas funciones de Ethernet.

El protocolo TCP/IP tiene entre sus funciones principales el direccionamiento de los datagramas de información y la administración del proceso de fragmentación de estos datagramas, que son unidades de transferencia de información.

IP es un protocolo *no orientado a conexión*, lo cual quiere decir que no necesita establecer primero una conexión entre el transmisor y el receptor como es el caso de una llamada telefónica o una conexión punto a punto (**PPP: Point to Point Protocol**), en donde primero se conectan ambos extremos antes de iniciar la transferencia de información.

Tampoco se encarga del control de flujo ni corrección de errores, IP simplemente direcciona y envía los datagramas a la capa superior quien debe encargarse de estos problemas. Es decir, que IP no garantiza la entrega del datagrama y este puede retrasarse, perderse, duplicarse o inclusive fragmentar o ensamblar mal. Por otro lado, la suma de verificación de IP es solamente para el encabezado y no para los datos del datagrama.

En este sentido, a IP se le conoce como un *protocolo no fiable* y de mínimo esfuerzo (best effort). En resumen las características del protocolo IP son:

- No orientado a conexión.
- No Fiable, sin control de flujo ni corrección de errores.
- No garantiza la entrega de los datagramas.

6.2 DATAGRAMA IP

Aunque IP no impone un tamaño máximo de datagrama, este no podrá superar los 65,535 bytes; sin embargo este valor por lo general es mucho menor que esto y establece que todas las redes deberían ser capaces de procesar al menos 576 bytes.

En su lugar, IP puede fragmentar y re-ensamblar los datagramas, los fragmentos de datagrama tienen todos una cabecera copiada del datagrama original y de los datos que le siguen; sin embargo, si uno de los fragmentos se pierde, los fragmentos restantes se descartan o se consideran perdidos también, y por tanto el datagrama completo se pierde.

----- 32 Bytes -----			
Version	IHL	Tipo de Servicio	Longitud Total
Identificación		Flags	Compensación de Fragmentos
TTL	Protocolo	Header Checksum	
Dirección de Origen			
Dirección de Destino			
Opciones + Relleno			
Datos (Longitud Variable)			

Cuadro 9. Campos del Datagrama IP

A continuación se describen los campos del datagrama IP:

- **Versión:** Este campo de cuatro bits identifica la versión del protocolo IP que se está utilizando. Actualmente se utiliza la versión 4, sin embargo, la versión 5 fue puramente experimental y la versión 6 ya fue definida, se conoce como **IPng (Internet Protocol Next Generation)**. Cuya principal característica es que contará con direccionamiento a 128 bit en lugar de los 32 actuales.
- **IHL:** Es el campo de 4 bits que define la longitud de la cabecera IP, medida en palabras de 32 bytes. Por lo general la cabecera tiene 20 bytes, es decir, que el valor mas usual de este campo es de 5. Este valor no incluye el campo de datos.

- **Tipo de Servicio:** se utiliza para indicar el tipo de servicio solicitado para el datagrama, por el protocolo de capa superior. Se pueden asignar distintos tipos de calidad de servicio (QoS). Este campo es de 8 bits, los cuales especifican tres campos adicionales, según el siguiente cuadro:

0 1 2 3 4 5 6 7

Precedencia	TOS	MBZ
-------------	-----	-----

En donde:

Precedencia es la medida de la naturaleza y prioridad o importancia relativa del datagrama, y puede tener los siguientes valores:

000	Rutina
001	Prioridad
010	Inmediato
011	Flash
100	Flash Override
101	Crítico
110	Control de Red (Internetnetwork Control)
111	Control de Red (Network Control)

El valor de 7 tiene la precedencia mas alta y el valor cero (rutina), la mas baja. Este sub-campo puede ser utilizado para implementar mecanismos de control de flujo y congestión en una red, que ayuden a tomar decisiones como descartar datagramas en caso de congestión. Este campo se utilizado por algunos métodos de gestión de cola, lo cual se verá mas adelante.

El sub-campo TOS (*Type of Service*) de 4 bits tienen los siguientes valores posibles:

1000	Minimizar Retardo
0100	Maximizar Densidad de Flujo
0010	Maximizar la fiabilidad
0001	Minimizar el coste monetario
0000	Servicio Normal

El sub-campo MBZ esté reservado para usos futuros, por lo que su valor es siempre cero.

- **Longitud Total:** Especifica la longitud total del datagrama comprendida por la cabecera y los datos, especificada en bytes. Es un campo de 16 bits.
- **Identificación:** Es el número que asigna el emisor cuando hay fragmentación, de tal manera que el receptor pueda re-ensamblar de nuevo el datagrama original. Todos los fragmentos de un datagrama tendrán el mismo número único de identificación. Este es un campo de 16 bits.
- **Flags:** Este campo de 3 bits se utiliza para indicar si el datagrama puede ser fragmentado, si ya está fragmentado y en ese caso, si el fragmento es el último. Es un campo de control de fragmentación.

La función de cada bit es la siguiente:

0 1 2 bits

0	DF	MF
---	----	----

Donde: el primer bit es un campo reservado y siempre tiene el valor de cero. DF (Don't Fragment), indica si se permite o no la fragmentación, con cero en este campo, hay fragmentación si el campo es 1, la fragmentación no es permitida.

El campo MF (More Fragments) indica si se trata del último fragmento del datagrama si el valor es 0 y que no es el último si su valor es 1.

- **Compensación de Fragmentos:** Es un campo de 12 bits que se utiliza con datagramas fragmentados para determinar la posición relativa del fragmento en el datagrama original. El primer o único fragmento siempre tiene el valor de cero. Los valores son medidos en unidades de 8 bytes.
- **TTL:** Time To Live, es un parámetro que especifica el tiempo que se le permite viajar al datagrama. Pero en realidad se convierte en una medida del número de saltos que el datagrama viaja en la red (cada router o nodo es considerado un salto). El protocolo de alto nivel que genera el datagrama fija un número determinado y cada vez que atraviesa un router, este debe disminuir en uno el número TTL. Cuando este valor alcanza el valor de cero, el datagrama se desecha. Este mecanismo impide que el datagrama se quede en un bucle sin fin. Este es un campo de 8 bits.
- **Protocolo:** Este campo de 8 bits se utiliza para especificar el protocolo de alto nivel arriba de IP, al cual se debe entregar el datagrama en el nodo receptor. A continuación se presentan algunos valores relevantes que puede tomar este campo.
 - 0- Reservado.
 - 1- ICMP (Internet Control Message Protocol)
 - 2- IGMP (Internet Group Management Protocol)
 - 3- GGP (Gateway to Gateway Protocol)
 - 4- IP (IP Encapsulation)
 - 5- Flujo (Stream)
 - 6- TCP (Transmission Control Protocol)
 - 8- EGP (Exterior Gateway Protocol)
 - 9- PIRP (Private Interior Routing Protocol)
 - 17- UDP (User Datagram Protocol)
 - 89- OSPF (Open Shortest Path First)

La lista completa se encuentra en el documento STD 2 “Números asignados de Internet”.

- **Header Checksum:** Suma de Comprobación de cabecera. Se utiliza para determinar si hay algún error en la cabecera del datagrama. El valor se calcula en el emisor como la suma del complemento a uno de todos los datos de la cabecera tomados como una secuencia de palabras de 16 bits, este valor se coloca en este campo. En el receptor, se calcula de nuevo la suma del complemento a uno de la cabecera y este dato tiene que coincidir con el del campo header checksum, de lo contrario el datagrama se descarta. Este campo es de 16 bits.
- **Dirección de Origen:** Especifica la dirección de 32 bits del nodo o equipo emisor.
- **Dirección de Destino:** Especifica la dirección de 32 bits del equipo receptor.
- **Opción:** Este campo es de longitud variable y no es necesario que la aplicación lo especifique en cada uno de los datagramas, pero si es necesario que sea capaz de procesar cualquier datagrama que lo incluya. Su implementación no es muy usual y generalmente es para fines de administración de red, diagnóstico y seguridad.

Se utilizan dos formas para este campo como se describe a continuación.

La primera solo incluye un byte de “tipo”

Tipo

1 byte

La segunda además del byte de tipo, incluye un byte de longitud y uno o más bytes de opciones.

Tipo	Longitud	Datos de Opción
------	----------	-------------------------

1 byte 1 byte 1 ó más bytes

El campo de Tipo tiene los siguientes subcampos:

FC	Class	Número de Opción
----	-------	------------------

0 1 2 3 4 5 6 7 bits

En donde:

FC (Flag Copy): indica si el campo de opciones se copiara cuando el datagrama se fragmenta. El valor de 1 significa copiar y el valor de 0 no copiar.

Class: es un entero sin signo de 2 bits, el cual tiene los posibles valores de:

0- Control

1- Reservado

2- Depurado y mediciones

3- reservado.

Número de Opción: Es un entero sin signo de 5 bits, el cual puede tomar los siguientes valores:

0- Fin de lista de Opciones

1- No Operación

2- Seguridad. Es utilizado para información de seguridad que necesitan las especificaciones del departamento de defensa de Estados Unidos.

3- LSR (Loose Source Routing)

4- IT (Internet Timestamp).

7- RR (record routing).

8- SID (Stream ID).

9- SSS (Strict Source Routing)

Longitud: define la longitud en bytes del campo de la opción, incluyendo el campo de tipo y longitud.

Datos de Opción: No contiene datos relevantes para la opción.

- **Relleno (Padding):** si se utiliza una opción, el datagrama se rellena con bytes a cero hasta la siguiente palabra de 32 bits.
- **Datos:** son los datos propiamente dichos que el datagrama transporta para el protocolo de nivel superior

6.3 DIRECCIONAMIENTO IP

Como se apuntó antes, la principal función de IP es el direccionamiento de los datagramas. Para el direccionamiento se utilizan direcciones de 32 bits. IP soporta 5 tipos o clases de direcciones, denominadas clase A, B, C, D y E.

Las tres primeras se dividen en dos partes, una define la dirección propia del host o dirección local y la otra define la red a la que pertenece el host. A continuación se describe gráficamente estas direcciones.

Clase A

0	Red (7 bits)	Host (24 bits)
---	----------------	------------------

Clase B

10	Red (14 bits)	Host (16 bits)
----	-----------------	------------------

Clase C

110	Red (21 bits)	Host (8 bits)
-----	-----------------	-----------------

Clase D

1110	Dirección de Difusión Múltiple (28 bits)	
------	--	--

Las direcciones de clase A están destinadas para redes muy grandes en cuanto al número de host se refiere (16 millones) y un reducido número de redes (solo 7 bits para red). Estas direcciones van desde 0.1.0.0 hasta la 126.0.0.0

Las direcciones clase B son para redes de tamaño intermedio y van desde la 128.0.0.0 hasta la 191.255.0.0

Las direcciones de clase C, que son las más comunes, están comprendidas desde la 192.0.1.0 hasta 223.255.255.0

Las direcciones clase D están reservadas para grupos de multidifusión, lo que significa se transmite o difunde una información a todo un grupo de usuarios a la vez. Estas direcciones están dentro del rango de 224.0.0.0 hasta 239.255.235.255

Por ultimo se encuentran las direcciones clase E, que es una clase experimental y están reservadas para su utilización futura. Estas comprenden las direcciones 240.0.0.0 hasta 247.255.255.255

La red comprendida entre la clase A y la clase B, la cual es la red 127.0.0.0 está reservada para aplicaciones de prueba de loopback o retrobucle, lo que significa que las computadoras pueden enviarse a si mismas paquetes sin comprometer el ancho de banda del medio.

6.4 PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO.

El protocolo IP es un *protocolo enrutable*, lo que significa que los datos que transporta se pueden pasar de una red a otra por medio de protocolos de enrutamiento que son con los que trabajan los routers, actualizando sus tablas de rutas para enviar el paquete de información a su destino final. El que sean protocolos enrutables se debe a que en la cabecera de los paquetes tienen suficiente información para enviar los datos desde el nodo emisor al receptor.

Los protocolos de enrutamiento, por la forma en que actualizan las tablas de rutas se pueden clasificar en dos tipos: enrutamiento por vector distancia y enrutamiento por estado de enlace.

En el primero la ruta se define por la cantidad de saltos (enrutador) que hay entre un punto y otro. La mejor ruta a un destino es la que menor número de saltos tenga. Las actualizaciones de rutas son enviadas por cada router a sus adyacentes cada 30 segundos, incluyendo la tabla completa de rutas. Por esta razón este método consume mucho ancho de banda.

En el método por estado de enlace, se toman en cuenta los estados de las interfaces de los routers y solo se envían las actualizaciones cuando hay un cambio en algunas de las interfaces.

Como una subclase dentro de estos dos protocolos de enrutamiento se encuentran los protocolos de enrutamiento interior que trabajan dentro de una misma autoridad administrativa o sistema autónomo y los protocolos de enrutamiento exterior, que actualizan rutas entre sistemas autónomos.

Algunos ejemplos de protocolos de enrutamiento son:

- RIP (Routing Information Protocol)
- OSPF (Open Shortest Path Firsts)
- BGP (Border Gateway Protocol)
- IGP (Interior Gateway Protocol)
- IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)
- EGP (exterior Gateway Protocol)

6.5 PROTOCOLOS DE TRANSPORTE IP.

Una vez que el protocolo IP ha colocado su cabecera en el datagrama necesita pasar éste a la capa superior para su transporte. A este nivel debe realizarse la labor de asegurar de manera confiable, eficiente y precisa la transmisión y entrega de los datos que se reciben de protocolos inferiores como IP así como los datos que los protocolos de aplicación necesitan enviar. De este trabajo se encargan dos protocolos TCP y UDP.

6.5.1 Protocolo TCP

TCP brinda un servicio de transmisión de datos *full duplex*, es decir, un flujo controlado de bytes continuos e independientes pero no estructurados, en ambas direcciones. Como es un flujo no estructurado, se puede enviar información de control junto con los datos y en el mismo orden en que se recibieron, para lo cual cada byte está identificado con un número de secuencia.

TCP al contrario de IP es un *protocolo orientado a conexión*, es decir, que primero establece una conexión entre el emisor y el receptor antes de iniciar la transferencia de datos. Durante la transferencia de datos TCP mantiene una comunicación permanente verificando el control de flujo y errores para asegurar que los datos se reciban correctamente, en secuencia, sin duplicación de datos o errores, manteniendo un circuito o conexión lógica entre el emisor y el receptor denominado *circuito virtual*.

Los bytes de información que la capa de aplicación entrega a TCP también pueden ser fragmentados y empaquetados en unidades llamadas *Segmentos*.

Para lograr una transferencia eficiente y minimizar el tráfico en la red, TCP utiliza una memoria intermedia llamada *Buffer*, en la cual los datos se van almacenando antes de transmitirlos, esto es necesario debido a que algunas aplicaciones envían datos en bloques a veces muy pequeños y otras muy grandes, TCP espera reunir una cantidad razonable de datos en un segmento para enviarlo o al contrario segmentar el bloque de información entrante. De hecho IP transmite en ráfagas, lo cual quiere decir que habrá momentos de intenso flujo de datos y otros seguidos de total ausencia de los mismos.

Este protocolo permite que varias aplicaciones de capa superior, puedan comunicarse a la vez e identificar el destino final de la aplicación dentro de cada host, por medio de lo que se conoce como *puerto de aplicación*. De tal forma que el circuito virtual se establece entre dos puntos de manera única, por medio de la identificación de una dirección IP y un puerto de aplicación tanto de fuente como de destino.

La confiabilidad y garantía de una entrega de datos sin pérdida o duplicidad en TCP, se logra implementando varios mecanismos de comunicación y detección de errores. Por ejemplo, para establecer la conexión entre dos hosts se utiliza una técnica llamada *secuencia de intercambio de señales de tres vías/conexión abierta*, en la cual antes de iniciar la transferencia de datos, primero se inicia una serie de intercambios de señales de confirmación, la cual consta de 3 segmentos de datos, iniciada por el hosts que desea enviar información y una vez confirmada las conexiones en los extremos, se abren para iniciar la transferencia de datos. Este intercambio de señales llevan implícitos las direcciones IP, el puerto de aplicación, tamaño máximo de paquete y algunos otros datos opcionales.

Una vez iniciada la transferencia de datos, se debe asegurar la correcta entrega de estos, detectando o recuperando tramas dañadas, duplicadas o perdidas.

Para este fin, se utilizan distintos métodos, uno de ellos es la detección de errores por medio de la suma de comprobación o chequeo comúnmente conocido como *checksum*, que como se explico antes, es el complemento a uno de la suma de todas las palabras de 16 bits. También puede utilizarse la comprobación de redundancia cíclica (CRC).

Por otro lado, para detectar y solicitar el reenvío de tramas perdidas o dañadas se utilizan métodos como *acuse de recibo positivo con retransmisión*, en el cual el receptor devuelve un accuse de recibo positivo (ACK) por cada trama recibida correctamente. También existe la confirmación negativa, en la cual el receptor solo confirma las tramas recibidas con error, así el emisor las envía de nuevo.

Como parte del accuse positivo, se implementa la expiración de intervalos de tiempo, en la que el emisor inicia un contador cada vez que envía una trama, si transcurre cierto tiempo sin recibir el accuse de recibo del receptor, el emisor vuelve a transmitir la misma trama.

Dentro del accuse de recibo, se envía también el número de secuencia de la trama o paquete, para que el receptor pueda asociar el número de trama con el ACK, lo cual es muy útil sobre todo cuando hay muchas retransmisiones.

Sin embargo, el problema de estos métodos de acuse de recibo, es el uso ineficiente del ancho de banda ya que hay que esperar y retrasar la transmisión por cada trama enviada.

Para solucionar este problema de control de flujo, se utiliza otro método llamado *ventana deslizante*, el cual permite enviar varios paquetes de datos sin esperar un acuse de recibo correspondiente, dependiendo del tamaño de los buffers de almacenamiento intermedio, previamente el emisor y el receptor se han puesto de acuerdo en el número de tramas a enviar y durante la transmisión intercambian información en cuanto al estado de los buffers.

TCP es utilizado para la señalización en VoIP, protocolos como H.323, SIP (Session Initiation Protocol) y MGCP (Media Gateway Control Protocol).

6.5.1.1 Segmento TCP

El formato del segmento TCP es el siguiente:

|----- 32 bits -----|

Puerto TCP origen		Puerto TCP destino	
Número de secuencia			
Número de acuse de recibo			
HLEN	Reservado	Indicadores	Ventana
Checksum TCP		Marcador urgente	
Opciones		Relleno	
Datos			
...			

Cuadro 10. Segmento TCP

El significado de los campos del segmento es el siguiente:

- **Puerto TCP origen:** Es un campo obligatorio de 16 bits que especifica el puerto del host origen de donde sale el segmento.
- **Puerto TCP destino:** Es un campo obligatorio de 16 bits que especifica el puerto del host destino al que se envía el segmento.
- **Número de Secuencia:** campo obligatorio de 32 bits que identifica el primer byte del campo de datos. En este protocolo no se enumeran segmentos sino bytes, por lo que este número indica el primer byte de datos que hay en el segmento. Al principio de la conexión se asigna un número de secuencia inicial (ISN, Initial Sequence Number) y a continuación los bytes son numerados consecutivamente.
- **Número de acuse de recibo (ACK):** campo obligatorio de 32 bits. TCP utiliza la técnica de piggybacking para reconocer los datos. Cuando el bit ACK está activo, este campo contiene el número de secuencia del primer byte que espera recibir. Dicho de otra manera, el número ACK - 1 indica el último bit reconocido.
- **Longitud de cabecera (HLEN):** campo obligatorio de 4 bits que indica el número de palabras de 32 bits que hay en la cabecera. De esta manera el TCP puede saber donde se acaba la cabecera y por lo tanto donde empieza los datos. Normalmente el tamaño de la cabecera es de 20 bytes, por lo que en este campo se almacenará el número 5. Si el TCP utiliza todos los campos de opciones la cabecera puede tener una longitud máxima de 60 bytes almacenándose en este campo el valor 15.
- **Reservado:** campo de 6 bits que actualmente se establece en cero, y que está reservado para usos futuros.
- **Indicadores o campos de control:** campo de 6 bits que contienen funciones de control (como, por ejemplo, configuración y terminación de una sesión). Cada uno de los bits recibe el nombre de indicador y cuando está a 1 indica una función específica del protocolo:

- URG: campo puntero de urgencia. Indica que el segmento contiene datos urgentes, lo que hace que el número de secuencia se traslade donde están dichos datos. Se complementa con el campo "Marcador urgente", en el que se indica el número de datos urgentes que hay en el segmento.
- ACK: campo número de acuse de recibo. Hay que tener en cuenta que un mismo segmento puede transportar los datos en un sentido y las confirmaciones en el sentido opuesto de la comunicación. Indica por tanto que tiene significado el número que hay almacenado en el campo "Número de acuse de recibo".
- PSH: campo push, que implica que la aplicación ha solicitado enviar los datos existentes en la memoria temporal sin esperar a completar el segmento. De esta manera se consigue que los datos no esperen en la memoria receptora hasta completar un segmento de dimensión máxima.
- RST: campo de interrupción de la conexión actual, usado cuando hay un problema en la conexión, que sirve para hacer un reset de la conexión. Por ejemplo, cuando un paquete llega al receptor y no hay un proceso de aplicación esperándolo.
- SYN: campo para la sincronización de los números de secuencia, usado al crear una conexión para indicar al otro extremo cuál va a ser el primer número de secuencia con el que va a comenzar a transmitir, y que puede ser diferente de cero. Si una solicitud de conexión tiene SYN=1 y ACK=0, la aceptación de la conexión tendrá SYN=1 y ACK=1.
- FIN: campo que indica a la aplicación que ya no hay más datos a transmitir. Se usa para solicitar el cierre de la conexión actual. En realidad, tras cerrar una conexión, un proceso puede continuar recibiendo datos indefinidamente.

- **Ventana:** campo de 16 bits que indica cuántos bytes tiene la ventana de transmisión del protocolo de control de flujo, utilizado en el mecanismo de ventanas deslizantes. A diferencia de lo que ocurre en los protocolos del nivel de enlace, en los que la ventana era constante y contaba tramas, en el TCP la ventana es variable y cuenta bytes. Contiene el número de bytes de datos comenzando con el que se indica en el campo de confirmación y que el que envía está dispuesto a aceptar.
- **Checksum TCP:** campo de 24 bits que contiene una suma de comprobación de errores del segmento actual, calculada del encabezado y de los campos de datos, y que contiene también las direcciones IP de origen y destino.
- **Marcador urgente:** campo de 8 bits que se utiliza cuando se están enviando datos urgentes, que tienen preferencia sobre todos los demás, y que indica el siguiente byte del campo "Datos" que sigue a los datos urgentes, con lo que el destino puede identificar dónde terminan éstos. Es decir, cuando el indicador "URG" está activo, este campo indica cual es el último byte de datos que es urgente. De esta manera el receptor puede saber cuantos datos urgentes llegan. Este campo es utilizado por algunas aplicaciones como telnet, rlogin y ftp.
- **Opciones:** campo que si está presente permite añadir una única opción de entre las siguientes:
 - Timestamp, para marcar en que momento se transmitió el segmento y de esta manera monitorizar los retardos que experimentan los segmentos desde el origen hasta el destino.
 - Aumentar el tamaño de la ventana.
 - Indicar el tamaño máximo del segmento que el origen puede enviar.
- **Relleno:** bits de relleno para completar el tamaño del segmento TCP para que sea múltiplo de 32 bits.

- **Datos:** datos de protocolo de capa superior que se envían entre sí las aplicaciones

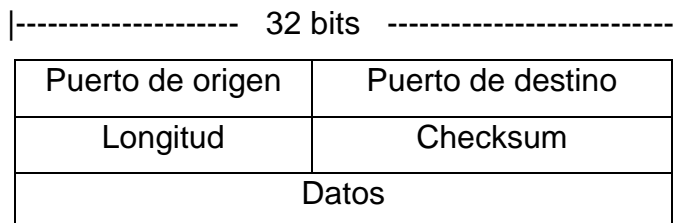
6.5.2 Protocolo UDP

El protocolo de datagrama de usuario es un protocolo mucho mas sencillo que TCP y se utiliza en situaciones donde el transporte no necesita mecanismos de fiabilidad, control de flujo, recuperación de errores y retransmisión, es un protocolo no orientado a conexión.

Como este protocolo no tiene mecanismos de control de flujo ni los mecanismos de señalización de TCP, él continuará transmitiendo aun cuando exista congestión en la red.

Este protocolo es muy útil para aplicaciones que no necesitan de todo el servicio que brinda TCP, es utilizado por ejemplo en TFTP (Trivial File Transfer Protocol), RPC (Remote Procedure Call) y para aplicaciones en tiempo real como el tráfico de voz, de hecho es sobre la base de UDP que VoIP, la voz en si, se transporta, como se verá mas adelante.

UDP tiene una cabecera de solamente cuatro campos. A continuación se describe el formato del datagrama de Usuario.



Los campos del segmento UDP son los siguientes:

- **Puerto de Origen:** Este campo identifica el puerto de la aplicación emisora. Es un campo opcional y si no es usado tiene el valor de cero.
- **Puerto de destino:** Identifica el puerto de la aplicación o proceso que recibirá los datos.
- **Longitud:** Especifica la longitud total del datagrama incluyendo la cabecera y los datos. El valor mínimo de este campo es de 8 bytes.
- **Checksum:** Al igual que en TCP es utilizado para la comprobación de la integridad del paquete. Es un campo opcional.

CAPITULO VII

TRANSPORTE DE VOZ SOBRE IP

Como se explico al inicio del capitulo, VoIP involucra una serie de estándares y protocolos que se interrelacionan entre si para lograr el transporte de voz sobre redes basadas en IP. Para facilitar la comprensión de cómo se relacionan estos protocolos a continuación se presentan dos cuadros que representan el stack o pila de protocolos VoIP y H.323. Se podrá observar que ambos cuadros son similares, pero se presentan los dos porque algunos de los estándares que les son comunes pueden operar indistintamente en ambos ambientes, por ejemplo los protocolos de transporte, pero existen diferencias en los protocolos de señalización. De hecho, H.323 es considerado dentro del stack VoIP como un protocolo de señalización, pero dentro de la arquitectura H.323 es considerado en si como una sombrilla de protocolos. Esto es porque distintos protocolos fueron desarrollados por grupos diferentes, aunque existe interoperatividad entre ellos.

Datos	Audio	Señalización y Control
Datos	Voz	H.323 - SIP - MGCP Megaco - RTCP
	G.711, G.722, G.723.1, G.729, etc	
	RTP	
TCP	UDP	TCP
IP		
Capa de Enlace		
Capa Física		

Cuadro 11. Pila de Protocolos VoIP

Datos Control y Señalización Audio Video Registro

T.120	H.255 Señalización de Llamada	H.245 Control de Conferencia	G.711 G.722 G.723.1 G.728 G.729	H.261 H.263	H.255 RAS
			RTP/RTCP		
TCP/ UDPv3			UDP		
IP					
Capa de Enlace					
Capa Física					

Cuadro 12. Pila de Protocolos H.323

Se puede observar en ambos esquemas, que la información de voz y así también la de vídeo se transporta sobre la base de UDP, en cambio la información de control y señalización puede viajar tanto en TCP como UDP(solamente a partir de la versión 3).

Como se mencionó al final del apartado anterior, UDP presenta ciertas características que lo hacen propicio para las aplicaciones que, mas que asegurar la entrega fiable del paquete, necesitan controlar mejor los retrasos o latencia.

