ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.

ESCUELA DE INGENIERÍA.

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE VOZ SOBRE REDES DE DATOS (VOX) PARA EMPRESAS CON COBERTURA NACIONAL TOMANDO COMO MODELO UNA EMPRESA PETROLERA QUE OPERA EN ECUADOR.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

FILIAN NARVÁEZ DARIO PATRICIO.

RAMÍREZ QUIMBA JAIME RICARDO.

DIRECTOR: ING. PEDRO MERCHÁN.

QUITO, FEBRERO 2004.

DECLARACIÓN.

Nosotros, Dario Patricio Filián Narváez; Jaime Ricardo Ramírez Quimba, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

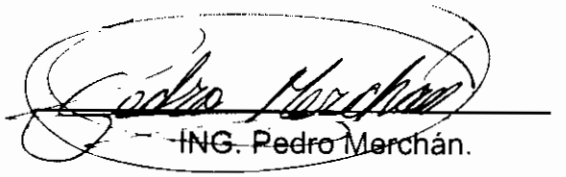
La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Dario P. Filián N.

Jaime R. Ramírez Q.

CERTIFICACIÓN.

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Dario Patricio Filián Narváez, y Jaime Ricardo Ramírez Quimba, bajo mi supervisión.



ING. Pedro Merchán.

DIRECTOR DEL PROYECTO.

AGRADECIMIENTO.

Agradezco a Dios, por ser él mi guía y quién me ha permitido llegar a culminar una de las etapas más importantes de mi vida; junto con el apoyo incondicional de mis padres y hermanos quienes fueron las personas que me brindaron soporte moral y económico, en el transcurso de esta larga trayectoria. También agradezco a la abnegada labor de los profesores quienes han sido los conductores fundamentales para lograr éste, uno de mis anhelos profesionales. Además quiero agradecer a mi amigo de tesis, quién ha demostrado compañerismo, dedicación y responsabilidad en el desarrollo de este proyecto.

Dario Filián N.

Debo agradecer profundamente a mis maestros, quienes a través de su guía y enseñanzas me condujeron a la culminación exitosa de esta etapa en mi carrera profesional. Un especial reconocimiento a los ingenieros Marcelo Filián y Pedro Merchán, así como a mi amigo y compañero Patricio, cuyo apoyo a sido fundamental para el desarrollo de este proyecto.

A mis familiares, amigos y compañeros, y todas aquellas personas que con su apoyo, criticas y aliento han hecho posible la realización de este objetivo.

Jaime Ramírez Q.

CONTENIDO.

RESUMEN. i
PRESENTACIÓN. iii
1 CAPITULO I: CRITERIOS PARA INTEGRACIÓN DE SERVICIOS DE VOZ EN REDES DE DATOS. 1
1.1 Introducción. 1
1.2 Alteraciones de la Calidad de Voz. 2
1.2.1 Variables de Punto Final. 2
1.2.1.1 Ruido de Fondo. 2
1.2.1.2 Nivel de la Señal. 3
1.2.1.3 Recorte de Amplitud. 3
1.2.1.4 Distorsión de Cuantificación. 4
1.2.1.4.1 Cuantificación Uniforme. 5
1.2.1.4.2 Cuantificación No Uniforme o Logarítmica 6
1.2.1.4.2.1 Compansión de la Ley A 6
1.2.1.4.2.2 Compansión de la Ley μ 7
1.2.1.4.3 Cuantificación Vectorial. 8
1.2.1.5 Distorsión de Codec. 8
1.2.1.6 Recorte Temporal. 9
1.2.1.7 Hablantes Múltiples. 9
1.2.2 Variables de la Red. 10
1.2.2.1 Ruido de Circuito. 10
1.2.2.2 Distorsiones Dependientes de la Frecuencia. 10
1.2.2.3 Retraso y Fluctuación de Fase. 10
1.2.2.4 Eco. 11
1.2.2.5 Errores Binarios. 11
1.2.2.6 Errores de Ráfaga. 12
1.3 Criterios para la Integración de Voz en Redes de Datos. 12
1.3.1 Fiabilidad. 13
1.3.1.1 Enrutamiento Estable. 14
1.3.1.2 Rutas Redundantes. 15

1.3.2 Ancho de Banda. 15
1.3.3 Retardo. 16
1.3.3.1 Componentes de Retardo. 16
1.3.3.1.1 Retrasos por Codificación-Decodificación. 17
1.3.3.1.2 Retrasos por Enlace. 17
1.3.3.1.3 Retrasos de Reproducción del Búfer. 17
1.3.3.2 Fuentes de Retardo. 18
1.3.3.2.1 Procesamiento de Paquetes. 18
1.3.3.2.2 Formación de Paquetes. 18
1.3.3.2.3 Cola de Interfaz. 19
1.3.3.2.4 Serialización. 19
1.3.3.2.5 Transmisión de la Nube WAN y Buffering 19
1.3.3.2.6 Serialización WAN 20
1.3.3.2.7 Buffer de Reproducción. 20
1.3.4 Fluctuación de Fase. 20
1.3.4.1 Fuentes de la Fluctuación de Fase. 21
1.3.4.1.1 Cola de Interfaz. 21
1.3.4.1.2 Serializacion. 22
1.3.4.1.3 Buffering de Nube WAN y Serialización de Entrada 22
2 CAPITULO II: COMPRESIÓN DE INFORMACIÓN Y TECNOLOGÍAS PARA LA INTEGRACIÓN DE VOZ EN REDES DE DATOS. 23
2.1 Introducción. 23
2.2 Fundamentos de la Compresión de Voz. 23
2.2.1 Compresión de Información. 23
2.2.1.1 Información. 24
2.2.1.1.1 Fuentes de Información. 24
2.2.1.2 Código. 25
2.2.1.3 Tasa de Compresión (CR). 26
2.2.2 Codificación para la Compresión de Datos. 27
2.2.2.1 Clases de Compresión de Datos. 27
2.2.2.1.1 Procesos Reversibles 27
2.2.2.1.2 Procesos Irreversibles. 28

2.2.2.2 Clasificación de las Técnicas de Compresión de Datos. 28
2.2.2.2.1 Reducción de Entropía. 29
2.2.2.2.1.1 Cuantificación. 29
2.2.2.2.2 Reducción de Redundancia. 30
2.2.2.2.2.1 Codificación Óptima de la Fuente. 30
2.2.2.2.2.2 Codificación de Muestras No Redundantes. 31
2.2.2.2.2.3 Codificación de Fuentes Binarias. 31
2.2.2.2.2.4 Codificación del Tiempo 31
2.2.3 Codificación de la Voz 32
2.2.3.1 Algoritmos de Codificación de Voz 33
2.2.3.1.1 Codecs de Forma de Onda 34
2.2.3.1.1.1 Codec PCM 35
2.2.3.1.1.2 Codec ADPCM 35
2.2.3.1.2 Codecs de Fuente 36
2.2.3.1.3 Codecs Híbridos 38
2.2.3.1.3.1 Estímulo Multimpulso (MPE). 38
2.2.3.1.3.2 Estímulo de Impulso Regular (RPE). 38
2.2.3.1.3.3 Predicción Lineal de Código Estimulado (CELP). 39
2.2.3.2 Comparación de Sistemas de Codificación 39
2.3 Tecnologías para la Integración de Voz y Datos. 42
2.3.1 TCP/IP 42
2.3.1.1 Estructura de TCP/IP 43
2.3.1.1.1 Capa Enlace 43
2.3.1.1.2 Capa de Red o capa Internet 44
2.3.1.1.3 Capa de Transporte 44
2.3.1.1.4 Capa de Aplicación 45
2.3.1.2 Función de IP 45
2.3.1.2.1 Formato del Datagrama IP. 46
2.3.1.3 Función de TCP. 46
2.3.1.3.1 Formato del Segmento TCP. 47
2.3.1.4 Operación de TCP/IP. 47
2.3.1.5 Direccionamiento en Redes TCP/IP. 48

2.3.1.5.1 Direcciones IP. 49
2.3.1.5.1.1 Clases de Direcciones IP. 49
2.3.2 Protocolos de Señalización y Transporte VoIP. 50
2.3.2.1 Ruta de Audio VoIP. 50
2.3.2.1.1 Protocolo de Transporte Rápido: RTP. 51
2.3.2.1.1.1 Distinción de los Emisores Múltiples 53
2.3.2.1.1.2 Conservación de Temporización y Sincronización. 53
2.3.2.1.1.3 Detección de los Paquetes Perdidos. 54
2.3.2.1.1.4 Identificación de los tipos de Codec. 54
2.3.2.1.2 Protocolo de Control Rápido RTP: RTCP. 55
2.3.2.1.2.1 Informe del Emisor (SR) e Informe del Receptor (RR). 55
2.3.2.1.2.2 Descripción del Origen (SDES). 57
2.3.2.1.2.3 Desconexión. (BYE) 58
2.3.2.1.2.4 Específica de la Aplicación (APP). 58
2.3.2.1.2.5 Paquetes RTCP Compuestos. 59
2.3.2.2 Señalización VoIP: H.323. 59
2.3.2.2.1 Componentes del Sistema. 59
2.3.2.2.1.1 Terminal. 60
2.3.2.2.1.2 Unidad de Control Multipunto (MCU) 61
2.3.2.2.1.3 Gateway. 62
2.3.2.2.1.4 Gatekeeper 62
2.3.2.2.2 Direccionamiento. 63
2.3.2.2.2.1 Direcciones de Red e Identificadores TSAP. 63
2.3.2.2.2.2 Alias H.323 63
2.3.2.2.2.3 Convenciones de alias para la Comunicación Interzonal. 63
2.3.2.2.2.4 Determinación de las Direcciones de Red e Identificadores TSAP. 64
2.3.2.2.2.4.1 Preconfiguración. 64
2.3.2.2.2.4.2 Multidifusión. 64
2.3.2.2.2.4.3 Domain Name System, DNS. 64
2.3.2.2.3 Protocolos. 65
2.3.2.2.3.1 Descubrimiento del Gatekeeper y RAS (H.225.0) 66

2.3.2.2.3.1.1 Mensajes H.225.0 RAS 66
2.3.2.2.3.2 Control de llamadas 67
2.3.2.2.3.3 Servicios Suplementarios (H.450.x) 68
2.3.2.2.3.4 Control de Medios. 69
2.3.2.2.3.5 Establecimiento de Conexión entre Entidades H.323. 69
2.3.2.3 Protocolos del IETF (Fuerza de Tarea de Ingeniería Internet). 71
2.3.2.4 Señalización VoIP: SIP 72
2.3.2.4.1 Atributos de SIP. 73
2.3.2.4.2 Esquema de Comunicación SIP 74
2.3.2.4.2.1 Componentes del Sistema. 75
2.3.2.4.2.2 Direccionamiento. 77
2.3.2.4.2.3 Estructura del Mensaje. 77
2.3.2.4.2.4 Protocolo de Descripción de Sesión: SDP 78
2.3.2.5 VoIP en la Red de Tránsito: MEGACO y MGCP 78
2.3.2.5.1 Protocolo MGCP 79
2.3.3 Frame Relay. 80
2.3.3.1 Conceptos Básicos. 80
2.3.3.2 Formato de la Trama Frame Relay. 82
2.3.3.3 Parámetros de una Conexión Frame Relay. 83
2.3.3.4 Funcionamiento de la Tecnología Frame Relay. 84
2.3.3.5 Frame Relay y el Tráfico de Voz. 87
2.3.3.6 VoFR. 89
2.3.3.7 VoIP sobre Frame Relay 91
2.3.3.8 QoS en Frame Relay. 93
2.3.4 Modo de Transferencia Asíncrona. ATM. 93
2.3.4.1 Conceptos Básicos. 93
2.3.4.2 Formato de una Celda ATM. 96
2.3.4.3 Capas de Adaptación ATM. 97
2.3.4.4 Voz Sobre ATM. 100
2.3.4.5 Capas AAL utilizadas para la Transmisión de Voz sobre ATM. 100
2.3.4.6 QoS en ATM. 101

3 CAPITULO III: GENERALIDADES PARA EL DISEÑO DE UNA RED INTEGRADA DE VOZ Y DATOS (VOX). 103
3.1 Introducción. 103
3.2 Selección de una Tecnología VoX. 103
3.2.1 Fiabilidad. 103
3.2.2 Escalabilidad. 104
3.2.2.1 Configuración de Peers de Conexión Telefónica. 104
3.2.2.2 Número de Peers de Conexión Telefónica por Router. 104
3.2.3 Calidad de Servicio. 105
3.2.4 Coste y Complejidad. 106
3.2.4.1 Soporte de Características. 107
3.2.4.1.1 Telefonía Tradicional. 107
3.2.4.1.2 Aplicaciones de Multiservicio Emergentes. 107
3.2.4.2 Entorno Wan existente en la Red. 107
3.2.4.2.1 Frame Relay. 107
3.2.4.2.2 ATM. 108
3.2.4.2.3 Clear Channel TDM. 108
3.2.4.2.4 RDSI. 108
3.3 Planificación inicial para el Diseño de Redes. 109
3.3.1 Requisitos y Expectativas de los Servicios de Voz. 109
3.3.2 Interfaz de Telefonía e Información de la Señalización. 110
3.3.2.1 Tipos de Interfaces. 110
3.3.3 Planificación de Enlace Troncal de Voz y Ancho de Banda. 111
3.3.3.1 Aplicación de los Modelos para VoX 113
3.3.3.1.1 Efecto Horquilla. 114
3.3.3.2 Determinación del Ancho de Banda. 115
3.3.4 Planificación de Pérdidas. 117
3.3.4.1 Mantenimiento de la Consistencia de los Niveles de Audio. 117
3.3.4.2 Reducción de los Reflejos de las señales. 118
3.3.4.3 Distribución de Pérdida dentro de una ruta de audio. 119
4 CAPITULO IV: DISEÑO DE LA RED PARA LA INTEGRACIÓN DEL SERVICIO DE VOZ EN REDES DE DATOS. 121
4.1 Introducción. 121

4.2 Estado inicial de la Red de Telecomunicaciones de la Empresa Modelo. ... 121
4.3 Estado Actual de la Red de Datos. ... 123
4.3.1 Estructura WAN. ... 123
4.3.2 Estructura LAN. ... 124
4.3.2.1 Infraestructura Quito. ... 125
4.3.2.2 Infraestructura Coca. ... 127
4.3.2.3 Infraestructura en los Pozos de Exploración y Producción. ... 128
4.4 Estado Actual de la Red de Voz. ... 128
4.4.1 Infraestructura Quito ... 129
4.4.2 Infraestructura Coca. ... 129
4.5 Requerimientos de la Empresa. ... 130
4.6 Selección de la Tecnología VoX que mejor se adapte a las condiciones de migración. ... 130
4.7 Cisco AVVID. ... 132
4.7.1 Nivel de Infraestructura. ... 132
4.7.2 Nivel de Procesamiento de Llamada. ... 133
4.7.3 Nivel de Aplicaciones. ... 133
4.7.4 Nivel de Cliente. ... 134
4.7.5 Componentes de AVVID. ... 134
4.7.5.1 Callmanager ... 134
4.7.5.1.1 Callmanager Clustering ... 134
4.7.5.2 Teléfonos IP. ... 136
4.7.5.3 Gateways. ... 136
4.7.5.4 Procesador Digital de Señales (DSP) ... 136
4.8 Rediseño de la Red de Telecomunicaciones para la Integración de Voz y Datos. ... 137
4.8.1 Consideraciones de la Red WAN ... 138
4.8.2 Selección del Gateway. ... 140
4.8.3 Consideraciones de la Red LAN. ... 144
4.8.3.1 Adaptación de la Red LAN para manejar el Tráfico de Voz. ... 144
4.8.3.2 Cableado. ... 145
4.8.3.3 Manejo del Callmanager Cluster. ... 146

4.8.3.4 Instalación del Callmanager Cluster. 147
4.8.4 Red Integrada de Voz y Datos sobre IP (VoIP) para la Empresa Modelo.. 149
4.8.4.1 Seguridad 151
4.8.4.1.1 Routers. 151
4.8.4.1.2 Switches. 152
4.8.4.2 QoS 152
4.8.5 Selección de Equipos 152
4.8.5.1 Criterios de Selección 152
4.8.5.2 Equipos Seleccionados para la Implementación de la nueva Red de Telecomunicaciones 155
4.8.5.2.1 Router Gateway 155
4.8.5.2.2 Switches. 157
4.8.5.2.3 Equipo de Telefonía. 159
4.8.5.2.3.1 Callmanager 159
4.8.5.2.3.2 Transcoder 160
4.8.5.2.3.3 Teléfonos IP. 161
4.8.5.2.3.4 Conexiones para el Servicio de Fax. 163
4.8.6 Beneficios de la Red Integrada de Telecomunicaciones. 165
4.8.7 Esquema de la Red de Telecomunicaciones VoIP para la Empresa Modelo. 169
5 CAPÍTULO V: ANÁLISIS REFERENCIAL DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN VOX. 170
5.1 Introducción. 170
5.2 Equipos para la Red LAN 170
5.3 Equipos de Telefonía IP. 171
5.4 Servicios de Instalación y Capacitación. 173
5.5 Cuadro de Resumen. 175
6 CAPITULO VI 177
6.1 Conclusiones 177
6.2 Recomendaciones 181
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. 183
ANEXOS 185

RESUMEN.

Nuestro proyecto presenta un análisis acerca del transporte de voz sobre las distintas redes de datos (VoX) considerando aspectos conceptuales, protocolos involucrados en la comunicación, estructura de los mismos así como estándares que los gobiernan. Con este antecedente se pretende diseñar una red que presente la mejor solución acorde a las condiciones que establece el escenario dado por una empresa petrolera que opera en nuestro país, tratando en lo posible mantener la red actual, la infraestructura existente e incorporando aquellos elementos que faciliten la adaptación de ésta a las nuevas condiciones de operación.

El trabajo que a continuación exponemos, se compone de seis capítulos. En el primer capítulo, iniciamos con el estudio de las bases de calidad de servicio (QoS) en las redes de datos, la exploración de las variables más significativas que afectan la calidad de la voz, tanto dentro de la red como en su proceso de digitalización. Señalamos, además, las características de una red de datos necesarias para soportar telefonía de paquetes y aplicaciones en tiempo real. Temas que permitirán comprender los requisitos de QoS, como una parte esencial para la integración de las redes de voz y datos.