Este es el caso de la voz, en donde no es tan critico la perdida eventual de algún paquete, ya que este problema puede ser solventado como veremos mas adelante, siempre y cuando estas perdidas no sean tan frecuentes en un lapso de tiempo. Pero por su naturaleza de sensibilidad al tiempo, si se vuelve crítico los retrasos ocasionados por los procesos necesarios de digitalización y compresión. Adicional a estos retrasos

están los ocasionados por la misma red de datos y es aquí donde se necesitan de protocolos de transporte que no introduzcan más retrasos de los necesarios.

La simplicidad de UDP ayuda a este propósito ya que es un protocolo que no implementa mecanismos de control de flujo, recuperación de errores ni retransmisión y posee una cabecera reducida, en comparación con TCP que implementa todos estos mecanismos y por tanto posee también una cabecera más grande. Por esta razón, UDP sirve como medio de transporte del tráfico de voz y TCP como medio de transporte a los protocolos de control y señalización necesarios para establecer y configurar la llamada sobre la red de datos. UDP a partir de la versión 3 permite también el transporte de ciertos protocolos de señalización y control.

Ahora bien, la voz no se transporta directamente sobre UDP, aunque puede hacerse, pero se necesitan de ciertas características adicionales de información que UDP no provee. Además, las aplicaciones en tiempo real como la voz necesitan de mecanismos que estén en capacidad de asegurar que el stream de datos pueda ser reconstruido con precisión. Es decir, los datagramas deben ser reconstruidos en el orden correcto, para lo cual se necesita detectar los retrasos y pérdidas de paquetes en la red.

Por tal motivo el IETF adoptó dos protocolos de transporte en tiempo real para tráfico sensible al retraso, ellos son: el *Protocolo de Transporte en Tiempo Real*, **RTP** y el *Protocolo de Control en Tiempo Real*, **RTCP**.

7.1 RTP (Real Time Protocol) y RTCP (Real Time Control Protocol).

Estos protocolos de transporte se ubican en la parte superior de UDP y como se acaba de mencionar, permiten la transmisión de tráfico sensible al retraso, ambos trabajan en conjunto.

7.1.1 RTP

Dentro de las funciones más importantes de RTP están:

- Proporcionar información de secuencia. La información de secuencia sirve para determinar si los paquetes están llegando en orden, para detectar si ha habido pérdida de estos y poder restaurar la secuencia de los mismos.
- Temporización. La información de temporización se utiliza para determinar el tiempo de llegada entre paquetes, lo que se conoce como fluctuación de fase o jitter.
- Identificación de Información. La cabecera de RTP proporciona información de identificación de contenidos del paquete lo cual determinará la interpretación que la aplicación debe de dar a los datos. Esta información se refiere al tipo de codificación de audio o video que se esta utilizando y suele ser empleado por algunas aplicaciones que necesitan cambiar dinámicamente la codificación para un mejor aprovechamiento del ancho de banda.
- Indicación de trama. El video y el audio son enviado en unidades lógicas llamadas tramas, y se necesita indicar el principio y final de estas tramas.

El formato de la cabecera RTP se muestra a continuación.

V	P	X	CC	M	PT	Número de Secuencia
Marca de Temporización (Timestamp)						
Identificador de Origen de Sincronización (SSRO)						
CSRC (Opcional)						

Cuadro 13. Cabecera RTP

Los campos son:

- **V: Versión de RTP.** Actualmente la versión 2. es un campo de 2 bits
- **P: Padding.** Es una bandera de un bit que indica si al paquete le han sido agregados bytes de relleno después de la información de usuario.

- **X:** Indica si una extensión opcional de longitud fija ha sido agregada a la cabecera RTP. Su longitud es de un bit
- **CC: CSRC Count.** Es un campo de cuatro bits utilizado en aplicaciones de conferencias. Y se utiliza para expandir la cabecera RTP para incluir una lista de parámetros de fuentes adicionales de contribución que identifican los datos que son originados de distintas computadoras. Este campo seguiría inmediatamente después del campo SSRO. Este campo no es necesario en una comunicación punto a punto.
- **M: Marker.** Se Utiliza para definir ciertos eventos como límites de tramas dentro del stream de datos.

Los campos X, CC y M son necesarios cuando se requiere incluir información adicional para cierto formato de datos, por ejemplo codificación de video.

- **Número de Secuencia:** es un campo de 2 bytes que define un número único de secuencia que se incrementa en uno por cada paquete enviado. Es utilizado por el receptor para reconstruir la secuencia de paquetes o tramas recibidos.
- **Marca de Temporización:** Campo de 4 bytes que define el tiempo en el cual un paquete es transmitido desde el emisor, con este dato el receptor evalúa el tiempo de arribo que debe de esperar por los demás paquetes y permite al receptor configurar los buffer y tiempos de entrega o despacho del stream de datos para lograr un flujo continuo de voz.
- **SSRO:** Identificación de Origen de Sincronización. Es un número escogido aleatoriamente para identificar la fuente de sincronización que esta enviando el stream de datos. Dos fuentes de sincronización en una misma sesión RTP pueden tener el mismo número de sincronización. Este es un campo de 4 bytes.

- **CSRC:** es un campo opcional que contiene la lista de identificadores de fuente en aplicaciones de conferencia.
- **PT: Payload Type.** Identifica el formato o tipo de información contenida en el campo de datos.

Algunos de estos tipos de información para voz se detallan a continuación:

PT	Nombre del Codificador	Audio/Video
0	PCMU	A
2	G726-32	A
3	GSM	A
4	G723	A
7	LPC	A
8	PCMA	A
9	G722	A
10	L16	A
12	QCELP	A
15	G728	A
16	DVI4	A
18	G729	A
19	reserved	A
25	CelB	V
26	JPEG	V
31	H261	V

Cuadro 14. Tipo de Información de Cabecera RTP

7.1.2 RTCP

RTCP es un protocolo de control que proporciona soporte para conferencias en tiempo real. La información como dirección de correo electrónico, nombre y número de teléfono, es enviada en un paquete RTCP. Además es utilizado para informar acerca de la calidad de servicio enviando información sobre paquetes perdidos, valores de tiempo

como RTT (Round Trip Time) y Jitter. Esta información es utilizada por el emisor para ajustar su flujo de datos.

Otra de las funciones de RTCP es sincronizar los stream de video y audio que generalmente se envían sobre stream diferentes.

El formato de la cabecera RTCP es el siguiente:

V	P	C	PT	Longitud
----------	----------	----------	-----------	-----------------

Los campos son:

- **V:** Campo de 2 bits que especifica la versión de RTCP que es la misma que RTP, es decir, actualmente versión 2.
- **P:** Padding. Es un campo de 1 bit el cual si posee el valor de uno, indica que hay un relleno de cierto número de bytes al final de los datos. El último byte del relleno indica cuantos bytes de estos deben ser ignorados.
- **C:** Count. Campo de 5 bits que indica el número de bloques de reportes de recepción (SR, RR) contiene el paquete.
- **Longitud:** campo de 2 bytes que especifica la longitud total del paquete RTCP incluyendo la cabecera y padding.
- **PT:** Payload Type. Especifica el tipo de información contenida en el campo de datos. Este es un campo de 1 byte.

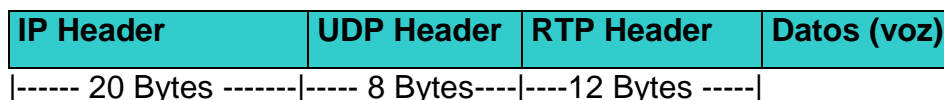
A continuación se muestra una lista de información de control y fuente que puede contener este campo.

Payload Type (valor)		Descripción
192	FIR	Full Intra Frame Request
193	NACK	Confirmación negativa
200	SR	Reporte de emisor
201	RR	Reporte del receptor
202	SDES	Descripción de fuente
203	BYE	Finalización
204	APP	Aplicación definida
205	XR	Extensión RTCP
0	END	Fin de lista SDES
2	NAME	Nombre de Usuario
3	EMAIL	Dirección de correo electrónico del usuario
4	PHONE	Número de teléfono del usuario
5	LOC	Ubicación geográfica del usuario
6	TOOL	Nombre de la aplicación o tool
7	NOTE	Notas acerca de la fuente
8	PRIV	Extensión privada.

Cuadro 15. Tipo de Información de Cabecera RTCP

Estos dos protocolos aunque forman una parte muy importante en la transmisión de tráfico en tiempo real, no fueron diseñados para ayudar a reducir el retraso total, ni implementan tampoco ningún mecanismo de calidad de servicio, aunque informan sobre ciertos eventos como pérdidas de paquetes que ayudarán a las aplicaciones de calidad de servicio a tomar alguna decisión.

El uso de RTP y RTCP incrementan el “**overhead**” total, es decir, agregan mas bytes a la cabecera (Header) total del paquete, si se observa el paquete total formado por estos protocolos se tendrá lo siguiente:



Cuadro 16. Datagrama RTP

En total el datagrama formato tendría una cabecera de 40 bytes, esto comparado con el campo de datos suele ser algunas veces muy elevado, por ejemplo, si se transporta muestras de voz comprimida con el codec G.729 que comprime a 8 Kbps y genera 2 muestras de 10 ms (cada muestra de 10 ms corresponde a 10 bytes), se tiene que la cabecera es dos veces mayor que el campo de datos.

Aquí se genera un dilema entre los requerimientos de ancho de banda y calidad de servicio, ya que aunque el campo de datos puede variar, en el caso de la voz, con el campo de 20 bytes o menor (que generalmente corresponden a 20ms de muestras de voz), se consume mas ancho de banda para una conversación ya que se transmiten 40 bytes de cabecera por cada paquete o trama de 2 muestras de voz; por otro lado, si se aumentan las muestras de voz por paquete, el retraso total del sistema se aumenta debido al procesamiento de estos paquetes y hay mas probabilidades de perdida de paquetes, con lo que se corre el riesgo de perder mas información y afectar así la calidad de servicio.

Para solventar este problema se utiliza la compresión de cabecera RTP, la cual se analizará mas adelante.

7.2 PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN O PROCESAMIENTO DE LLAMADA.

Al igual como se describió en las redes de voz, los mecanismos de señalización y control de llamadas, en las redes de paquetes, también existen estos mecanismos. Los protocolos que realizan el trabajo de establecer, administrar, controlar y terminar una llamada en una red de paquetes son conocidos como protocolos de señalización o procesamiento de llamada.

Estos protocolos pueden observarse en los cuadros 11 y 12, y generalmente corren sobre TCP y algunas veces sobre UDP (versión 3). Ellos son H.323 y junto a él y como parte integral del mismo, se encuentran H.245, H.225/Q.391 y H.225 RAS; otros protocolos como SIP(Session Initiation Protocol), MGCP y Megaco.

A continuación se describirán cada uno de estos protocolos empezando con H.323 que como se apuntó antes es considerado en si mismo como un stack de protocolos.

7.3 EL ESTÁNDAR H.323

Fue la ITU-T quien desarrollo un estándar para la transferencia de tráfico multimedia sobre redes de paquetes por primera vez. Este estándar fue denominado “*Sistemas y terminales de telefonía visual sobre redes de área local sin garantías de calidad de servicio*”, y fue estandarizada en 1996. Un año antes se había desarrollado otra especificación, H.322, de la que derivo H.323. Esta especificación asumía que la red IP garantizaba una calidad de servicio para las aplicaciones que corrían sobre IP.

Como ya se explicó antes, IP no es un protocolo “best effort”, no fiable, que no garantiza la calidad de servicio; por tanto H.323 se desarrollo con implementación de mecanismos que son mas cuidadosos en cuanto a los factores de compresión, control de llamada, gestión de ancho de banda, etc.

H.323 se apoya en una serie de protocolos y estándares para cubrir los distintos aspectos de comunicación. A continuación se detallan estos:

- **Direccionamiento.**

- RAS (Registration, Admisión and Status). Es el protocolo que permite a una estación o terminal H.323, encontrar otra estación H.323 a través del Gatekeeper (se define más adelante).
- DNS (Domain Name Service). Es un servicio de resolución de nombres en direcciones IP y su propósito es igual al que persigue el protocolo RAS, pero a través de un servidor DNS.

- **Señalización.**

- Q.931. Se ocupa de la señalización inicial de la llamada.
- H.225. Estándar para el control de llamada. Se ocupa de la señalización, registro y admisión de la llamada, así como de la paquetización y sincronización del stream de voz.
- H.245. Es un protocolo de control para especificar mensajes de apertura y cierre de canales para flujos (stream) de voz.

- **Compresión de voz.**

- Obligatorios o requeridos: G.711 y G.723
- Opcionales: G.728, G.729 y G.722

- **Compresión de vídeo.**

- H.261 y H.263

- **Transmisión de voz.**

- UDP. La transmisión de los paquetes multimedia se realiza sobre UDP, ya que como se describió anteriormente, este protocolo ofrece mejor aprovechamiento del ancho de banda que TCP a pesar que no ofrece integridad en los datos.

- RTP. Maneja los aspectos relativos a la temporización, marcado de paquetes para la correcta entrega al destino.
- **Control de Transmisión.**
 - RTCP. Utilizado para detectar situaciones de congestión en la red y así tomar las medidas pertinentes.
- **Otros Servicios:** Compartir datos a través del protocolo T.120

7.3.1 Componentes de H.323

H.323 se ha convertido en uno de los principales estándares de VoIP y toda una tecnología se ha desarrollado alrededor de él. En este sentido, hay disponibles una serie de elementos que desarrollan un trabajo específico dentro de la red. A continuación se muestra un esquema que describe un ambiente H.323 y posteriormente se detallan cada uno de los elementos.

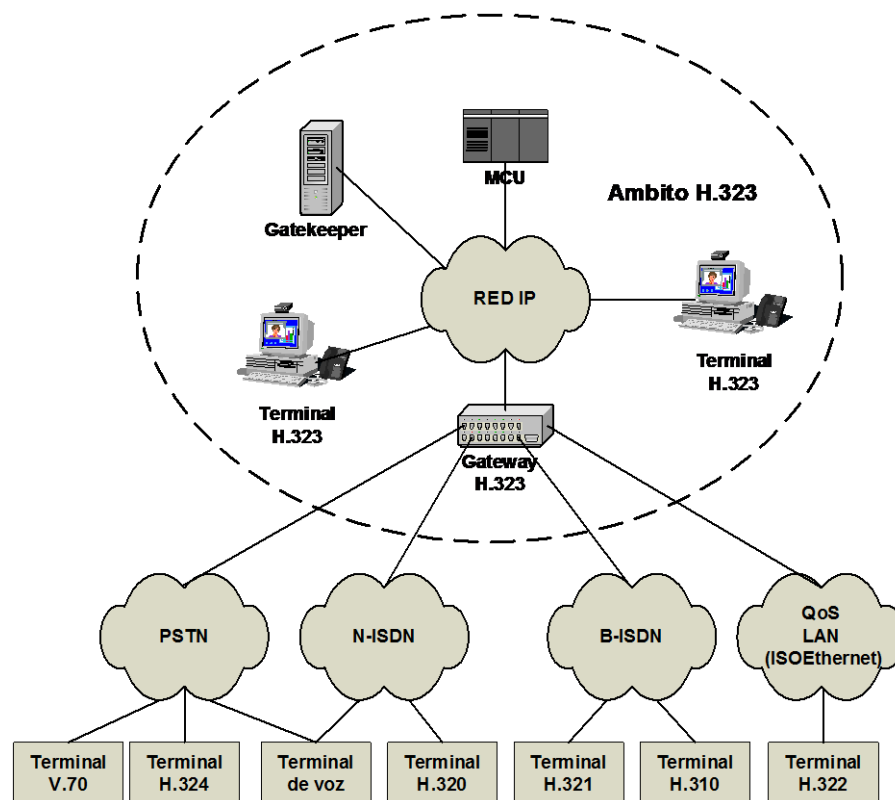


Figura 19. Red H.323

- **Terminales H.323**

Son dispositivos donde el flujo de datos y señalización se origina y posteriormente se finaliza, se hace mención a ellos como puntos finales que proporcionan conferencia punto a punto y multipunto. Establecen comunicación bidireccional con cualquier otro terminal, un gateway o un MCU (multipoint Control Unit). El soporte para audio es obligatorio pero el soporte para comunicación de vídeo y datos es opcional. Estos terminales pueden ser computadoras multimedia o un teléfono IP.

Un terminal H.323 debe soportar las siguientes funciones para operar correctamente:

- H.245 para permitir el uso de los canales de comunicación.
- Q.931 es necesario para la configuración y señalización de la llamada.
- RTP para el transporte de los paquetes de voz.
- RAS para interactuar con el gatekeeper.
- Codec de audio G.711 y G.723 son requeridos y los formatos de ley a y ley μ . Opcionalmente puede soportar otros formatos de audio.
- T.120 para el soporte de aplicaciones como acceso a bases de datos, compartir archivos y colaboración.
- Soporte para comunicación con MCU.

- **Gateways.**

Se considera un punto final dentro de la red H.323 y provee comunicación de dos vías entre terminales H.323 dentro de la red IP y otros terminales de redes de circuito conmutado como la red pública (PSTN) o redes ISDN. El gateway realiza las funciones de traductor de los formatos de audio, video y datos, así como de sistemas de comunicación y protocolos. Es considerado un punto de interfaz entre redes distintas por lo que se comunican con los gateway de estas redes y realiza las funciones de configuración y finalización de llamada de una red a otra.

Dependiendo con que tipo de red el gateway va a traducir, debe ser compatible con las siguientes recomendaciones: H.310 (B-ISDN), H.320 (N-ISDN), H.321 (ATM), H.322 (IsoEthernet), H.324 (PSTN), etc.

- **Gatekeeper.**

Este es un elemento opcional dentro de H.323 pero se vuelve un componente importante en redes grandes y en donde se necesita control y administración de las comunicaciones. En este sentido el gatekeeper se viene a convertir en un administrador de la red, algunas de las funciones que realiza son:

- **Control de Admisión.** Proporciona acceso autorizado, es decir, permitir o denegar el acceso a la red basado en autorización de llamada, direcciones de origen y destino y otros criterios.
- **Autorización de llamada.** Restringe el acceso desde o a determinados terminales o gateways a través de señalización H.225 o restringe el acceso bajo criterios de horario.
- **Conversión de direcciones.** Realiza la traducción de un alias H.323 (como direcciones de correo) o números de teléfono a direcciones IP.
- **Administración de llamadas.** El gatekeeper puede mantener un listado de llamadas activas. Esta información es utilizada para informar que un terminal o punto final está ocupado o para brindar información a las funciones de administración de ancho de banda.
- **Administración de ancho de banda.** Controla que cantidad de terminales H.323 pueden acceder al mismo tiempo la red. También a través del uso de señalización H.225 puede rechazar llamadas si el ancho de banda requerido no está disponible.
- Otras funciones como administración de zona por medio de señalización RAS y señalización de llamadas por medio de H.225.

- **MCU.**

Es un elemento que permite o provee la capacidad de participar en conferencias multipunto entre 3 o mas terminales. El MCU consta de un controlador multipunto (MC) y opcionalmente de uno o mas procesadores multipunto (MP). El MC puede

determinar y transmitir el conjunto de capacidades comunes de los terminales utilizando H.245, el MP realiza la multiplexación de audio, video y datos bajo el control del MC. La función MC puede ser implementada en un terminal, un gateway o un gatekeeper.

El MCU es requerido en conferencias multipunto centralizadas ya que cada terminal establece comunicación punto a punto con el MCU y este determina las capacidades de cada terminal y envía a cada uno el flujo multiplexado de video, audio y datos.

En una conferencia multipunto descentralizada, el MC realiza la función de asegurar la comunicación de determinar las capacidades pero la multiplexación y mezcla de los flujos de audio, video y datos es realizada en cada terminal.

7.3.2 Mecanismos de Control y señalización.

El flujo de información que transita en una red H.323 es una mezcla de audio, video, datos y paquetes de control y es necesario el control de toda esta información para realizar labores como establecimiento, configuración y finalización de llamadas, funciones de intercambio, negociación y administración. Para realizar todas estas funciones H.323 utiliza tres mecanismos de control y señalización: H.245 para el control de medios, H.225/Q.931 para la señalización de llamada y H.225 RAS. Estos protocolos se pueden ver ubicados en el cuadro 12 .

7.3.2.1 H.255 RAS (Registration, Admisión, Status).

RAS es utilizado para establecer comunicación entre puntos finales y gatekeeper, es decir, esta señalización es solamente necesaria cuando existe un gatekeeper en la red. Esta señalización permite el control de la prellamada estableciendo un canal de comunicación antes que cualquier otro canal se establezca y es independiente de la

señalización de llamadas y de los canales de transporte de medios (audio, video y datos). La comunicación se establece sobre UDP transmitiendo mensajes de registro, admisión, cambios de ancho de banda y liberación de canal.

Las funciones que se llevan a cabo son las siguientes:

- **Descubrimiento de gatekeeper.**

Es un procedimiento que los puntos finales utilizan para determinar con cual gatekeeper deben registrarse, este procedimiento puede ser automático a manual. El procedimiento manual significa que el punto final posee la dirección IP del gatekeeper preconfigurada e intenta el registro inmediatamente.

En el procedimiento automático se utilizan mensajes de multidifusión (multicast):

- Gatekeeper Request (GRQ). Mensaje multidifusión de un punto final que busca un gatekeeper.
- Gatekeeper Confirm (GCF). Respuesta positiva al mensaje GRQ indicando la dirección de transporte del canal RAS del gatekeeper. Mas de un gatekeeper podría contestar este mensaje.
- Gatekeeper Reject (GRJ). Respuesta de rechazo al registro que intenta realizar el punto final.

Para el proceso de descubrimiento del gatekeeper se utiliza la dirección de multidifusión IP 224.0.1.41 y el puerto UDP asignado del gatekeeper es el 1718.

- **Registro de puntos finales.**

Es el proceso durante el cual los puntos finales, gateways y MCU informan al gatekeeper de sus direcciones de transporte y alias y se inscriben en él para formar parte de la zona que controla el gatekeeper y así éste puede enrutar las llamadas al destino correcto. Este es un proceso necesario que se realiza después del proceso de descubrimiento de gatekeeper, y antes de intentar realizar cualquier llamada.

El proceso de registro se realiza enviando una serie de mensajes y utilizando las direcciones de puerto que se obtuvieron en el proceso de descubrimiento, el puerto UDP de registro es el 1719.

- **Localización de puntos finales.**

El procedimiento empleado por puntos finales y gatekeeper para obtener información de contacto (direcciones IP, números de teléfono) y localizar a través de mensajes a un punto final del cual solo conocen su alias, es un procedimiento similar al ARP en IP.

- **Admisión.**

A través de mensajes de admisión los gatekeeper autorizan el acceso a la red. Una petición de admisión de un punto final incluye una solicitud de ancho de banda también, este mensaje de admisión puede ser rechazado o confirmado por el gatekeeper asignando un ancho de banda menor que el solicitado, si éste no está disponible. El mensaje de confirmación incluye la dirección IP del gateway, gatekeeper o punto final para que el gatekeeper, gateway o punto final solicitante inicie el proceso de señalización de control de llamada.

- **Información de estado, control de ancho de banda.**

El gatekeeper puede solicitar y enviar información acerca del estado de un punto final, si está o no en línea. Puede también cambiar el ancho de banda durante la llamada.

7.3.2.2 H.225 - Señalización de Control de Llamada

H.225 es una recomendación de la ITU_T, que utiliza un subconjunto de mensajes de señalización del protocolo Q.931 que inicialmente fue desarrollado para ISDN. El propósito de los mensajes es conectar, mantener y desconectar las llamadas entre dos puntos finales, estos mensajes se mandan en un canal de control sobre TCP utilizando el puerto 1720. El conjunto de mensajes son similares a los utilizados en ISDN, por ejemplo: setup, call proceeding, alerting, connect, release complete.

Dos formas de establecer el canal de señalización son conocidas: señalización directa al punto final, en donde los mensajes de señalización se generan directamente entre los

puntos finales sin pasar por el gatekeeper. La otra forma es conocida como gatekeeper enrutado, en donde la señalización de ambos puntos es manejada por el gatekeeper.

7.3.2.3 H.245 - Control de Medios.

Una vez que la fase de establecimiento de llamada ha sido completado, se pasa a la fase de negociación y establecimiento de los canales de medios a través del protocolo H.245.

Este protocolo de control de medios negocia y establece los canales de comunicación lógicos de extremo a extremo para la transmisión de señales de audio, video y datos que se transportan sobre RTP/RTCP/UDP. El canal de control se establece sobre un puerto TCP que es asignado dinámicamente en el ultimo mensaje de señalización de llamada.

Los mensajes de control H.245 pueden ser enrutados a través del gatekeeper si este existe en la red.

Estas son algunas de las funciones de H.245 son las siguientes:

- Intercambio de capacidades. Es el conjunto de mensajes que se utilizan para intercambiar y negociar las capacidades de los puntos finales como codecs de audio, bit rates, etc. El intercambio se puede dar en cualquier momento de la llamada y renegociar las capacidades.
- Señalización de canal lógico. Abre y cierra los canales lógicos que transportan la información de audio, video y datos. Los canales pueden ser unidireccionales o bidireccionales.
- Determinación de Maestro-Esclavo. Determina cual de dos puntos se comporta como Maestro y cual como esclavo, para determinar ciertas reglas de comunicación en una conferencia.

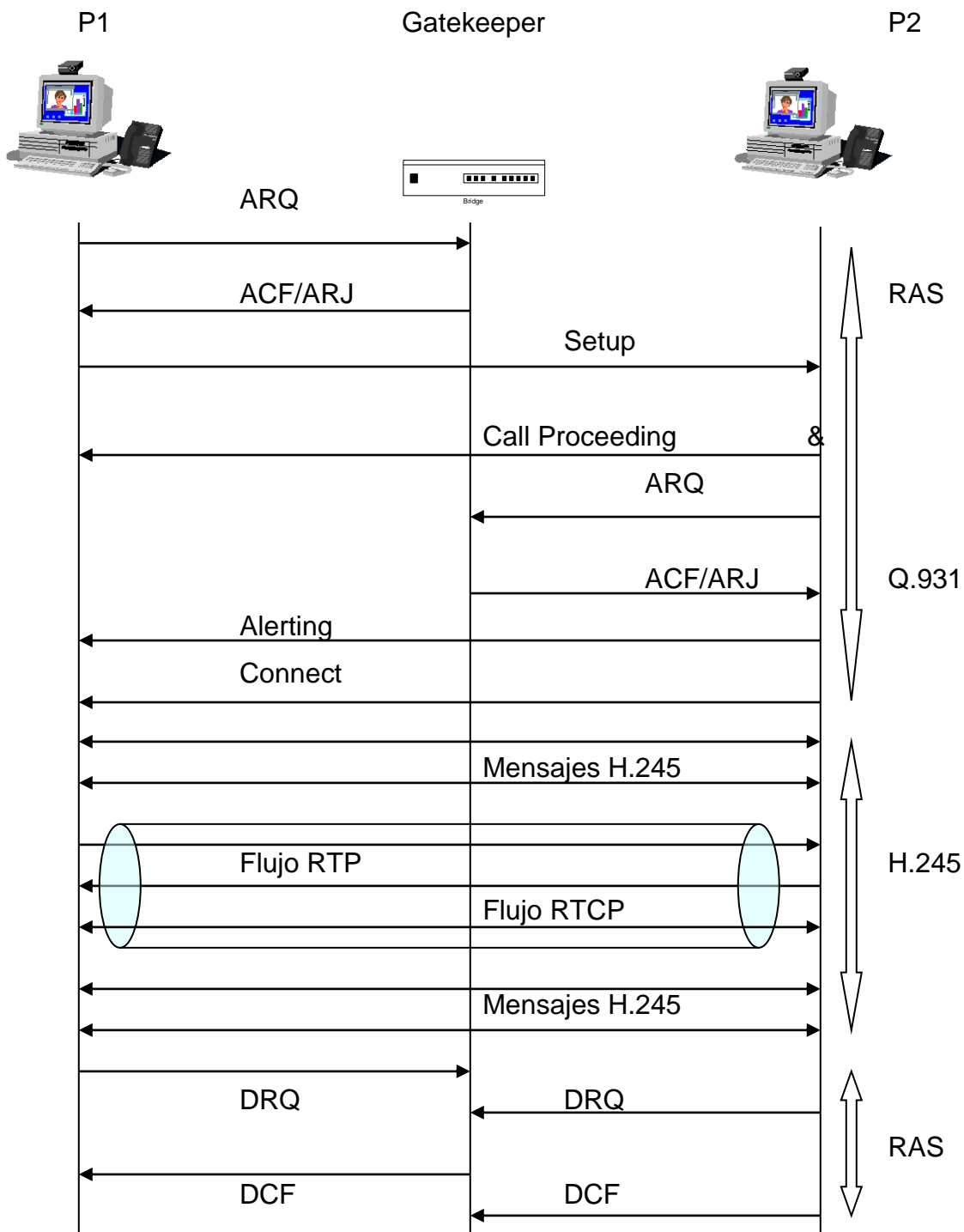
En la figura 20 se muestra un caso típico, considerando la presencia de un gatekeeper que muestra el proceso de admisión RAS y señalización Q.931 directamente entre dos puntos finales (sin intervención del gatekeeper), el control de medios y terminación de la llamada.