El segundo capítulo inicia con el estudio de los conceptos relacionados con la compresión de la voz; describiendo, en primer lugar, algunas técnicas de compresión de información para luego profundizar en el campo de la voz y los métodos más representativos de compresión existentes. La sección finaliza con el estudio de las tecnologías que traen las redes de voz y datos. Incluye QoS, en las redes de datos y los protocolos de transporte de audio y señalización de llamada mediante IP, Frame Relay y ATM.

El tercer capítulo corresponde a la parte de diseño de una red VoX genérica. La primera sección incluye aspectos que ayudan a seleccionar una tecnología VoX específica, que se desenvuelva y adapte satisfactoriamente a las condiciones de un

ambiente particular, basándose en aspectos comparativos de aplicabilidad e implementación. Finalizamos, en la segunda sección, analizando algunas pautas generales de planificación (ancho de banda, enlaces) para estructurar el diseño de la red VoX.

Con los conceptos analizados en los capítulos anteriores, en el cuarto capítulo se desarrolla el proceso de planificación y diseño activo de la nueva infraestructura de telecomunicaciones de la empresa modelo, con la finalidad de integrar los servicios de voz y datos para requisitos específicos. Para ello se inicia con el análisis de la estructura actual de la red de telecomunicaciones, y las facilidades que presenta la disposición de las dependencias empresariales, con el objetivo de proponer una solución de integración que mejor se adapte a los requerimientos actuales y futuros de las comunicaciones dentro y fuera de la empresa. Finalmente, se sugiere una lista de equipos existentes en el mercado sobre la base de diseño y contemplando algunas recomendaciones de selección específicas, que proporcionen una calidad de servicio aceptable.

Considerando la variedad de distribuidores de equipos de red; se incluye en el quinto capítulo un análisis referencial del costo integral de la solución propuesta. Este contempla el valor de inversión ha realizarse en equipos, servicios de instalación, servicios de capacitación, entre otros, resumidos en diferentes tablas que se muestran durante el desarrollo del capítulo.

Finalmente, en el sexto capítulo expresamos los resultados y experiencias adquiridas durante el desarrollo de nuestro proyecto.

PRESENTACIÓN.

Los recientes avances en el campo de las redes de datos buscan proporcionar nuevos y mejores servicios, siendo la transmisión de voz un aspecto primordial. Las comunicaciones de voz sobre redes de datos es una tecnología con una experiencia ya demostrada en instalaciones operativas donde se está aprovechando las infraestructuras de las compañías para poder introducir conversaciones de voz corporativas.

La reducción de costos envuelve la convergencia de datos y redes de voz. Puesto que las redes de datos y de voz se han desarrollado como sistemas de comunicación aislados, la intención de integrar dichos sistemas debe comprender los objetivos y necesidades de cada sistema. Por tanto, el diseño seguro y la planeación deben darse para que la calidad y la disponibilidad de las redes de voz no se vean afectadas.

Sin embargo, las redes que posibiliten la transmisión de aplicaciones de voz deben cumplir con ciertas condiciones en lo referente al procesamiento de la información, retardo, ancho de banda, confiabilidad, escalabilidad y calidad de servicio.

Con este antecedente se pretende diseñar una red que se constituya como la mejor alternativa a los requerimientos del panorama dado por la empresa modelo; esto implica, solucionar los problemas que presenta la adaptación de conceptos y protocolos correspondientes a cada tecnología sin afectar ninguna de sus características, conservando los elementos útiles de la actual red dentro de las expectativas de integración de voz y datos.

1 CAPITULO I: CRITERIOS PARA INTEGRACIÓN DE SERVICIOS DE VOZ EN REDES DE DATOS.

1.1 INTRODUCCIÓN.

Las comunicaciones de voz sobre redes de datos es una tecnología con una experiencia ya demostrada en instalaciones operativas donde se está aprovechando las infraestructuras de las compañías para poder introducir conversaciones de voz a nivel corporativo.

La reducción de costos envuelve la convergencia de datos y redes de voz. Como las redes de datos y de voz se han desarrollado como sistemas de comunicación aislados, la intención de integrar dichos sistemas debe comprender los objetivos y necesidades de cada sistema. Por tanto, el diseño seguro y la planeación deben darse para que la calidad y la disponibilidad de las redes de voz no se vean afectadas.

En este capítulo iniciaremos con el estudio de las bases de calidad de servicio (QoS) en las redes de datos; iniciando con la exploración de las variables más significativas que afectan la calidad de la voz, tanto dentro de la red como en su proceso de digitalización.

Señalaremos, además, las características de una red de datos necesarias para soportar telefonía de paquetes y aplicaciones en tiempo real. Temas que permitirán comprender los requisitos de QoS, como una parte esencial para la integración de las redes de voz y datos.

1.2 ALTERACIONES DE LA CALIDAD DE VOZ[1].

Los factores que contribuyen a la percepción de calidad de voz, su medida y definición siguen siendo aún un aspecto predominante a considerar en el diseño de la red.

Existen varias formas de agrupar y clasificar los factores que afectan la calidad de la voz, de las cuales, la que creemos más sencilla será considerada en esta sección

- **Variables que afectan la calidad de voz.**

A continuación se realizará un estudio de las variables de la calidad de voz, tanto de las variables de punto final, como de las variables de la red.

1.2.1 VARIABLES DE PUNTO FINAL.

1.2.1.1 Ruido de fondo.

El ruido de fondo tanto en el emisor como el receptor suelen tener un impacto significativo en la calidad de voz percibida por el oyente. El ruido de fondo incluye todos aquellos sonidos producidos por elementos ajenos a la red como por ejemplo equipos de oficina, ruido ambiental, calles transitadas, oficinas concurridas, etc.

Dado que son problemas ajenos a la red los efectos del ruido de fondo de lado del oyente no son considerados dentro del diseño de la red. Sin embargo, del lado del hablante, el ruido de fondo es de gran importancia pues afecta la operatividad de los codecs y los sistemas de detección de actividad de la voz (VAD), éstos serán tratados y resueltos en el próximo capítulo correspondiente a la Compresión de la Voz.

[1]Referencia "Integración de redes de voz y datos". Keagy, Scott.

1.2.1.2 Nivel de la señal.

El nivel de la señal se refiere a todo aquello que represente el nivel de audio en un medio dado, es decir, el voltaje o corriente eléctrica analógica, el nivel de muestra de modulación en un byte digital, etc. Es importante en varios puntos de la ruta de audio, incluyendo entradas, salidas, rutas intermedias y puntos de conversión análogo-digital o viceversa.

En general, el nivel de la señal permanece constante cuando se digitaliza. Sin embargo, en el dominio digital, el nivel de la señal puede verse afectado por el relleno digital introducido por los elementos de la red, o el procesamiento de otra señal. En el dominio analógico, la señal puede atenuarse en función de la distancia de transmisión, mientras mayor sea está más se debilitará la señal de audio.

Los retrasos intermedios y los dispositivos de regeneración amplifican tanto el ruido acumulado en el circuito como la señal deseada. La señal de audio se distorsiona, es decir comienza a perderse, cuando los niveles de la señal son demasiado bajos o demasiado altos.

1.2.1.3 Recorte de amplitud.

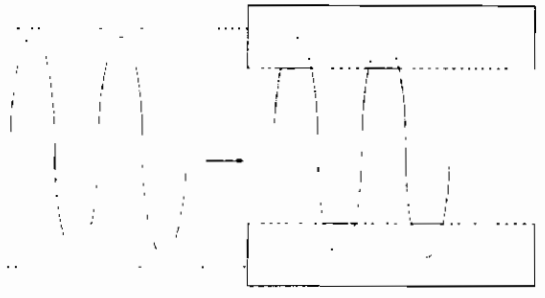


Figura 1.1 Recorte de Amplitud.

Ocurre cuando el nivel de la señal no puede ser representado exactamente dentro de los límites de amplitud de alguna parte de la red por ser demasiado grande, por

ejemplo la señal desde un dispositivo de red al medio de transmisión, razón por la cual es "recortada" al nivel al que puede ser transmitida (Ver figura 1.1). Este recorte de amplitud causa una distorsión de la señal original.

1.2.1.4 Distorsión de Cuantificación.

La distorsión de cuantificación se da por el proceso de convertir la señal analógica que varía continuamente con respecto al tiempo y la amplitud en una señal digital que cambia la amplitud en forma discreta con el tiempo.

La cuantificación es el proceso de hacer una señal discreta con respecto al valor codificado, es decir redondear los valores de una señal muestreada al valor discreto predefinido más próximo, permitiendo representar el valor del impulso como un flujo binario de bits.

Dos aspectos importantes deben considerarse en la cuantificación:

- Número de niveles de cuantificación, que es una compensación entre la calidad de señal requerida y la porción de bits de la salida digitalizada. La señal digitalizada se parecerá más a la analógica según aumenta el número de niveles de cuantificación. (Ver figura 1.2).

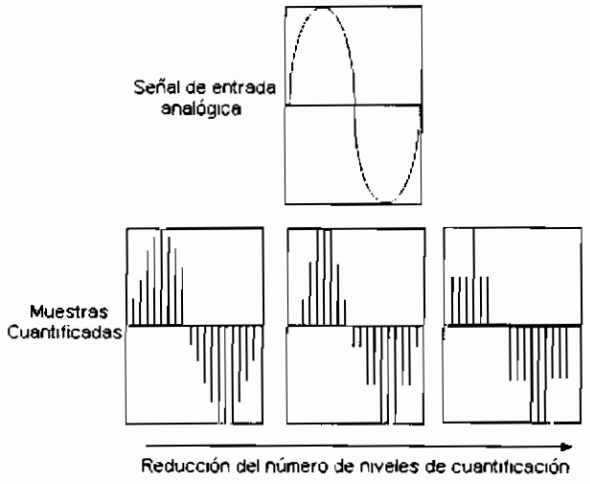


Figura 1.2 Número de niveles de cuantificación.

- Distribución de los niveles de cuantificación, indica la resolución digital en los diferentes rangos del valor de la señal analógica. Si la anchura de banda es limitada, la distribución de los niveles de cuantificación puede optimizar la calidad de la señal de las aplicaciones deseadas. (Ver figura 1.3).

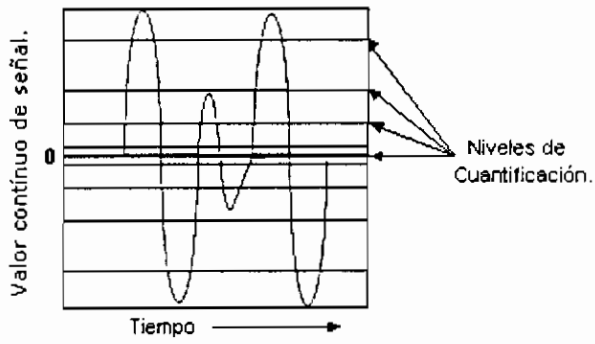


Figura 1.3 Distribución de los niveles de cuantificación.

1.2.1.4.1 Cuantificación Uniforme[2].

Es aquel proceso en el que se distribuyen uniformemente los valores o umbrales de decisión para un margen dinámico determinado de la señal.

Si el número de bits utilizado para representar un nivel de cuantificación no es suficientemente elevado, existe una degradación considerable de la señal. Los cuantificadores uniformes son óptimos para señales de entrada con distribución uniforme, puesto que entonces existe la misma probabilidad de ocupar cualquiera de los niveles. Sin embargo las señales reales no suelen presentar distribución uniforme, y en ese caso interesa conseguir que el error de cuantificación sea más pequeño para los valores de entrada pequeños, lo cual puede conseguirse incrementando el error para los valores de menor probabilidad. De esta forma se obtiene en promedio distorsiones de cuantificación menores, a igual número de bits. Estos cuantificadores reciben el nombre de no uniformes, que se describe a continuación.

[2] Referencia: " Análisis y Simulación de Compresión de Voz utilizando Códigos de Predicción Lineal". Orellana, Ana.

1.2.1.4.2 Cuantificación No Uniforme o Logarítmica

Las partes de baja amplitud son muy importantes en una señal de voz desde el punto de vista perceptual y deben ser cuantificadas con la mayor precisión posible. Para mejorar la relación señal a ruido de las zonas de baja energía sin saturar las de alta energía, se utiliza un proceso denominado compansión logarítmica, consiste en elevar la amplitud de las zonas de bajo nivel, antes de la cuantificación. Para restaurar la forma original de la señal al descuantificar, se debe aplicar la función inversa implicada en la compansión. A través de este sistema se consigue independizar en un alto grado la relación señal a ruido del cuantificador con respecto a la potencia de la señal de entrada.

En telefonía digital se utilizan dos esquemas de compasión logarítmica. El esquema que se utiliza en Europa, África, Australia y Sudáfrica recibe el nombre de ley A, mientras que el usado en Estados Unidos, Japón y Canadá se denomina ley μ. Ambos sistemas están basados en un cuantificador de 8 bits.

1.2.1.4.2.1 Compansión de la Ley A

Se realiza la compresión de la señal según los valores de la señal de entrada mediante dos tramos. Para valores de señal inferiores a un cierto umbral, se utiliza una función lineal, y por encima del umbral una función logarítmica. Este valor umbral se calcula en función del máximo valor de amplitud de la señal de entrada **(Fs)** y el parámetro del grado de compresión que se aplique **(A)**.

La ecuación es la siguiente.

$$x_c = \frac{Fs}{1+\log_e(A)} \quad sign(x) \begin{cases} 1+\log_e\left(A\frac{|x|}{Fs}\right) & si \quad \frac{Fs}{A} \le |x| \le Fs \\ A\frac{|x|}{Fs} & si \quad 0 \le |x| \le \frac{Fs}{A} \end{cases}$$

La ecuación inversa que realiza la expansión es:

$$x_e = \frac{Fs}{A} sign(x_c) \begin{cases} e^{(1+\log_e(A))\frac{|x_c|}{Fs}-1} & si \quad \frac{Fs}{1+\log_e(A)} \le |x_c| \le Fs \\ (1+\log_e(A))\frac{|x_c|}{Fs} & si \quad 0 \le |x_c| \le \frac{Fs}{1+\log_e(A)} \end{cases}$$

Donde:

Fs = Valor de fondo de escala, x máximo.
A = Parámetro que controla el grado de compresión. En telefonía se utiliza, A = 87,56.
Xc = Valor de la señal comprimida.
Xe = Valor de la señal expandida.

1.2.1.4.2.2 Compansión de la Ley μ

Este sistema es logarítmico en todo el margen de valores de la señal a comprimir. Este compresor obedece a la ecuación:

$$x_c = Fs \frac{\log_e(1+\mu\frac{|x|}{Fs})}{\log_e(1+\mu)} sign(x)$$

La ecuación de expansión es la siguiente:

$$x_e = Fs \frac{(1+\mu)^{\frac{|x_c|}{Fs}} - 1}{\mu} sign(x_c)$$

Un valor de μ igual a cero no implica ninguna compresión. El valor que se usa en telefonía es de 255.

Ambas leyes son muy similares. Las diferencias principales entre ellas son que la ley A presenta un margen dinámico un poco mayor, y que la ley μ presenta menos ruido durante los intervalos de silencio.

1.2.1.4.3 Cuantificación Vectorial.

La cuantificación vectorial es una generalización de la cuantificación escalar, consiste en tratar conjuntamente grupos de N muestras, siendo N la dimensión de los vectores. La cuantificación vectorial trabaja sobre vectores de entrada N dimensiónales donde solo permite K vectores posibles de salida. Mientras que en la cuantificación escalar la relación entrada salida se representa mediante una función de tipo escalera o un arreglo que contiene los márgenes de entrada y su correspondiente valor de salida, en la cuantificación vectorial se utiliza un libro de códigos, conocido como registro de códigos. Este registro es una tabla que contiene los vectores posibles a la salida del cuantificador. Cada vector del registro de códigos se llama vector de código y su correspondiente índice en la tabla palabra código. En el diseño de un cuantificador vectorial hay que escoger el número de bits del registro de códigos, la dimensión de los vectores de entrada, y los valores de los vectores de códigos para que la cuantificación implique el mínimo error posible de la señal cuantificada respecto a la original.

1.2.1.5 Distorsión de codec.

Sucede debido al uso de esquemas de compresión por pérdida utilizados en muchos algoritmos de conversación con baja velocidad binaria. Esto implica que el receptor no recibe toda la información de la señal original. La distorsión codec afecta tanto a señales de conversación como a las de no-conversación como marcación multifrecuencia (DTMF) y tonos multifrecuencia (MF).

Los efectos de la distorsión codec dependen de otras variables y no deberían ser considerados hasta que otras alternativas hayan sido localizadas con exactitud.

La calidad de conversación es la característica del codec más difícil de cuantificar, deben considerarse los efectos de los siguientes factores, tanto solos como en combinación:

- ❖ Pérdidas de tramas o errores del codec.
- ❖ Ruido de fondo de la señal fuerte.
- ❖ Múltiples portavoces simultáneos.
- ❖ Fuentes que no son de conversación tales como la música.
- ❖ Lenguaje del portavoz.
- ❖ Múltiples ciclos del codec.

1.2.1.6 Recorte temporal.

O recorte con respecto al tiempo. Provocado por los sistemas VAD[3], los cuales están diseñados para ahorrar ancho de banda y eliminar el ruido de fondo durante los periodos de silencio en una conversación.

Cuando los interlocutores hablan, los sistemas VAD requieren una cantidad finita de tiempo para cambiar de un modo de supresión de silencios a un modo de transmisión de conversación. El comienzo de las palabras o frases puede perderse durante este tiempo.

1.2.1.7 Hablantes múltiples.

Los hablantes múltiples pueden afectar un sistema de distintas formas. Puesto que los codificadores de lenguaje de baja velocidad binaria modelan los patrones de la señal de un hablante, no pueden proporcionar una calidad de voz óptima cuando varias personas hablan desde el mismo lugar. Problemas similares se presentan en conferencias de audio con múltiples y simultáneos hablantes desde diferentes localizaciones. Además, la anulación de eco no puede funcionar correctamente cuando las partes en dos o más terminaciones de una conexión hablan simultáneamente.

[3] VAD: Detección de Actividad de la Voz

1.2.2 VARIABLES DE LA RED.

1.2.2.1 Ruido de circuito.

El ruido del circuito puede ser un factor importante en circuitos analógicos de tramo largo porque la señal deseada puede ser muy débil cuando se introduce ruido, dando como resultado un coeficiente señal a ruido (S/N) muy bajo para tales circuitos. Se puede considerar a los errores binarios como la versión digital del ruido.

El ruido son adiciones no deseadas a las señales de voltaje, ópticas o electromagnéticas. En otras palabras, cada bit recibe señales adicionales no deseadas desde varias fuentes. Ninguna señal eléctrica se produce sin ruido; sin embargo, lo importante es mantener la relación señal / ruido (S/N) lo más alta posible. Demasiado ruido puede corromper un bit, haciendo que un uno binario se transforme en un cero binario, o un cero en un uno, destruyendo el mensaje.

1.2.2.2 Distorsiones dependientes de la frecuencia.

Ocurren debido a las diferentes propiedades de transmisión eléctrica de los cables analógicos para señales de distinta frecuencia. Como resultado, las distintas componentes de frecuencia de la misma muestra de conversación alcanzan el destino en tiempos diferentes (distorsión por retraso de grupo). Similares efectos provocan la atenuación dependiente de la frecuencia a través de un circuito y otros fenómenos relacionados con el tiempo y la amplitud.

1.2.2.3 Retraso y Fluctuación de fase.

Son agentes preponderantes en redes de paquetes de voz. El retraso puede ser una consideración para una comunicación a larga distancia, sin embargo las redes de paquetes introducen retardos adicionales de codecs de baja velocidad binaria, cola y formación de paquetes. En estas redes, los efectos de la fluctuación de fase también deben ser considerados ya que la conexión extremo a extremo no es una corriente síncrona en serie, como en las redes digitales de circuitos conmutados.

La fluctuación de Fase significa que los bits llegarán un poco antes o más tarde de lo esperado, esto se puede solucionar mediante una serie de complicadas sincronizaciones de reloj, incluyendo sincronizaciones de hardware y software, o de protocolo.

1.2.2.4 Eco.

Se entiende por eco al resultado de que señales de conversación en un sentido se reflejen en sentido opuesto. El "eco de hablante" se produce cuando la señal de conversación viaja hacia el destino y se refleja en la ruta de audio de vuelta en un punto cercano al destino. Este reflejo alcanza los oídos de quien habla, el que oye su propia voz. Si la señal se refleja de nuevo, se convierte en el "eco del oyente" (Ver figura 1.4).

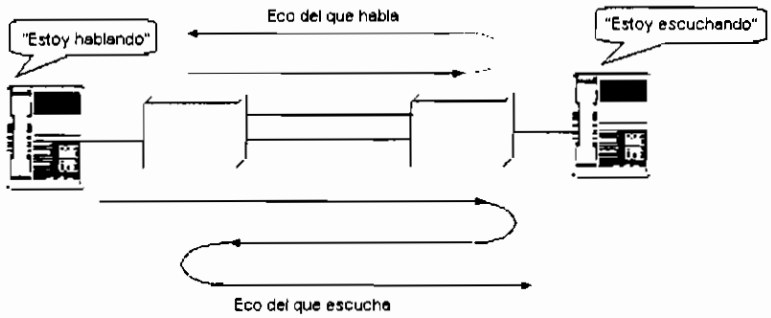


Figura 1.4 Eco del Hablante y del Oyente.

Debido a que una señal reflejada habitualmente es más débil que la señal original, el eco del hablante es más común que el eco del oyente. El grado en el que el eco es molesto depende del retraso y nivel de la señal del eco.

1.2.2.5 Errores Binarios.

Los errores binarios aleatorios en transmisiones digitales son producidos por varias razones (mal funcionamiento del equipo, cable defectuoso, nivel de la señal débil, etc.). Se caracterizan por cambios ocasionales, no periódicos, en la señal transmitida y se miden en términos de índice de error binario (BER).

En redes telefónicas tradicionales, las señales de voz digitalizada son flexibles a errores binarios, en codecs de baja velocidad binaria el efecto es más significativo pero leve para un BER bajo; en redes de paquetes, un solo error binario degrada un paquete entero.

Los errores por bits aleatorios que alcanzan el decodificador son generalmente el resultado de problemas de software en la estación receptora, ya que los errores causados durante el tránsito de la red son detectados por los algoritmos CRC de la capa enlace.

1.2.2.6 Errores de Ráfaga.

Se producen cuando se degradan bits adyacentes en una corriente digital; es decir, cuando múltiples tramas de codec se sitúan en un solo paquete que posteriormente se pierde, o cuando se pierden múltiples paquetes consecutivos.

Son menos destructivos en redes de paquetes pues sólo se necesita retransmitir el paquete con el grupo de errores. En una red de voz, cualquier agrupación de errores causa un efecto pronunciado, en los codecs de baja velocidad binaria los errores de ráfaga se amplían, ya que cada bit de una corriente de voz comprimida representa más información. Una pérdida consecutiva de bits significativos puede afectar a una notable corriente de audio de salida.

1.3 CRITERIOS PARA LA INTEGRACIÓN DE VOZ EN REDES DE DATOS.

Los requisitos de calidad de servicio (QoS) para una transmisión de voz aceptable, obligan la optimización de las redes de paquetes; caso contrario, éstas introducen retrasos variables y pérdidas de información en tiempo real, degradando la calidad de las transmisiones en llamadas realizadas a través de la red.

Para soportar aplicaciones en tiempo real, una red de paquetes debe proporcionar alta fiabilidad, bajo retraso, baja fluctuación de fase, y suficiente ancho de banda.

A continuación analizaremos cada una de las condiciones de calidad de servicio en redes de paquetes.

1.3.1 FIABILIDAD.

Debido a que la retransmisión no es una opción en aplicaciones en tiempo real los requisitos de fiabilidad son mucho más estrictos; cualquier información perdida o retransmitida deja de ser útil en el extremo del receptor. Las aplicaciones telefónicas son especialmente sensibles a esta condición.

Puesto que las aplicaciones de red en tiempo real no utilizan paquetes perdidos, las implementaciones lógicas ahorran ancho de banda y carga de proceso no retransmitiendo paquetes perdidos.

La fiabilidad puede aumentarse utilizando Corrección del error de envío (FEC, Forward Error Correction), enviando partes importantes de un flujo de información en forma redundante a través de la red. FEC aumenta la fiabilidad a costa de ancho de banda, ya que transmite copias adicionales de información.

La fiabilidad en aplicaciones de voz debe considerarse en dos ámbitos:

- Fiabilidad dentro de una sesión de llamada.
- Fiabilidad entre sesiones de llamada.

Dentro de una sesión de llamada, los flujos de audio atraviesan con éxito la red con una pérdida mínima de información. La escala de tiempo para esta medida de fiabilidad es la duración de la conversación. Durante este intervalo, la fiabilidad de la red afecta en gran medida la calidad de la voz.

La fiabilidad entre sesiones de llamada o velocidad de conclusión de llamada (CCR) se relaciona con el grado de servicio (GoS); e indica la fracción de llamadas que se completan con éxito de una manera oportuna. CCR tiene en cuenta los efectos de la fiabilidad de la red por paquetes, los elementos hardware individuales de voz y los elementos tradicionales de la red de voz.

Por otra parte, una red fiable se debe construir con componentes confiables y un diseño de capa red mucho más fiable que los componentes de las conexiones de capa enlace y que el hardware. Desde el punto de vista de Capa 3, una red de confianza crea rutas de tráfico hasta un destino apropiado, y converge rápidamente siguiendo los cambios de topología.

La estabilidad del enrutamiento contribuye a la fiabilidad de la red, las tablas de enrutamiento deberían experimentar el menor número de cambios, ya que sí éstos son excesivos podrían causar bucles, descarte de paquetes y una carga excesiva de proceso en los routers de la red.

1.3.1.1 Enrutamiento estable.

La estructura del enrutamiento debe converger rápidamente siguiendo los cambios de la topología, o se podría dañar la fiabilidad de la red. Una red de convergencia lenta puede experimentar bucles rutinarios que le impidan alcanzar algunas redes y destinos.

Una estructura de enrutamiento estable es flexible a los cambios de topología, como los fallos en los enlaces WAN o los enlaces fluctuantes. Un *enlace fluctuante* es un enlace en serie que cambia frecuentemente de estado (off-on) y puede ser motivo de frecuentes cambios en la tabla de enrutamiento de todos los routers que aprenden su ruta a través de dicho enlace. Los cambios de topología frecuentes aumentan el riesgo de que los routers tengan una visión parcial de la red, acarreando con ello la creación de bucles rutinarios.

La importancia del control de enrutamiento radica en que un enlace fluctuante en una parte de la red no provoque que todos los routers se carguen con los cambios de la ruta, sino que sólo lo hagan aquellos que realmente requieren la información del cambio de topología.

1.3.1.2 Rutas redundantes.

Los errores en los enlaces o los cambios de topología dan origen a la necesaria existencia de un trazado alternativo con una provisión suficiente de circuitos redundantes entre los routers de cada sitio.

1.3.2 ANCHO DE BANDA.

El ancho de banda en redes que transportan tráfico en tiempo real o únicamente datos, se basa en la medida de las velocidades de tráfico pico. Esta medida difiere en cierto modo en redes con tráfico en tiempo real, pues el intervalo de tiempo en el que se miden las velocidades de tráfico pico son menores que en redes sólo de datos.

Pensaríamos que un circuito WAN con una velocidad superior a la velocidad media de tráfico en la hora pico de una red cualquiera, soportaría bien la carga de tráfico. Sin embargo, si durante el tiempo de ocupación del circuito se produjeran intervalos con un nivel de tráfico superior al circuito WAN, seguidos de ocupación menor en ciertos momentos. No solo el rendimiento de la red sería menor, sino que la calidad y disponibilidad de las aplicaciones de voz tendrían un pobre rendimiento. Durante los tiempos de alta ocupación de la red los búfferes se desbordan y la calidad de la voz se deteriora a medida que los paquetes de voz se retrasan o se pierden.

Generalmente el aumento de ancho de banda esta ligado al costo económico que conlleva. La utilización de configuraciones avanzadas de routers (prioridades de tráfico, minimización de actualizaciones de enrutamiento, etc.), en reemplazo al incremento de ancho de banda, no siempre es la mejor alternativa pues los costes de

una administración y diseño de una red compleja pueden equipararse con los de un mayor ancho de banda.

Pueden optimizarse las aplicaciones en tiempo real para un ancho de banda dado utilizando codecs de voz con una tasa de compresión alta, minimizando el tamaño de las cabeceras que encapsulan datos. Además, es recomendable reservar ancho de banda para aplicaciones en tiempo real y críticas, de modo que la red se degrade delicadamente durante los periodos de congestión; así como, monitorear la utilización de la red.

El ancho de banda se asemeja también a la calidad de sonido de un sistema de audio. El sonido representa la información, y la calidad de los sonidos que usted escucha representa el ancho de banda. Si se le solicitara que clasifique sus preferencias con respecto a la forma en que desea escuchar su canción favorita: por teléfono, en una estación de radio de AM, en una estación de radio de FM o en un CD-ROM, es probable que su primera elección sea el CD, luego la estación de radio de FM, la estación de radio de AM y, por último, por teléfono. Los anchos de banda analógicos reales para estos medios de reproducción de audio son 20 Khz., 15 Khz., 5 Khz. y 3 Khz., respectivamente.

1.3.3 RETARDO.

El retardo en redes de voz no sólo provoca colisiones de conversación, sino también reflejos no deseados de la señal de audio (ecos). El grado en que los ecos son molestos depende de la amplitud del eco y el retraso del mismo. La reducción del retardo extremo a extremo provoca que un eco sea menos molesto para el usuario.

1.3.3.1 Componentes de retardo.

En esta sección veremos tres elementos que contribuyen al retardo en una red VoX.

1.3.3.1.1 Retrasos por codificación-decodificación.

Dependen de la elección del algoritmo de codec. La codificación sucesiva o ciclos múltiples de codificación-decodificación incrementan el retraso de la red además de reducir la calidad de la voz, debiendo evitarse en la medida que sea posible.

Generalmente los codecs de menor taza de bits presentan mayor retraso en el sistema. La utilización de codecs de alta velocidad requiere un ancho de banda adicional para cada llamada, por lo que no son una solución recomendable para circuitos con alta latencia.

1.3.3.1.2 Retrasos por enlace.

Cada enlace WAN presenta los siguientes componentes de retardo en la ruta de audio:

- Cola de interfaz, se administra con el uso de la cola de prioridad para paquetes, tramas-celdas de voz.
- Retrasos de serialización entrante-saliente, administrable usando tecnologías de fragmentación-intercalado y se puede minimizar a costa de ancho de banda reduciendo la eficacia de la sobrecarga.
- Retraso de nube WAN, su administración no es posible a menos que se pueda influir en el diseño de las redes portadoras optimizando la ruta de transmisión física de los circuitos con alta latencia.

Los retrasos por enlace son aditivos para todos los circuitos WAN en la ruta del audio. En ciertas circunstancias, la reducción del número de enlaces WAN en la ruta de audio puede reducir los retardos por enlace.

1.3.3.1.3 Retrasos de reproducción del búfer.

El búfer de reproducción permite que el extremo receptor ejecute un flujo de audio suave, a pesar que la información de audio llega a ráfagas, por lo que éste debería

ser lo suficientemente grande para adecuar la variación del tiempo de llegada entre las muestras de audio recibidas. Al minimizar estos tiempos en la red, el tamaño del búfer también se puede reducir y con ello el tiempo de retardo global.

1.3.3.2 Fuentes de Retardo.

La figura 1.5 muestra las fuentes de retardo y a continuación se explican cada una de ellas:

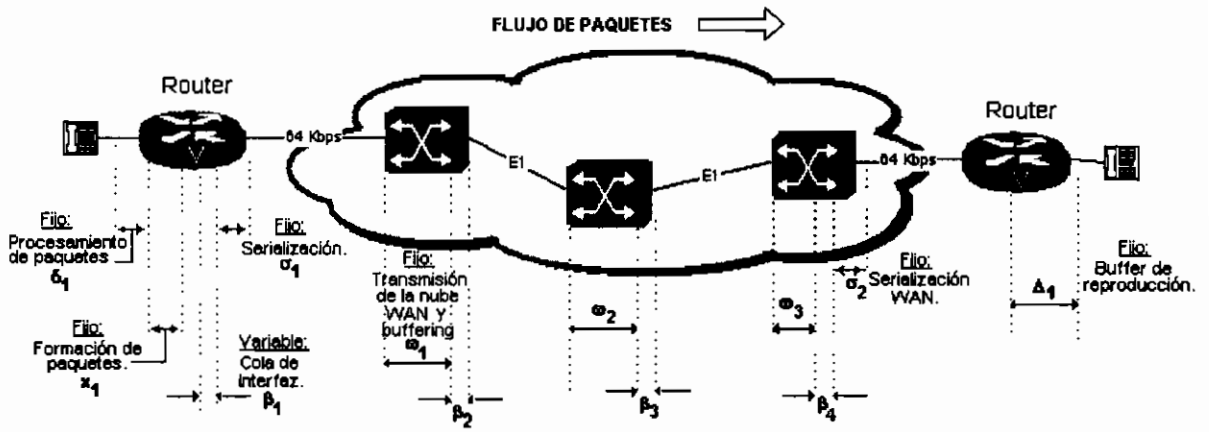


Figura 1.5 fuentes de retardo.

1.3.3.2.1 Procesamiento de paquetes.

Ocurre cuando un paquete convierte la señal de audio de un voltaje analógico a uno digitalizado y con una representación comprimida.

1.3.3.2.2 Formación de paquetes.

Las tramas codec (que son la salida del codificador), se sitúan en paquetes, en tramas Frame Relay, o en celdas ATM, dependiendo de la tecnología VoX. Cuando se transmite una sola trama codec en cada paquete, trama, o celda, el retraso en la formación del paquete no es una fuente de retraso significativa. Sin embargo, si múltiples tramas codec se agrupan en un solo paquete, trama, o celda, entonces la primera trama codec del grupo debe esperar mientras se generan tramas codec

adicionales para completar el paquete. Debería tener esto en cuenta si incrementa el número de tramas por paquete, trama, o celda para reducir el consumo de ancho de banda de las cabeceras.

1.3.3.2.3 Cola de Interfaz.

Una vez que las tramas codec están formadas en paquetes y preparadas para su transmisión, pueden esperar una cantidad de tiempo sustancial en un búfer de cola de interfaz lógico. Mientras los paquetes esperan en el búfer, una norma administrativa intercede el orden en que se transmiten los paquetes. Para reducir el retraso experimentado por los paquetes de voz, la cola debe mover los paquetes de voz a la parte delantera de la cola lógica de interfaz.

1.3.3.2.4 Serialización.

Si los paquetes de voz se mueven incluso a la parte delantera de la cola lógica de la interfaz, pueden experimentar retraso en el búfer físico de transmisión. Si un paquete de voz alcanza el búfer después de que otro paquete comience la transmisión, el paquete de voz debe esperar hasta que la transmisión del otro paquete se complete. Si el otro paquete es grande, o si la velocidad de transmisión de la interfaz es baja, entonces puede transcurrir un tiempo significativo antes de que se transmita el último bit del otro paquete. El tiempo que un paquete de voz debe esperar para que el otro paquete se transmita bit a bit se llama retraso por serialización.

1.3.3.2.5 Transmisión de la nube WAN y buffering

Una vez que el paquete sobrepasa la interfaz física, está en la nube WAN, la cual está formada por numerosos switches de paquetes, o de celdas, o una combinación de tipos de switches. La nube WAN es la contribución más significativa del retraso global debido a las distancias a través de las que deben ser transmitidos los paquetes. La nube WAN se puede resumir en un componente de retraso y en un componente de variación de retraso.

1.3.3.2.6 Serialización WAN.

Es un factor de retraso para los paquetes que abandonan la nube WAN, y se controla mediante el switch de acceso en la red portadora en el extremo lejano de la conexión.

1.3.3.2.7 Buffer de reproducción.

Cuando un paquete, trama, o celda alcanza el router de destino, las cabeceras se eliminan y las tramas de codec se sitúan en un búfer de reproducción. Ya que las tramas de codec llegan mediante la red de datos en forma de ráfagas, éste debe ser lo suficientemente grande para asegurar que las tramas codec se puedan reproducir suavemente en el decodificador. Caso contrario, el decodificador no puede generar un flujo continuo de audio, lo que reduce la calidad de la voz de la señal. El número de tramas codec en el búfer de reproducción cambia constantemente, pero el búfer nunca estará completamente lleno o vacío. La cantidad de retraso introducida por este búfer en un tiempo dado depende del número de tramas codec que están en el búfer al mismo tiempo.