Se puede observar que el procedimiento de configuración y control de llamada es un poco largo debido a las múltiples conexiones que se establecen antes del intercambio de información de usuario. Sin embargo a partir de la versión 2 de H.323, se crearon dos modos de operación opcionales a los cuales se les denominó *Procedimiento de Conexión Rápida*. Uno de los métodos es Tunneling H.245 y el otro Fast Connect.

Fast Connect consiste en establecer la conexión de medios para llamadas entre puntos finales incluyendo un elemento llamado faststart en el mensaje de configuración inicial H.225, que incluye entre otros, las capacidades del canal de medios y los parámetros necesarios para abrir e iniciar la transmisión.

El punto final llamado devuelve un mensaje H.225 que contiene el elemento faststart con las capacidades aceptadas y los mensajes necesarios H.225 para iniciar la transferencia.

Tunneling H.245 consiste en encapsular mensajes H.245 dentro del canal de señalización H.225 y no crear un canal de control separado H.245. Múltiples mensajes H.245 pueden ser encapsulados en un mensaje H.225.



ARQ: Mensaje de Petición de Admisión.
 ARJ: Mensaje de Rechazo de Admisión.
 DCF: Confirmación de Desconexión.

DRQ: Mensaje de Petición de Desconexión.
 ACF: Confirmación de Admisión.

Figura 20. Procedimiento de Admisión y Señalización de llamada

7.4 SIP (Session Initiation Protocol).

El Protocolo de Inicio de Sesión es un protocolo de control de señalización de la capa de aplicación desarrollado por el IETF y se encarga de establecer, mantener y terminar sesiones multimedia, que incluyen conferencias y telefonía IP.

Este protocolo utiliza el modelo cliente-servidor basado en texto con una sintaxis de mensajes y cabecera similar al **Protocolo de Transferencia de Hipertexto, HTTP (Hypertext Transfer Protocol)**. Soporta sesiones tanto de llamadas punto a punto como multipunto. SIP se auxilia también de otros protocolos como el **Protocolo de Descripción de Sesiones, SDP (Session Description Protocol)** para definir el contenido de cada mensaje y servicios como el **Sistema de Nombres de Dominio, DNS (Domain Name System)**, para resolver las direcciones SIP en direcciones IP y poder así ubicar el lugar o destino exacto de un usuario.

Dentro de los servicios que SIP provee se encuentran:

- Localización de usuarios.
- Intercambio y negociación de capacidades de los puntos finales.
- Disponibilidad de usuarios.
- Establecimiento de llamada.
- Mantenimiento y terminación de llamada.

7.4.1 Componentes de SIP.

Los dos componentes básicos de un sistema SIP son:

- **Agentes de usuario.**

Los agentes de usuario son sistemas finales, que a su vez consta de dos partes: cliente y servidor.

La parte cliente es la que inicia y envía las peticiones SIP y actúa en nombre del usuario que llama. La parte servidor es la que recibe las peticiones SIP y devuelve respuestas en nombre del usuario llamado. Ambas aplicaciones residen en el host o equipo del usuario.

- **Servidores de Red.**

Se definen los siguientes tipos de servidores:

- *Servidor Proxy*, actúa en nombre del cliente y se encarga de enrutar o direccionar las peticiones y respuestas hacia el próximo salto que puede ser otro servidor, el servidor proxy puede interpretar y modificar las cabeceras de peticiones.
- *Servidor de Redirección*, realiza una función equivalente al servidor proxy pero no procesa ni reenvía la llamada, sino que contesta la petición con un mensaje de redirección en donde indica como contactar el destino.
- *Servidor de Registro*. Recibe y mantiene actualizaciones de las ubicaciones actuales de los usuarios.
- *Agente de Llamada*, realiza las funciones de los tres servidores anteriores además de realizar acciones como localización de usuarios por medio de redirección de llamadas a una o varias ubicaciones, servicios de reenvío sobre ocupado, reenvío sobre no contesta, funciones de gestión como almacenar información de administración de llamadas, filtrar llamadas en base al número de origen o instante de la llamada, etc.

7.4.2 Mensajes SIP

Los dos tipos de mensajes principales que se definen son de petición y de respuesta, cada mensaje contiene una cabecera que describe los detalles de la comunicación como rutas, tipo de mensajes, identificación del receptor y emisor, etc. En total SIP define 37 tipos de cabeceras.

Los mensajes se envían sobre TCP o UDP y pueden enviarse múltiples mensajes en un solo datagrama UDP o conexión TCP. El conjunto de mensajes utilizados para la comunicación de clientes y servidores, son:

- INVITE: Invita a otro usuario a una llamada.
- BYE: Mensaje para terminar una conexión o llamada entre dos usuarios.
- ACK: Confirmación de aceptación de llamada.
- OPTIONS: Para obtener información acerca de las capacidades de una llamada.
- REGISTER: Da información acerca de la ubicación de un usuario al servidor de registro.
- CANCEL: Se utiliza para finalizar la búsqueda de un usuario.

7.4.3 Direccionamiento.

Las direcciones SIP son identificadas por medio de direcciones **URL (Uniform Resource Locator)** que utiliza el formato de dirección **User@Host**, donde User corresponde a un nombre o número de teléfono y la parte Host corresponde al nombre del dominio o dirección de red. Se puede utilizar por lo tanto la dirección de correo del usuario.

SIP presenta ciertas ventajas comparado con H.323, por ejemplo, SIP es un protocolo con procedimientos de establecimiento y señalización de llamada más simples y más rápido, una representación en formato texto y una arquitectura modular.

A continuación se presenta un ejemplo de establecimiento de una sesión SIP y como los distintos servidores SIP interaccionan entre sí.

En este ejemplo un usuario perteneciente al dominio **abc.sv** establecerá una llamada con el un usuario que se encuentra en el dominio **xyz.sv**

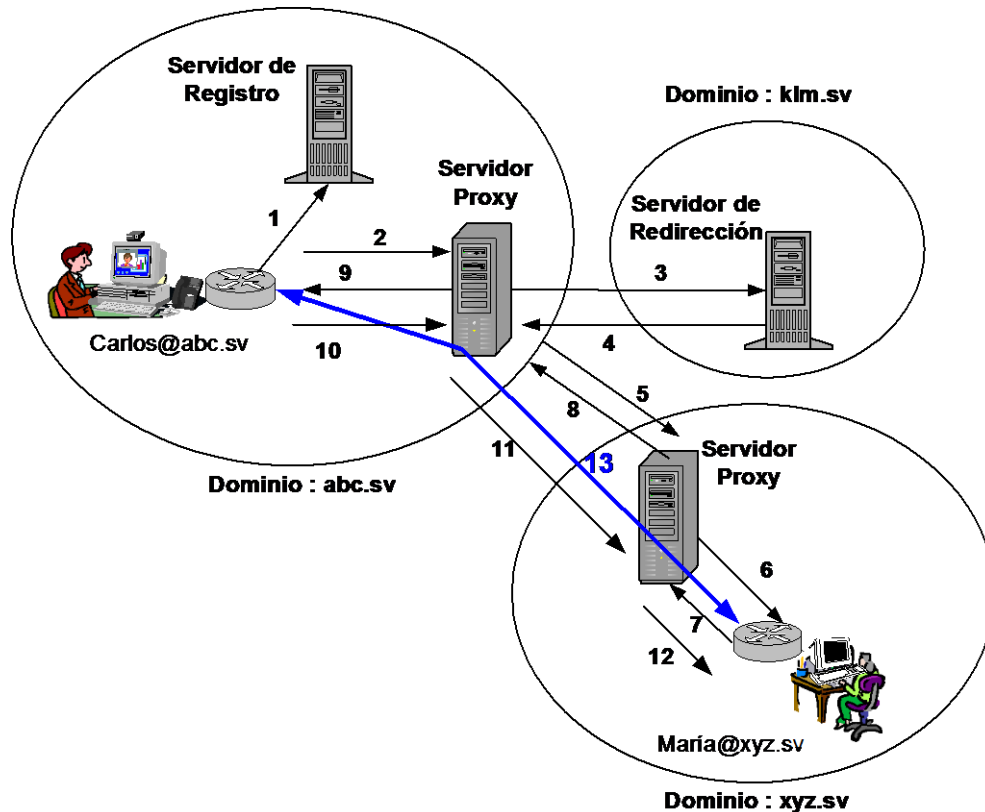


Figura 21. Establecimiento de una llamada SIP.

El establecimiento de la llamada e interacción entre los distintos servidores de la figura 21 se lleva a cabo mediante los siguientes pasos:

1. El usuario Carlos del dominio abc.sv, se registra en primer lugar en el servidor de registro de su dominio, de esta manera el servidor proxy podrá consultar y saber la ubicación exacta de este usuario dentro del dominio.
2. Carlos desea llamar al usuario María que anteriormente se ubicaba en el dominio klm.sv, entonces Carlos envía un mensaje o petición INVITE al servidor proxy dentro de su dominio, éste consulta al servicio de resolución de nombres, DNS

(Domain Name Server), que puede ser parte del mismo servidor o encontrarse en otro servidor.

3. A través de la dirección DNS, el servidor proxy localiza al servidor SIP del dominio klm sv y le reenvía la petición de Carlos, invitando a María a la sesión.
4. Este servidor SIP actúa como un servidor de redirección, que también puede ser un proxy con funciones de redirección, y contesta a la petición del proxy del dominio abc sv, diciéndole que el usuario que busca se encuentra ubicado en otro dominio, el dominio xyz sv.
5. Con ese dato, el proxy del dominio abc sv ubica y reenvía la petición al proxy del dominio xyz sv
6. Este servidor ahora localiza al usuario dentro del dominio y traslada el mensaje INVITE.
7. El usuario acepta la llamada y contesta con un mensaje OK, que incluye también información complementaria como tipo de codificación, puerto, etc.
8. OK
9. OK
10. El Usuario Carlos responde confirmando la aceptación de la llamada con lo cual se puede dar inicio al intercambio de voz.
11. ACK
12. ACK
13. Se establece el flujo de Voz a través de RTP.

Cuando la sesión desea ser terminada cualquiera de los participantes puede dar por finalizada la llamada.

7.5 MGCP (Protocolo de Control de Gateway) / Megaco.

Estos dos protocolos fueron desarrollados casi exclusivamente para los proveedores de servicio telefónico, las PSTN, ya que trabajan en ambientes de redes IP extensas que coexisten con la red telefónica pública. Los equipos que realizan la interfaz entre los dos mundos son Gateways de telefonía con interfaces adecuadas para soportar enlaces análogos y digitales hacia la red pública telefónica, hacia redes ATM, PBX's, circuitos análogos residenciales y acceso a Internet a través de la red pública.

El protocolo MGCP (Media Gateway Control Protocol) surgió de la unión de dos protocolos desarrollados anteriormente por el IETF, ellos son: **IPDC (Internet Protocol Device Control)** y **SGCP (Simple Gateway Control Protocol)**, esta definido en el IETF RFC 2705.

Megaco es un protocolo que resultó de la colaboración entre el ITU y el IETF, es conocido como recomendación H.248 del ITU ó IETF RFC 2885. Ambos protocolos son similares en su funcionamiento y algunos consideran a Megaco como una extensión de MGCP.

La función principal de estos protocolos es controlar a los gateways de VoIP, con inteligencia externa, que reside en equipos llamados **Controladores de Gateways de Medio, MGC (Media Gateway Controller)** en el protocolo Megaco y **Agentes de Llamada** dentro del protocolo MGCP.

En otras palabras, estos equipos son elementos externos de control de llamadas, que le dictan indicaciones necesarias a un gateway sobre cómo y donde conectar una llamada, porque que ruta o a que otro gateway deberá enviar la llamada. En este sentido, los gateway se vuelven "terminales tontas" con pocas o ninguna facilidad local, además de la interfaz hacia la red pública y las funciones de conversión de audio.

A esta forma de funcionamiento de la red se le conoce como arquitectura centralizada, ya que la inteligencia de la red está centralizada, en este caso en el MGC, establecimiento, lógica y control de llamadas, tasación, etc. A diferencia de los

protocolos como H.323 y SIP en donde la inteligencia de la red está distribuida entre los puntos finales y los dispositivos de control de llamada.

La comunicación entre agentes de llamada ó MGC y gateways se realiza cada vez que se necesita conectar o procesar una llamada, para reportar acciones o estado. Estas acciones de control se llevan a cabo a través de mensajes o comandos, cada comando contiene los parámetros necesarios para ejecutar la acción indicada por el MGC.

Para comunicar a los gateways algunos datos necesarios para su operación, MGCP utiliza el protocolo **SDP (Session Descriptor Protocol)** por medio del cual da a conocer direcciones IP de otros gateways remotos o locales, direcciones de conferencias de audio multidifusión, puertos de transporte UDP para recibir paquetes RTP desde el gateway remoto, especificar el medio de audio y su codec. Tanto MGCP como Megaco pueden interactuar con ambientes H.323 y SIP.

En la figura 22 se puede observar una red MCGP/Megaco.

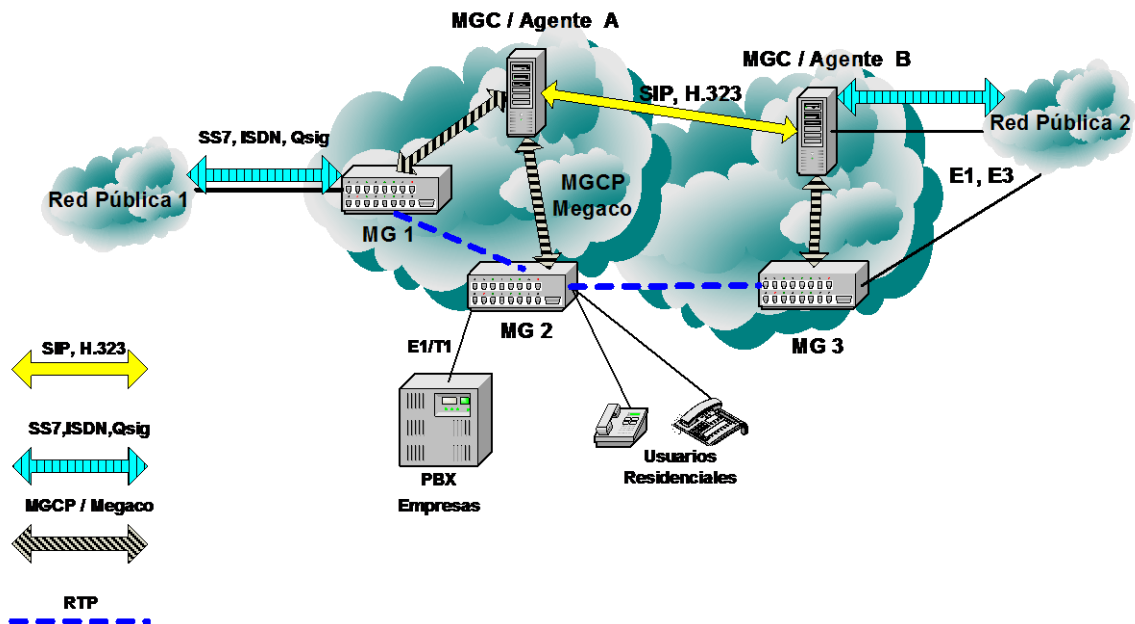


Figura 22. Red MGCP/Megaco

El procedimiento para establecer una llamada en una red de este tipo se explicara a continuación:

Se supondrá primero que un usuario necesita establecer una llamada desde la red pública 1 que accesa a la red por medio del gateway de medios 1 (MG1) hacia la PBX o usuarios residenciales conectados al gateway de medios 2 (MG2).

El controlador de gateway de medios MGC "A" esta periódicamente interrogando al gateway de medios MG1 y MG2 para saber si hay algún cambio de estado en las interfaces de estos, es decir, las troncales o canales de los enlaces digitales, y mandar un comando de conexión a este punto final.

Al haber un cambio de estado en las interfaces del GM1, este envía una notificación al MGC, el cual la reconoce y solicita mas información, el gateway responde con una descripción de la sesión utilizando SDP, que incluye la información necesaria para que el otro gateway MG2 pueda iniciar la comunicación una vez que la conexión sea creada por el MGC, quien envía estos datos del MG1 al MG2 y este responde con su propios datos de sesión. Una vez que estos datos de sesión han sido intercambiados, la comunicación puede darse en ambas direcciones.

Cuando los puntos finales pertenecen a gateways que son administrados por diferentes agentes de llamada o MGC, por ejemplo, una conexión entre la red publica 1 y la red publica 2 de la figura 22, estos deben intercambiar información para sincronizar la creación de la conexión entre los puntos finales.

La comunicación entre estos agentes de llamada se realiza por medio de protocolos como SIP o H.323.

Esta es una explicación simplificada del procedimiento real que se genera entre los diferentes componentes de una red MGCP/Megaco, estas transacciones de información están compuestas por una serie de comandos y respuestas obligatorias.

Algunos de estos comandos se describen a continuación:

- *CreateConnection*, es usado para ligar una dirección IP y puerto específico a un punto final. Una petición de createconnection es solicitada por el punto final para el MGC del cual depende, si esta petición es reconocida, un identificador llamado ConnectionId, es asignado para identificar la conexión.
- *ModifyConnection*, es un comando utilizado por el agente de llamada o controlador de gateway para modificar parámetros en una conexión activa.
- *DeleteConnection*, comando utilizado por un gateway o controlador de gateway para eliminar o terminar una conexión existente. El comando incluye una serie de parámetros acerca del estado de la conexión.
- *NotificationRequest*, es utilizado por un controlador de gateway cuando desea obtener información acerca de la ocurrencia de algún evento específico en un punto final. Estos eventos pueden ser la transición de colgado a descolgado, detección de tono, etc.
- *Notify*, es la respuesta del gateway al comando *NotificationRequest* emitido por el controlador de gateway. Este comando incluye una lista de eventos que el gateway a observado o registrado.
- *AuditEndpoint*, es un comando utilizado por el controlador de gateway para obtener detalles acerca del estado de uno o varios puntos finales.

A continuación, en la página siguiente se presenta un cuadro comparativo de estos tres protocolos de Voz sobre IP.

	H.323	SIP	MGCP/Megaco
Estándar Desarrollado por	ITU	IETF	IETF-ITU
Tipo de Arquitectura	Distribuida	Distribuida	Centralizada
Control de Llamada	Gatekeeper	Servidor Proxy/Redirección	Agente de Llamada/MGC
Puntos Finales	Gateway/Terminal	Agente de Usuario	Gateway de Medios
Transporte de Señalización	TCP o UDP	TCP o UDP	TCP o UDP
Soporte Multimedia	Sí	Sí	Sí

Cuadro 16. Cuadro Comparativo de Protocolos VoIP

7.6 RESUMEN.

El rápido crecimiento de las redes IP, el desarrollo de las técnicas de digitalización de la voz, el desarrollo de nuevos protocolos y estándares de transmisión de voz en tiempo real han hecho del protocolo IP uno de los principales mecanismos de transporte para voz en redes de paquetes. Dos de los principales organismos de estandarización y desarrollo han unido fuerzas para desarrollar separadamente y en conjunto una serie de protocolos para el transporte de voz sobre redes IP. Así se ha logrado también la interoperatividad entre estos protocolos y por consiguiente entre equipos y redes distintas.

H.323 es la carta de presentación de una serie de protocolos desarrollados con el mismo fin, lograr transmitir voz en redes de paquetes, elaborando mecanismos de control, señalización específicos para ciertas aplicaciones que van desde las sesiones multimedia hasta el tráfico de llamadas internacionales entre redes de telefonía tradicional y redes de datos.

Estos protocolos están siendo utilizados en la mayoría de aplicaciones multimedia e Internet utilizan el stack de protocolos H.323.

Así también, los proveedores de servicio, en países como Estados Unidos los utilizan para cursar llamadas por sus redes de datos, brindando así un servicio a bajo costo por el tráfico de llamadas.

CAPITULO VIII

CALIDAD DE SERVICIO

Cuando se pretende pasar el tráfico de voz de la red tradicional de conmutación de circuitos, cuyo enlace dedicado de 64 Kbps brinda una calidad de voz suficientemente clara como para reconocer al interlocutor, a una red de conmutación de paquetes; el usuario esperaría obtener por lo menos la misma calidad de voz. Sin embargo, sabemos que esto no es posible siempre, ya que como hemos visto a lo largo del documento hay muchos inconvenientes que no hacen posible esa calidad de voz deseada, limitaciones de ancho de banda, retrasos, compartir el medio con otras aplicaciones, etc.

Entonces se debe por lo menos asegurar la calidad de voz mínima que se podría obtener en este tipo de medio, en este sentido, Calidad de Servicio (QoS) es uno de los términos que sale a luz siempre que se habla de voz en redes de paquetes, en particular en VoFR y VoIP, pero ¿a qué hace relación este término?. Puede significar muchas cosas, sin embargo se puede decir que lo que persigue la calidad de servicio es lograr o conseguir un ancho de banda y latencia necesarios para una aplicación determinada. Esto se realiza a través de distintos mecanismos y herramientas.

Aquí se describirán algunos de los mecanismos y herramientas más conocidos de QoS, como son:

- Protocolo de Transporte en Tiempo real Comprimido. (cRTP).
- Gestion de colas.
- Clasificación de paquetes.
- Medición y formación de tráfico.
- Anulación de Congestión

8.1 COMPRESIÓN DE CABECERA RTP

Como se describió en el apartado 7.1, la cabecera del segmento formado después de pasar por RTP es de 40 bytes.

IP Header	UDP Header	RTP Header	Datos (voz)
----- 20 Bytes -----	----- 8 Bytes -----	----- 12 Bytes -----	20 a 160 Bytes-

En ese apartado, tomamos como ejemplo el protocolo G.729 que comprime a 8 Kbps y genera muestras de 10 ms, y cada trama consta de 2 muestras de voz (cada muestra de 10 ms corresponde a 10 bytes), lo cual genera una trama de datos de 20 bytes, es decir que la cabecera es dos veces mayor que el campo de datos.

Esto quiere decir, que se estaría consumiendo más ancho de banda en overhead que en datos de útiles de usuario.

Por ejemplo: para transmitir un segundo de voz se necesitan 50 muestras o tramas de 20 ms, cada muestra lleva una cabecera de 40 bytes, es decir, 320 bits por muestra, por lo que en un segundo se tendrían 16,000 bits solo en overhead. Por lo que se puede asumir que para transmitir VoIP, se consumen 16 Kbps en overhead. (Esto no es una regla general, solamente se toma como parámetro).

En el cuadro siguiente, se muestra una comparación de los protocolos de compresión y el consumo de ancho de banda para transmitir un segundo de voz, incluyendo la cabecera.

Algoritmo de compresión		Compresión	Tamaño de Muestra	Ancho de Banda IP
G.711	PCM	64 Kbps	0.125 ms	80 Kbps
G.723.1	ACELP	5.6 Kbps	30 ms	16.27 Kbps
		6.3 Kbps		17.07 Kbps
G.726	ADPCM	32 Kbps	0.125 ms	48 Kbps
G.728	LD -ACELP	16 Kbps	0.625 ms	32 Kbps
G.729A	CS-ACELP	8 Kbps	10 ms	24 Kbps

Cuadro 17. Consumo de ancho de banda de Algoritmos de compresión

Para solventar este problema se utiliza la compresión de cabecera RTP, una técnica desarrollada por **Cisco**. Con este mecanismo se puede comprimir la cabecera de 40 bytes a 2 o 4 bytes.

Con la compresión de cabecera a 2 bytes, se disminuye el consumo de ancho de banda por ejemplo, para G.729 de 24 Kbps a 11.2 Kbps, así podrían tenerse 5 conversaciones o llamadas simultaneas en un enlace de 64 Kbps, donde sin compresión solo podrían tenerse 2 llamadas (asumiendo que no hay otro tráfico en el enlace). La reducción a 2 bytes se logra cuando no se utiliza el campo de la suma de verificación de UDP y 4 bytes cuando este campo si se utiliza.

El procedimiento consiste en asumir y de hecho así es, que más de la mitad de los bytes de las cabeceras IP y TCP permanecen constantes durante la vida del paquete. Es decir, la diferencia entre paquete y paquete es constante, aunque varíen algunos campos. El equipo que recibe los paquetes guarda el primero de una secuencia, sin comprimir y el equipo transmisor informa nada mas si la diferencia en ciertos campos o en todo el paquete es nula, si es así, el receptor reconstruye la cabecera con el paquete que tiene guardado en memoria. Periódicamente el equipo transmisor debe enviar una cabecera sin comprimir para verificar que no hay cambios en ella.

La compresión de cabecera debe utilizarse en enlaces de baja velocidad, típicamente menores a 512 Kbps, en donde la mayor parte del tráfico sea RTP. No debe emplearse en enlaces de alta velocidad, ya que no valdría la pena con relación a la carga de procesamiento en el CPU del equipo, generalmente un router.

8.2 GESTIÓN DE COLAS

Las colas (**Queuing**) son el mecanismo por el cual es tráfico saliente de un puerto de un router, es detenido antes de ser enviado, en base a ciertas condiciones de congestión o políticas de clasificación de paquetes.

Los diferentes tipos de colas se describen a continuación.

8.2.1 Primero en entrar primero en salir, FIFO (Firts In- Firts Out Queuing).

Los paquetes son transmitidos en el mismo orden en que llegan al puerto de salida. Este fue el primer tipo de gestión de colas que se utilizó en los routers y todavía se utiliza, no provee mayores beneficios.

8.2.2 Gestión de Colas apropiada ponderada, WFQ (Weighted Fair Queuing).

Este método utiliza varias colas, una para cada clase de tráfico y divide el ancho de banda total en partes iguales, de acuerdo a pesos (Weigth) previamente definidos, así aplicaciones con el mismo peso, se les asignará la misma cantidad de ancho de banda para cada cola. Esto evita que una aplicación en particular pueda consumir todo el ancho de banda disponible. Por ejemplo, si en una cola hay tráfico de bajo volumen pero con mayor peso, será tratado preferentemente, y su carga será enviada en su totalidad, el ancho de banda restante es dividido entre las aplicaciones restantes en partes iguales o equitativamente de acuerdo a su volumen o peso.