1.3.4 FLUCTUACIÓN DE FASE.

También llamada variación del retraso, se produce cuando los paquetes experimentan retrasos desiguales al transitar en una red (Ver figura 1.6). La calidad de la voz es dependiente de la temporización con la que las muestras de sonido se ejecutan en el oyente. Si la temporización entre tramas codec en el emisor es diferente de la temporización entre tramas codec en el receptor, entonces el receptor no escuchará una representación exacta del sonido original. El sonido distorsionado es característico de la fluctuación de fase.

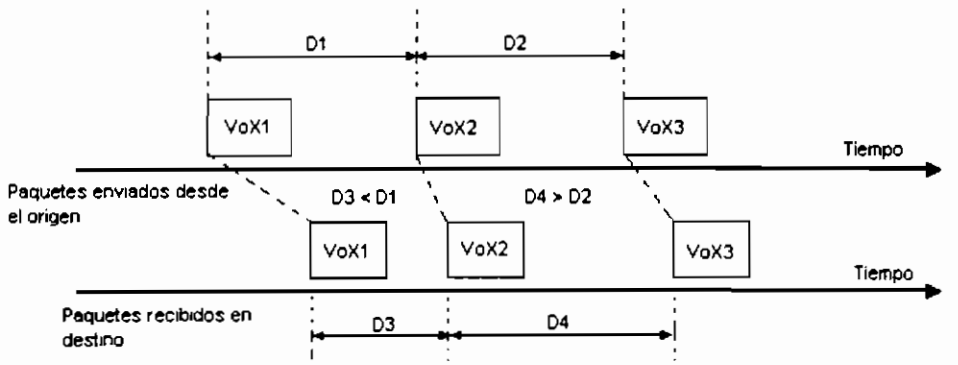


Figura 1.6 La fluctuación de fase debido a los retrasos desiguales de los paquetes al transitar la red.

1.3.4.1 Fuentes de la fluctuación de fase.

La fluctuación de fase ocurre en cualquier punto de una red por paquetes donde se produce el buffering de interfaz. A continuación revisaremos algunos puntos en la ruta de transmisión del audio que pueden presentar fluctuación de fase.

1.3.4.1.1 Cola de Interfaz.

Son búferes que absorben ráfagas de paquetes y los transmiten cuando una interfaz ya no está congestionada. Cuando una interfaz puede transmitir paquetes más rápidos que las fuentes que están intentando enviar paquetes a la interfaz, los paquetes no necesitan esperar en un búfer. Si se presentan más paquetes en una interfaz de los que puede transmitir en un tiempo dado, los paquetes se almacenan en un búfer hasta que la interfaz está preparada para transmitirlos. Cada switch de paquetes tiene al menos un búfer de entrada y uno de salida que contribuyen al retraso extremo a extremo y a la fluctuación de fase. Debería estar claro que la cantidad de fluctuación de fase causada por el buffering de interfaz deja atrás la capacidad del búfer de reproducción de tiempo real para acomodar la fluctuación de fase, por esta razón, las políticas de cola son esenciales para mover los paquetes de voz a la parte delantera de todas las colas.

1.3.4.1.2 Serialización.

La cantidad de retraso por serialización que experimenta un paquete de voz en un búfer de transmisión es variable, y está limitado por el tamaño del mayor paquete de la red. La solución a este problema consiste en dividir los paquetes grandes en fragmentos, y permitir que los paquetes de voz se intercalen entre los fragmentos de un solo paquete grande.

1.3.4.1.3 Buffering de nube WAN y serialización de entrada

Se refiere a las partes de la red administradas por su proveedor de circuitos. En los circuitos de canal preparado (T-1/E-1 completo o fraccionario), no se necesita preocuparse del buffering o de la serialización en la red portadora. En circuitos Frame Relay, es probable que su tráfico tenga que esperar en varios búferes mientras cruza la red portadora pues, éste es multiplexado en conjunto con el de otros clientes. En circuitos ATM, hay una mejor posición para controlar estos factores debido a que puede encargar circuitos que cumplan requisitos específicos de retraso y fluctuación de fase.

2 CAPITULO II: COMPRESIÓN DE INFORMACIÓN Y TECNOLOGÍAS PARA LA INTEGRACIÓN DE VOZ EN REDES DE DATOS.

2.1 INTRODUCCIÓN.

El presente capítulo inicia con el estudio de los conceptos relacionados con la compresión de la voz; describiendo, en primer lugar, algunas técnicas de compresión de información para luego profundizar en el campo de la voz y los métodos más representativos de compresión existentes. La sección finaliza con el estudio de las tecnologías que traen las redes de voz y datos. Incluye QoS, en las redes de datos y los protocolos de transporte de audio y señalización de llamada mediante IP, Frame Relay y ATM.

2.2 FUNDAMENTOS DE LA COMPRESIÓN DE VOZ[4].

2.2.1 COMPRESIÓN DE INFORMACIÓN.

La idea de la compresión de información no es nada nuevo, pues siempre ha sido un aspecto fundamental de un sistema de transmisión, principalmente en el ámbito económico.

La compresión de información es la reducción del espacio que ocupa una señal digitalizada de un mensaje, sin alterar el significado de la información que contiene. En el espacio, la señal puede estar en un volumen físico como medio de almacenamiento, en un intervalo de tiempo de transmisión de un mensaje, o en una porción de espectro electromagnético (ancho de banda), requerido para transmitir un conjunto de mensajes; pudiendo expresarse esta relación como:

$$volumen = f\{tiempo * ancho\ de\ banda\}$$

[4] Referencia: "Teoría de información y codificación de datos". EGAS, Carlos.

Por tanto, la reducción del volumen puede darse disminuyendo el tiempo de transmisión o el ancho de banda. De estos parámetros dependerá la etapa del sistema en la que se realizará la compresión.

2.2.1.1 Información.

Antes de analizar la compresión debemos definir algunos conceptos relacionados con información que emplearemos en esta sección.

El concepto de información esta ligado a la probabilidad de ocurrencia de un mensaje, es decir, cuando un mensaje tiene gran probabilidad de ocurrencia conduce muy poca información; mientras un mensaje contiene mayor información sí su probabilidad de ocurrencia es baja. *La **cantidad de información de un suceso I (E)**,* por tanto, está estrechamente relacionada con la ***probabilidad de ocurrencia de ese suceso P (E)*** mediante la expresión:

$$I(E) = \log_2 \frac{1}{P(E)} \quad [bits]$$

El contenido de información de signos o serie de signos independientes el uno del otro, es igual a la suma de la información producida por cada uno de ellos. Lo cual concibe a la información como algo cuantitativo.

$$I(Er) = \sum_{i=1}^{q} \log_2 \frac{1}{P(Ei)} \quad [bits]$$

Donde:

I (Er): cantidad de información total, del evento *r.*
P (Ei): probabilidad de ocurrencia de los *i* sucesos, $i \geq 0$.

2.2.1.1.1 Fuentes de información

Una fuente discreta, típicamente produce a la salida una señal cuya amplitud es función de una o más variables; las más comunes son el tiempo y la posición. La

fuente de información discreta genera q símbolos diferentes con probabilidades *p (s1), p (s2),..., p (sq)*. Cuando las probabilidades de los símbolos son independientes entre ellos, se tiene lo que se conoce como una *fuente de información de memoria nula (FIMN)*.

Si los símbolos de una fuente no son igualmente probables lo que interesa entonces, es la cantidad promedio de información generada por todos los símbolos de la fuente. Este promedio se conoce como entropía *H(S)*, y es calculada mediante la expresión:

$$H(S) = \sum_{i=1}^{q} p(s_i) I(s_i) \quad \left[bits/_{simbolo} \right]$$

Una fuente de información óptima, debe proporcionar la cantidad máxima de información para un número dado de símbolos. La redundancia *Rf* y el rendimiento ηf permiten determinar si la fuente es óptima o no.

$$Rf = \log_2(q) - H(S)$$

$$\eta_f = \frac{\log_2(q)}{H(s)}$$

Como podemos notar, la redundancia constituye la parte de un mensaje que puede ser desechado en la transmisión por ser repetitivo y predecible. En los sistemas de compresión se busca generar la misma cantidad de información pero con un número menor de símbolos *q*.

2.2.1.2 Código.

Se define un código como la correspondencia de todas las secuencias posibles de símbolos del alfabeto de una fuente *S = (s1, s2,..., sq)* a secuencias de símbolos de algún otro alfabeto *X = (x1, x2,..., xr)*.

Ejemplo:

S = (a, b)	X = (0, 1)
A	0
Ab	00
Ba	010
Aba	00
.	.

La secuencia del alfabeto código X que se asigna a cada símbolo del alfabeto de la fuente S se conoce como palabra código y su longitud esta dada de acuerdo al número de símbolos que la conforman.

Ejemplo:

Sea el alfabeto fuente S = (a, b, c, d), y el alfabeto código X = (0, 1), se tiene:

Símbolos a codificar	Palabra código	Longitud de la palabra código
A	0	$L_1 = 1$
B	10	$L_2 = 2$
C	110	$L_3 = 3$
D	111	$L_4 = 3$

2.2.1.3 Tasa de compresión (CR).

En forma general se define como la razón entre los bits por símbolos antes de la compresión y los bits por símbolo después de la compresión:

$$CR = \frac{Bits \times símbolo \text{ sin } compresión}{Bits \times símbolo \text{ } con \text{ } compresión}$$

La tasa de compresión máxima viene dada por: $CR\max = \log_2(q) - H(S)$; pudiendo alcanzarse de dos formas:

- Hacer las muestras estadísticamente independientes, es decir, provocar que las probabilidades de los símbolos de la fuente sean independientes entre ellas (Fuente de memoria nula).

- Hacer la longitud promedio de un código, igual o muy cercana al valor de la entropía de la fuente de información de memoria nula.

2.2.2 CODIFICACIÓN PARA LA COMPRESIÓN DE DATOS.

La compresión de datos se hace necesaria, ya sea en sistemas con alta velocidad de transmisión o sistemas de almacenamiento de datos; en los últimos principalmente por razones económicas debido al incremento de costo de las bases de datos y los enlaces de comunicación con terminales remotos.

2.2.2.1 Clases de compresión de datos.

No existe aún un acuerdo en clasificar las técnicas de compresión de datos, sin embargo, podemos agruparlas en reversibles e irreversibles.

Reversible.

- Codificación sin ruido.
- Reducción de redundancia.

Irreversible.

- Codificación reductora de fidelidad.
- Reducción de Entropía

Esta no es la única forma de clasificar los algoritmos de compresión, otras variaciones o grupos pueden existir. Mayor información sobre los algoritmos de compresión que se revisen en esta sección se proporciona en el Anexo A.

2.2.2.1.1 Procesos reversibles

Se conoce como un proceso reversible aquel en el que es posible la reconstrucción completa de los datos originales sin perder información. Los compresores reversibles se conocen también como compresores sin pérdidas, pudiendo clasificarse en:

- Estadísticos, generalmente utilizan los algoritmos de Huffman o Shannon-Fano. Dentro de estos tenemos los compresores aritméticos y los compresores predictivos o adaptivos.
- Basados en diccionario, utilizando algoritmos RLE y variaciones de Lempel-Ziv.

2.2.2.1.2 Procesos irreversibles.

Son aquellos que producen pérdidas de información de la fuente original. Esta pérdida de información resulta insignificante con relación a la ganancia en la compresión, por lo cual es utilizada en la compresión de imagen y sonido donde la pérdida de calidad es mínima.

2.2.2.2 Clasificación de las técnicas de compresión de datos.

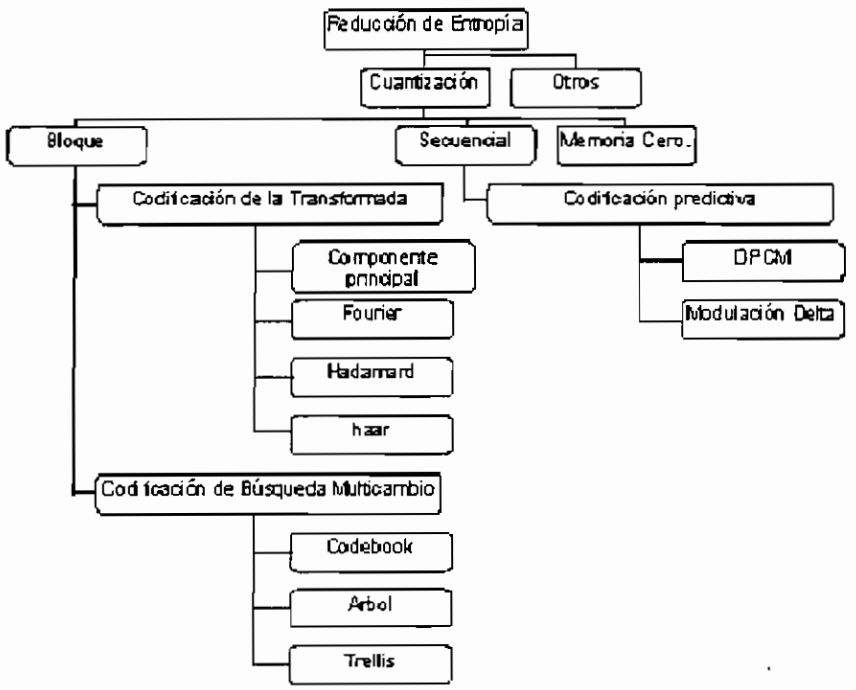


Figura 2.1 Compresión de datos por reducción de entropía.

Figura 2.2 Compresión de datos por reducción de redundancia.

2.2.2.2.1 Reducción de entropía.

En un sistema de transmisión de datos deben considerarse dos aspectos importantes, como son:

- Transmitir sólo la información necesaria, con la finalidad de tenerla en el receptor con un mínimo de distorsión.
- Transmitir, a través del canal, los símbolos con una pequeña cantidad de error a una velocidad que no sea mayor a la capacidad del canal.

En general, la compresión de datos implica una transformación de una fuente de datos continua a un conjunto de muestras discretas con valores de amplitud discretos.

2.2.2.2.1.1 Cuantificación.

Constituye la forma más común de compresión, ya sea en la conversión analógica-digital o como parte integral de técnicas de compresión como el DPCM. (Modulación de Impulsos Codificados Diferencial)

Existen tres formas básicas de realizar cuantificación:

- **Escalar o de memoria cero;** proporciona un número fijo de niveles con la finalidad de reducir el ruido de cuantificación. Dentro de este grupo tenemos los cuantificadores uniformes, no uniformes y logarítmicos.
- **De bloque;** consiste en aproximar una secuencia o bloque de *n* muestras a una secuencia seleccionada de un código preestablecido de *S* secuencias, independientemente de las muestras de los anteriores o posteriores bloques.
- **Secuencial;** existen dos tipos básicos de codificadores secuénciales: los codificadores predictivos y los codificadores de búsqueda multicambio. Los primeros emplean técnicas que predicen el siguiente valor de la muestra y cuantifican la diferencia entre el valor predicho y el valor actual. Los de búsqueda multicambio, utilizan los valores muestreados previamente para seleccionar la forma de cuantificar la siguiente muestra.

2.2.2.2.2 Reducción de Redundancia.

Estas técnicas reducen o remueven la cantidad de los datos, los cuales pueden ser reinsertados o reconstruidos en el receptor del sistema con una mínima distorsión. La reducción de redundancia se aplica en fuentes discretas con el objetivo de reducir el número de bits requeridos para codificar un bloque de datos con mínima o ninguna redundancia.

2.2.2.2.2.1 Codificación óptima de la fuente.

Llamada codificación de entropía, un método de reducción de redundancia que pretende conseguir que la longitud promedio de una *palabra código*[5] sea igual a la entropía del símbolo.

El método provee una manera de construir códigos de eficiencia razonable y decodificación instantánea. Utiliza los denominados *códigos compactos* como Shannon-Fano y Huffman.

[5] Palabra código - Número de bits del alfabeto código utilizados para representar un símbolo de un mensaje.

2.2.2.2.2.2 Codificación de muestras no redundantes.

La compresión de datos requiere un proceso conocido como *codificación de recorrido longitudinal,* que consiste en la eliminación de las muestras repetitivas para transmitir solo aquellas que representen cambios en una serie o bloque de muestras. En este tipo de codificación es necesario, para reconstruir la secuencia de muestras, conocer el tiempo de codificación de las muestras no redundantes.

2.2.2.2.2.3 Codificación de fuentes binarias.

Una fuente binaria produce solo dos símbolos a la salida. Las técnicas de compresión por reducción de redundancia, para este tipo de fuentes, pueden clasificarse en tres categorías, de acuerdo a la información que esta siendo codificada.

- La secuencia total de los símbolos generados por la fuente binaria.
- El tiempo de ocurrencia de un tipo de símbolos.
- La corrida alternada de los dos tipos de símbolos.

2.2.2.2.2.4 Codificación del tiempo

Como mencionamos, la reducción de redundancia requiere, además de la información comprimida, la adición del tiempo de ocurrencia del símbolo. El tiempo, por tanto, debe ser codificado, de modo que no afecte a la tasa de compresión. La información básica a ser preservada en la codificación del tiempo es el tiempo en el que ocurre cada muestra no redundante.

Existen tres formas básicas de enviar la información del tiempo:

- Enviando la secuencia total de muestras redundantes y no redundantes.
- Enviando el tiempo de cada muestra no redundante.
- Enviando la longitud de cada secuencia redundante y no redundante.

La codificación del tiempo, se agrupa en:

- ❖ Códigos de tiempo de secuencia: códigos de secuencia binarios, código de Lynch-Davisson.
- ❖ Códigos de tiempo de muestra no redundante: TNRS, código Clúster.
- ❖ Códigos de corrida longitudinal: BNO.

2.2.3 CODIFICACIÓN DE LA VOZ[6].

La voz es una señal analógica dentro de la banda de 300 a 3400 Hz, una vez digitalizada, se convierte en un flujo de ceros y unos. Dado que a veces es posible sacrificar la calidad en base a ocupar un menor ancho de banda, existen diversas técnicas de codificación que consiguen transmitir la voz como un solo flujo de datos.

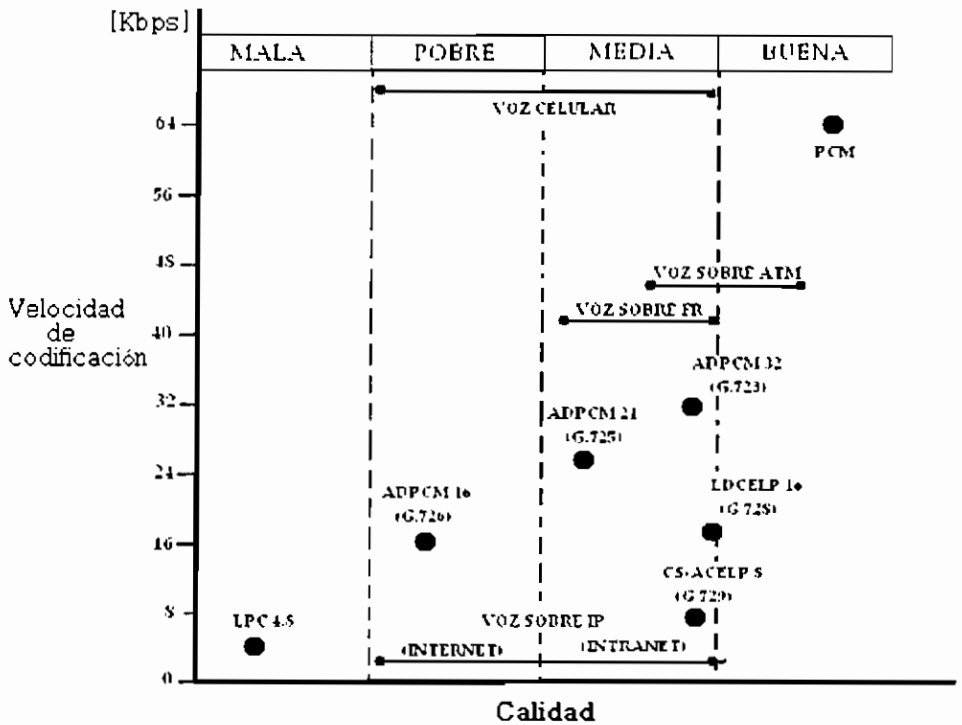


Figura 2.3. Algunos estándares de compresión de voz[7].

[6] Referencia: "Integración de redes de voz y datos". KEAGY, Scott.
[7] Referencia: "Redes y servicios de telecomunicaciones". MOYA, José.

El proceso de codificación de la voz, tiene como propósito principal la compresión de la señal. La calidad que se obtiene se ve afectada no sólo por el grado de compresión que se use, sino por la técnica empleada para ello; los distintos procedimientos generan grados de calidad diferentes, apreciados por el usuario como molestia o ininteligibilidad.

Como se ve en la figura 2.3, cada técnica de compresión de voz genera un grado de calidad de conversación percibido por el usuario en forma de molestia o ininteligibilidad, siendo el nivel más bajo en el que la distorsión es tal que resulta casi imposible entender una conversación.

2.2.3.1 Algoritmos de codificación de voz.

La investigación en el campo de la codificación de voz tiene como objetivo el desarrollo de codecs (codificador-decodificador) de audio que proporcionen mejor calidad de conversación con un número menor de bits, de retardo y complejidad de implementación.

Los codecs de baja proporción de bits tienden a perder la señal, reduciendo la calidad de la conversación con los sucesivos ciclos del codec.

Los algoritmos de codificación se clasifican en:

- Codecs de forma de onda.
- Codecs fuente.
- Codecs híbridos.

Cada método con un rango de proporción de bits y calidad de audio diferente, como se aprecia en la figura 2.4.

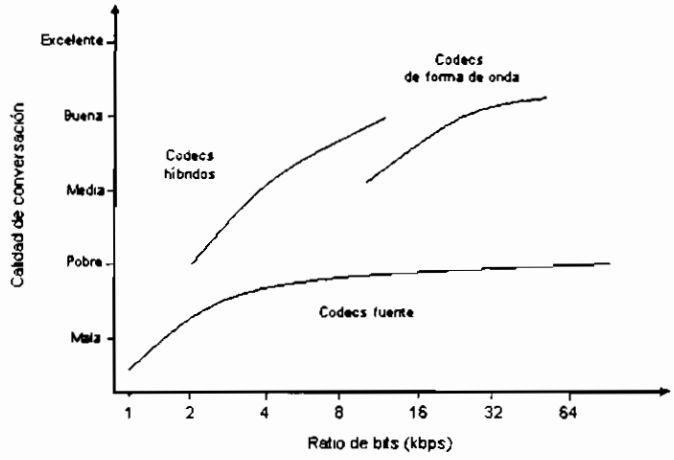


Figura 2.4. Proporción de bits en función de la calidad de audio de los diferentes codecs.

2.2.3.1.1 Codecs de forma de onda.

Son los tipos de codecs más simples, operan en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia.

Un codec de forma de onda reconstruye una señal de entrada sin modelar el proceso que creó dicha señal; es decir, la señal de salida recrea la forma de onda de la de entrada, independientemente del tipo de señal que sea (conversación, música o ruido aleatorio). El método tiene la ventaja de que el codec puede reproducir sonidos de muchas fuentes pues hace pocas presunciones acerca del tipo de entrada; sin embargo, no realiza una codificación con baja tasa de bits de tipos de entrada específicos, como la conversación.

El *Codec de Modulación por Impulsos Codificados (PCM) y el Codec de Modulación por Impulsos Codificados Diferencial y Adaptable (ADPCM)*, son codec de forma de onda que operan en el dominio del tiempo. Las técnicas de codec de dominio de frecuencia incluyen la Codificación de Subbanda (SBC) y la Codificación de Transformada Adaptable (ATC). Estas técnicas pueden ofrecer tasas de calidad para señales de voz similares a las de ADPCM, pero tienen más flexibilidad para asignar resolución a las bandas de frecuencia con más alto valor porcentual.

2.2.3.1.1.1 Codec PCM

El Codec de Modulación por Impulsos Codificados, esta especificado en la recomendación ITU-T G.711.

En el codec PCM, la señal analógica de voz es filtrada para eliminar las componentes de frecuencia alta y baja. Luego, la señal filtrada es muestreada a 8000 veces por segundo y cuantificada para uno de los 256 valores, que están representados en 8 bits. La proporción de bits resultante del codec G.711 es de 64 Kbps.

El valor de cada muestra es codificado utilizando una de las dos leyes de codificación: ley A o ley μ (ver capítulo 1). Ambas leyes enfatizan la calidad de los rangos de audio altos; pero, la ley μ es ligeramente más sensible a las diferencias de los silencios de las señales de audio que la ley A.

2.2.3.1.1.2 Codec ADPCM

El Codec de Modulación por Impulsos Codificados Diferencial y Adaptable (ADPCM), especificado en la recomendación ITU-T G.726, es un codec de forma de onda más avanzado.

En lugar de transmitir los valores reales PCM de la forma de onda, ADPCM transmite una señal de error dada por la diferencia entre la entrada real y la estimada[8]. Si la entrada estimada esta razonablemente cerca de la real, la señal de error debe ser de menor magnitud y variación que la entrada original. Este método posibilita que ADPCM provea de tasas de calidad de conversación a porciones de bit menores a PCM.

El codificador usa valores sucesivos de su propia salida para predecir la entrada actual. Debido al cambio continuo de la fórmula de predicción en función de las características de entrada, el esquema se llama ADPCM. La decodificación se da,

[8] Señal estimada es una función de muestras sucesivas de señales de error.

como es de esperarse, sumando la señal de error y la señal de entrada estimada para obtener una señal que debe coincidir con la de entrada original del codificador.

La señal de error es cuantificada antes de entrar al decodificador. La cuantificación se realiza de acuerdo a una de las proporciones (número de bits) diferentes de bits especificados en la recomendación (tabla 2.1).

Tabla 2.1. Bits por muestra y número de niveles de cuantificación de la recomendación G.726 ADPCM

Tasa de bits. [Kbps]	*Bits por muestra de señal de error.*	*Número de niveles de cuantificación.*
40	5	31
32	4	15
24	3	7
16	2	4

La señal de error cuantificado pierde la calidad rápidamente según disminuye la proporción de bits del codificador, por lo cual, no es práctico construir un codificador ADPCM que opere por debajo de los 16 Kbps (ver figura 2.3), pues hay mucho ruido de cuantificación de la señal de error. Como la señal de error se usa para derivar la señal de entrada estimada, no hay mucho espacio para la compresión bajo una señal de error con cuatro estados.

2.2.3.1.2 Codecs de fuente

Los codecs de fuente están diseñados para tipos de entrada específica (como la conversación humana). Este tipo de codec intenta replicar el proceso físico de la creación del sonido haciendo uso de la supuesta señal de entrada.

Los codecs de fuente de conversación emulan la función de la señal de estímulo[9] y el filtro tracto vocal[10]. Las muestras de audio que introduce el codificador se agrupan en tramas y se analizan para determinar el tipo de señal de estímulo y la forma del tracto vocal. El tipo de señal de estímulo es codificado en un solo bit, indicando si es un estímulo sonoro[11] o sordo[12]. En el estímulo sordo, el decodificador puede usar

[9] Señal estímulo.- estímulo producido por los pulmones y las cuerdas vocales durante la conversación.
[10] Filtro del tracto vocal.- formado por la garganta, la lengua, la cavidad nasal y los labios.
[11] Estímulo sonoro.- modulación del aire al atravesar las cuerdas vocales cuando estas se abren y cierran a diferentes frecuencias.

sonido blanco (señal aleatoria), por lo que el codificador sólo identifica que el estímulo es sordo; para el estímulo sonoro en cambio, el codificador determina la frecuencia de impulso de la modulación de las cuerdas vocales.

El filtro de tracto vocal es una función algebraica de frecuencia de la señal. Esta función es generalmente una ecuación lineal (por lo que se conoce como predicción lineal) de al menos décimo orden, cuyos coeficientes se determinan para cada grupo de muestras (trama) analizado. Dependiendo de estos coeficientes, unas frecuencias se enfatizan y otras se silencian cambiando la forma del tracto vocal cada 5 o 30 ms. Los coeficientes de la ecuación lineal, un solo bit del tipo de fuente de estímulo y la frecuencia del estímulo sonoro se transmiten con cada trama.

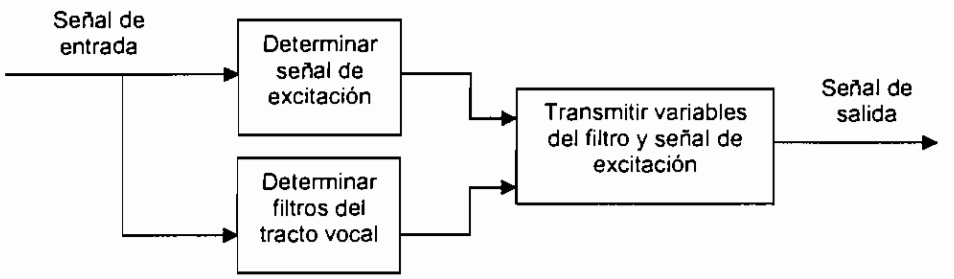


Figura 2.5 Componentes del codec de fuente de conversación.

El decodificador reconstruye la señal original sobre una base de trama a trama transmitiendo la señal estímulo a través del filtro. El codificador determina las variables del filtro examinando las muestras de la trama actual así como las muestras anteriores y posteriores a esa trama para mejorar su calidad. Las especificaciones de un codec son resumidas por algunas variables incluyendo el tamaño de la trama y de *look-ahead*[13]. Los codecs de fuente de conversación producen señales de muy baja tasa de bits, pero tienen potencial limitado de calidad de voz

12 Estímulo sordo.- similar al ruido blanco. Sonido silbante producido por el tracto vocal debido al aire turbulento que deja los pulmones.
13 Look-ahead.- ventana de las muestras que se producen después de la trama actual.(ver figura 2.6)

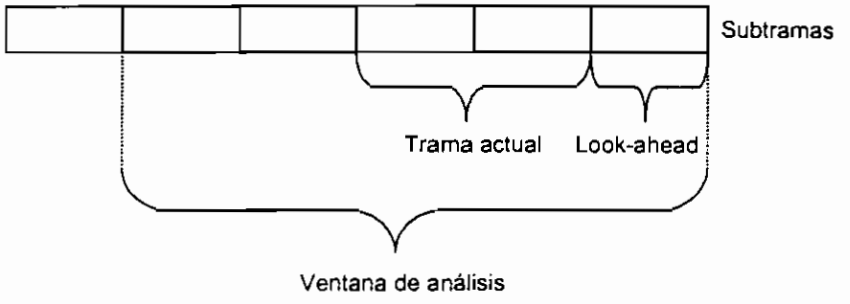


Figura 2.6 Relación entra trama de muestra, ventana de análisis y look-ahead.

2.2.3.1.3 Codecs híbridos.

Los codecs híbridos proporcionan mayor calidad de voz que los codecs de fuente con tasas de bit similares, usando una combinación de modelado de fuente y análisis de forma de onda. Los más comunes operan en el dominio del tiempo usando técnicas de predicción lineal de análisis por síntesis (LPAS). Si bien el modelado del filtro es similar al de los codecs de fuente, la codificación de la señal estímulo es más compleja teniéndose tres modelos principales.

2.2.3.1.3.1 Estímulo Multimpulso (MPE).

El modelo MPE codifica la señal estímulo como una serie de impulsos no cero que pueden variar en posición temporal y en amplitud. En general, esta señal es determinada para subtramas de aproximadamente 5 ms, dividida en intervalos de tiempo menores que contienen un solo impulso. La salida del codificador incluye la posición y la amplitud de cada uno de los impulsos de la señal estímulo.

La recomendación G.723.1 opera dos porciones de bits diferentes: 5.3 Kbps y 6.3 Kbps. El codec de 6.3 Kbps utiliza el algoritmo llamado Cuantificación de Probabilidad máxima multimpulso (MP-MLQ).

2.2.3.1.3.2 Estímulo de impulso Regular (RPE).

A diferencia de MPE, RPE especifica únicamente la amplitud de cada impulso reduciendo al número de bits requerido para representar un número dado de

impulsos. Una pequeña cantidad de información codifica la compensación del primer impulso dentro de la subtrama, y los impulsos restantes siguen un intervalo de tiempo fijo. Un codec RPE típico puede usar de 10 a 12 impulsos por subtrama.

El estándar GSM usa un codec RPE a 13 Kbps.

2.2.3.1.3.3 Predicción Lineal de Código Estimulado (CELP).

El método CELP utiliza un libro de código para identificar muchas combinaciones diferentes de amplitudes y posiciones de impulsos representados por un índice en dicho libro, permitiendo transmitir gran cantidad de información con pocos bits. Por cada subtrama, los codificadores transmiten un valor del bit del índice del libro código, correspondiente a la señal de estímulo que mejor coincide con la señal de entrada; el decodificador, en tanto, usa el índice para identificar la señal estímulo de su propia copia del libro de código.

El rendimiento de los codecs CELP está muy relacionado con el número de entrada de los libros código y la eficacia de los algoritmos de búsqueda de libro de código. Algunas implementaciones utilizan libros de código simplificados, pudiendo emplear técnicas algebraicas de búsqueda. Estos se conocen como métodos Algebraic CELP O ACELP.

Algunos ejemplos de codecs CELP se dan en las recomendaciones G.728 (CELP de bajo retardo a 16 Kbps o LD-CELP) y la G.729 Estructura Conjugada ACELP (CS-ACELP) a 8 Kbps.

2.2.3.2 COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE CODIFICACIÓN

En las Tablas 2.2 se comparan diversos métodos de codificación vocal, desde distintos puntos de vista. Los atributos de los codificadores vocales se comparan mediante los siguientes parámetros:

- ***Velocidad de codificación***: en términos de Kbps.

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

Por ejemplo ITU-T G.723 requiere para 6,3 Kbps una trama de 30 mseg con un retardo de algoritmo de 37,5 mseg; requiere entre 14 y 20 MIPS y 4,4 Kbyte de memoria RAM. En cambio la ITU-T G.729 para 8 Kbps requiere una trama de 10 mseg y un retardo de algoritmo de 15 mseg; son 20 MIPS y 5,2 Kbyte de memoria RAM.

- **Criterios de desempeño.**

La calidad vocal de un sistema se mide sobre la base de un criterio subjetivo de la señal. Se trata de la cifra de mérito CM (*Circuit Merit*). El valor obtenido mediante el promedio de evaluación de usuarios se denomina MOS (*Mean Opinion Score*). Un criterio de calidad adicional es el GoS (*Grade Of Service*) definido como la posibilidad de acceso al sistema. La definición de CM y MOS tienen los valores indicados en la Tabla 2.2d.

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

Tabla 2.2a. Estandares desarrollados para aplicaciones de multimedia.

Network	ISDN	PSTN	Ethernet	ATM	IP
Standard	H.320	H.324	H.322	H.310/321	H.323
Vocal	G.711/728	G.723.1/729	G.711/G.728	G.711/G.728	G.711/723.1/729
Velocidad [Kbps]	16 a 64	5.3 a 8	16 a 64	16 a N*64	5,3 a 64
Vídeo	H.261	H.261/263	H.261	H.261/262	H.261/263
Datos	T.120	T.120	T.120	T.120	T.120
Múltiplex	H.221	H.223	H.221	H.221/222	H.225
Control	H.242	H.245	H.242	H.242/245	H.245
Señalización	Q.931	Q.931	Q.931/2931	Q.931	

Tabla 2.2b. Comparación entre diversas formas de compresión de la señal telefónica.

Codificación	***Velocidad. [Kbps]***	***Norma***	***Año***	***MOS***	***Tamaño de trama. [mseg]***
PCM	64	G.711/712	1972	4,3	0,125
ADPCM	32	G.721	1984	4,1	0,125
ADPCM	16, 24, 32, 40.	G.726	1990		0,125
LD-CELP	16	G.728	1992	4,0	0,625
CS-CELP	8	G.729	1995	10	
MPC-MLQ	5.3 y 6.4	G.723.1	1995	3,5	30
RPE-LTP	13	GSM	1991	3,5	20
VSELP	8	IS-54	1993	3,5	20
IMBE	6,4	Inmarsat-M	1993	3,4	
QCELP	1...8	IS-95	1993	3,4	20
CELP	4,8	FS-1016	1991	3,2	30
LPC-10	2,4	FS-1015	1984	2,3	22,5

Tabla 2.2c. Comparación entre sistemas de compresión vocal para multimedia y VoIP.