Con una asignación de ancho de banda equitativa se logra que las aplicaciones de bajo volumen tengan mayor oportunidad de salir, ante el tráfico pesado como puede ser FTP. Sin embargo, la asignación de ancho de banda cambia dinámicamente, así si una aplicación o flujo ya no está presente, se reparte de nuevo el ancho de banda para

aprovechar el que queda libre. Además este método ofrece una fluctuación de fase (jitter) reducida, lo que favorece a la transmisión de voz.

WFQ determina el tipo de flujo por medio de la dirección de origen y destino, el tipo de protocolo, el número de puerto y los valores QoS/ToS. Generalmente se utiliza en interfaces menores a 2.048 Mbps.

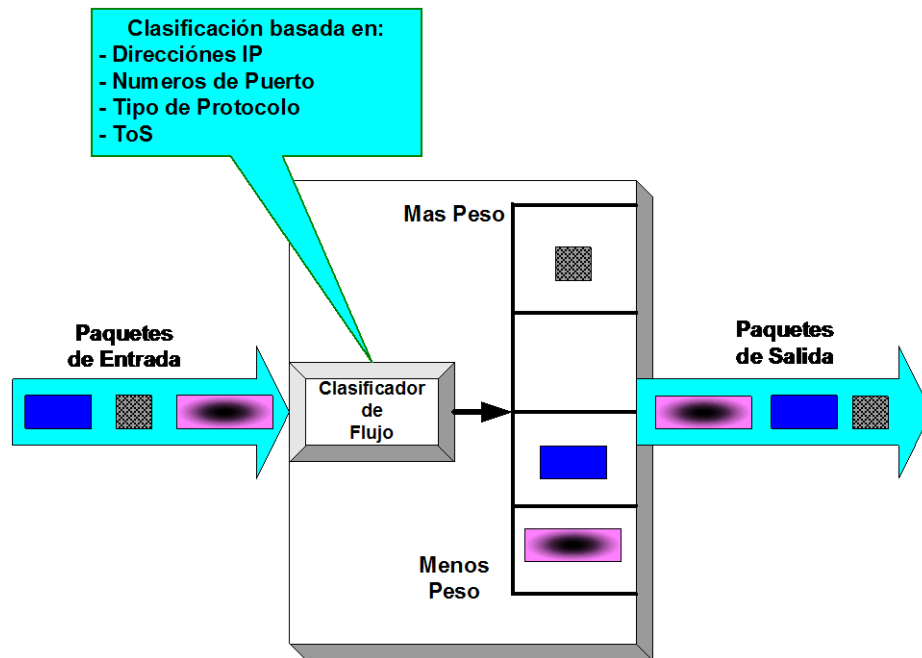


Figura 23. Ponderación WFQ.

La ponderación de WFQ es modificada por los siguientes mecanismos:

- FECN
- BECN
- Precedencia IP
- RSVP
- Prioridad IP RTP
- Reserva IP RTP

Cuando se transmite sobre enlaces Frame Relay, WFQ cambia la ponderación de una cola, que se envía sobre una ruta, de la cual se recibe indicación de congestión, por medio de los campos BECN (notificación explícita de congestión hacia atrás) o FECN (notificación explícita de congestión hacia adelante), disminuyendo la frecuencia a la que

se envían los datos de esa cola. La influencia que tienen otros mecanismos sobre WFQ, se describirá en el apartado de clasificación de paquetes mas adelante.

8.2.3 Gestión de colas personalizadas, CQ (Custom Queuing).

En este tipo de colas, el usuario es quien define explícitamente el porcentaje de ancho de banda que le corresponde a cada aplicación o protocolo.

Cada cola es atendida secuencialmente, de manera cíclica transmitiendo la cantidad de tráfico configurado en esa cola antes de pasar a la siguiente. La cantidad de bytes que deben ser transmitidos se determina en base a la velocidad del puerto de salida y a la cantidad o porcentaje de tráfico configurado para esa aplicación. Si una cola no esta utilizando su porcentaje total, otra cola puede utilizar este ancho de banda sobrante hasta que la otra aplicación lo utilice completamente.

CQ se asegura que no se envíe mas tráfico que el configurado para cada aplicación pero no reacciona dinámicamente ante los cambios de o condiciones de la red. Usualmente se pueden definir hasta 16 tipos de cola de salida.

Además en este tipo de cola se requiere que el administrador conozca los tipos de puertos de las aplicaciones, y las aplicaciones en sí.

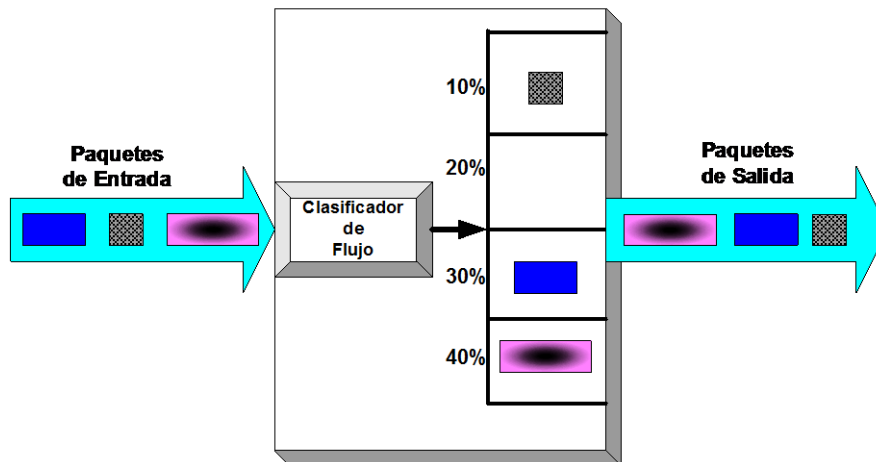


Figura 24. Cola Personalizada. CQ

8.2.4 Gestión de Colas por Prioridad, PQ (Priority Queuing).

Se permite que el administrador configure de la red configure 4 tipos de prioridad de tráfico, Alta, normal, media y baja. En este método, el tráfico clasificado como de prioridad alta es transmitido hasta que no haya mas datos en la cola y entonces se transmite el tráfico de la cola siguiente.

Este mecanismo asegura que el tráfico critico (prioridad alta) tenga disponible todo el ancho de banda durante la transmisión. Las otras aplicaciones en las colas restantes tienen que esperar que el tráfico prioritario salga. Esto puede acarrear problemas si es mal configurado y una aplicación muy pesada es clasificada como de prioridad alta y este permanente transmitiendo. Se recomienda, clasificar en prioridad alta a aplicaciones que no consumen mucha cantidad de ancho de banda respecto al total de ancho de banda disponible.

El administrador de red debe monitorear periódicamente el flujo de datos para verificar que las colas estén trabajando bien y no existan aplicaciones que queden relegadas y esperando permanentemente o por mucho tiempo.

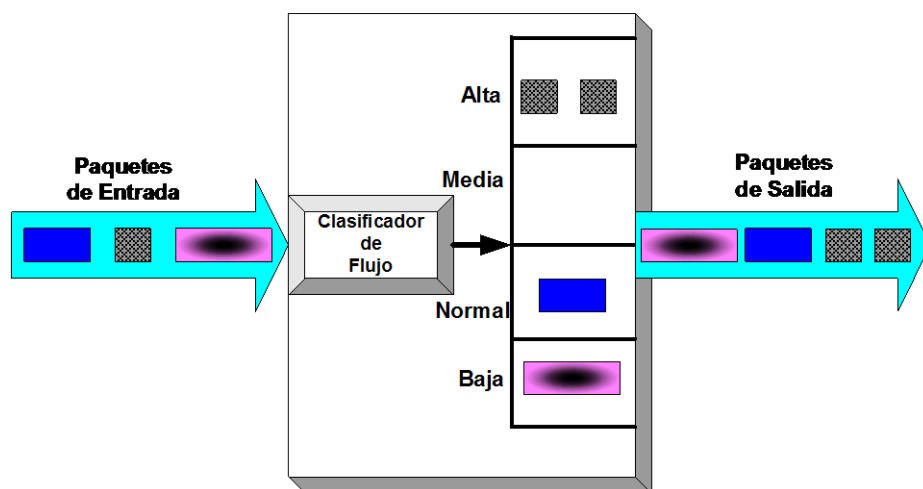


Figura 25. Gestion por PQ

8.2.5 Gestión de colas apropiadas basada en clases, CB-WFQ (Class Based Weighted Fair Queuing).

Utiliza el mismo mecanismo que WFQ pero además permite que el administrador defina clases de tráfico mediante listas de acceso. El administrador asigna la cantidad de ancho de banda garantizado para cada clase definida. Las aplicaciones que no son asignadas a una clase siguen las reglas de WFQ y comparten el ancho de banda no utilizado por el flujo de clases. Se puede crear una clase específica para el tráfico de voz

Este método se puede implementar en equipos con interfaces de velocidades muy altas, propias de los proveedores de servicio, a diferencia de los otros métodos que aplican a velocidades abajo de 2.048 Mbps.

8.2.6 Gestión de colas de baja latencia, LLQ (Low Latency Queuing). PQ-CB-WFQ.

Fue desarrollado específicamente para dar prioridad absoluta al tráfico de voz sobre cualquier otro tráfico en el puerto o interfaz. Es decir, este método asigna una gestión de prioridad estricta al igual que IP RTP Priority como veremos mas adelante, pero permite mas libertad debido a que no restringe la clasificación a un rango de puerto UDP específico como IP RTP Priority, pero al igual que este último, es muy útil para tráfico en tiempo real sensible al retraso.

El flujo de voz puede definirse en una lista de acceso que indica que ese tráfico debe ponerse en una cola con prioridad estricta.

8.3 CLASIFICACIÓN DE PAQUETES.

Como se menciona anteriormente la ponderación de WFQ es modificada por algunas técnicas especiales que aseguran cierta calidad de servicio. Estas técnicas se basan en la clasificación del paquete de información para tomar una decisión sobre el tratamiento que tiene que dársele a este paquete o al flujo de información. A continuación se describirán estas técnicas.

8.3.1 Precedencia IP.

Para definir la precedencia se utiliza el subcampo de Precedencia dentro del campo tipo de servicio de la cabecera IP.

0	1	2	3	4	5	6	7
Precedencia		TOS			MBZ		

Las opciones son:

000	Rutina
001	Prioridad
010	Inmediato
011	Flash
100	Flash Override
101	Crítico
110	Control de Red (Internetnetwork Control)
111	Control de Red (Network Control)

El valor cero es el de menor precedencia, las precedencias 6 y 7 están reservadas para la información de red, como actualizaciones de enrutamiento, paquetes hello, etc.

Un router agrupara y administrará el tráfico en las colas de acuerdo a los valores de precedencias y los valores de dirección de los puertos de origen, destino y números de puertos.

De acuerdo al fabricante se pueden crear listas de acceso que relacionan el bit de precedencia con un número a parámetro más fácil de manejar para el administrador de red, un número de teléfono por ejemplo. Esto es, que se crea una norma que el router interpreta y ejecuta, lo cual se convierte en una política de enrutamiento.

8.3.2 Políticas de Enrutamiento.

Las políticas de enrutamiento se basan en reglas o normas creadas a partir de las direcciones IP, números de puertos, protocolos, tamaño de paquetes, precedencia, etc. Se crea la regla y el router se encarga de analizar cada paquete para determinar la correspondencia a una regla y en base a ello, decidir a donde debe dirigir el paquete.

Las políticas se definen para la interfaz o puerto que recibe el tráfico, se puede definir listas de acceso estándar que se limita a tomar una decisión en base a la dirección de origen del paquete o listas ampliadas, basadas en mas de un criterio de correspondencia.

El router mantiene un mapa de rutas, que determina el siguiente salto del paquete una vez se ha filtrado mediante la correspondencia o no a una regla de enrutamiento. El mapa de rutas posee rutas estándares o habituales basadas simplemente en ruteo por destino, por donde envía cualquier tráfico que no corresponda a ninguna regla y rutas específicamente creadas para el tráfico que cumple con los criterios de evaluación.

También pueden utilizarse sentencias dentro del mapa de rutas para evaluar el próximo salto, las sentencias que se utilizan son *permitido* y *denegado*. Estas sentencias establecen un primer filtro para el tráfico, así un paquete puede estar dentro de la regla de permitido pero puede que no reúna los criterios de evaluación o correspondencia, por ejemplo el tamaño de paquete y por tanto será enviado por la ruta habitual basada

en destino. Cualquier paquete que este definido como denegado y concuerde con una regla de evaluación será también enviado por la ruta habitual.

La clasificación más minuciosa del tráfico usualmente se realiza en los routers de los extremos de la red, en los border router, y a medida que se va avanzando dentro de la red la clasificación se va simplificando y realizando la labor de ruteo, por ejemplo en base a la precedencia IP solamente.

El ruteo basado en políticas es muy útil en redes complejas y generalmente se utiliza en conjunto con otros protocolos como Frame Relay, ATM, OSPF y MPLS (Multiprotocol Label Switching).

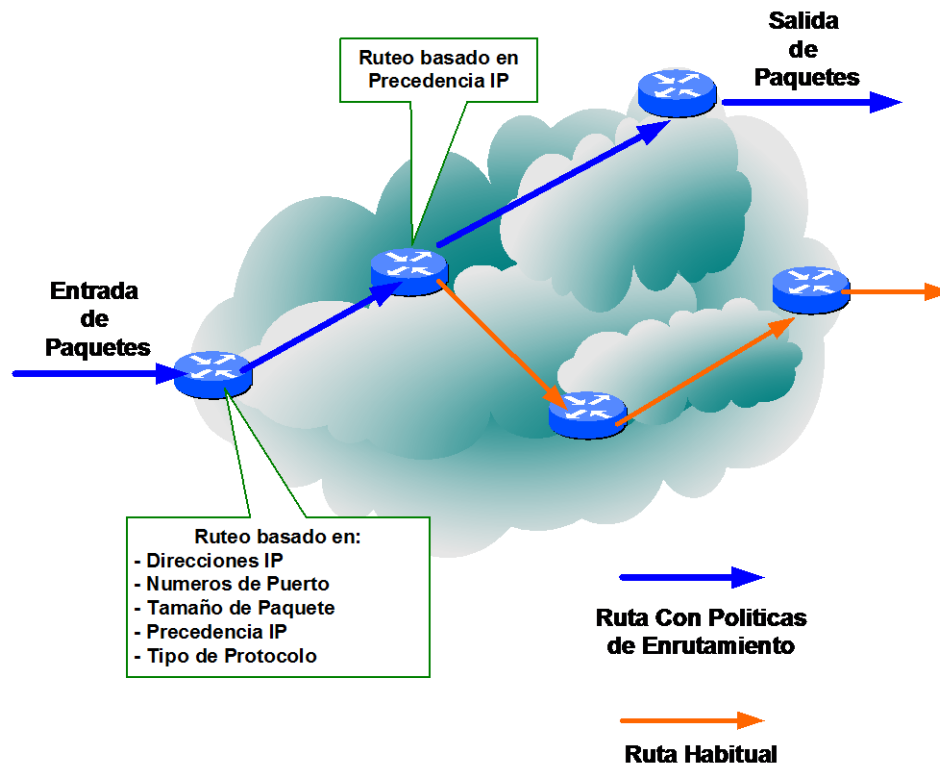


Figura 26. Ruteo por Políticas

8.3.3 RSVP (Protocolo de Configuración de Reserva de Recursos)

Este protocolo desarrollado por el IETF permite preparar la red antes de enviar el flujo de datos, esto se hace solicitando la reserva de recursos para cierta aplicación. La reserva de recursos esta asociada a la reserva de cierta cantidad de ancho de banda. El equipo o host receptor solicita, para un flujo determinado, la reserva de una cantidad de ancho de banda a todos los nodos (routers) cercanos a él, la petición se pasa de router a router y si las interfaces de estos routers están configuradas con RSVP, se permite la reservación siempre y cuando la interfaz tenga el recurso disponible. La interfaz del router debe tener previamente configura la cantidad de ancho de banda que se destinará para RSVP.

RSVP es orientado al receptor y no al transmisor, es el equipo que recibirá el flujo de datos quien hace la solicitud de reserva. Soporta transmisiones multidifusión. RSVP no es un protocolo de enrutamiento, de modo que si la aplicación detecta que en un router no se le puede brindar reserva de recursos, a lo sumo puede dejar de transmitir, pero no puede tomar otra ruta si las reglas de enrutamiento no se lo permiten. Además el router puede rechazar la solicitud de reserva.

Sin embargo, para que este protocolo funcione bien debe de ser implementado e gran escala y aun así se tiene el inconveniente del tiempo que lleva establecer la reserva en toda la red.

En la figura 27 se muestra un ejemplo de una red donde los routers 1, 2 y 3 soportan RSVP pero los routers 4 y 5 no, el servidor previamente ha enviado un mensaje path (1), para indicar al host la ruta propicia para una sesión RSVP. Cuando el host necesita establecer la comunicación con el servidor, envía un mensaje de reservación (2), para especificar a los routers y servidor sus requerimientos para poder recibir el flujo de datos. El mensaje de reservación y posterior flujo de datos debe tomar la misma ruta que fue establecida por el mensaje path (1) del servidor. Cualquier otro flujo de datos entre el servidor y host que no especifique uso de RSVP, puede tomar la ruta alterna 3.

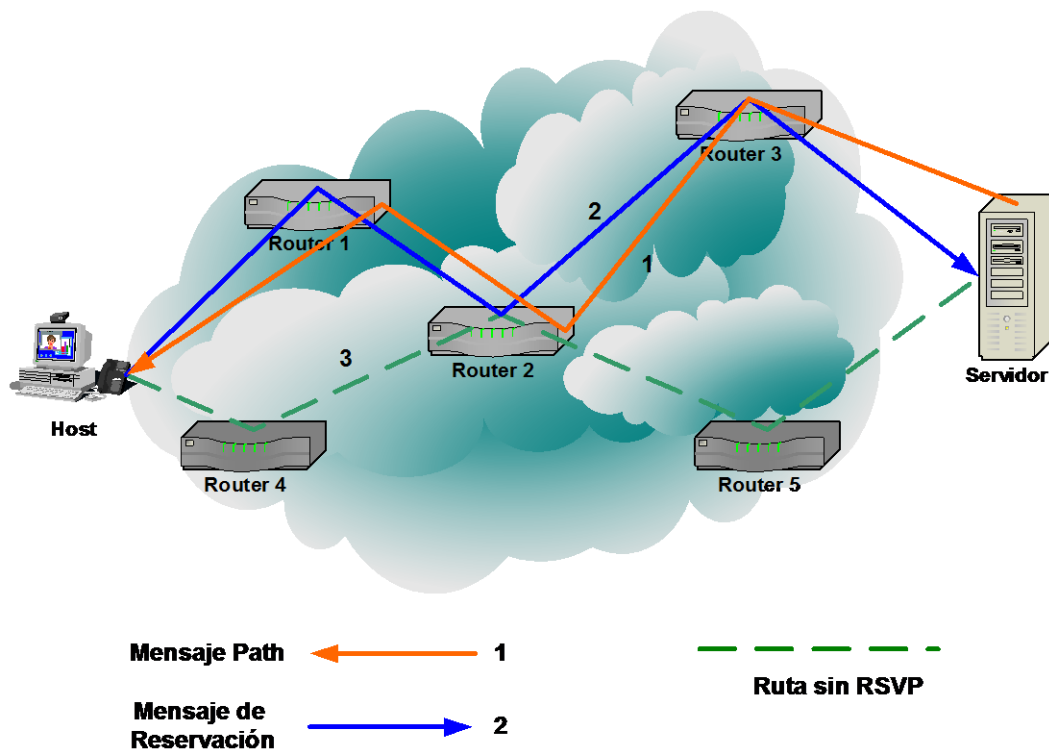


Figura 27. Mensajes RSVP.

La decisión de permitir o no la reservación se toma en cada router y en caso de ser rechazada, se envía un mensaje de error al host. El proceso involucra dos módulos dentro del router que realizan las funciones de control de admisión y políticas de control. Ambos procesos deben ser cumplidos para aceptar la reservación. El módulo de control de admisión determina si el router suficientes recursos disponibles para proporcionar la reservación o QoS solicitada por el host.

El módulo de políticas de control determina si un flujo específico puede ser transmitido de acuerdo a ciertas reglas administrativas previamente especificadas o si un determinado host tiene el permiso para solicitar reservación. Por ejemplo, ciertas direcciones IP o ciertas aplicaciones pueden tener prohibido solicitar reservación de recursos.

En la figura 28, de la página siguiente, se muestra un esquema del proceso de solicitud de reservación.

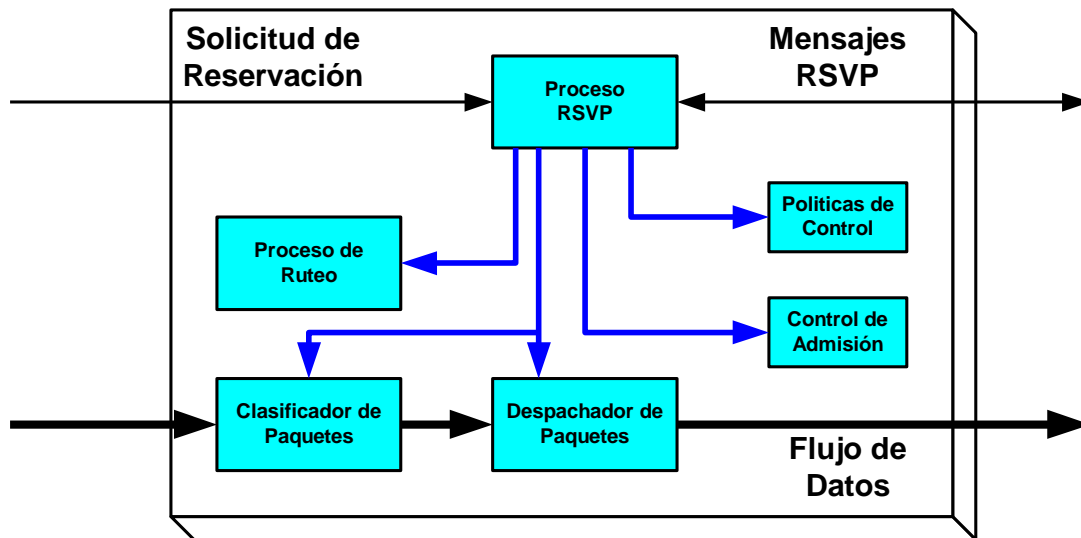


Figura 28. Proceso de Reservación de Recursos

8.3.4 IP RTP Reserve

Permite realizar clasificación de tráfico en base a un rango de puerto UDP. Permite también asignar una cantidad de ancho de banda para ese rango de puertos. Sin embargo solo permite una gama de 100 puertos UDP y no admite el control de admisión, por lo que todos los flujos dentro de ese rango son ponderados. El ancho de banda reservado puede ser utilizado por otras aplicaciones, si este ancho de banda no se utiliza. En este sentido este protocolo funciona como un RSVP estático.

8.3.5 IP RTP Priority.

Utiliza el mismo modo de identificación que el anterior, es decir, identificar el tráfico por el número de puerto UDP. Habilitándolo junto con WFQ, se crea una cola de prioridad estricta muy útil para aplicaciones sensibles al retraso como la voz. Se recomienda para el tráfico de voz en enlaces de baja velocidad.

8.4 MEDICIÓN Y CONTROL DE TRÁFICO.

Además de clasificar el tráfico y gestionar las colas de flujo de datos, se puede implementar métodos de limitación o regulación de tráfico de una aplicación determinada a través de una interfaz de red.

Hay dos métodos para hacerlo, el primero es a través de mecanismos de límite de tráfico o tasa de tráfico, como es el caso del método llamado CAR (Committed Access Rate), Tasa de Acceso Comprometido. El segundo método, está compuesto por los mecanismos de formación de tráfico como GTS y FRTS. Ambos métodos identifican en que momento el tráfico ha alcanzado el límite definido por el administrador para tomar una acción específica.

8.4.1 Tasa de Acceso Comprometido, CAR (Committed Access Rate).

CAR es utilizado generalmente en routers que se encuentran en los bordes de la red del proveedor de servicios. La función de CAR es limitar la cantidad de tráfico de entrada o salida por la interfaz de un router. Dicho de otra forma, se puede controlar la velocidad máxima de tráfico transmitido o recibido en una interfaz.

Se pueden definir varias acciones a tomar para limitar la tasa de tráfico, basadas en algunos parámetros o valores como por ejemplo:

- Tráfico IP.
- Valores del campo de precedencia IP.
- Direcciones MAC.
- Direcciones IP.
- Listas de acceso.

Cada interfaz puede tener múltiples políticas CAR y el router verifica cada una, en el orden que se hayan definido, hasta encontrar una que se cumpla. Las acciones a tomar en la interfaz se pueden definir solo para el tráfico de entrada, solo para el tráfico de

salida o para ambos a la vez. Este método no almacena paquetes como lo hacen GTS y FRTS, los cuales describiremos mas adelante.

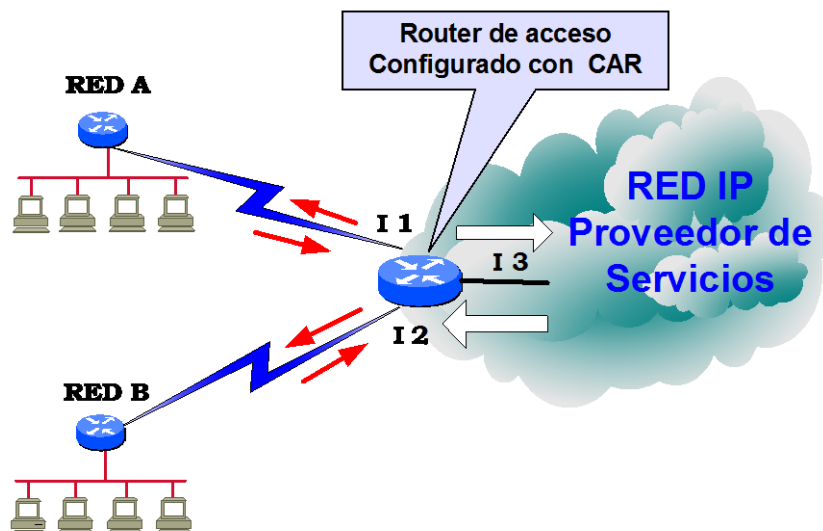


Figura 29. Router de Proveedor con CAR.

CAR no es soportado en interfaces como Fast EthernetChannel, tunnel y PRI. Generalmente se utiliza en interfaces o enlaces de datos con anchos de banda arriba de un T1 o E1.

8.4.1.1 Aplicaciones de límite de Tráfico por CAR.

Cisco define en sus router varios parámetros CAR para el análisis del flujo de datos, estos parámetros se definen como una lista que el router analiza y luego toma la acción correspondiente. Los parámetros son:

- **Entrada o Salida.** Define si la regla es para el tráfico de entrada o el tráfico de salida.
- **Tasa Promedio.** Especifica el tráfico promedio permitido para una determinada interfaz del router, este parámetro debería ser menor o igual al ancho de banda del enlace físico de la interfaz o puerto.

- **Ráfaga Normal.** Determina cual es el tamaño (en bytes) de una ráfaga de datos que puede ser considerada aún dentro del tráfico normal.
- **Ráfaga en Exceso.** Establece el límite del tamaño máximo (en bytes), de una ráfaga de datos. Arriba de este limite se considera que la tasa de tráfico excede los valores permitidos.
- **Acción Conforme.** Establece la acción a tomar si el tráfico de la interfaz es conforme con los parámetros anteriores.
- **Acción Excede.** Establece la acción a tomar si el tráfico de la interfaz no cumple con los parámetros establecidos.

Las acciones a tomar si se cumplen o no los parámetros descritos arriba pueden ser:

- Descartar el paquete.
- Transmitir el paquete.
- Marcar el paquete y transmitirlo. Marcar el paquete significa que por ejemplo se modifique la precedencia IP o en general modificar los parámetros del paquete de usuario.

En las figuras 30, 31 y 32 se muestran tres ejemplos de aplicación de router configurados con políticas CAR.

El ejemplo 1 muestra como utilizar los parámetros CAR para definir el ancho de banda disponible o subrate para un usuario. La interfaz de salida I3 del router que proporciona el acceso a la red del proveedor de servicios, entrega un enlace T3 o también llamado DS3, que corresponde aproximadamente a 45 Mbps. Este ancho de banda es el disponible para que todos los clientes accedan a la red del proveedor, pero cada cliente contrata solo una parte de ese ancho de banda, así por ejemplo, el cliente A, contrata un servicio de 10 Mbps.

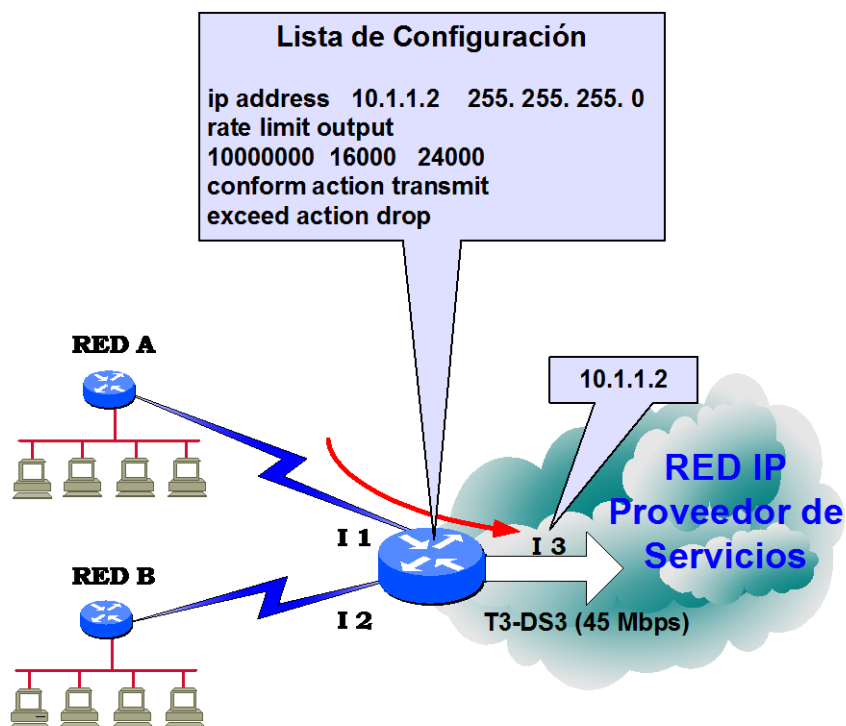


Figura 30. Ejemplo 1. Definiendo el Nivel de Acceso a la Red en la Interfaz de Salida.

En la figura 30 también se muestra la lista de configuración para la interfaz I3 del router (un router Cisco), en la cual se ha configurado los parámetros límites de CAR para la red del cliente A, la dirección de acceso IP correspondiente a la interfaz I3 es 10.1.1.2. Se define en la lista, la tasa promedio de transferencia, en este caso igual a 10 Mbps, además se permite una ráfaga normal de 16000 bytes y una ráfaga en exceso de 24000 bytes. Es decir, que momentáneamente sobre los 10 Mbps se le permite al usuario transmitir tasas entre 16000 y 24000 bytes, arriba de este último, los paquetes serán descartados.

La lista completa deberá contener los límites permitidos para todos los clientes que cursan tráfico por esta interfaz.

El ejemplo 2 muestra un café Internet o Cyber café conectado al Proveedor de Internet (ISP: Internet Service Provider) por medio de un enlace físico con capacidad de transportar un E1 (2.048 Mbps), sin embargo, el cliente solo ha contratado un ancho de banda de 512 Kbps.

Se muestra también la lista de configuración utilizada para limitar o controlar el tráfico de entrada y salida en la interfaz I1 correspondiente al cybercafé. En la lista se define la tasa promedio de transferencia de 512 Kbps, la ráfaga normal y en exceso, en este caso, es igual, lo cual significa que el café puede transmitir momentáneamente hasta 4000 bytes por encima de los 512 Kbps, arriba de este valor los paquetes serán descartados, es decir, no se permite tráfico en exceso.

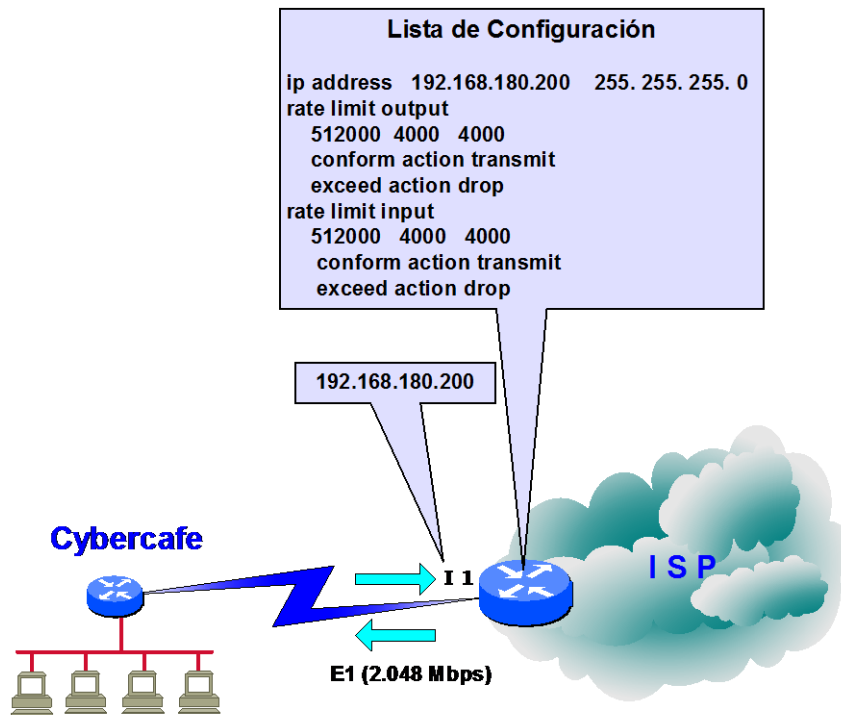


Figura 31. Ejemplo 2. Control de Tráfico de un Usuario en la Interfaz de Entrada

El tercer ejemplo muestra como aplicar CAR para regular el uso de los recursos de la red, que las aplicaciones del cliente utilizan. Se muestra una lista de acceso, en donde se ha limitado el tráfico de la interfaz de salida de un router para aplicaciones específicas como el tráfico WEB, definido por la lista 101 y el tráfico FTP, definido con la lista 102. Los límites de tráfico para cada uno se muestran en la lista y si el tráfico es conforme con la regla, el campo de precedencia IP de los paquetes WWW y FTP son puesto al valor de 5 (Crítico) y si no son conformes se ponen a 0 en el caso del tráfico WEB y es descartado en el caso del tráfico FTP.

Cualquier otro tipo de tráfico se marca con el valor de 2 en la precedencia IP si es conforme y se descarta si no es conforme

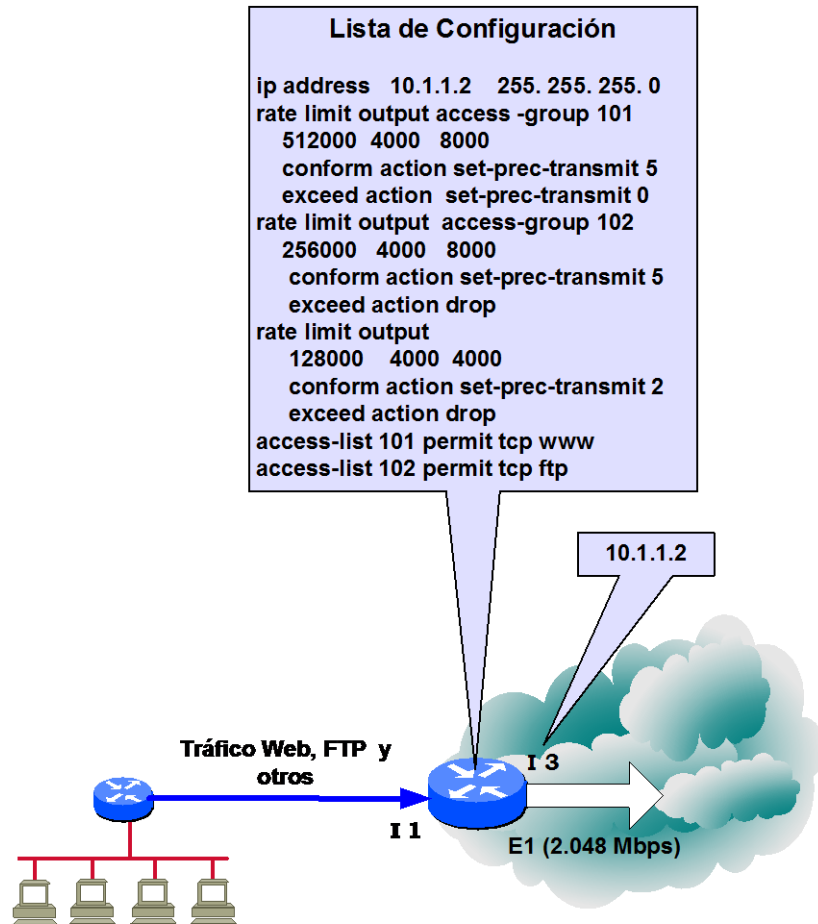


Figura 32. Ejemplo3. Uso de Listas de Acceso, CAR y Precedencia IP.

8.4.2 Formación de tráfico.

La formación de tráfico consiste en controlar el tráfico saliente de una interfaz para hacer coincidir este flujo con la velocidad de la interfaz destino. El control se basa en el almacenamiento temporal del exceso de tráfico en un buffer mientras esperan las condiciones para transmitirlos. Este mecanismo trabaja en conjunto con la gestión de colas. Se puede afirmar que la formación de tráfico se utiliza principalmente para:

- Controlar la utilización de ancho de banda disponible.
- Regular el flujo de tráfico para evitar congestión.
- Establecer mediciones de tráfico.

Con la formación de tráfico se evita la pérdida de paquetes. Por ejemplo, si suponemos que la interfaz de salida de un nodo emisor, tiene una velocidad mucho mayor que la velocidad de la interfaz destino, en el nodo remoto, y que no existe control de flujo, puede llegarse un momento en el cual el flujo recibido en la interfaz remota de entrada, no puede ser procesado y como respuesta a esto, los paquetes en ese momento empezaran a descartarse. En cambio utilizando este método se previene esta pérdida y además se suaviza el flujo de información, lo que resulta beneficioso para controlar la latencia y poder también dar prioridad al tráfico en tiempo real.

Cisco utiliza dos métodos de formación de tráfico como parte de su software para calidad de servicio (QoS), uno de ellos se llama **Formación de Tráfico Genérica (GTS: Generic Traffic Shaping)** y utiliza cola WFQ para retener el tráfico atrasado en la interfaz de salida y puede utilizar listas de acceso para seleccionar el tráfico que haya que formar.

GTS se puede utilizar con varios protocolos de capa 2 como Frame Relay, ATM, **Servicio de Datos Multimegabit Conmutado (SMDS: Switched Multimegabit Data Service)** y Ethernet.

El otro método se denomina **Formación de Tráfico Frame Relay (FRTS: Frame Relay Traffic Shaping)**, el cual además de gestión de colas WFQ, utiliza CQ y PQ para retener el flujo atrasado. FRTS realiza la formación basado en los DLCI y se auxilia de los campos BECN y FECN para detectar congestión y reducir la cantidad de tráfico enviada a la red.

FRTS analiza los paquetes que llegan desde la red y si recibe paquetes marcados con BECN, detiene los paquetes de salida en el buffer para reducir el flujo. La reducción del flujo se realiza en cada circuito virtual y en base al número de paquetes marcados con BECN.

8.4.3 Anulación de Congestión

Estrictamente hablando, se puede afirmar que los métodos de gestión de colas, así como la formación de tráfico y límite de tráfico ayudan a la anulación de la congestión en los enlaces o interfaces, sin embargo, existen procedimientos específicamente diseñados para este fin.

El procedimiento más sencillo consiste simplemente en descartar todos los paquetes que empiecen a llegar a una interfaz, cuando la cola de salida esta llena. No existe clasificación ni diferenciación de tráfico, todos los paquetes son tratados por igual. Los paquetes seguirán descartándose hasta que se detecte que la congestión ha pasado, es decir, que la cola también ha empezado a vaciarse. A este procedimiento se le conoce como *Tail Drop*.

8.4.3.1 RED y WRED

Un método más proactivo que el anterior es **RED (Random Early Detección)**, el cual trabaja con TCP y su función es hacer que el transmisor TCP disminuya su tasa de envío cuando se detecta perdida de paquetes en la vía hacia el receptor, la comunicación en este sentido se lleva a cabo a través de intercambios de una serie de mensajes o segmentos de confirmación (ACK). Por medio de RED el receptor informa al transmisor TCP, cualquiera de estas situaciones: que el tráfico recibido no tiene

problemas, que parte del tráfico se ha perdido o tiene errores, que no se ha recibido tráfico adicional después de un tiempo de inactividad, pero que el receptor está esperando, y por supuesto, peticiones del receptor solicitando al puerto TCP del host que transmite que este baje o aumente su tasa de transmisión.

En los dos métodos descritos anteriormente no hay clasificación del tráfico, esto no es muy útil si se está transmitiendo tráfico importante o prioritario, más aun si se transmite voz. Por tal motivo se creó **WRED(Weighted Random Early Detection)**, el cual combina el mismo mecanismo de RED y el campo de precedencia IP para darle un tratamiento diferenciado al tráfico de alta prioridad.

Este método puede realizar diferentes servicios o tratamientos para diferentes clases de tráfico o simplemente descargar selectivamente tráfico de baja prioridad durante periodos de tráfico de alta prioridad que congestionan las interfaces. Por ejemplo, si hubiera tráfico RSVP circulando por las interfaces, durante periodos o momentos de congestión, se descartaría todo aquel tráfico que no sea RSVP, bajo el supuesto que hay suficiente espacio en la cola para manejar el tráfico RSVP.

WRED primero clasifica el tráfico y posteriormente lo examina para decidir si será descartado o no dependiendo de la cantidad de paquetes que exista en la cola. Si no hay congestión, los paquetes serán enviados a la interfaz de salida en una cola FIFO. A diferencia del método Tail Drop, que provoca picos y valles en interfaces de salida de routers que manejan grandes cantidades de tráfico, como es el caso de Internet, WRED suaviza estos picos y valles debido.

Como WRED puede utilizar la precedencia IP para clasificar el tráfico, los paquetes VoIP pueden ser marcados con un valor de precedencia alta y evitar así, que en momentos de congestión este tráfico de voz se vea afectado.

8.5 RESUMEN

La transmisión de voz sobre enlaces de datos exige ciertas características adicionales a estos enlaces, y estas características básicamente se refieren a dar un tratamiento especial a los paquetes que transportan voz, sobre los que solamente llevan datos de las aplicaciones de la red. Este tratamiento especial, se implementa a través de varios mecanismos como priorización, fragmentación, gestión de colas, control de tráfico, algoritmos de compresión, entre otros.

Podría transmitirse voz sobre enlaces de datos sin implementarse estos mecanismos, y de hecho en muchos casos, se hace de esta manera, pero la voz queda expuesta a que otras aplicaciones de datos le resten las cualidades mínimas necesarias para que pueda establecerse una conversación de buena calidad. Y esto se dará, porque los paquetes de voz se tratarán de igual manera que los paquetes de datos.

En este sentido, hay que diferenciar ambos tráficos y posteriormente darles el tratamiento respectivo.

El tipo de mecanismo a implementar depende de varios factores como el tipo de protocolo de transporte, el ancho de banda disponible en el enlace, los servicios prestados por el proveedor, etc.

Así también, es muy importante conocer el comportamiento de las aplicaciones que se están utilizando en la red y las condiciones de la red misma, analizar la cantidad necesaria de circuitos de voz para no sobredimensionar la solución, tener en cuenta que algunos mecanismos funcionarán mejor que otros dependiendo de las características de la red antes mencionadas.

CAPITULO IV

EJEMPLOS DE APLICACIÓN

9.1 LA TECNOLOGÍA VoFR Y VoIP EN EL PAÍS.

Se realizó un estudio de campo en el país, solicitando reuniones con algunos de los principales proveedores de servicios de telefonía pública y enlaces, indagando si estos proveedores ofrecen como parte de sus servicios, las tecnologías VoIP y VoFR. Así también se investigó que tipo de soluciones VoFR y VoIP ofrecen las empresas distribuidoras de equipo telefónico y de datos.

Se pudo constatar que algunos de estos proveedores ofrecen por ejemplo, servicios de enlaces Frame Relay desde hace un poco mas de 5 años, otros iniciaron sus operaciones aproximadamente hace 3 años. La mayoría ofrece enlaces TDM, IP y Frame Relay, otros solamente IP. Los precios de los enlaces, la cobertura y tipo de servicio que estas empresas prestan dependen de factores como su infraestructura, alianzas con proveedores internacionales, presencia en otros países, etc.

Los enlaces que ofrecen van desde 64 Kbps hasta 2 Mbps. En cuanto al medio físico de transmisión de la última milla, los proveedores con infraestructura heredada usualmente utilizan pares de cobre, los proveedores nuevos utilizan distintos medios, entre ellos, cobre, fibra óptica o enlaces microonda, a veces esto depende de la importancia, tipo y lugar de ubicación del cliente, así como también de las condiciones especiales que cada cliente, generalmente las grandes empresas, solicitan.

La fibra óptica es el medio físico mas utilizado para la comunicación entre los nodos del proveedor, las velocidades de estos enlaces pueden variar desde un E1 hasta varios DS3. La mayoría de la infraestructura del Core, así como los routers de los puntos finales de la casi todos los proveedores, está formada por productos de la marca Cisco.

Sin embargo, a pesar que estos proveedores tienen disponibles las tecnologías FR e IP, no todos ofrecen transmitir voz sobre estos enlaces, algunos lo hacen solo sobre

enlaces Frame Relay pero no sobre los enlaces IP, y si se ofrece, en algunos casos no existe implementación en cuanto a la calidad de servicio para voz. El hecho que algunos o todos los mecanismos de calidad de servicio no se implementen, se debe a que para algunos de los proveedores resulta un problema garantizarla en todos los puntos de la red. Por ejemplo, es muy difícil ofrecer calidad de servicio cuando se trata de un enlace hacia otro país, en el cual no hay presencia del operador y solo existe el acuerdo de conexión con el operador del otro país, sin mas garantías de éste, que la de asegurar un nivel alto de disponibilidad del enlace.

En cambio, los operadores que cuentan con infraestructura en ambos países, tienen la libertad de ofrecer, en cierta medida, esta calidad de servicios de voz a sus clientes, debido precisamente a que controlan la totalidad de la red en ambos países. Aun así, muchas veces este servicio para los circuitos de voz no es ofrecido.

9.2 ESCENARIO INICIAL.

Ahora que ya se a cubierto la parte teórica de las dos tecnologías VoIP y VoFR, en el presente capítulo se procederá a ilustrar con ejemplos de aplicación, algunas implementaciones posibles de estas tecnologías.

Se presentarán varios escenarios de aplicación en los cuales se asumirá inicialmente que una empresa X cualquiera, desea cambiar su actual sistema de comunicaciones de voz y datos, entre sus oficinas locales y regionales. Se abordarán las soluciones posibles, donde una de ellas no es ni VoIP ni VoFR pero tradicionalmente se ha implementado como integración de voz y datos sobre enlaces TDM, así que será abordada nada más como referencia y para fines comparativos con las otras soluciones.

En la figura 33 se observa el diagrama de los enlaces de comunicación de la empresa X. Las oficinas de El Salvador, Guatemala y Honduras están conectadas a través de enlaces Internacionales y un enlace local hacia San Miguel. Se asumirá que la oficina central es la de El Salvador.

Estos enlaces son Clear Channel TDM, lo que significa para fines prácticos, que hay un canal o “ tubo” de comunicación disponible todo el tiempo entre un lugar y otro y además, que el medio de transporte (el canal), es transparente. Es decir, que cualquier protocolo, aplicación, paquete de información, etc. que se envíe desde un extremo debe llegar intacto hasta el otro extremo del enlace sin sufrir ninguna alteración como agregar encabezados, bits de señalización, fragmentar, etc. (esto lo hacen las aplicaciones o protocolos en sí). Los únicos cambios que podría sufrir la información que viaja por el enlace podrían ser alteraciones en los bits debidos a errores en el enlace.

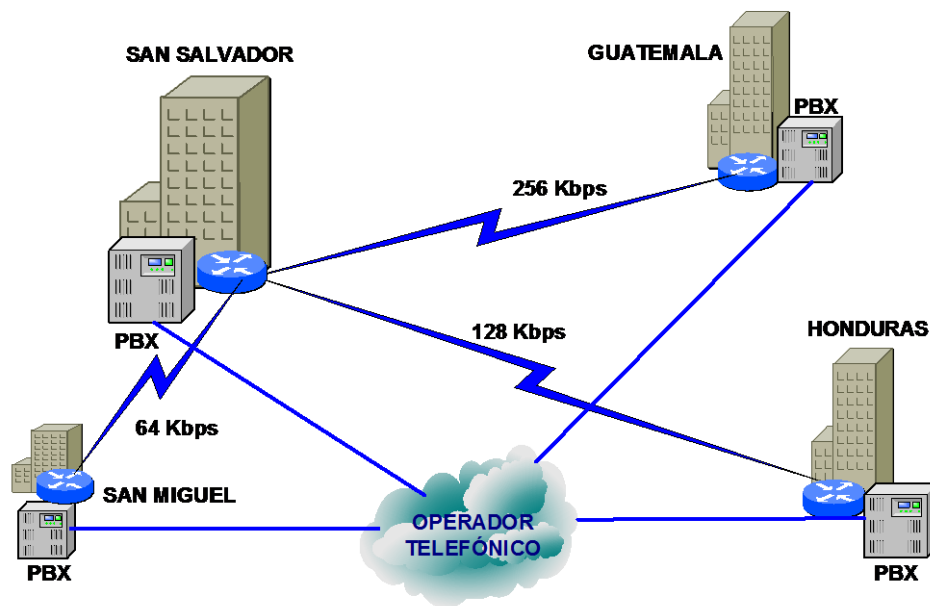


Figura 33. Enlaces de Comunicación Empresa X

El ancho de banda de los enlaces de datos entre cada uno de los sitios se ha escogido en relación con el tráfico que podría haber entre ellos, así se asume que entre las oficinas de Guatemala y San Salvador hay mas tráfico, que entre la oficina de Honduras y más que entre la oficina local de San Miguel.

Esto puede deberse a que en Guatemala exista una oficina con mayor o igual número de operaciones que en San Salvador y en Honduras las operaciones sean menores, en el caso de San Miguel, que exista solamente una pequeña sucursal de distribución, además que en San Salvador se centralicen las operaciones por ejemplo, de contabilidad general, pedidos, producción, etc.

Las llamadas de voz de la empresa se realizan a través del operador telefónico, que puede ser local en cada país o un operador internacional que tenga presencia cada uno de los países, de cualquier forma, la diferencia está en las tarifas que cada operador ofrezca. Este mismo operador puede proporcionar el enlace de datos o puede ser proporcionado por otro distinto.

En este caso la empresa paga un cargo fijo mensual por los enlaces de datos y paga por las llamadas telefónicas internacionales.

A continuación, en el cuadro 18 se muestra un aproximado de los costos iniciales y mensuales que la empresa estaría pagando por este tipo de sistema de comunicación.

Inversión Inicial		Costos Mensuales			
		Enlace de Datos		Llamadas Internacionales y Larga Distancia	Mantenimiento y Operaciones
Router San Salvador	\$2.700,00				
Router Guatemala	\$1.600,00	Enlace 256 Kbps	\$4.000,00		
Router Honduras	\$1.600,00	Enlace 128 Kbps	\$2.200,00		
Router San Miguel	\$1.600,00	Enlace 64 Kbps	\$400,00		
Total	\$7.500,00	Total	\$6.600,00	\$1.000,00	\$1.200,00
TOTAL COSTOS MENSUALES		\$8.800,00			

Cuadro 18 . Costos para solución TDM

Para el cálculo de los costos, se indagó con los proveedores de servicio, las tarifas mensuales por los distintos anchos de banda y tecnología, así como los costos de equipo y tarifas de llamadas internacionales.

Además, para el cálculo tanto de esta tabla como para las siguientes, se asumieron las siguientes condiciones:

- Que las centrales telefónicas en cada sitio han sido adquiridas e instaladas antes de poner a funcionar la solución, por lo que no se incluyen dentro de los costos iniciales.
- Los costos de mantenimiento y operaciones se refieren al salario que devengarían dos personas, una para la parte de PBX y otra para la parte de Routers (generalmente el encargado o técnico de computo).
- Los costos de instalación de equipos y enlaces, que usualmente oscilan entre un 5% a 8% del valor total del equipo suministrado, se han considerado sin costo.
- Para las llamadas internacionales se asume que cada oficina realiza un promedio diario de 10 llamadas hacia la oficina de San Salvador y que ésta devuelve un promedio de 5 llamadas. La duración de la llamada se ha considerado de 5 minutos cada una, a un costo promedio en tarifa plena (de 6:00AM a 7:00PM) de \$0.34, y 20 días laborales en el mes.
- Solo se ha considerado las llamadas internacionales entre oficinas y sucursales, no se incluyen llamadas internacionales a proveedores, clientes, etc.

El costo del router de San Salvador es mas elevado porque tiene mas puertos seriales que los otros, en este caso consta de 3 puertos seriales. El costo de un enlace local, es decir, dentro de El Salvador, es mucho más barato, obviamente, que un enlace internacional para el mismo ancho de banda; es por eso la diferencia de precio para el enlace de 64 Kbps.

9.3 SOLUCIÓN CON MULTIPLEXORES

Una solución a menudo utilizada para disminuir los gastos en llamadas internacionales, cursadas a través del proveedor de telefonía pública, es aprovechar los enlaces de datos existentes o por adquirir para incorporar las llamadas de voz, por medio de multiplexores.

En la figura 34, se puede observar el detalle de esta solución y los equipos e interfaces de cada sitio. Por ejemplo, en el sitio central (El Salvador) existe una PBX interconectada al Multiplexor a través de una tarjeta E1, y en los otros sitios la interconexión de la central al multiplexor es a través de circuitos E&M . Los routers están conectados al multiplexor a través de interfaces V.35 y a la red LAN, usualmente por un puerto Ethernet de 10Mbps.