Standard	G.729	G.729.A	G.723.1
Velocidad. [Kbps]	8	8	5.3 a 6.3
Longitud de trama [mseg]	10	10	30
Subtrama [mseg]	5	5	7.5
Retardo [mseg]	15	15	37.5
MIPS	20	10	14 a 20
RAM necesaria. [Kbyte]	5.2	4	4.4
Calidad MOS	3.5	3.5	3.5

Tabla 2.2d. Elementos de comparación de calidad vocal.

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

2.3 TECNOLOGÍAS PARA LA INTEGRACIÓN DE VOZ Y DATOS.

La mayoría de arquitecturas de red pueden verse como múltiples capas, cada una responsable de varias y diferentes funciones. Cada capa se comunica con la correspondiente de otro sistema y utilizan uno o más protocolos de un conjunto denominado "stack de protocolos".

Los protocolos son un conjunto de reglas que establecen un ordenamiento para que dos entidades se puedan comunicar. Administran el flujo de información entre las computadoras y los programas de la red.

Cada capa tiene su propia función dentro de esta estructura en la cual, las capas superiores funcionalmente dependen de las inferiores para formar un protocolo completo de comunicaciones.

2.3.1 TCP/IP[14]

TCP/IP es un protocolo de comunicaciones usado en interconexión de redes, provee de un método para transferir información de una máquina a otra, maneja errores en la transmisión, enrutamiento, despacho de datos y controla la transmisión.

El protocolo TCP/IP define tres tipos de servicios relacionados entre si. El nivel inferior ofrece un servicio no confiable de entrega de paquetes no orientado a conexión permitiendo que el conjunto TCP/IP sea adaptable a un número importante de topologías de red. Sobre este nivel ofrece el servicio de transporte extremo a extremo, que es la base para los servicios de aplicación.

[14] Referencia: "Redes de computadoras". TANENBAUM, Andrew.

2.3.1.1 ESTRUCTURA DE TCP/IP

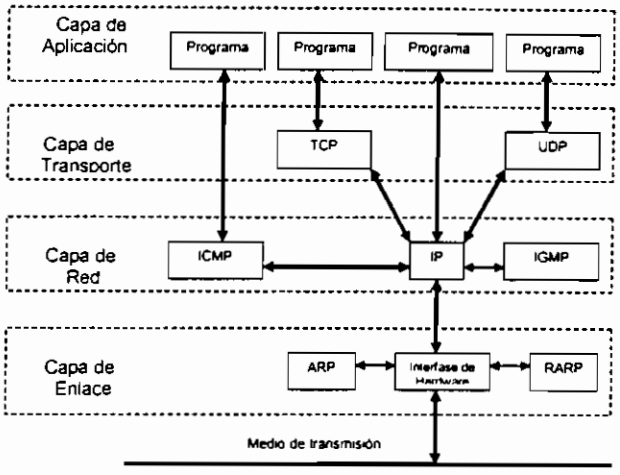


Figura 2.7. Estructura TCP/IP.

El diseño de red TCP/IP utiliza cuatro capas, las que, en conjunto con sus protocolos asociados forman un modelo a través del cual fluirán los datos entre su aplicación y el hardware de red.

2.3.1.1.1 Capa enlace

Se le denomina también capa Interfaz de red o capa host-red, es la encargada de establecer la verdadera interfaz con el hardware de red, y la responsable de aceptar los datagramas IP y transmitirlos hacia una red.

No define ningún protocolo específico para esta capa, ni características del medio de transmisión, aceptando la comunicación entre sí de todo tipo de equipos en forma transparente mediante el empleo de redes que utilizan distintas tecnologías y utilizando distintos medios de transmisión, con la única condición de permitir el envío de datagramas IP sobre él. Maneja el intercambio de datos entre la capa física y de la red, además de ocultar a la capa de red los detalles de la implementación física de la red.

Se emplean dos protocolos de bajo nivel: el Protocolo de Resolución de Direcciones (ARP) y el protocolo de Resolución de Direcciones Inverso (RARP).

ARP realiza la conversión entre direcciones de la capa de red (IP) a direcciones de la capa de enlace o direcciones físicas en redes que soporten difusión, la RARP traduce las direcciones de la capa de enlace a direcciones de la capa de red (IP). Protocolos adicionales como PPP (Point to Point Protocol) o SLIP (Serial Line IP) se utilizan en caso de emplear enlaces seriales como medios físicos de transmisión.

2.3.1.1.2 Capa de red o capa internet

Esta capa tiene las siguientes características:

- Se encarga de la comunicación de una máquina a otra a través de la red.
- Encapsular el paquete en un datagrama IP.
- Enviar mensajes ICMP (Internet Control Message Protocol).
- Aislar a las capas superiores de la tecnología de red utilizada debajo de ellas.

En esta capa se define:

- ***IP (Internet Protocol):*** protocolo no orientado a conexión, no confiable. Su unidad de transferencia es el datagrama. El servicio de entrega de datagramas no orientado a conexión, no confiable y con el mejor esfuerzo es la base del modelo TCP/IP.
- ***ICMP (Internet Control Message Protocol)***: usado por IP para intercambiar mensajes de control y error entre nodos.
- ***IGMP (Internet Group Management Protocol):*** utilizado por el host para informar a un ruteador local que desea recibir paquetes multicast.

2.3.1.1.3 Capa de transporte

Establece la comunicación extremo a extremo entre procesos pares de capa aplicación entre hosts diferentes. Regula el flujo de información, proporciona un

transporte confiable asegurando que los datos lleguen sin errores y en secuencia y acepta datos desde varios programas de usuario para enviarlos a la capa del siguiente nivel.

Define los protocolos siguientes:

- **TCP: (Protocolo de Control de Transporte)** Protocolo orientado a conexión, provee transferencia de datos confiable. Es el encargado de mover la información entre las aplicaciones y asegurarse de que los datos son transferidos correctamente, sin errores y en secuencia correcta.
- **UDP: (Protocolo de Datagrama de Usuario)** Es un protocolo no orientado a conexión, no confiable. Envía los datos de un host a otro sin garantizar su correcta recepción.

2.3.1.1.4 Capa de aplicación

En el nivel más alto, los usuarios llaman a una aplicación que accesa servicios disponibles a través de la red de redes TCP/IP. Una aplicación interactúa con uno de los protocolos de nivel de transporte para enviar o recibir datos. Cada programa de aplicación selecciona el tipo de transporte necesario, el cual puede ser una secuencia de mensajes individuales o un flujo continúo de octetos. El programa de aplicación pasa los datos en la forma requerida hacia el nivel de transporte para su entrega.

2.3.1.2 Función de IP

IP esta diseñado para proporcionar servicios de entrega de datos sobre la base del mejor esfuerzo, por tanto, no tiene mecanismos de corrección de errores. En caso de ocurrir un error, el dato simplemente es descartado y su recuperación se realiza en protocolos de capa superior.

Los datos a través de la red se envían en paquetes individuales (datagramas IP) aprovechando la capacidad de comunicación no orientada a conexión proporcionada

por IP. Cada datagrama tiene una cabecera que contiene la dirección de la fuente y el destino.

La dirección del destino esta compuesta por un identificador de red destino y un identificador de host destino. Cuando el destino es una red diferente de la que envía, el datagrama debe ser enviado a un *router* que es el que contiene las tablas de enrutamiento que describen como otras redes pueden ser alcanzadas. Como el datagrama IP se mueve a través de la red, sucesivamente cada router, mirará en su tabla el próximo salto que deberá tomar el datagrama IP hacia su destino. Cuando finalmente llega a su destino, el router de esa red determinará la dirección local (usando ARP) del host destino y entregará el datagrama.

2.3.1.2.1 Formato del datagrama IP.

Un datagrama IP esta formado por la cabecera y el campo de datos. En el campo de datos se encapsulan los paquetes TCP, UDP, ICMP, IGMP, etc.

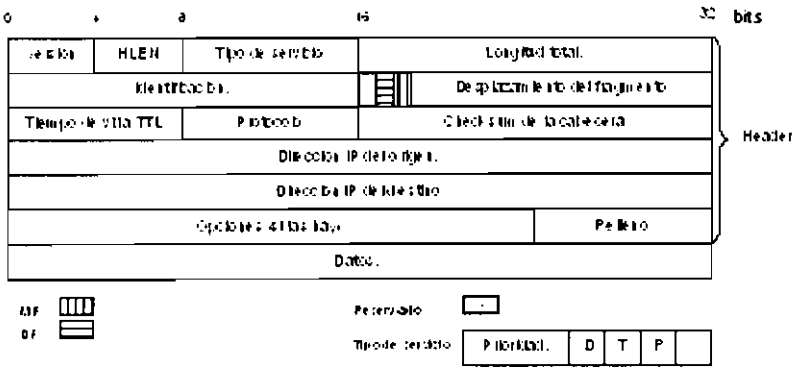


Figura 2.8. Formato del datagrama IP.

2.3.1.3 Función de TCP.

TCP provee una conexión confiable extremo a extremo entre usuarios, la cual asegura que los datos sean correctamente entregados, en la secuencia correcta sin pérdida de partes o duplicación.

Cuando se envían datos de un host a otro, estos son colocados en un segmento TCP cuya cabecera (header) incluye un número de secuencia. El segmento TCP es luego encapsulado en un paquete o datagrama IP.

IP se encarga del enrutamiento de los datos a través de la red y TCP asegura la confiabilidad de la transferencia de datos tal que las aplicaciones en el host no necesitan ocuparse de los detalles de envío y recepción de datos.

2.3.1.3.1 Formato del segmento TCP.

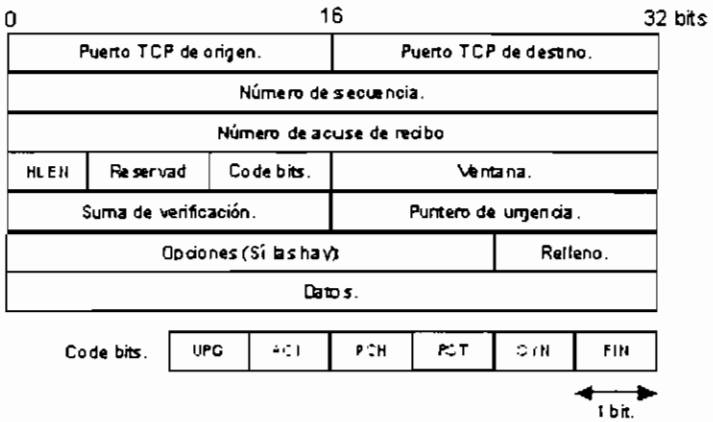


Figura 2.9. Formato del segmento TCP.

2.3.1.4 Operación de TCP/IP.

El host envía un datagrama IP al primer router, este lo retransmite al siguiente hacia la red destino hasta cuando el datagrama IP llega a su destino. A cada datagrama se le asigna un número máximo de routers por los que puede atravesar (tiempo de vida TTL), evitando que circule indefinidamente en la red. Cada host y router tiene al menos una única dirección IP de envío.

Debido a las capacidades de transmisión de datos de las distintas redes, algunas veces los routers fragmentan los datagramas y vuelven a ensamblarlos de acuerdo a las necesidades de transmisión a través de la red. Este proceso es responsabilidad de la capa IP.

En el receptor, TCP desencapsula el paquete y organiza el *stream* de datos de acuerdo al número de secuencia de los segmentos TCP, detectando las partes extraviadas y duplicadas. Luego, el receptor confirma la correcta recepción de los datos al host remoto. Si el emisor no recibe el acuse de recibo dentro de un intervalo de tiempo, retransmite los datos.

2.3.1.5 Direccionamiento en redes TCP/IP.

Cada capa define un tipo de dirección, de la siguiente forma:

- Capa interfaz de red: Direcciones físicas o de hardware.
- Capa Internet: Direcciones IP.
- Capa transporte: Sockets

El establecimiento de una conexión TCP/IP requiere la identificación completa de los extremos, mediante el uso de un "identificador único" a través del cual se pueden conocer la aplicación, los puertos, direcciones IP, y sockets del extremo de la conexión TCP/IP. El número de puerto es usado para conectar una aplicación a TCP; una dirección IP es la única identificación para un host y el socket es una combinación de un número de puerto TCP o UDP y una dirección IP.

- Identificador único:

<protocolo, puerto de origen, direc. IP origen, puerto destino, direc. IP destino>

- Puertos:
  - Bien conocidos: (0 - 123)
  - No bien conocidos: (1024 - 65535)

2.3.1.5.1 Direcciones IP.

Una dirección IP identifica una interfaz de red; una máquina tiene tantas direcciones IP como interfaces de red tenga.

La dirección IP tiene 32 bits representada como cuatro números decimales separados entre sí por un punto que identifican la red y el host de esa red.

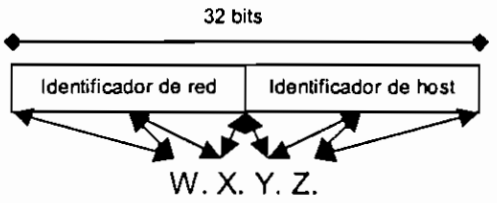


Figura 2.10. Estructura de la dirección IP.

Una red puede contener varias *subredes* que se obtienen dividiendo el número de host en: número de subred y número de host.

Dirección IP: <número de red><número de subred><número de host>

La división en subredes utiliza la máscara de subred para diferenciar el NetID del HostID, especificando si el host destino es local o remoto. Esta división resulta transparente para redes remotas.

2.3.1.5.1.1 Clases de direcciones IP.

Las clases de direcciones IP se identifican mediante los primeros bits del número de red, pudiendo tener cinco clases:

- Clase A: redes grandes.
- Clase B: redes medianas.
- Clase C: redes pequeñas
- Clase D: multicast.
- Clase E: reservadas para uso futuro.

2.3.2 PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN Y TRANSPORTE VoIP[15].

Los protocolos asociados a VoIP se dividen en dos grupos: los que transportan la ruta de audio, y aquellos que soportan la señalización y las funciones de control.

Los primeros, ofrecen información de temporización para asegurar una reproducción de audio consistente en el lado del receptor, así como una retroalimentación del rendimiento de QoS con respecto a la red subyacente. La señalización de la llamada y las funciones de control proporcionan la configuración y la cancelación de la llamada, direccionamiento y enrutamiento, servicios de información adicionales, y métodos para trabajar con otros esquemas de señalización.

2.3.2.1 Ruta de audio VoIP.

Los paquetes VoIP se componen de una o más muestras de codec de voz o tramas encapsuladas en cabeceras IP/UDP/RTP[16]. VoIP usa UDP como protocolo de capa transporte, pues no requiere los servicios de retransmisión de TCP.

UDP proporciona los servicios de entramado y multiplexación de la aplicación para VoIP a través de los números de puertos UDP (que dependen del tipo de señalización de llamada), y RTP proporciona los servicios adicionales para el transporte de datos en tiempo real.

La figura 2.11 y tabla 2.3, muestran el formato y función de los campos de la cabecera RTP a través de la cual se puede notar que destina a las cabeceras el doble de bits que a la sobrecarga actual.

[15] Referencia: "Integración de redes de voz y datos". KEAGY, Scott.
[16] RTP: protocolo de transporte rápido

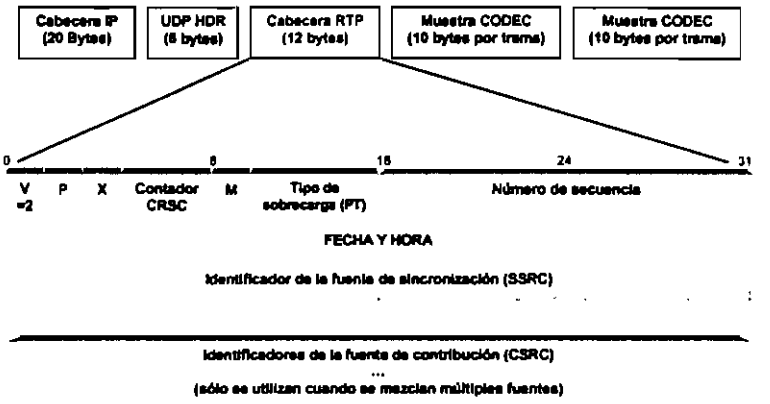


FIGURA 2.11. Paquete VoIP con cabecera RTP enfatizada.

Tabla 2.3. Definiciones de los campos de la cabecera RTP.

Campo de la cabecera RTP	*Función*
Versión (V)	Especifica la versión de RTP, V = 2 compatible con la RFC 1889
Relleno (P)	Indica la presencia o ausencia de bytes de relleno para los algoritmos de cifrado de tamaño de bloque fijos.
Extensión (X)	Identifica si una extensión de cabecera de longitud variable sigue o no detrás de la cabecera fija de 12 bytes.
Contador CSRC (CC)	Indica el número de campos de cabecera CSRC que sigue a la cabecera fija de 12 bytes.
Marcador (M)	Depende de la aplicación; identifica el comienzo de una conversación entrecortada para las aplicaciones VoIP.
Tipo de Sobrecarga (PT)	Identifica los diferentes codecs de audio para VoIP (medios codificados).
Número de Secuencia	Permite al receptor detectar los paquetes perdidos; comienza en un número aleatorio, aumenta en 1 con cada paquete.
Fecha y Hora	Permite corregir el tiempo de temporización de la sobrecarga; aumenta en 1 con cada intervalo de muestra del codec.
SSRC	Fuente de envío: único identificador aleatorio para cada emisor en una sesión RTP multidifusión dada.
CSCR	Fuentes de contribución: para VoIP, indica todos los SSRC que se mezclan en una conferencia.

2.3.2.1.1 PROTOCOLO DE TRANSPORTE RÁPIDO: RTP.

El protocolo RTP tiene como objetivo asegurar una QoS para servicios del tipo tiempo-real. Incluye la identificación del payload, la numeración secuencial, la medición de tiempo y el reporte de la calidad (función del protocolo RTCP[17]). Entre sus funciones se encuentran la memorización de datos, la simulación de distribución interactiva, el control y mediciones de aplicaciones.