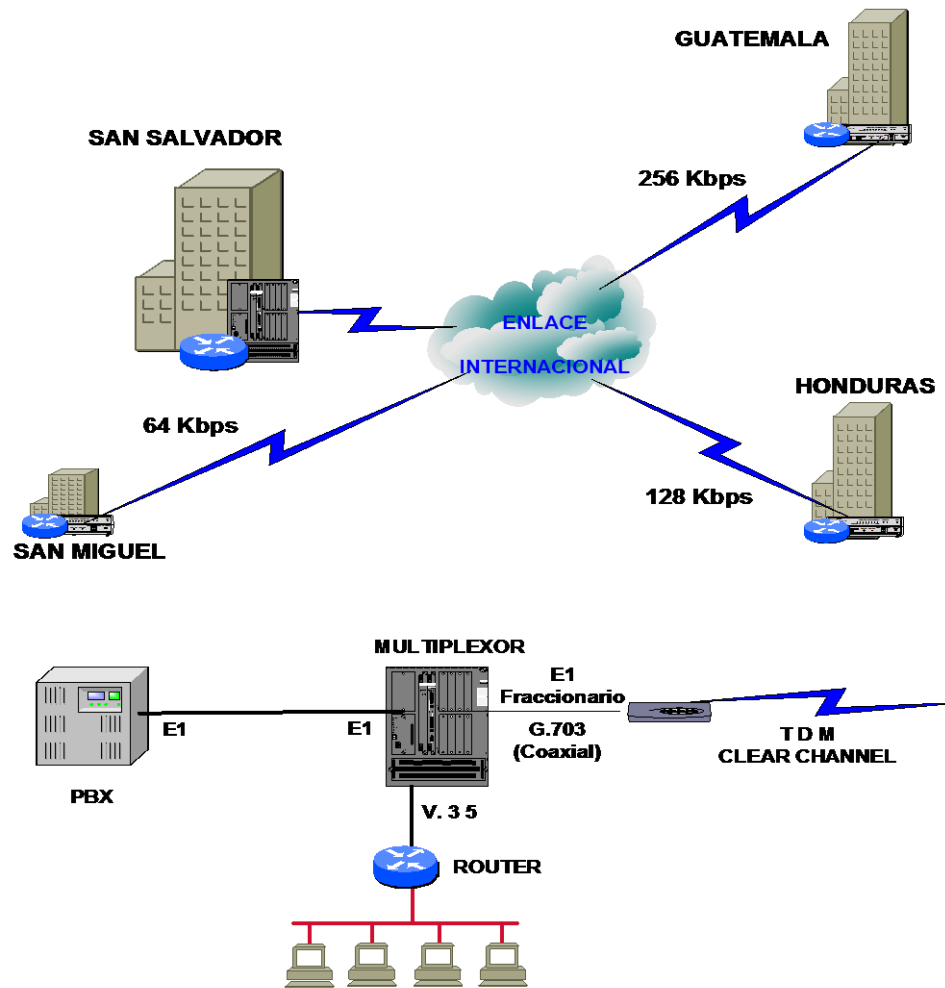


Figura 34. Voz sobre enlaces TDM

La función del Multiplexor es proporcionar un medio de transmisión y acceso compartido para voz y datos a través del mismo enlace, asignando cierta cantidad de ancho de banda a la voz y otra a los datos. Esta asignación de ancho de banda es fija y no puede ser asignada dinámicamente, de modo que aunque no haya llamadas en un momento dado, el ancho de banda reservado para voz no puede ser utilizado.

La configuración de la red es una configuración estrella, aunque en la figura 34 no se refleja así, es decir, por ejemplo que el tráfico de voz o datos que va de Guatemala a Honduras debe de pasar por el multiplexor y router de El Salvador, en donde están definidas las rutas e interfaces adecuadas para direccionar el tráfico al destino final.

El proveedor local en El Salvador recibe y une las señales de los circuitos internacionales de Honduras y Guatemala, así como la de San Miguel y las envía a través de un equipo DSU/SCU que puede recibir y transportar E1 fraccionarios o llamado también E1 canalizado, es decir, un conjunto de timeslot de 64 Kbps cada uno, que para este caso, representan un ancho de banda total de 448 Kbps, la suma de todos los enlaces. Esto no significa que hay un enlace adicional en San Salvador sino que en una sola interfaz convergen todos los enlaces.

El enlace de San Miguel por ser un enlace local, también puede estar dirigido a otra interfaz independiente del multiplexor en San Salvador, en lugar de converger dentro de la nube del operador.

Todos los sitios excepto el sitio central, podrían tener por ejemplo, 4 circuitos de voz en señalización E&M, o podrían utilizarse 4 circuitos FXS/FXO conectados a la PBX o directamente a teléfonos, para este ejemplo se asumirán que se utilizan circuitos E&M. Los circuitos de voz se comprimen a 16 Kbps en los nodos de Guatemala y Honduras, es decir, que se utilizan 64 Kbps de cada enlace para los circuitos de voz y en San Miguel, se podrían habilitarse nada mas 2 circuitos de voz utilizando compresión a 8 Kbps, para utilizar solo 16 Kbps del enlace. Este ancho de banda restante se utiliza para los datos y señalización.

Todos los usuarios de la PBX de una oficina pueden tener acceso a cualquier otra oficina, simplemente marcando un código y el número de extensión con quien desean comunicarse.

En el nodo de San Salvador se encuentra el equipo principal, un multiplexor más robusto que se encarga de ordenar y colocar los canales de voz y datos en los time-slot adecuados para su transporte al destino correcto.

En el cuadro 19, se muestran los valores de anchos de banda utilizados para los circuitos de voz y datos.

País	Enlace	Cantidad de Circuitos de Voz	Compresión	Ancho de Banda para Datos
San Salvador	448 Kbps*	10	16 y 8 Kbps	304 Kbps
Guatemala	256 Kbps	4	16 Kbps	192 Kbps
Honduras	128 Kbps	4	16 Kbps	64 Kbps
San Miguel	64 Kbps	2	8 Kbps	48 Kbps

* Suma de los enlaces convergentes.

Cuadro 19. Anchos de Banda para Solución TDM

.El ancho de banda en San Salvador es la suma de los anchos de banda de cada enlace. Así mismo, en este nodo en lugar de circuitos E&M, se utiliza una tarjeta de voz E1 que cuenta con 30 canales de voz disponibles, de los cuales, se utilizan solamente 10. En un momento dado se podrían estar utilizando los 10 circuitos de voz simultáneamente hacia los demás sitios, lo que se refleja en la tabla

Los costos asociados a esta solución se muestran en el cuadro 20.

Inversión Inicial			Costos Mensuales			
Routers		Multiplexor	Enlace de Datos		Llamadas Internacional y Larga Distancia.	Mantenimiento y Operaciones
San Salvador	\$7.100,00	\$13.500,00				
Guatemala	\$2.700,00	\$9.000,00	Enlace 256 Kbps	\$4.000,00		
Honduras	\$2.700,00	\$9.000,00	Enlace 128 Kbps	\$2.200,00		
San Miguel	\$2.000,00	\$7.000,00	Enlace 64 Kbps	\$400,00		
	\$14.500,00	\$38.500,00				
TOTAL	\$53.000,00		Total	\$6.600,00	\$0,00	\$1.200,00
TOTAL COSTOS MENSUALES				\$7.800,00		

Cuadro 20. Costos Solución con Multiplexores

El costo de las llamadas internacionales entre oficinas se reducen a cero, ya que estas llamadas ahora se cursan por los enlaces de datos.

Los routers para esta solución, especialmente el del nodo San Salvador, suben considerablemente de precio debido a que ahora necesitan tarjetas de voz E&M y E1. En general, la inversión inicial es bastante elevada sobre todo por la introducción de los multiplexores al diseño.

9.4 SOLUCIÓN VOFR.

Se analizará ahora la opción de utilizar enlaces Frame Relay y transmitir voz sobre estos mismos.

Como se mencionó antes, varios de proveedores del país ofrecen enlaces Frame Relay, la mayoría de ellos por lo general ofrecen un enlace con CIR del 50%, pero esto depende también de las exigencias propias de cada cliente, así un cliente que considere que su tráfico de datos es muy bajo y el enlace solo será utilizado pocas veces y por periodos muy cortos, solicitará quizás un enlace de 64 Kbps con un CIR de un 10% por ejemplo, claro también depende si el proveedor está dispuesto a ofrecerlo.

Para el ejemplo de aplicación se asumirá que todos los enlaces excepto el de San Salvador, que tiene un CIR de 80%, tendrán un CIR del 50% y que el proveedor puede ofrecer calidad de servicio en todos los puntos.

Como ya se estudio en el capitulo IV, en los enlaces Frame Relay la comunicación entre cada sitio se define por medio de los Circuitos Virtuales Permanentes (PVC), así todos los sitios pueden comunicarse con cualquiera de los demás sin necesidad de pasar por el sitio central. En este sentido, la comunicación se agiliza y no depende de un punto específico.

En cada oficina un router, que es un VFRAD, se conecta a la red a través de un puerto de 10 Mbps, a la central telefónica por medio de un puerto E1 en San Salvador y por medio de circuitos E&M o FXO/FXS en los otros sitios. El acceso a la red Frame Relay se logra por medio de un modem de cable, satelital o microonda.

Como el CIR es de 50% en los enlaces de Guatemala y Honduras, quiere decir que cada enlace tiene garantizado la mitad de su ancho de banda en momentos de congestión de la red, por ejemplo, el enlace de Guatemala tiene asegurado un ancho de banda de 128 Kbps durante la congestión pero podrá utilizar los 256 Kbps en cualquier otro momento.

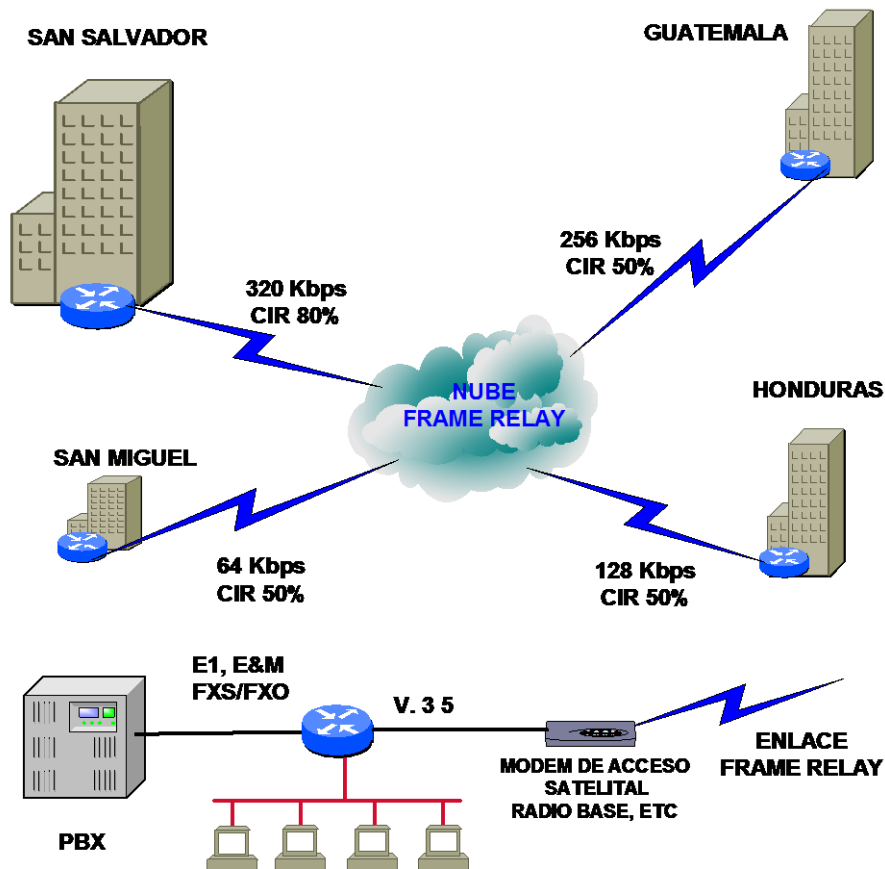


Figura 35. Voz sobre Frame Relay

Esto no debería representar ningún problema, excepto en las horas pico, por lo que se vuelve muy indispensable, para ahorrar ancho de banda, utilizar un buen algoritmo de compresión para los circuitos de voz, que garantice mejor calidad de audición con el mayor grado de compresión posible. En este caso, se utiliza la compresión Híbrida, la norma G.723.1 a 6.3 Kbps.

Se asumirá, al igual que en el ejemplo anterior, que se utilizan 4 circuitos E&M en los nodos de Honduras y Guatemala y 2 circuitos en San Miguel. Con la compresión a 6.3 Kbps, los cuatro circuitos utilizarían 25.2 Kbps, en los enlaces internacionales y 12.6 Kbps en el enlace a San Miguel. En el nodo de San Salvador, se utiliza una tarjeta de voz E1 en la PBX y en el router. En momento dado se podrían tener los 10 circuitos de voz utilizados, es decir 63 Kbps.

En el cuadro 21 se muestran los valores de anchos de banda para esta solución.

País	Enlace	Cantidad de Circuitos de Voz	Compresión	Ancho de Banda para Datos (Sin Congestión)	Ancho de Banda para Datos (en Congestión)
San Salvador	320 Kbps (CIR 80%)	10	6.3 Kbps	257 Kbps	192 Kbps
Guatemala	256 Kbps (CIR 50%)	4	6.3 Kbps	230.8 Kbps	102 Kbps
Honduras	128 Kbps (CIR 50%)	4	6.3 Kbps	102.8 Kbps	38.8 Kbps
San Miguel	64 Kbps (CIR 50%)	2	6.3 Kbps	51.4 Kbps	19.4 Kbps

Cuadro 21. Anchos de Banda para Solución VoFR.

Como puede observarse en el cuadro 21, los anchos de banda disponibles para los datos en momentos fuera de congestión, asumiendo que todos los circuitos de voz están siendo utilizados, son mayores que con la opción TDM. Cuando hay congestión, los anchos de banda disponibles para datos caen debajo de los de la opción TDM, pero en este caso, para el dimensionamiento de estos enlaces, se toma en cuenta que la probabilidad que todos los circuitos de voz estén utilizados a la vez, y que también exista congestión en todos los enlaces al mismo tiempo, es remota.

9.4.1 Consideraciones de Configuración.

Para el caso Frame Relay es muy importante dar prioridad a los paquetes que llevan voz, así también, considerar que en momentos de congestión se necesitará hacer uso de la gestión de colas y formación de tráfico. La fragmentación también ayudará a mejorar los factores como latencia en los enlaces.

Se asume entonces, que el proveedor de servicios podrá brindar todos o algunos de estos mecanismos de calidad de servicio para garantizar una calidad de voz aceptable, y que el cliente puede solicitar que se habiliten. Sin embargo, es más probable que el

cliente tenga control únicamente sobre los routers instalados en sus oficinas, y que pueda habilitar ciertos mecanismos que le ayudarán a garantizar, en cierta medida, un servicio de voz aceptable.

Consideraremos los siguientes puntos, para soportar el tráfico de voz sobre los enlaces tratando de ofrecer la mejor calidad de voz, en base a los mecanismos que puedan habilitarse:

- **Compresión de voz.**

Como se acaba de mencionar, se necesita un buen algoritmo de compresión para la voz, que ofrezca una calidad aceptable de audio, con el mejor nivel de compresión posible, debido a la necesidad de ahorrar ancho de banda, sobre todo en caso de congestión. En este caso, según indagaciones con los mismos proveedores, la norma G.723.1 a 6.3 Kbps es la que mejor se adecua a este caso, por su nivel de compresión sin comprometer la calidad de voz.

- **Priorización de Tráfico.**

Si se utiliza priorización, y debería hacerse, deberá configurarse por lo menos en los routers instalados en las oficinas de la empresa, ya que posiblemente no pueda garantizarse esta priorización en la red del proveedor, probablemente porque más de una interfaz de salida de algún router se comparte con otros clientes. Pero se recordará del capítulo 5, que se puede configurar la interfaz de salida para que se envíen solo dos paquetes de datos entre cada paquetes de voz, los paquetes de datos entrarían en cola mientras son despachados. En el enlace de Honduras y sobre todo el de San Miguel es muy importante la priorización debido a la baja velocidad de los enlaces sobre todo durante congestión ya que estas velocidades caen a la mitad de su ancho de banda.

- **Fragmentación.**

Aunque se dé prioridad de salida a los paquetes de voz, hay que recordar que algunos paquetes de datos son tan grandes como 1,500 bytes y si se envían dos paquetes de datos de este tamaño entre cada paquete de voz, los efectos en la

latencia sobre todo en los enlaces de 64 y 128 Kbps serán muy apreciables (calidad de voz variable, cortes, etc).

Se podrá aplicar fragmentación de usuario a red o punto a punto dependiendo si los routers de la red soportan o no la fragmentación. De nuevo, en los dos enlaces de más baja velocidad, Honduras y San Miguel, es muy importante configurar esta opción.

- **Reservación de Ancho de Banda.**

Podría dividirse el ancho de banda disponible en cada enlace, en dos partes. Una porción destinada para alojar todos los canales de voz simultáneamente y el resto para datos, configurando un PVC para cada servicio, es decir, utilizando un DLCI para Voz y otro para datos. De esta manera aseguramos que los circuitos de voz nunca se queden sin recursos, sin embargo en el enlace de San Miguel habría que evaluar si se aplica esta configuración ya que en los periodos de congestión solo quedarían disponibles 19.4 Kbps para datos, y si las aplicaciones de datos son muy “pesadas”, FTP por ejemplo, posiblemente requieran más ancho de banda que éste.

En todo caso, valdría la pena configurar este nodo de esta manera y ver el comportamiento y desempeño de este nodo durante la congestión.

- **Gestión de Colas.**

Una forma más elegante de garantizar un ancho de banda para los servicios de voz, es por medio de la gestión de colas. Puede utilizarse la gestión de cola ponderada, WFQ. En donde, similar a la reservación de ancho de banda fija que explicamos en el ítem anterior, pero con la diferencia que con este método la utilización del ancho de banda es dinámica.

Como se explico en su oportunidad, con WFQ se tiene la ventaja que si no hay servicios de voz activos, el ancho de banda disponible será utilizado por las otras aplicaciones, lo cual resulta muy útil para los enlaces de baja velocidad, además

si esta habilitado en la red, la señalización de BECN y FECN ayudará a tomar decisiones de gestión.

Si está disponible puede utilizarse la gestión de colas de baja latencia, LLQ, y auxiliarse de listas de acceso, para definir que el tráfico de voz debe colocarse en una cola de prioridad estricta.

- **Formación de Tráfico.**

Por último, suponiendo que el proveedor y los equipos lo permite, se puede habilitar la formación de tráfico para Frame Relay (FRTS), en el nodo de San Salvador, ya que este es el nodo con mayor ancho de banda y por tanto tendrá mas capacidad de enviar tráfico con mucha más frecuencia que los otros nodos. Posiblemente el nodo de San Miguel no pueda procesar todos los paquetes con la misma rapidez que los demás, mas aún si la ruta de su enlace esta en una condición de congestión, pero si el nodo principal, el de San Salvador, tiene FTRS, no se perderán paquetes y se reducirá la congestión o por lo menos no se contribuirá a aumentarla. Este método funcionará mejor si la red del proveedor tiene habilitados las notificaciones de congestión a través de los campos BECN y FECN.

Por otro lado, como FTRS se configura para los DLCI, se debería configurar esta opción, solo los DLCI que llevan datos y no los que llevan Voz, ya que no conviene dejar en cola el tráfico de voz.

Respecto a los costos que implica esta solución, se describen en el cuadro 22.

Como se habrá ya observado en el diagrama, esta solución implica un enlace adicional al de la solución por Multiplexores y TDM, esto es porque cada nodo debe estar ligado físicamente a la nube Frame Relay, aunque lógicamente esta ligado a cada sitio por medio de PVC's, en cambio en las soluciones anteriores, los enlaces de los tres nodos remotos convergían en el router central o eran llevados ya convergidos hasta el nodo central. Sin embargo, el costo de los enlaces Frame Relay, para un mismo ancho de

banda, es mucho mas barato que el de un enlace TDM, y a pesar que en esta solución se utilizan cuatro enlaces, es costo total de estos es mas bajo que los tres enlaces TDM.

Inversión Inicial		Costos Mensuales			
		Enlace de Datos		Llamadas Internacionales y Larga Distancia	Mantenimiento y Operaciones
Router San Salvador	\$7.100,00	Enlace 320 Kbps	\$3.000,00		
Router Guatemala	\$2.700,00	Enlace 256 Kbps	\$2.000,00		
Router Honduras	\$2.700,00	Enlace 128 Kbps	\$1.000,00		
Router San Miguel	\$2.000,00	Enlace 64 Kbps	\$300,00		
Total	\$14.500,00	Total	\$6.300,00	\$0,00	\$1.200,00
TOTAL COSTOS MENSUALES			\$7.500,00		

Cuadro 22. Costos Solución VoFR

El precio de los routers se mantiene respecto de la solución anterior y la inversión inicial, se reduce nada mas al costo de estos equipos.

9.5 SOLUCIÓN VOIP.

Se presentará ahora la solución de utilizar enlaces IP para transmitir voz, considerando dos posibles opciones, una en donde las PBX's se conectan al router por medio de tarjetas E&M y E1, como en las soluciones anteriores y otra donde las PBX's utilizan una tarjeta Ethernet para conectarse directamente a la red IP.

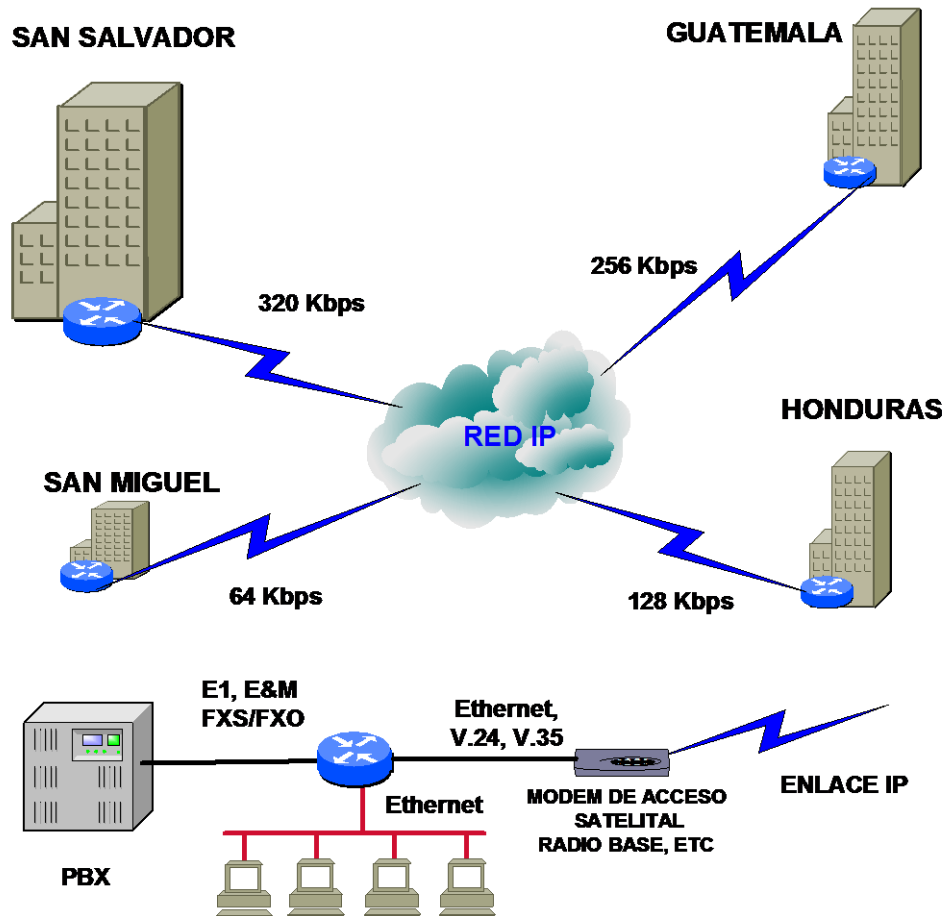


Figura 36. Solución Voz sobre IP con interfaz E1 a la PBX

9.5.1 Solución VoIP con Interfaz E1 y E&M.

Para fines de comparación de costos, se asumirá que se mantendrán los enlaces con los mismos anchos de banda, aunque se podría considerarse que al igual que en el caso Frame Relay, donde no se contaba en algunos momentos, con todo el ancho de banda del enlace, y se implementaron mecanismos para no afectar el rendimiento y

calidad de la voz, también se podría considerar en este caso, que pueden contratarse anchos de banda mas bajos para San Salvador y Guatemala, sin embargo, como ya se anotó, para fines de comparación se mantendrán los mismos anchos de banda.

Como la interfaz a las PBX es idéntica a la solución anterior, VoFR; los routers son los mismos y por tanto mantienen su precio, es posible que haya algún incremento o disminución en el precio por cuestiones del tipo de Software que utilicen para manejar o IP ó Frame Relay.

También, algunos proveedores ofrecen los enlaces IP al mismo costo de los enlaces Frame Relay porque prácticamente el equipo del Backbone, que maneja ambas tecnologías, es idéntico, en cambio otros proveedores ofrecen enlaces IP a un costo relativamente menor a los enlaces IP. Se asumirá para este caso que el costo del enlace IP es idéntico al del enlace Frame Relay, excepto en el nodo de San Miguel que es un poco más barato, por ser un nodo local. A continuación se presenta el cuadro de costos para esta solución.

Inversión Inicial		Costos Mensuales			
		Enlace de Datos		Llamadas Internacionales y Larga Distancia	Mantenimiento y Operaciones
Router San Salvador	\$7.100,00	Enlace 320 Kbps	\$3.000,00		
Router Guatemala	\$2.700,00	Enlace 256 Kbps	\$2.000,00		
Router Honduras	\$2.700,00	Enlace 128 Kbps	\$1.000,00		
Router San Miguel	\$2.000,00	Enlace 64 Kbps	\$200,00		
Total	\$14.500,00	Total	\$6.200,00	\$0,00	\$1.200,00
TOTAL COSTOS MENSUALES		\$7.400,00			

Cuadro 23. Costos solución VoIP con E1

9.5.1.1 Consideraciones de Configuración.

Al igual como se presentó en Frame Relay, también en IP se presentarán problemas para el transporte de la voz por estos enlaces, y aunque los problemas serán similares, como congestión, latencia, ancho de banda reducido, etc., algunos de los mecanismos para garantizar el servicio de voz, serán diferentes. A continuación se describirán algunos de ellos.

- **Compresión.**

Dado que los anchos de banda son similares a los de la solución anterior y se necesita aprovechar al máximo los enlaces, y como anotamos en ese apartado, la compresión a 6.3 Kbps presenta buenas características en cuanto a la calidad de audio resultante en comparación de su nivel de compresión, se utilizará esta misma compresión en este caso.

Se podría utilizar otros algoritmos de compresión pero habrá que estar consientes que algunos de ellos consumen más ancho de banda y en el enlace de San Miguel se podrían generar problemas. El siguiente cuadro muestra el consumo de ancho de banda, incluyendo la cabecera IP/UDP/RTP, para la transmisión de un segundo de voz, de los algoritmos de compresión mas conocidos. (En la sección 8.1 se describió que aproximadamente, se necesitan 16 Kbps de overhead cuando se utiliza RTP para el transporte de voz.).

Algoritmo de compresión		Compresión	Ancho de Banda IP
G.711	PCM	64 Kbps	80 Kbps
G.723.1	ACELP	5.6 Kbps	16.27 Kbps
		6.3 Kbps	17.07 Kbps
G.726	ADPCM	32 Kbps	48 Kbps
G.728	LD -ACELP	16 Kbps	32 Kbps
G.729A	CS-ACELP	8 Kbps	24 Kbps

Cuadro 24. Consumo de ancho de banda por Algoritmo de compresión.