[17] RTCP: Protocolo de Control Rápido RTP.

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

RTP funciona en conjunto con RSVP (Protocolo de Reserva de Recursos, capa 3) para la reservación de ancho de banda y asegurar de esta forma la calidad del servicio QoS del tipo Garantizada. La QoS del tipo Diferenciada se logra mediante la priorización de tráfico. En IP se pueden asignar diversas alternativas de prioridad para formar una cola de espera en routers. (Ver anexo B)

RTP además provee transporte para direcciones unicast y multicast. Por esta razón, también se encuentra involucrado el protocolo IGMP para administrar el servicio multicast. El paquete de RTP incluye un encabezado fijo y el payload de datos; RTCP utiliza el encabezado del RTP y ocupa el campo de carga útil.

La compresión del encabezado permite mejorar la eficiencia del enlace en paquetes de corta longitud en la carga útil. Se trata de reducir los 40 bytes de RTP/UDP/IP a una fracción de 2 a 5 bytes, eliminando aquellos que se repiten en todos los datagramas. Como los servicios de tiempo-real generalmente trabajan con paquetes pequeños y generados en forma periódica se procede a formar un encabezado de longitud reducida que mejore la eficiencia de la red. (Anexo C)

RTP proporciona los siguientes servicios:

- Distinción de emisores múltiples en un flujo multidifusión RTP.
- Conserva la relación de temporización entre los paquetes.
- Posibilita la sincronización de temporización entre las transmisiones de los codecs.
- Secuencia los datos para identificar los paquetes perdidos.

- Identifica los tipos de medios.
- No proporciona QoS.

2.3.2.1.1.1 Distinción de los emisores múltiples

Al comienzo de cada sesión de transmisión de codecs[18], se asigna aleatoriamente un valor SSRC (32 bits) a cada emisor. Este valor es útil para distinguir los emisores dentro de una transmisión de muestras de codecs de voz simple, mas no para identificar uno particular entre sesiones o relacionar entre sí flujos múltiples de muestras desde el mismo emisor. Los campos CSRC de 32 bits, que pueden estar unidos a la cabecera RTP fija de 12 bytes, contiene los identificadores SSRC de cada emisor que contribuye al flujo de muestras de codec compuesto.

2.3.2.1.1.2 Conservación de temporización y sincronización.

Marcador, identifica el comienzo de una conversación entrecortada, seguida de un periodo de silencios, lo cual es significativo en el contexto de mantenimiento del búfer de fluctuación de fase (*playout*). Las escasas diferencias entre el reloj de muestreo del codificador y el decodificador del receptor pueden ocasionar que el búfer de playout del receptor se vacíe o se llene demasiado despacio.

Durante los periodos de voz, no se puede ajustar el búfer playout sin subir o bajar el sonido de reproducción, el cual puede deformar las señales y la calidad de impacto de la voz. Durante los periodos de silencio, asumiendo que se usa detección de la actividad de voz, se puede ajustar el playout a la posición óptima, medio llena, sin que ello afecte la calidad de la voz, pues las personas no son sensibles a diferencias de longitud de una pausa de voz. El búfer puede "robar" tiempo de una pausa para reproducir las muestras adicionales que se han acumulado, o bien añadir tiempo de pausa de voz para permitir que las muestras entrantes llenen el búfer vacío.

[18] Hace referencia a tramas o grupos de muestras de los codecs de voz.

M-bit notifica a la capa RTP que tiene la oportunidad para ajustar los búferes playout, M = 1 significa que acaba de terminar un periodo de silencio. Sin M-bit, el búfer playout sólo se puede ajustar inspeccionando la sobrecarga de audio, requiriéndose la interacción con el codec.

El campo de fecha y hora de la cabecera RTP permite a la fuente de tramas de codecs especificar la temporización precisa que debería usar un receptor cuando reproduce los paquetes sucesivos en el flujo de tramas. Inicia con un número aleatorio cuando empieza cada sesión RTP.

Con el campo de datos de fecha y hora RTP puede computar las diferencias entre los intervalos de tiempo, así como sincronizar sesiones múltiples, pero no puede relacionar los eventos con el tiempo real. Con RTP se puede sincronizar un flujo de audio con los labios en movimiento, pero se necesita RTCP para relacionar la información de temporización con los eventos en tiempo real.

2.3.2.1.1.3 Detección de los paquetes perdidos.

Los números de secuencia RTP no se utilizan para retransmisión, pero sirven para identificar paquetes perdidos en el receptor. Estos, junto con información de QoS, son devueltos al emisor a través de informes del receptor RTCP o los informes del emisor.

2.3.2.1.1.4 Identificación de los tipos de codec.

Para la VoIP, el tipo de sobrecarga RTP debería reflejar el codec de audio que se usa. Dado que los clientes y los *gateways* negocian el tipo de codec durante el intercambio de capacidades H.245, saben como interpretar los datos de sobrecarga RTP.

El tipo de sobrecarga RTP es importante, ya que es utilizado por el Protocolo de Descripción de Sesión (SIP) para identificar los codecs comunes.

2.3.2.1.2 PROTOCOLO DE CONTROL RÁPIDO RTP: RTCP.

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

RTCP complementa a RTP administrando los aspectos relacionados con los informes y la administración de una conferencia RTP multidifusión. RTCP aparece como parte de RTP en la RFC 1889.

En el caso de conferencias multidifusión extensas, el ancho de banda de los flujos de información de RTP tiende a permanecer constante porque sólo pueden hablar pocas personas al mismo tiempo, incluso aunque estén escuchando cientos de ellas. RTCP resuelve este problema transmitiendo paquetes con menores frecuencias, al tiempo que aumenta el número de participantes detectados en la conferencia.

Analizaremos las funciones específicas de RTCP en función de los cinco tipos de mensaje RTCP: SR, RR, SDES, BYE, APP.

2.3.2.1.2.1 Informe del emisor (SR) e informe del receptor (RR).

Los orígenes de un flujo de información RTP transmiten informes del emisor (SR) a todos los participantes multidifusión. Los participantes sin origen transmiten informes del receptor (RR) a todos los participantes multidifusión. Tanto los SR y los RR contienen una sección de informes de recepción, el SR además contiene una sección de información del emisor. (Figura 2.12)

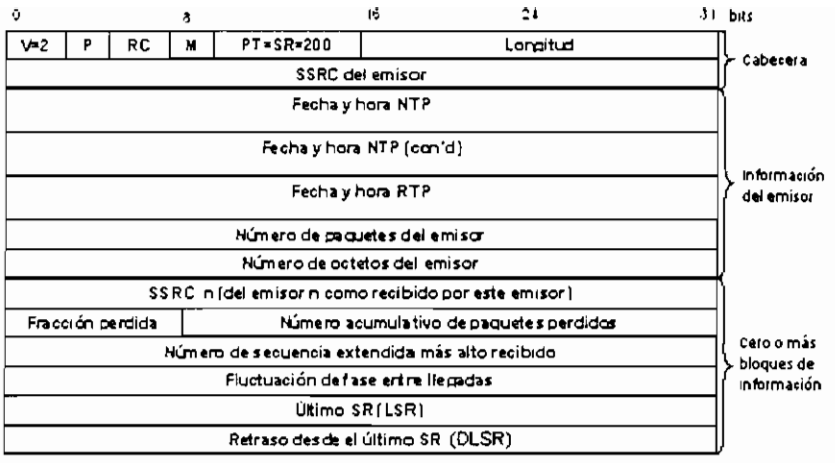


Figura 2.12. SR RTCP.

Tabla 2.4. Campos del SR RTCP.

Campo de la cabecera RTCP	***Función***
Versión (V)	Especifica la versión de RTP, V = 2 compatible con la RFC 1889
Relleno (P)	Indica la presencia o ausencia de bytes de relleno.
Contador de Informes de Recepción (RC)	Indica el número de bloques de informes de recepción que siguen a la información del emisor.
Tipo de Paquete (PT)	Identifica el paquete como un SR RTCP con PT = 200 (RR usa PT = 201).
Longitud	Longitud del informe RTCP del emisor; igual al número de palabras de 32 bits menos 1.
SSCR	Identificación del origen de envío del emisor del paquete RTCP.
Fecha y Hora NTP.	Permite que el paquete sea transmitido en tiempo real.
Fecha y Hora RTP.	Permite que los datos de fecha y hora RTP sean correlativos con el tiempo real NTP.
Contador de Paquetes Enviados.	Número total de paquetes enviados en el flujo de medios RTP.
Contador de Octetos Enviados	Número total de paquetes enviados en el flujo de medios RTP.
SSRC_n SSRC.	Identificación SSRC del emisor acerca de a quien se aplica el bloque de informes de recepción.
Fracción Perdida	Número de paquetes RTP, dividido entre los paquetes RTP enviados (desde el último SR/RR).
Número Acumulativo de Paquetes Perdidos.	Número de paquetes RTP perdidos desde el comienzo de la sesión.
Número de Secuencia Extendida más alto Recibido	Número de secuencia más alto recibido del emisor.
JJiter entre llegadas (J)	D = diferencia entre paquetes en el emisor y el receptor; J = desviación de D.
Último SR (LSR)	Fecha y hora NTP (versión 32 bits) en el último paquete SR recibido del emisor.
Retraso desde el último SR (DLSR)	Diferencia de tiempo entre recibir el último SR y enviar este informe de recepción.

Un SR es una mezcla de la información del emisor del RTCP y un informe de recepción del RTCP respecto de cada emisor desde el que éste recibe los flujos de medios. Un RR proporciona la misma información, excepto por la del emisor.

Los campos RTCP de los SR y RR ofrecen a los emisores de muestra de codec, retroalimentación QoS de los receptores. Además, cada receptor puede determinar si su calidad de recepción concuerda con otros receptores, o si los problemas locales pueden impactar negativamente en su calidad de recepción. Los emisores pueden aprender las siguientes estadísticas de la red:

- Tiempo de ida y vuelta (RTT).
- Tasa de paquetes perdidos.
- Fluctuación de fase.

2.3.2.1.2.2 Descripción del origen (SDES).

SDES proporciona información acerca de cada emisor de medios RTP en una sesión multidifusión. El elemento CNAME es obligatorio, de modo que la identidad real de cada emisor está claramente definida.

Generalmente, cada host envía un elemento SDES sencillo, relacionado con su propia identificación SSRC en un paquete RTCP de descripción de origen.

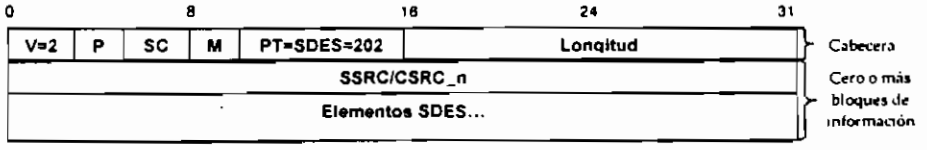


Figura 2.13. SDES RTCP.

Tabla 2.5. Elementos de un SDES.

Elemento	Descripción
CNAME	<usuario>@<nombre_host> (refleja el host de la aplicación, que puede ser distinto de un host de e-mail).
NAME	Nombre real.
EMAIL	Dirección de e-mail del emisor.
PHONE	Número del teléfono del emisor, en formato completo E.164 completo (Ejemplo: +1 408 555 1212)
LOC	Localización geográfica del emisor.
TOOL	El nombre y versión de una entidad generada por una aplicación o servicio.
NOTE	Texto de forma libre para mensajes transitorios. Consume ancho de banda RTCP, por tanto no debe usarse demasiado.
PRIV	Extensiones experimentales o de aplicaciones específicas.

2.3.2.1.2.3 Desconexión. (BYE)

Cuando los participantes se desconectan de una conferencia RTP multimedia, envían un mensaje de desconexión RTCP (BYE), para que cada participante pueda averiguar el número total de participantes. Esto es importante porque cada participante limita la velocidad de sus transmisiones RTCP en base a su conocimiento del número total de participantes.

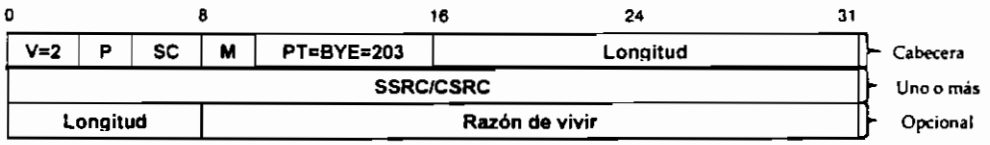


Figura 2.14. BYE RTCP.

2.3.2.1.2.4 Especifica de la aplicación (APP).

Los paquetes APP RTCP capacitan al protocolo para la experimentación y las extensiones, sin necesidad de nuevos tipos de paquetes que se registren en un tipo de paquete / sobrecarga.

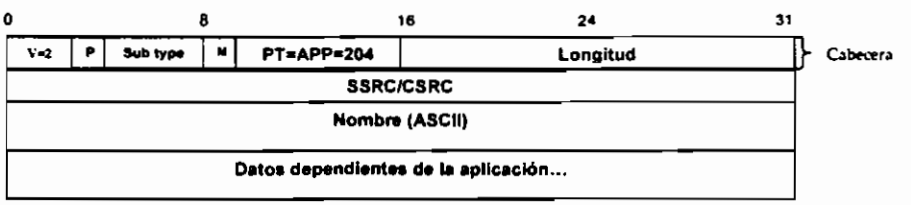


Figura 2.15. APP RTCP.

2.3.2.1.2.5 Paquetes RTCP compuestos.

Cada uno de los cinco paquetes RTCP, describe los saltos y límites de palabra de 32 bits. Estos paquetes pueden amontonarse para formar un paquete compuesto (metapaquete), que será transportado en una carga UDP. Los metapaquetes contribuyen a reducir el coste UDP/IP asociados a los datos RTCP.

2.3.2.2 SEÑALIZACIÓN VoIP: H.323.

La recomendación H.323 de la ITU, *Sistemas de Comunicación Multimedia Basados en Paquetes*, es un conjunto de sistemas de normas para las comunicaciones multimedia multiparte. H.323, contiene referencias a los protocolos y formatos de mensaje descritos en otros documentos, y explica como interactúan los distintos protocolos con los elementos del sistema definidos en una estructura común e incorpora una variedad de formatos de medios y estructuras de aplicación.

Tabla 2.6. Recomendaciones de la ITU-T que soportan las funciones de señalización H.323

Recomendación de la ITU	***Título.***
H.225.0	Protocolos de señalización de llamada y empaquetado de flujo de medios para H.323
H.235	Seguridad y cifrado de los terminales multimedia de la Serie H.
H.245	Protocolo de control de comunicación multimedia.
H.450.x	Servicios complementarios de H.323
Series T.120	Protocolos de datos para conferencias multimedia.

2.3.2.2.1 Componentes del sistema.

Las comunicaciones H.323 se dan entre los componentes del sistema que se muestran en la figura, los cuales en ocasiones están separados de los dispositivos físicos, y en otros casos son elementos software que pueden residir en la misma plataforma.

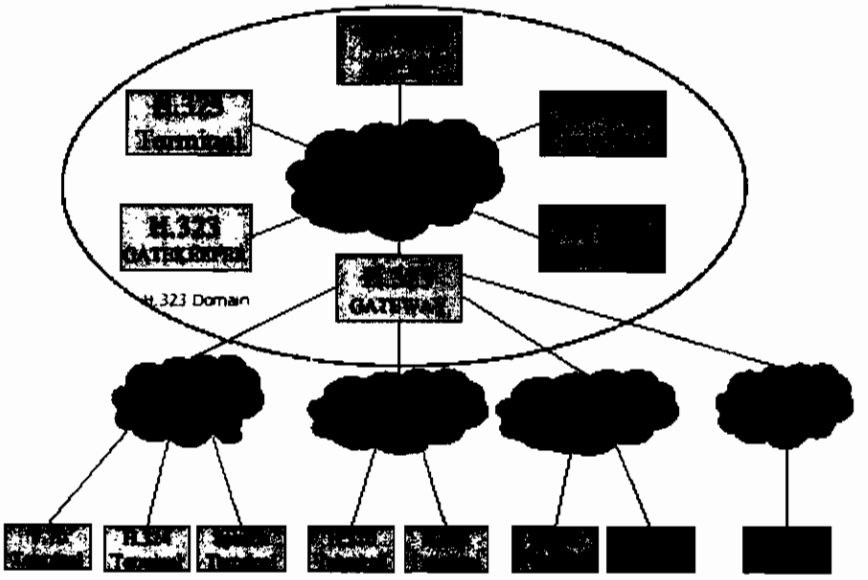


Figura 2.16. Arquitectura H.323.

2.3.2.2.1.1 Terminal.

Es un terminal de la red que proporciona comunicación bidireccional en tiempo real con otro terminal H.323, gateway, o MCU (unidad de control multipunto). Un terminal debe soportar al menos transmisión de voz, voz y datos, voz y video o voz datos y vídeo.

Puede identificarse como un teléfono, con soporte opcional para video interactivo y aplicaciones de datos compartidos. Los terminales poseen interfaces basadas en paquetes que los usuarios finales operan directamente.