A continuación se presenta el cuadro que muestra los anchos de banda disponibles para datos suponiendo que todos los circuitos de voz están siendo utilizados.

País	Enlace	Cantidad de Circuitos de Voz	Compresión	Ancho de Banda para Datos
San Salvador	320 Kbps	10	6.3 Kbps	157.3 Kbps
Guatemala	256 Kbps	4	6.3 Kbps	190.9 Kbps
Honduras	128 Kbps	4	6.3 Kbps	62.92 Kbps
San Miguel	64 Kbps	2	6.3 Kbps	31.46 Kbps

Cuadro 25. Anchos de Banda para solución VoIP y E1

Como puede observarse, la cantidad de ancho de banda disponible para los datos es muy reducida en el enlace de San Salvador, por lo que habrá que reducir el número de circuitos disponibles en este nodo, por ejemplo podrían habilitarse nada mas 6 circuitos que dejarían un ancho de banda disponible de 222.4 Kbps, en el supuesto que los 6 circuitos estén siendo utilizados, lo cual es mas probable a que en realidad se utilicen los 10. Opción sería aumentar el ancho de banda para este enlace, pero eso incrementaría demasiado los costos mensuales y no sería congruente con el fin de reducir los costos de comunicación.

- **Ahorro de ancho de Banda.**

A estas alturas, surge la interrogante de porque en la solución Frame Relay no existía el inconveniente descrito en el item anterior. La respuesta es sencilla, recordemos que la cabecera Frame Relay utiliza entre 2 y 5 bytes, lo cual comparado con los 40 bytes de IP/UDP/RTP da la respuesta a esa interrogante, para un segundo de voz, asumiendo que se necesitan 50 muestras de 20 ms cada una, donde cada muestra necesita una cabecera de 40 bytes, dan como resultado $40 \times 8 \times 50 = 16,000$ bits por segundo de overhead; en cambio Frame Relay solo utiliza $5 \times 8 \times 50 = 2,000$ bits por segundo.

Para resolver este problema se puede recurrir a la compresión de cabecera RTP, que en los routers Cisco puede habilitarse, con lo que se lograría reducir la cabecera de 40 bytes a 4 bytes como ya se explico en la sección 8.1

- **Fragmentar.**

Al igual que en Frame Relay, los paquetes de datos demasiado grandes, afectarán la calidad de la voz, por los efectos de latencia, por lo que se hace necesario limitar el tamaño de MTU de los paquetes que las aplicaciones envían. Aunque esto no es estrictamente Fragmentación como se realiza en Frame Relay, el resultado es similar.

- **Gestión de Colas.**

En enlaces IP conviene utilizar la gestión de colas ponderada WFQ, aprovechando que se puede realizar la clasificación de paquetes por medio de la precedencia IP, marcando los paquetes de voz en el puerto de entrada con la precedencia mas alta (5), y las aplicaciones importantes de datos con prioridad 3, por ejemplo, dejando el resto de aplicaciones no tan importantes (la clasificación de que tráfico es o no importante esta a cargo del administrador de la red) con precedencia cero.

También podría utilizarse IP RTP Priority en conjunto con WFQ para definir el tráfico de voz como de alta prioridad. La gestión de colas de baja latencia, al igual que el método anterior que fue desarrollado para tráfico de voz, debería ser implementado. Podría utilizarse cualquier otra gestión de colas, siempre y cuando se tenga cuidado de saber lo que se esta haciendo, y corroborar que no se este afectando otras aplicaciones, por una mala configuración de las colas, tal como se explicó en la sección 8.2

- **Gestión de Tráfico.**

Haciendo un uso combinado de la gestión de colas y la gestión de tráfico, puede lograrse que se de prioridad de salida a la voz, como también no se pierdan

paquetes de datos mientras el flujo de voz se envía, reduciendo también así, la congestión o tiempo de utilización del enlace, que otras aplicaciones puedan necesitar. De nuevo esta opción debería configurarse en el nodo de San Salvador por ser en primer lugar, el nodo que mas tráfico manejará en vista que es el nodo central donde convergen los tráficos de los otros sitios, y también porque nodos como el de San Miguel, posiblemente no pueda manejar o procesar el tráfico, tan rápido como el nodo de San Salvador se lo pueda estar enviando. Deberá habilitarse entonces, la Formación de Tráfico Genérica, GTS

9.5.2 Solución VoIP con Interfaz Ethernet.

Se considerará ahora el caso en el cual el cliente ha decidido cambiar o actualizar su PBX a VoIP, es decir, que la PBX tendrá ahora un módulo con una interfaz Ethernet a 10 Mbps para entregar paquetes de VoIP directamente a la red. Esta es una opción donde la central se mantendrá entre los dos mundos, en mundo de telefonía tradicional con los teléfonos y líneas tradicionales y el mundo de VoIP, donde se puede utilizar teléfonos IP que estarán conectados directamente a la red IP local y remota o utilizar software de emulación de teléfonos en la computadora.

Se considerará que la empresa que suministra el equipo telefónico, ha ofrecido a la compañía de nuestro ejemplo, actualizar sus PBX recibiendo o reutilizando parte del hardware ya existente en sus centrales, por lo que el costo por la actualización es menor al que pagaría por cambiar la PBX completamente. Para una empresa con una necesidad de entre 50 a 150 extensiones telefónicas por local, el costo de una PBX nueva, lista para VoIP podría costar entre \$ 5,500.00 y \$ 6500.00, sin aparatos telefónicos incluidos. Sin embargo, si solo se hace una actualización, donde solo se cambia por ejemplo, el modulo de mando de la central, se agrega el módulo IP y se reutiliza el mismo cajón y módulos de extensiones y troncales, el costo aproximado podría ser alrededor de \$ 4,500.00.

También se puede tener la opción de conectar teléfonos IP, en sucursales pequeñas que no necesiten de una PBX local, el costo del teléfono con sus licencias, podría estar entre los \$500 y \$1000 dependiendo del fabricante.

Los costos de esta solución se muestran en el cuadro 26.

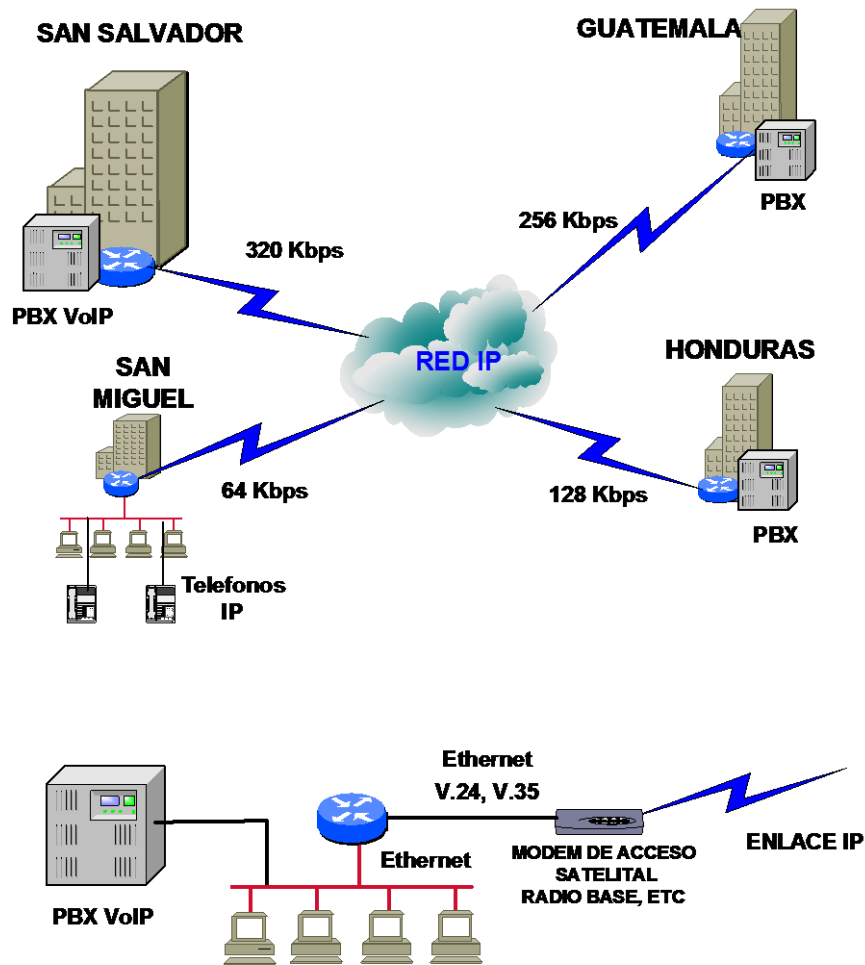


Figura 37. Solución con PBX VoIP

Como se observa en la figura 37, la empresa decidió realizar la actualización a PBX habilitada para VoIP, solamente en el nodo de San Salvador y colocar dos teléfonos IP en la oficina de San Miguel, dejando las mismas PBX en Guatemala y Honduras. Podrían conectarse teléfonos IP en la oficina de Honduras, pero aun así, esta oficina necesitará comunicarse con clientes y proveedores de su propio país, por lo que

siempre se hace indispensable la PBX y en este caso la conexión hacia el router siempre puede hacerse con circuitos E&M a un costo más bajo.

En el siguiente cuadro se muestran los costos asociados a esta solución.

Inversión Inicial			Costos Mensuales			
Routers		Actualización de PBX	Enlace de Datos		Llamadas Internacional y Larga Distancia.	Mantenimiento y Operaciones
San Salvador	\$2.700,00	\$4.500,00	Enlace 320 Kbps	\$3.000,00		
Guatemala	\$1.600,00		Enlace 256 Kbps	\$2.000,00		
Honduras	\$1.600,00		Enlace 128 Kbps	\$1.000,00		
San Miguel	\$1.600,00	\$2.000,00	Enlace 64 Kbps			
	\$7.500,00	\$6.500,00		\$200,00		
TOTAL	\$14.000,00		Total	\$6.200,00	\$0,00	\$1.200,00
TOTAL COSTOS MENSUALES				\$7.400,00		

Cuadro 26. Costos de solución PBX VoIP.

Se puede observar que la inversión inicial de esta solución, es en costos, similar al costo de utilizar interfaz E1, pero en la solución con PBX VoIP, los routers son más baratos porque ya no necesitan los módulos de voz, simplemente el puerto Ethernet que por defecto viene en el router. El costo de actualización de la PBX de San Salvador es de \$ 4500.00 y los \$2000.00 en San Miguel, es el costo de dos teléfonos IP.

9.5.2.1 Consideraciones de Configuración.

Las mismas consideraciones de gestión de colas, formación de tráfico, tamaño del MTU, ancho de banda, etc.; que se tomaron para el caso anterior de VoIP, con interfaz E1 hacia la PBX, son validas para este caso. Sin embargo, se deben tomar consideraciones adicionales que se explican a continuación:

- Generalmente los router vienen con un solo puerto Ethernet disponible, sin embargo puede opcionalmente habilitársele un puerto adicional, ya sea embebido o por medio de una tarjeta o módulo. Este puerto Ethernet adicional puede utilizarse para conectar el puerto de Ethernet de la PBX. Esto permitiría por ejemplo, priorizar el tráfico de voz proveniente de la PBX, por IP RTP Priority, o gestión de colas de baja latencia (LLQ) utilizando clasificación de paquetes asignados a la dirección IP de ese puerto ethernet.
Sin embargo, si se utilizan teléfonos IP conectados a la red local, esta opción no es muy conveniente porque los paquetes entre estos teléfonos IP y la PBX tendrían que pasar primero por el router, utilizando recursos del procesador de éste. En ese caso es más conveniente conectar la PBX directamente a la red, así es el switch quien se encarga de pasar los paquetes entre teléfonos y PBX, y no utilizamos recursos del router (Para el teléfono IP local, el gateway es la tarjeta de la PBX y no el router).
- Asegurarse de no conectar el puerto de la PBX a un HUB o Switch que este como último en una red en cascada. De preferencia conectar la PBX al mismo Switch donde se ubica el router.
- Utilizar las características de configuración para tratamiento del tráfico de red, que el Switch pueda tener, por ejemplo priorización de tráfico, capacidades de capa 3, VLAN, etc. de manera que se pueda dar un tratamiento especial a los paquetes que llegan a los puertos del switch donde están conectados la PBX y los teléfonos IP.

- Tomar en cuenta las mismas consideraciones para los teléfonos IP que se encuentran en la red remota.
- Por lo general, variedad de algoritmos de compresión de voz que vienen habilitados en la PBX, no son tan variados como los que un router pueda tener, para VoIP en PBX es bastante común encontrar compresiones a 8 Kbps, después de todo el ancho de banda no es tan crítico en una LAN, y consumir 24 Kbps para una llamada dentro de la LAN, no es problema cuando tenemos 10, 100 o hasta 1000 Mbps. Sin embargo, para el tráfico de los teléfonos IP remotos y las otras PBX, esto si representa un problema. Además, es posible que estos teléfonos IP consuman todavía más ancho de banda, ya que algunos fabricantes, incluyen las mismas características de los teléfonos digitales multifunciones, como enviar y presentar nombres y números de la extensión llamante (identificación), llamada en espera, conferencia, llamada en espera, etc. Habrá entonces que limitar el número máximo de llamadas simultaneas hacia la WAN, por los problemas que ya se discutieron en la solución anterior.

9.6 RESUMEN.

Con estos ejemplos se ha tratado de mostrar algunas de las alternativas de solución posibles, para el transporte de voz sobre enlaces de datos, tomando como base las opciones de conexión que brindan los operadores y los empresas proveedoras de equipo en el país.

Aunque se han considerado casos típicos de conexión, utilizando un tipo de enlace con cierto tipo de equipo, esto no quiere decir que se puede realizar algunas combinaciones, de acuerdo a las necesidades y posibilidades, económicas de la empresa, de infraestructura del proveedor, de equipo disponible, etc.; por ejemplo aunque se consideró utilizar multiplexores con enlaces TDM y enlaces Frame Relay con equipo VFRAD, también se podría utilizar enlaces TDM con equipo VFRAD o combinar

VoIP con router Frame Relay, pero obviamente los costos de inversión inicial y de los enlaces cambiarán, así como las consideraciones a tomar para la implementación..

Los costos mostrados en cada solución, son costos aproximados, tomando ciertas consideraciones ya explicadas en cada solución, sin embargo, se puede ver que ciertas soluciones son más costosas que otras y que cada una implica tomar consideraciones específicas tanto para la implementación como para el tratamiento de la voz.

Por último, se puede anotar que las solución de llevar voz sobre enlaces Frame Relay e IP, resultan ser mucho más económicas que su contraparte en TDM y que tanto VoIP y VoFR, presentan mejores posibilidades tecnológicas, aprovechables al momento de dar un mejor tratamiento y calidad de servicio a la voz.

CAPITULO X

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

10.1 CONCLUSIONES.

Como se ha visto a lo largo del documento, la integración de voz y datos ha sido una tendencia en las telecomunicaciones que ha ganado terreno en los últimos 4 años, a pesar de que mucho más antes ya existían tecnologías que permitían la convivencia de datos, voz y video, como es el caso de H.323.

Sin embargo, los primeros pasos de esta tecnología y específicamente de H.323, fueron orientados a la transmisión de información multimedia en redes LAN, que suponía garantizaba la calidad de servicio para este tráfico, más tarde el crecimiento de la Internet, el surgimiento de nuevos protocolos y estándares, nuevas aplicaciones y entornos de desarrollo para las mismas; exigió de los organismos de estandarización y desarrollo de soluciones, nuevas estrategias para garantizar la calidad de servicio y una mejor integración de ambos mundos, la voz y los datos.

Estas estrategias y soluciones para la integración han fructificado y generado resultados positivos, que se pueden apreciar al descubrir que tecnologías como, Voz sobre IP y Voz sobre Frame Relay, son soluciones implementadas en muchos ámbitos y en diferentes aplicaciones, que van desde el uso diario de Internet con fines de diversión, educación, investigación etc., pasando por el ambiente empresarial, hasta los grandes empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones internacionales.

Hoy en día, el avance de esta tecnología es cada vez más visible y actualmente en nuestro país, ya está siendo implementada, aunque tal vez no con la rapidez y cobertura que ha sido visto en países como Estados Unidos. Sin embargo, los recursos tecnológicos están disponibles, es decir, recursos como la infraestructura básica, los enlaces de datos, los operadores, las empresas ofertantes de equipos.

Por otro lado, el recurso humano, el mas importante dentro del entorno tecnológico, está ahí listo para ser preparado e introducido a esta nueva tecnología, y es precisamente esta parte, el recurso humano, el que necesita ser orientado, para hacer que estas alternativas de comunicación disponibles, se implementen y brinden las ventajas que han hecho de estas tecnologías una solución viable a nivel mundial.

Se ha estudiado durante el desarrollo del documento, los problemas que enfrentan tanto VoIP como VoFR y las posibles soluciones para poder hacer viable su implementación. Estos problemas son inherentes al comportamiento mismo de la voz, como al comportamiento de los medios de transporte utilizados.

Del entendimiento de estas dificultades y su origen, dependen las decisiones acertadas que se tomen, para poder implementar una solución técnica viable a las necesidades y exigencias que se nos presenten, ya sea como encargados del sistema de comunicaciones, computo o telefonía en una empresa, o como ofertantes e implementadores de las soluciones. Así por ejemplo, la latencia como hemos visto, puede ser resultado de muchos factores entre ellos, paquetes de datos demasiado grandes, congestión en el puerto o la red, anchos de banda reducidos, y antes de implementar cualquier mecanismo de solución como priorizar, gestionar las colas o fragmentar, es necesario indagar la causa del problema, de otra forma el problema persistirá y posiblemente hallamos perdido tiempo y recursos en una solución que no es la adecuada.

Como se habrá percibido, la solución a un problema específico en el transporte de voz sobre redes de datos, depende de varios factores como la tecnología que se utilice, del nivel de servicio que se desee, así como de la inversión que se este dispuesto a realizar.

Por ejemplo, tomando de nuevo el problema de latencia, suponiendo que es originado por paquetes de datos muy grandes, si se esta trabajando con Frame Relay, puede implementarse Fragmentación y priorización. Si el protocolo de transporte es IP, puede

limitarse el MTU de los paquetes en las aplicaciones y gestionar las colas para priorizar el tráfico de voz.

Si el problema es la cantidad de circuitos de voz a habilitar, en un enlace con ancho de banda limitado, se puede optar por utilizar Frame Relay, ya que habrá mas posibilidades de pasar mas llamadas simultaneas, debido a su bajo overhead, también puede utilizarse niveles de compresión mas bajos, aunque posiblemente esto genere una conversación de menor calidad, o podría simplemente optarse por aumentar el ancho de banda del enlace.

Hay que estar concientes también, que en nuestro país a pesar de que las tecnologías de transporte Frame Relay e IP son muy comunes, hay pocos proveedores que ofrecen el transporte de voz sobre estos enlaces como un servicio, y menos aun, los que ofrecen calidad de servicio para los circuitos de voz. Muchos proveedores simplemente ofrecen el enlace y queda a decisión del cliente, si transporta o no circuitos de voz en ellos.

Es muy común la implementación sobre circuitos TDM, y obviamente es el Ingeniero de Informática el que debe asegurar la calidad de voz de esos circuitos, esta implementación funciona bien porque el enlace es dedicado y la configuración puede hacerse al gusto del cliente en los routers, pero como ya vimos anteriormente los enlaces TDM suelen ser mas costosos que su equivalente en Frame Relay e IP.

La implementación tanto de enlaces Frame Relay como enlaces IP, presentan mejores alternativas tanto económicas como tecnológicas, ya que permite un mejor manejo de los circuitos de voz y de los problemas propios de los enlaces. Posiblemente a futuro los operadores ofrezcan mejores posibilidades de transmisión de voz sobre enlaces de datos, lo que permitirá que se puedan habilitar algunos mecanismos como RSVP que por el momento no es posible.

10.2 RECOMENDACIONES.

Para finalizar el presente estudio, se harán algunas recomendaciones generales, encaminadas a orientar a todo aquel que pretenda analizar, proponer o justificar un proyecto de voz sobre Frame Relay o voz sobre IP.

- **Poseer conocimientos generales de redes y protocolos.**

Antes de emprender cualquier proyecto de redes, en general y específicamente de implementación de voz sobre redes de datos, es imprescindible tener un conocimiento general sobre redes y protocolos.

Conviene estudiar o investigar la teoría básica del protocolo de transporte a utilizar, como funciona éste, sus características y limitaciones. La teoría básica de Frame Relay e IP ha sido abordada en este documento, y servirán de punto de partida para quienes se inician en el área de redes.

También será de mucha utilidad, conocer un poco acerca de los mecanismos de ruteo, direccionamiento y si es posible, conocimientos de configuración de routers; sobre todo si se es el encargado de implementar los mecanismos de calidad de servicio para la red. En la mayoría de los casos, este cúmulo de conocimientos teóricos y prácticos se adquiere en la labor cotidiana del desempeño de las labores relacionadas a nuestro trabajo.

- **Investigar las aplicaciones que corren en la red.**

Si se conocen qué aplicaciones corren en las redes LAN donde se pretende implementar una solución de voz, se tendrá la ventaja de anticipar cualquier requerimiento adicional a considerar, relacionado con el comportamiento de esta aplicación. Por ejemplo, si se tienen aplicaciones como FTP ó SAP, habrá que considerar el uso de mecanismos como gestión de colas, para evitar que estas aplicaciones congestionen o monopolicen los puertos de salida en detrimento de la voz.

- **Dimensionar la cantidad de circuitos de voz.**

Es necesario dimensionar la cantidad de circuitos de voz que son realmente necesarios. En primer lugar, establecer las necesidades de comunicación entre los distintos sitios donde se habilitarán los circuitos.

Por ejemplo, si se necesita comunicación entre departamentos de contabilidad y cobros de dos locales distintos, donde 8 personas realizan un promedio de unas 10 llamadas diarias, posiblemente 2 circuitos de voz sean mas que suficientes, en cambio, es posible que una sucursal de una agencia de banco, con 8 ejecutivas de ventas realizando consultas a la oficina central, necesiten mas de dos circuitos.

La sugerencia es, realizar un estudio de tráfico de llamadas entre los sitios, un tarifador de llamadas, que ya este instalado, puede configurarse para proporcionar un reporte que indique este tráfico; una encuesta al personal que se comunica entre oficinas sería otra medida, aunque menos exacta.

Hay que tener en cuenta que no todas las personas se comunicarán al mismo tiempo y que no existe una regla que dicte que cantidad de circuitos, en relación a la cantidad de personal debe habilitarse, dependerá de la actividad de cada empresa y sus características específicas. Aunque en los ejemplos de aplicación, para fines didácticos, en el sitio central habilitamos una cantidad de circuitos igual a la suma de los circuitos de cada sitio, esto no es lo usual.

- **Indagar las soluciones existentes en el mercado.**

Es necesario conocer las soluciones disponibles en el mercado local, tanto de parte de los proveedores de servicios como de los proveedores de soluciones y equipo.

En cuanto a los proveedores de servicios, es muy importante investigar cuales son las características de los enlaces que ofrecen, si implementan o no calidad

de servicio para el tráfico de voz, si lo implementan, que tipo de mecanismos son los utilizados.

En cuanto a los proveedores de equipo, PBX's, routers, switches, etc., indagar, por ejemplo en los routers, que tipo de mecanismos de calidad de servicio pueden ser habilitados en ellos. Preguntar cuales de estos mecanismos vienen ya habilitados y si otros deben ser solicitados.

- **Dimensionar los enlaces.**

El ancho de banda de los enlaces debe ser planificado para la cantidad real de datos y voz a ser cursada por ellos. Tomar en cuenta que la mayoría de aplicaciones de datos se transmiten en ráfagas y que probablemente estos enlaces estén ociosos, en periodos largos de tiempo, recordar que todo depende del tipo de empresa en la que se está proponiendo la solución.

Si después de realizar un estudio preliminar del comportamiento de la red, se descubre que las aplicaciones de datos o los usuarios mismos, realizan transferencias de datos solo en ciertos momentos del día y no necesitan grandes anchos de banda, y que además estas aplicaciones no sean críticas, es posible que un enlace Frame Relay genere mejores resultados costo-rendimiento, que un enlace IP y más aun que un enlace TDM.

Si hay aplicaciones críticas para ciertas empresas, como transferencias bancarias, inclusive la voz, es mas conveniente un enlace IP, inclusive un enlace TDM si el costo de este enlace se compensa con otra característica de rendimiento.

- **Realizar una comparación económica.**

Una vez que se tiene claro que se necesita o requiere de la red y específicamente de los enlaces, cuales son las diferentes opciones de enlaces ofrecidas por los proveedores, sus características y que ventajas se tienen en cada una de las soluciones, se debe proceder a realizar una comparación costo-beneficio de cada solución y compararla con la solución existente actualmente.

Recordar que la factibilidad de aprobación de un proyecto, depende de saber plantear las soluciones, en base a las ventajas que ofrece y la relación costo-beneficio. Comparar las diferencias de costos mensuales por los enlaces y la inversión inicial que habrá que realizar.

- **Configurar los mecanismos de calidad de servicio.**

Si la solución ya está funcionando o se pondrá a funcionar, hay que configurar la calidad de servicio para la voz. Esta configuración debe realizarse en base al estudio previo realizado en la red y sus aplicaciones, los anchos de banda disponibles, el tipo de enlace, etc. Es muy probable que esta configuración se tenga que modificar durante las primeras implementaciones y se deberá estudiar los resultados de cada una, hasta encontrar la que genere los mejores resultados.

APÉNDICES

11.1 APÉNDICE A. MÓDELO DE REFERENCIA OSI.

El modelo de referencia OSI fue desarrollado a principio de los años ochenta por la Organización Internacional para la Normalización, ISO (International Standards Organization), como una forma de explicar como se transfieren los datos dentro de una red; en forma más específica como se comunica una computadora con otra. Este es un modelo teórico, precisamente de referencia, ya que aunque no todos los protocolos de comunicación siguen este modelo, sirve de marco teórico para otras pilas de protocolos como TCP/IP.

El modelo OSI consta de siete capas y cada una realiza una función específica que forma parte del proceso global. Observando la figura 8, se puede afirmar que cada capa del lado emisor se comunica con su respectiva capa del lado receptor, las capas de sesión de ambos equipos, por ejemplo, están en comunicación y cada capa recibe o brinda información a la capa inmediata superior e inferior, le transfiere el control de los datos a la capa siguiente dentro del flujo de movimiento de los datos.

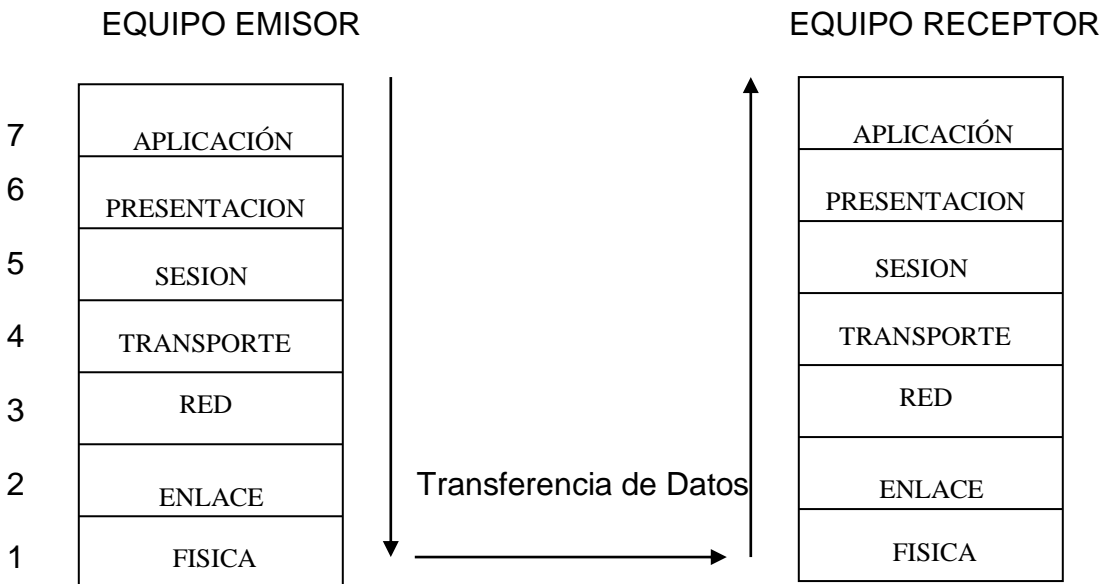


Figura 1. Modelo de Referencia OSI y Dirección de Transferencia de Datos.

A medida que los datos se generan cuando interactuamos con la capa de aplicación, esta agrega un encabezado y transfiere los datos y el control a la capa de presentación, esta a la vez agrega su encabezado y pasa los datos a la siguiente capa y así sucesivamente hasta que los datos llegan a la capa física, esta capa no agrega ningún encabezado ya que prácticamente consiste en los cables de la computadora en si. En el lado receptor, los datos vuelven a subir por la pila realizando el procedimiento inverso desde la capa física hasta la capa de aplicación.

A continuación se da una breve explicación de las funciones de cada capa del modelo OSI.

a) Capa de Aplicación (Capa 7).

Brinda acceso a la red por medio de las aplicaciones de usuario tales como correo electrónico (por ejemplo, el **Protocolo Simple de Transferencia de Correo**, SMTP: Simple Mail Transfer Protocol), transferencia de archivos como el **Protocolo de Transferencia de Archivos** (FTP: File Transfer Protocol) y navegadores WEB. Proporciona además servicios relacionados con estas aplicaciones como la gestión de mensajes y consulta a base de datos.

b) Capa de Presentación (Capa 6).

Se encarga de traducir o transformar los datos provenientes de la capa de aplicación a un formato genérico. También se encarga de proveer cifrado o codificación así como compresión, si fuese solicitado. En resumen, esta capa se encarga de la sintaxis de los datos.

c) Capa de Sesión (Capa 5).

Esta capa es la encargada de establecer la comunicación entre dos equipos, establece administra y termina las sesiones. En esta capa se manejan campos para clase de servicio (ToS: Type of Service). Tiene la capacidad de reiniciar o recuperar una sesión en caso de ser interrumpida estableciendo puntos de verificación o de control, donde reinicia la transmisión de datos en caso de falla. También maneja comunicaciones bidireccionales.

A este nivel se manejan las comunicaciones orientadas a conexión y las no orientadas a conexión.

d) Capa de Transporte (Capa 4).

Se encarga de controlar el flujo de datos entre los nodos que establecen la comunicación. Debe asegurar la transmisión efectiva y segura a través de la verificación de errores, notificación entre nodos, secuenciación y retransmisión de datos. También controla el tamaño del paquete de datos.

e) Capa de Red (Capa 3).

Proporciona el esquema de direccionamiento a través del cual dos nodos o equipos pueden intercambiar paquetes de datos. Aquí residen los protocolos de enrutamiento, encargados de determinar la ruta que debe seguir un paquete para llegar a su destino a través de lo que se llaman direcciones lógicas.

f) Capa de Enlace de Datos (Capa 2).

Se encarga de proporcionar una ruta de comunicación a través del enlace físico. Esta capa utiliza las direcciones de Hardware de los equipos, la dirección MAC (Media Access Control) como esquema de direccionamiento. A este nivel a la unidad de datos se le denomina **Trama**. Esta capa también se encarga de asegurar una transmisión libre de errores, incluyendo dentro de la trama un campo llamado **Chequeo de Redundancia Cíclica, CRC (Cyclical Redundance Check)**, el cual es calculado tanto en el nodo receptor como en el emisor.

g) Capa Física (Capa 1).

Es la capa encargada de convertir la información que ha sido enviada por la capa de enlace en una secuencia lógica de bits, “unos” y “ceros” representados por medio de cambios de impulsos o voltajes eléctricos. En esta capa se definen las características de las conexiones de la interfaz física para el acceso a la red, aspectos como el mecánico, eléctrico, velocidad de transmisión, etc.

Algunas de las especificaciones más utilizadas a este nivel son:

- **EIA/TIA -232**. Interfaz conocida normalmente como **RS-232C** en la nomenclatura Norteamérica, es una especificación de la *Asociación de Industrias Electrónicas / Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones (EIA/TIA: Electronics Industries Association / Telecommunications Industries Association)*. También es conocida como **V.24** la cual es una especificación de la ITU y aunque define mas circuitos o líneas de señales que la RS-232C (25 circuitos de intercambio o pines), ambas realizan funciones similares. Esta recomendación especifica velocidades máximas de 19.2 Kbps a una distancia máxima de 15 metros. Sin embargo, bajo ciertos parámetros de configuración entre los equipos extremos se pueden alcanzar velocidades de hasta 115 Kbps. Usualmente vemos esta especificación asociada a un conector de 9 o 25 pines.
- **V. 35**. Especificación ITU para velocidades de señalización de 19.2 Kbps hasta 1.544 Mbps. La interfaz física de esta especificación es un conector de 34 pines, comúnmente conocido como *Winchester*.
- **RS-449/V.36 y RS-485** son otras Interfaces utilizadas.

11.2 APÉNDICE B. ANEXOS DEL ACUERDO DE IMPLEMENTACIÓN FRF.11.1

Este apéndice muestra los principales anexos de Implementación FRF.11.1 referente a los distintos métodos de compresión, sintaxis de transferencia de dígitos marcados, bits de señalización, transferencia de datos, etc.

11.2.1 Anexo A. Sintaxis de Transferencia para Dígitos Marcados.

Este anexo comprende lo relacionado al formato de dígitos marcados que provienen del equipo conectado a uno de los puertos del VFRAD y que son detectados por éste. Los dígitos marcados son enviados en el campo de información de la subtrama e identificados a través del campo Tipo de Información. En la figura se puede observar el formato correspondiente.

Bits								Bytes
8	7	6	5	4	3	2	1	
Número de Secuencia								0
0	0	0	Nivel de Señal					1
Tipo de Dígito [A]				Transición (Edge Location)[A]				2
0	0	0	Código del Dígito [A]					3
Tipo de Dígito [B]				Transición (Edge Location)[B]				4
0	0	0	Código del Dígito [B]					5
Tipo de Dígito [C]				Transición (Edge Location)[C]				6
0	0	0	Código del Dígito [C]					7

Figura 2. Formato del campo de Información de Dígitos Marcados.

Cada campo de información de dígitos marcados tiene una longitud de 8 bytes, que consta de tres “ventanas” de transiciones de dígitos. Cada ventana representa un periodo de 20 ms. La ventana A representa el periodo actual, la ventana B el periodo anterior al A y la ventana C, el periodo anterior al B. Los campos con el valor de 000 son campos reservados.

- **Número de Secuencia.**

Este campo es un número de 8 bits que se incrementa con cada fragmento transmitido, cada incremento en la secuencia representa un periodo de 20 ms (el periodo actual).

- **Tipo de Dígito y Transición.**

El campo Tipo de Dígito es utilizado para saber si en un momento dado hay un dígito marcado (DTMF) o no, en conjunto con el campo de Transición, el cual utiliza una ventana de 20 ms para codificar el cambio de estado, es decir, la transición cuando un dígito pasa del estado apagado a encendido o viceversa. Este tiempo es medido de 0 ms (00000) a 19 ms (10011) desde el inicio de la trama. Si no hay transición este campo es puesto a cero (00000) y el tipo de dígito de la trama anterior es repetido.

Código	Tipo de Dígito
000	No hay Dígito
001	DTMF
010-111	Reservado

Figura 3. Tipo de Dígito

- **Nivel de Señal.**

Este campo de 5 bits, que se utiliza para expresar el nivel de señal de cada frecuencia (número) que está comprendida en un rango entre 0 y -31, medido en dBm0. Los niveles arriba del cero, son codificados como 00000. El nivel aquí expresado se refiere al del dígito marcado en el evento o periodo actual (A), aun cuando la subtrama de información esté registrando el evento de transición de un dígito a otro.

A continuación en la figura 4 de la página siguiente, se detalla la codificación para los niveles de señal.

Código	Nivel de Señal dBm0
00000	0
00001	-1
00010	-2
00011	-3
00100	-4
00101	-5
00110	-6
00111	-7
01000	-8
01001	-9
01010	-10
01011	-11
01100	-12
01101	-13
01110	-14
01111	-15
10000	-16
10001	-17
10010	-18
10011	-19
10100	-20
10101	-21
10110	-22
10111	-23
11000	-24
11001	-25
11010	-26
11011	-27
11100	-28
11101	-29
11110	-30
11111	-31

Figura 4. Niveles de Señal

- **Código de Dígito.**

A continuación se muestra la codificación para este campo.

Código	DTMF
00000	0
00001	1
00010	2
00011	3
00100	4
00101	5
00110	6
00111	7
01000	8
01001	9
01010	*
01011	#
01100	A
01101	B
01110	C
01111	D
10000-11111	Reservado

Figura 5. Codificación para dígitos DTMF

Procedimiento de envío y recepción.

Cuando el VFRAD detecta la marcación de dígitos, envía una trama de información cada 20 ms. La trama en realidad lleva información redundante ya que consta de tres periodos de transición de 20 ms cada uno, el actual y los dos anteriores. El campo de secuencia es incrementado por cada trama o fragmento transmitido. Cuando no hay más dígitos marcados, el VFRAD detecta esta situación y solo enviará tres tramas mas durante 60 ms.

Cuando la trama o subtrama de información llega al receptor y este determina por medio del campo de tipo de información que es una subtrama de dígitos marcados, el receptor generara los dígitos de acuerdo a las transiciones o cambios de estado detectados. Para estados entre el flanco de bajada y el flanco de subida, se generará un estado de silencio o ausencia de dígitos. Los dígitos se reproducirán después de un flanco de subida y antes de un flanco de bajada, de acuerdo a la información de tipo y codificación de dígito.

La información de secuencia en conjunto con la redundancia expresada en cada trama en los 60 ms de información de cada trama se utiliza para prevenir pérdida de dígitos en la transmisión. Cuando el número de secuencia recibido es el siguiente al que se recibió previamente, el receptor añade la información actual(A) a la recibida previamente. Si la secuencia es dos veces mayor que la previamente recibida, el receptor añade la información actual (A) y la anterior (B). Si es tres veces mayor, añade la información A, B y C.

11.2.2 Anexo B. Sintaxis de Transferencia de Bits de Señalización.

Los bits de señalización son utilizados, como se explico anteriormente, para señalización en sistemas de canal asociado o como indicadores de alarma.

En la figura se muestra el formato de la trama de información conteniendo la sintaxis de bits de señalización.

Este formato consta de una subtrama de 15 bytes, el primer byte consiste en un número de secuencia de 7 bits que se inicia en cero y se incrementa en 1 hasta un valor de 127 y luego retorna a cero para una nueva cuenta. El bit más significativo de este byte es llamado Señal Indicador de Alarma, AIS (Alarm Indicator Signal), este bit se pone a 1 en una condición de alarma.

		Bits							Bytes	
		8	7	6	5	4	3	2	1	
		AIS	Secuencia							0
Muestra		D[t-56ms]	C[t-56ms]	B[t-56ms]	A[t-56ms]	D[t-58ms]	C[t-58ms]	B[t-58ms]	A[t-58ms]	1
		D[t-52ms]	C[t-52ms]	B[t-52ms]	A[t-52ms]	D[t-54ms]	C[t-54ms]	B[t-54ms]	A[t-54ms]	2
Previa		D[t-48ms]	C[t-48ms]	B[t-48ms]	A[t-48ms]	D[t-50ms]	C[t-50ms]	B[t-50ms]	A[t-50ms]	3
		D[t-44ms]	C[t-44ms]	B[t-44ms]	A[t-44ms]	D[t-46ms]	C[t-46ms]	B[t-46ms]	A[t-46ms]	4
		D[t-40ms]	C[t-40ms]	B[t-40ms]	A[t-40ms]	D[t-42ms]	C[t-42ms]	B[t-42ms]	A[t-42ms]	5
Muestra		D[t-36ms]	C[t-36ms]	B[t-36ms]	A[t-36ms]	D[t-38ms]	C[t-38ms]	B[t-38ms]	A[t-38ms]	6
		D[t-32ms]	C[t-32ms]	B[t-32ms]	A[t-32ms]	D[t-34ms]	C[t-34ms]	B[t-34ms]	A[t-34ms]	7
Anterior		D[t-28ms]	C[t-28ms]	B[t-28ms]	A[t-28ms]	D[t-30ms]	C[t-30ms]	B[t-30ms]	A[t-30ms]	8
		D[t-24ms]	C[t-24ms]	B[t-24ms]	A[t-24ms]	D[t-26ms]	C[t-26ms]	B[t-26ms]	A[t-26ms]	9
		D[t-20ms]	C[t-20ms]	B[t-20ms]	A[t-20ms]	D[t-22ms]	C[t-22ms]	B[t-22ms]	A[t-22ms]	10
Muestra		D[t-16ms]	C[t-16ms]	B[t-16ms]	A[t-16ms]	D[t-18ms]	C[t-18ms]	B[t-18ms]	A[t-18ms]	11
		D[t-12ms]	C[t-12ms]	B[t-12ms]	A[t-12ms]	D[t-14ms]	C[t-14ms]	B[t-14ms]	A[t-14ms]	12
Actual		D[t-8ms]	C[t-8ms]	B[t-8ms]	A[t-8ms]	D[t-10ms]	C[t-10ms]	B[t-10ms]	A[t-10ms]	13
		D[t-4ms]	C[t-4ms]	B[t-4ms]	A[t-4ms]	D[t-6ms]	C[t-6ms]	B[t-6ms]	A[t-6ms]	14
		D[t]	C[t]	B[t]	A[t]	D[t-2ms]	C[t-2ms]	B[t-2ms]	A[t-2ms]	15

Figura 6. Bits de Señalización

Como los bits de señalización en sistemas de canal asociado constan de 4 bits, la subtrama consta de muestras de 4 bits cada una para un total de 30 muestras, 10 muestras corresponden al periodo actual, otras 20 a los dos periodos inmediatamente anteriores. Cada intervalo de 10 muestras constituye una ventana de 20 ms, con una diferencia entre muestras de 2 ms, para obtener una subtrama de 60 ms.

Procedimiento de envío y recepción.

El transmisor envía una subtrama cada 20 milisegundos, el número de secuencia se incrementa por cada subtrama enviada. Cuando los valores de los bits de señalización han estado estáticos por 500 ms, el transmisor cambia su frecuencia de transmisión a una subtrama cada 5 segundos. Mientras dure este estado el número de secuencia no es incrementado.

Cuando los bit de señalización comienzan a cambiar de nuevo, el transmisor aumenta de nuevo el número de secuencia y sube su frecuencia de envío a una trama cada 20 ms.

Del lado receptor los bits son procesados de acuerdo al número de secuencia. Como cada subtrama incluye valores redundantes de los eventos anteriores al actual puede añadir estos eventos cuando el número de secuencia recibido es hasta tres veces mayor al que debería recibirse en es momento.

11.2.3 Anexo C. Sintaxis de Transferencia de Datos.

Este anexo hace referencia a la transmisión de tramas de datos sobre una red o servicio de Voz sobre Frame Relay.

Las tramas de este tipo incluyen información de mensajes de señalización de canal común (CCS) e información de encapsulación multiprotocolo.

Todas las subtramas de este tipo incluyen una cabecera de fragmentación ya que pueden ser transmitidas como una sola subtrama o como una trama fragmentada. El tipo de información es siempre fijado como información primaria de usuario.

El contenido de las tramas es transparente al servicio de VoFR, es decir, que son transmitidas por el VFRAD sin interpretar su contenido.

En la figura se observa el formato de la trama de información de transferencia de datos.

Bits								Bytes
8	7	6	5	4	3	2	1	
Cabecera de Subtrama VoFR								1
B	E	0	Número de Secuenc. (msb)					P
Número de Secuencia (lsb)								P+1
Fragmento de Información (longitud variable)								P+2
								P+N

Figura 7. Formato de Sintaxis de Transferencia de datos

La cabecera de fragmentación se describe mas adelante en este capitulo en el apartado referente a la fragmentación.

Los anexos del D al F tratan lo referente a la transferencia de Fax y los algoritmos de codificación de voz. A continuación se dará una introducción a cada uno de ellos, pero el lector puede buscar los detalles de los parámetros concernientes a cada uno de los codecs y fax, en los documentos ITU-T correspondientes y en el documento FRF.11.1.

11.2.4 Anexo D. Sintaxis de Transferencia de Fax Relay.

Este anexo explica la forma de transmisión de fax utilizando una combinación de tramas y dos tipos de formatos, el T.30 y el T.4. Dos tipos de tramas son utilizadas para informar de la existencia o no de modulación, y dos tramas más son utilizados para definir el formato de transmisión, T.30 o T.4.

El lector puede encontrar mas detalles de estos formatos en los documentos ITU T.30 (Terminal Equipment and Protocol for Telematic Service / Procedure for Facsimile General Switch Networks, November 1994) y en ITU T.4 (Standardization of group 3 facsimile apparatus for document transmission, March 1993).

La trama que define la modulación, entre otros parámetros especifica el tipo de modulación, y dos bytes para definir la frecuencia de modulación, en el caso de que el tipo de modulación sea un tono de frecuencia única, de lo contrario estos dos bytes tendrán el valor de cero.

Bits

8	7	6	5	4	3	2	1	Bytes
EI1=1	Número de Secuencia				Relay Command=001			P
Time Stamp (LSB)								P+1
EI2=0	Time Stamp (MSB)							P+2
HDLC	Reservado			Tipo de Modulación				P+3
Frecuencia (LSB)								P+4
Frecuencia (MSB)								P+5

Figura 8. Formato de Trama de Fax con Modulación.

Cuando la modulación termina, se eliminan los tres últimos bytes del formato anterior, quedando la trama como se muestra a continuación.

Bits

8	7	6	5	4	3	2	1	Bytes
EI1=1	Número de Secuencia				Relay Command=000			P
Time Stamp (LSB)								P+1
EI2=0	Time Stamp (MSB)							P+2

Figura 9. Formato de Trama sin modulación.

Los formatos de las tramas T.30 y T.4 se muestran a continuación:

Bits								Bytes
8	7	6	5	4	3	2	1	
EI1=0	Número de Secuencia				Relay Command = 010,011 ó 100			P
Data [I]								P+1
Data[I-1]								P+2
Data[I-2]								P+3

Figura 10. Trama T.30

Bits								Octet
8	7	6	5	4	3	2	1	
EI1=0	Número de Secuencia				Relay Command = 010			P
Data[I]								P+1
Data[I-1]								P+2
•								•
Data[I-N-1]								P+N

Figura 11. Trama T.4

- **Número de Secuencia.**

El número de secuencia se incrementa con cada trama enviada y es puesto a cero cada vez que el tipo de modulación cambia.

- **Campo EI1 y EI2.**

Estos son bits indicadores de extensión de cabecera. El campo EI1 puesto en el valor de 1, indica que existen dos bytes del campo Time Stamp inmediatamente después del byte de cabecera, que está compuesto de los campos de número de secuencia, Relay Command y el bit mismo de EI1. si el valor de este campo es cero, indica que no hay bytes de campos Time Stamp.

El campo EI2 esta reservado para utilización futura y siempre tiene el valor de cero.

- **Time Stamp**

Este campo brinda o representa información respecto al conteo relativo de eventos en la entrada (generalmente análoga) del demodulador. La unidad del conteo es 1

milisegundo. Este campo es obligatorio siempre que se envíe una trama con el campo de Relay Command indicando Inicio y finalización de Modulación. Con cualquiera de los otros comandos, su inclusión es opcional.

- **HDLC.**

Es utilizado para indicar si se está utilizando defragmentación. Si el valor es 1 indica que la defragmentación está siendo aplicada. Una trama o paquete defragmentado es aquel cuyo contenido resulta después de remover los campos de banderas, secuencia de chequeo y otros.

- **Relay Command.**

Este campo describe el tipo de información que la trama transporta. A continuación se detalla los valores posibles.

Valor (Código)	Relay Command
000	No Hay Modulación
001	Sí Hay Modulación
010	Datos
011	Fin de Trama HDLC
100	Trama Abortada HDLC
101 - 111	Reservado

Figura 12. Valores posibles del campo Relay Command.

- **Frecuencia.**

Campo de 2 bytes utilizado para especificar el valor de la frecuencia en Hertz, cuando se utiliza un tono de frecuencia única.

- **Tipo de Modulación.**

Especifica el tipo de modulación que se utiliza. El soporte de todos los tipos de modulación no es obligatorio en este anexo.

Código	Tipo de Modulación
0000	Tono de Frecuencia única
0001	V.21 300bps
0010	V.27 2400bps
0011	V.27 4800bps
0100	V.29 7200bps
0101	V.29 9600bps
0110	V.33 12000bps
0111	V.33 14400bps
1000	V.17 7200bps
1001	V.17 9600bps
1010	V.17 12000bps
1011	V.17 14400bps
1100 - 1111	Reservado

Figura 13. Valores Posibles del campo Tipo de Modulación.

- **Datos.**

La cantidad de bytes de datos que contiene cada trama depende de la frecuencia de modulación, según la siguiente tabla:

Modulation Rate	Bytes per Payload (N)
14400	72
12000	60
9600	48
7200	36
4800	24
2400	12

Figura 14. Relación de Bytes y Frecuencias de Modulación

11.2.5 Anexo E. Sintaxis de Transferencia para Codificación de voz CS -ACELP

Este anexo describe el formato de la trama utilizada para transportar muestras de voz cuando se utiliza compresión por CS-ACELP.

Las muestras de voz se transportan utilizando tramas de 10 milisegundos generadas por el algoritmo y que constan cada una de 80 bits. Estos bits son los correspondientes a cada uno de los parámetros del algoritmo de compresión. A continuación se muestra la asignación de estos bits a cada parámetro (Con su nombre en Inglés).

Símbolo	Descripción	Bits
LSP0	Switched predictor index of LSP quantizer	1
LSP1	First stage vector of LSP quantizer	7
LSP2	Second stage lower vector of LSP quantizer	5
LSP3	Second stage lower vector of LSP quantizer	5
P1	Pitch period (Delay)	8
P0	Parity check of pitch period	1
C1	Fixed Code-Book – 1 st sub-frame	13
S1	Signs of pulses –1 st sub-frame	4
GA1	Gain Code-Book (stage 1) – 1 st sub-frame	3
GB1	Gain Code-Book (stage 2) – 1 st sub-frame	4
P2	Pitch Period (Delay) - 2 nd sub-frame	5
C2	Fixed Code-Book – 2 nd sub-frame	13
S2	Signs of pulses –2 nd sub-frame	4
GA2	Gain Code-Book (stage 1) – 2 nd sub-frame	3
GB2	Gain Code-Book (stage 2) – 2 nd sub-frame	4
Total	Trama de 10 ms	80

Figura 15. Lista de Parámetros CS-ACELP transmitidos.

Como ya se describió en capítulos anteriores Frame Relay puede transmitir varias tramas dentro del campo de información, en relación a las tramas de voz, se puede transmitir un múltiplo entero N de 10ms, es decir, el campo de información tiene un largo de N* 10ms, es decir que contiene N*80 bits de información. El valor de N igual a 2 es requerido y de 1 a 6 es opcional.

El orden en el cual los parámetros se ordenan en cada trama es el siguiente:

Byte	MSB LSB
1	LSP0, LSP1[7...1]
2	LSP2[5..1], LSP3[5..3]
3	LSP3[2,1], P1[7..3]
4	P1[2,1], P0, C1[13..9]
5	C1[8..1]
6	S1[4..1], GA1[3...1], GB1[4]
7	GB1[3...1], P2[5..1]
8	C2[13...6]
9	C2[5...1], S2[4..2]
10	S2[1], GA2[3..1], GB2[4..1]

Figura 16. Estructura de la Trama de Voz CS-ACELP

11.2.6 Anexo F. Sintaxis de Transferencia para la codificación PCM/ADPCM

La figura 17 de la página siguiente, muestra el esquema o estructura de la trama PCM/ADPCM.

La trama para este método de codificación ordena las muestras de voz en bloques donde los bits más significativos van primero y los menos significativos van al final de la trama.

Bit	8	7	...	1
MSB	MSB/S8	MSB/S7	...	MSB/S1
	⋮			
	MSB/S40	MSB/S39	...	MSB/S33
MSB-1	(MSB-1)/S8	(MSB-1)/S7	...	(MSB-1)/S1
	⋮			
	(MSB-1)/S40	(MSB-1)/S39	...	(MSB-1)/S33
⋮	⋮			
LSB	LSB/S8	LSB/S7	...	LSB/S1
	⋮			
	LSB/S40	LSB/S39	...	LSB/S33

P+ 5

N

Figura 17. Estructura de Trama PCM/ADPCM/EADPCM.

BIBLIOGRAFÍA.

- **Libros:**

- **Black, Uyles.** **Voice Over IP.** Segunda edición. Prentice Hall. New Jersey, USA. 2002.
- **Dadivson, Jonathan y Peters, James.** **Voice over IP Fundamentals.** Primera edición. Cisco Press. Indianápolis, USA. 2000.
- **Habraken, Joe.** **Routers Cisco.** Primera edición. Pearson Education. Madrid, España. 2000.
- **Hayden, Matt.** **Aprendiendo Redes en 24 Horas.** Edición en Español. Prentice Hall.. México. 1998.
- **McQuerry, Steve y otros.** **Cisco, Voice over Frame Relay, ATM and IP.** Primera edición. Indianapolis, USA. 2001.

- **Documentos:**

- **Asim, Karin.** **H.323 and Associated Protocols.** <http://www.cis.ohio-state.edu/cis788-99/h323/index.html>. Última modificación: Noviembre 26, 1999.
- **Frame Relay Fragmentation Implementation Agreement. FR.12** <http://www.frforum.com>
- **Frame Relay Multiprotocol Encapsulation Implementation Agreement FR.3.2** <http://www.frforum.com>

- **Guia de Paquetización. Recomendación G.764. UIT-T. Aspectos Generales de los sistemas de transmisión digital.** Unión Internacional de Telecomunicaciones. Noviembre, 1995.
- **Moreno, José Ignacio. Protocolos de Señalización para el transporte de Voz sobre redes IP.** ATI, Novatica. Asociación de Técnicos de Informatica. Publicación No 151. Mayo, 2001.
- **Rakesh, Aurora. Voice over IP.** http://www.cis.ohio-state.edu/cis788-99/Voip_protocols/index.html. Ultima modificación: Noviembre 23, 1999.
- **Telefonía Digital. Topic. Revista Técnica Siemens.** Alemania. Mayo 1981.
- **Voice over Frame Relay Implementation Agreement. FRF.11.1** <http://www.frforum.com>
- **Voice Over IP Protocols.** <http://www.erlang.com/protocols.html>. Ultima modificación 25 Julio de 2001.