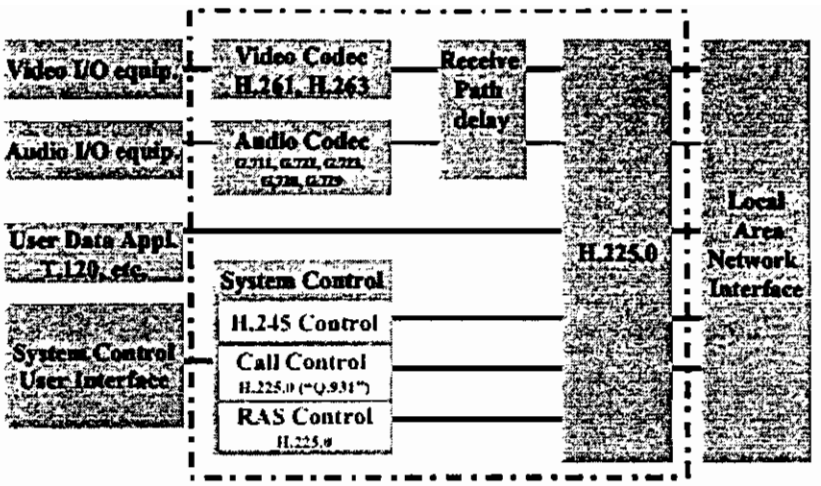


Figura 2.17. Estructura de un terminal H.323

2.3.2.2.1.2 Unidad de control multipunto (MCU).

Es el elemento que permite soportar comunicaciones multipunto. A diferencia de entornos como la RDSI, la capacidad de transmisión *multicast* de las redes IP no requiere la utilización de un elemento externo a los terminales para realizar funciones de mezclado de medios. Por esta razón, la MCU esta dividida en dos partes que permiten las comunicaciones multipuntos:

- Controlador multipunto (MC).- Proporciona capacidad de negociación y control de los miembros del grupo. Se encarga del control de los canales de medios (como los codecs de negociación) y establece sesiones RTP unidifusión y multidifusión a través de la señalización H.245. Una conferencia no puede tener más de un MC.
- Procesador multipunto (MP).- Se encarga de realizar las funciones de mezcla de medios (audio, vídeo, datos). Envía y recibe los flujos de medios hacia y desde los participantes de una conferencia. Puede convertir los medios entre distintos formatos de audio (como audio G.711 a G.723.1), y combinarlos desde múltiples orígenes. Sus funciones exactas dependen de donde este localizado y el tipo de conferencia que se esté procesando.

2.3.2.2.1.3 Gateway.

Es un elemento que permite interoperar a los terminales H.323 con terminales en otras redes de conmutación de circuitos (SCN). Los gateways se conectan directamente con terminales H.323 o bien con otros gateway o terminales en otras redes y realizan las funciones de adaptación entre flujos de información, así como entre los protocolos de control de ambos entornos.

Proporcionan *internetworking* (interconexión de redes independientes), con tecnologías que no son H.323, como video conferencia RDSI H.323 o redes telefónicas tradicionales.

Los gateways administran la conversión de señalización de llamada, la conversión de señalización de medios y la conversión de medios cuando se conecta una red H.323 a otra de distinto tipo.

2.3.2.2.1.4 Gatekeeper

Es un elemento que proporciona servicios de control al resto de elementos. Constituye la base para el desarrollo de servicios y para la aplicación de esta tecnología en entornos con un número de terminales considerable.

Controla una zona H.323[19]. Un gatekeeper regula los puntos finales dentro de su zona que pueden iniciar o recibir llamadas. Además, regula el procedimiento de las llamadas, permitiendo la comunicación directa entre los puntos finales, o bien actuando de intermediario para transmitir la señalización de llamada.

El Gatekeeper (GK) es un elemento opcional de la arquitectura, lo que permitió inicialmente el desarrollo de terminales que podían comunicarse directamente entre sí sin necesidad de disponer de GK. Sin embargo la inexistencia de GK limita el servicio ofrecido.

[19] Una zona H.323 es el conjunto de dispositivos administrativamente definidos que controla un gatekeeper.

Las funciones que proporciona son, entre otras, traslación de direcciones, autorización de llamadas, gestión y reserva del ancho de banda, servicios de directorio, etc.

2.3.2.2.2 Direccionamiento.

H.323 emplea un esquema de nombres independiente de la tecnología subyacente de la red, e identifica los requisitos específicos de dirección para H.323 sobre IP, el protocolo de red estándar.

2.3.2.2.2.1 Direcciones de red e identificadores TSAP.

El establecimiento de la comunicación con cualquier dispositivo H.323 requiere el conocimiento de su dirección de red y un *identificador de punto de acceso al servicio de transporte y direcciones* (TSAP). En el caso de redes IP, la dirección de red es una dirección IP, y el identificador TSAP un número de puerto TCP o UDP.

2.3.2.2.2.2 Alias H.323

Dado que las direcciones de red y los identificadores TSAP no son fáciles de recordar, H.323 proporciona alias para identificar los puntos finales y conferencias multiparte.

H.323 está diseñado para ser utilizado con cualquier capa de red, y puede operar independientemente de IP; especifica que los gatekeepers introduzcan alias en las direcciones de red e identificadores TSAP. Algunas formas son:

- Cadenas alfanuméricas: jof., jof@host.com, host.com, cadenas arbitrarias.
- Direcciones E.164: +1-408-555-1212, 5551212, 4199.

2.3.2.2.2.3 Convenciones de alias para la comunicación interzonal.

Los alias H.323 cobran importancia dentro de una zona sencilla. Para alcanzar los puntos finales en una zona distinta, el nombre de dicha zona deberá formar parte del

alias H.323, para lo cual es necesario establecer una convención relacionada al alias, por ejemplo usuario@nombre_zona, donde *usuario* es un identificador personal utilizado en una empresa. Además, se debe considerar que *nombre_zona* debe coincidir con el dominio DNS[20] donde reside el gatekeeper.

2.3.2.2.2.4 Determinación de las direcciones de red e identificadores TSAP.

El proceso de descubrimiento del gatekeeper forma los límites de las zonas H.323. Existen tres formas generales para descubrir la dirección de red y los identificadores TSAP para un gatekeeper.

2.3.2.2.2.4.1 Preconfiguración.

Un punto final se puede preconfigurar con una dirección IP del gatekeeper. En este caso no se requiere el descubrimiento del gatekeeper, pero los puntos finales pueden seguir enviando mensajes de petición del gatekeepeer (GRQ) para negociar los servicios de cifrado para la conexión. El identificador TSAP que se conoce para los mensajes GRQ es el puerto 1718 UDP.

2.3.2.2.2.4.2 Multidifusión.

Permite a los puntos finales que no están configurados con la dirección IP enviar mensajes GRQ a los siguientes nombres DNS conocidos, o direcciones del grupo multidifusión IP:

Gatekeeper.mcast.net 224.0.1.41

El identificador TSAP para los mensajes GRQ sigue siendo el puerto1718 UDP.

2.3.2.2.2.4.3 Domain Name System, DNS.

Los puntos finales pueden usar DNS de distintas formas, con el objetivo de descubrir un gatekeeper:

[20] Domain Name System (DNS).- Protocolo de capa aplicación encargado de traducir el nombre utilizado por las aplicaciones, a la dirección IP utilizada por los protocolos de red antes de acceder a la comunicación con esa máquina.

- **Registros SRV.-** Un servidor DNS de registros SRV responde a un registro SRV con una lista de nombres de host y puertos TCP/UDP requeridos para contactar el servicio. La dirección IP para el descubrimiento de un gatekeeper puede cambiarse para cuestiones relacionadas con el mantenimiento, la administración, o la seguridad sin necesidad de volver a configurar cada cliente.
- **Registros TXT.-** Un servidor DNS responde a una consulta TXT devolviendo una lista de todos los registros TXT para el dominio consultado. La sintaxis recomendada es:

ras[<gk id>@]<nombre de dominio >[:<numpuerto>][<prioridad>].

2.3.2.2.3 Protocolos.

El protocolo H.323 ofrece servicios de comunicación multiparte, multimedia y de tiempo real sobre una red QoS ya existente. Sus servicios se forman dentro de las aplicaciones de usuario que incluyen los principales servicios de audio y servicios opcionales de video y datos compartidos. La siguiente figura representa la pila de protocolos H.323.

<table>
<tr><td>Aplicación A/V</td><td colspan="4">Control y administración de terminal</td><td>Datos de aplicación</td></tr>
<tr><td rowspan="2">G.7xx
H.26x</td><td rowspan="2">RTCP</td><td rowspan="2">H.225.0 RAS</td><td>H.450.x Servicios complementarios</td><td rowspan="2">H.245 control de medios</td><td>T.124</td></tr>
<tr><td>H.225.0 control de llamada</td><td>T.125</td></tr>
<tr><td>RTP</td><td colspan="3">Transporte poco fiable (UDP)</td><td colspan="2">Transporte fiable (TCP)</td><td rowspan="3">T.123</td></tr>
<tr><td colspan="5">Capa de red (IP)</td></tr>
<tr><td colspan="5">Capa de enlace</td></tr>
<tr><td colspan="6">Capa física</td></tr>
</table>

Figura 2.18. Pila de protocolos H.323.

2.3.2.2.3.1 Descubrimiento del gatekeeper y RAS (H.225.0)

H.225.0 define las interacciones entre un terminal y un gatekeeper H.323, las que incluyen el descubrimiento de un gatekeeper y la señalización RAS (*Registro, Admisión y Estado*). Un gatekeeper también proporciona localización de servicios como parte de las funciones RAS. Los puntos finales de cada zona, u otros gatekeepers de zonas diferentes, son los encargados de pedir dichas solicitudes. Cada uno de los mensajes RAS se identifica mediante un acrónimo de tres letras: xRQ para solicitudes, xCF para mensajes de confirmación, xRJ para mensajes de rechazo.

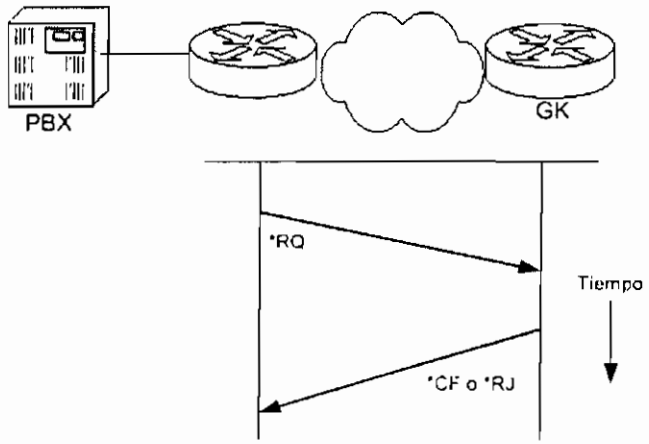


Figura 2.19. Intercambio de mensajes genérico utilizado por RAS H.225.0.

2.3.2.2.3.1.1 Mensajes H.225.0 RAS.

La mayoría de mensajes RAS siguen la secuencia solicitud/confirmación/rechazo. Estos mensajes se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 2.7. Mensajes RAS H.225.0 estándar.

Área funcional	*Solicitud*	*Confirmación*	*Rechazo*
Descubrimiento del gatekeeper	GRQ	GCF	GRJ
Registro con gatekeeper	RRQ	RCF	RRJ
Sin registro con gatekeeper	URQ	UCF	URJ
Localización de los puntos finales en una zona diferente	LRQ	LCF	LRJ
Control de admisión a través de gatekeeper	ARQ	ACF	ARJ
Control de ancho de banda a través de gatekeeper	BRQ	BCF	BRJ
Desacoplamiento de una llamada activa.	DRQ	DCF	DRJ

Los mensajes H.225.0 que no siguen la secuencia estándar son:

Tabla 2.8. Mensajes RAS que utilizan secuencias de mensajes diferentes.

Área funcional	*Mensaje RAS*
Activo entre un punto final y GK	IRQ/IRR/IACK/INAK
Mensaje no estándar	NSM
Respuesta de mensaje desconocido	XRS
Petición en progreso (para establecer interrupciones)	RIP

La figura 2.20 muestra un intercambio RAS típico entre puntos finales y gatekeepers, cuando los puntos finales se conectan a una red y cuando se inicia la llamada.

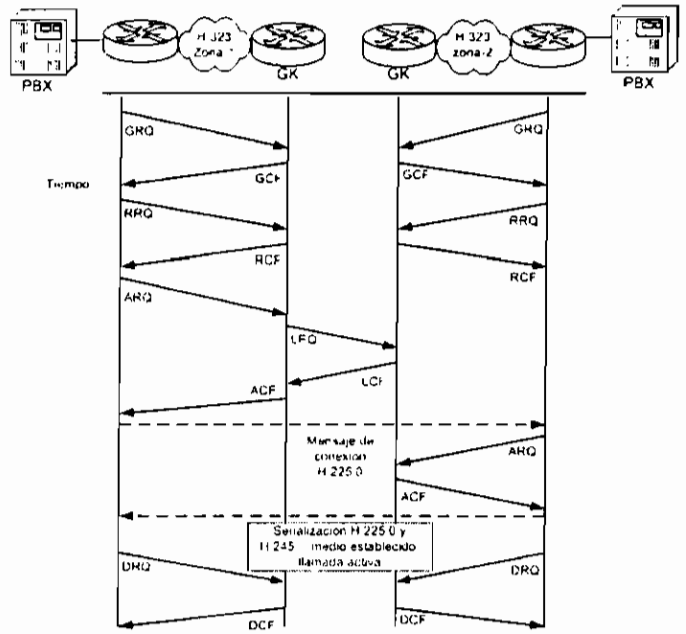


Figura 2.20 RAS H.225.0 típico de intercambio entre puntos finales y gatekeepers.

2.3.2.2.3.2 Control de llamadas

El canal de control de llamadas (H.225.0) es un canal fiable por el que se intercambian conexiones de llamadas, cancelaciones y mensajes de servicios suplementarios. En las redes que no utilizan un gatekeeper, el canal de control de llamadas H.225.0 es el primer paso en el proceso de colocación de la llamada. En las redes que sí lo utilizan, los puntos finales reciben permiso del gatekeeper (mediante un ACF) para emitir peticiones de conexión H.225.0.

Los mensajes de control de llamada H.225.0 se toman de las recomendaciones Q.931 y Q.932 de la ITU-T.

Tabla 2.9. Mensajes Q.931/Q.932 para el control de llamadas en H.225.0

Tipo de mensaje	*Descripción*
ALERTING	La parte remota tiene una señal activa.
CALL PROCEEDING	Se ha recibido toda la información sobre la conexión de la llamada, no se acepta más información sobre la conexión.
CONNECT	La parte remota acepta la llamada.
USER INFORMATION	Proporciona información diversa para distribuir las funciones propietarias.
PROGRESS	Se envía mediante el gateway para proporcionar el estado de las llamadas a la PSTN; opcional para terminales
RELEASE COMPLETE	Simplifica la secuencia completa <desconexión-envío-envío>
SETUP	Inicia la sesión de llamada.
SETUP ACKNOWLEDGE	Reconoce un recibo de solicitud de desconexión.
STATUS	Se utiliza para los mensajes de información RAS.
STATUS INQUIRÍ	Se utiliza para los mensajes de información RAS.
FACILITY	Vuelve a crear la ruta de una llamada mediante un gatekeeper; solicita los servicios suplementarios H.450.
NOTIFY	Proporciona información diversa.

2.3.2.2.3.3 Servicios suplementarios (H.450.x)

Proporcionan funciones de llamada avanzadas para las redes H.323. H.450.1 especifica la estructura para diseñar los servicios suplementarios, y el resto de recomendaciones H.450.x identifica los servicios suplementarios específicos implementados de acuerdo con H.450.1

Tabla 2.10. Servicios suplementarios H.323

Recomendación	*Descripción del servicio suplementario.*
H.450.1	Protocolo funcional genérico para el soporte de los servicios suplementarios en H.323.
H.450.2	Servicio suplementario de transferencia de llamada para H.323.
H.450.3	Servicio suplementario de desviación de llamada para H.323.
H.450.4	Servicio suplementario de llamada retenida para H.323.
H.450.5	Servicio suplementario de captura y estacionamiento de llamadas para H.323.
H.450.6	Servicio suplementario de llamada en espera para H.323.
H.450.7	Servicio suplementario de mensaje en espera para H.323.
H.450.8	Servicio de identificación de nombres.

2.3.2.2.3.4 Control de medios.

El canal de control de medios (H.245) se establece dinámicamente sobre una conexión TCP fiable, basándose en los parámetros del mensaje CONNECT del control de llamadas H.225.0. Los mensajes que se emplean se dividen en cuatro clases: petición, respuesta, comando, indicación.

La mayoría de las transacciones son secuencias de solicitud-respuesta, o mensajes de solicitud-respuesta-indicación. La clase de mensaje de un comando permite al punto final pedir una transacción durante una llamada activa y efectuar funciones de mantenimiento.

El canal de control de medios realiza la secuencia de acciones siguientes:

- Intercambio de las capacidades del punto final (negociación de un conjunto común de formatos de medios).
- Determinación maestro-esclavo.
- Establecimiento del canal lógico para el flujo de medios (inicio de sesiones RTP y TCP por el flujo de medios).

2.3.2.2.3.5 Establecimiento de conexión entre entidades H.323.

Con la finalidad de aclarar la funcionalidad de los protocolos que conforman H.323 dentro de una comunicación, creemos conveniente ejemplificarla.

Las entidades H.323 establecen conexiones en diferentes fases. Si consideramos un escenario sencillo en el que exista un GK, la conexión entre dos terminales dependientes de este GK comprende los siguientes pasos (Figura 2.21):

Fase A: Establecimiento de Llamada. La entidad llamante solicita, mediante el envío de mensajes RAS (*Registration Admisión and Status*) al GK realizar la llamada. Una vez que el GK autoriza la llamada, se establece una conexión directa con el abonado llamado (canal H.225) gracias a la información proporcionada por el GK, sobre la

cual se envía el mensaje de *setup*, que provocará que el abonado llamado contacte con su GK (el mismo que el del llamante en este caso) para solicitar autorización para recibir la llamada. Concedida la autorización, el llamado devuelve un mensaje *connect* para indicar la aceptación de la llamada.

Fase B: Intercambio de capacidades (H.245). Tras la fase anterior, se establece una nueva conexión (canal H.245) con el objeto de negociar las capacidades a utilizar durante la comunicación. Se negocia el codificador a utilizar, las direcciones, los puertos, etc. Esta conexión se mantiene establecida durante la comunicación para posibilitar la modificación de parámetros.

Fase C: Intercambio de información audiovisual. En este punto, ambos terminales establecen canales de información utilizando la arquitectura RTP/UDP/IP para el transporte de medios. Asimismo, establecen canales de control basados en el protocolo RTCP, al objeto de controlar la calidad de los flujos de información recibidos.

Fase D: Terminación de llamada. Tras el intercambio de información audiovisual y al objeto de finalizar la llamada, las entidades H.323 se informan mutuamente y cierran el canal H.245. Además, informan al GK para que este libere los recursos utilizados y proporcione información de tarifación, entre otras funciones.

El alto coste de establecimiento de una llamada debido a la necesidad de establecer múltiples conexiones previas al intercambio de información fue uno de los inconvenientes de H.323v1. Esta necesidad fue solventada con la aparición de la versión 2 del protocolo, en la cual se definen los procedimientos de conexión rápida y los túneles H.245, que permiten simplificar apreciablemente el proceso de establecimiento de una llamada.

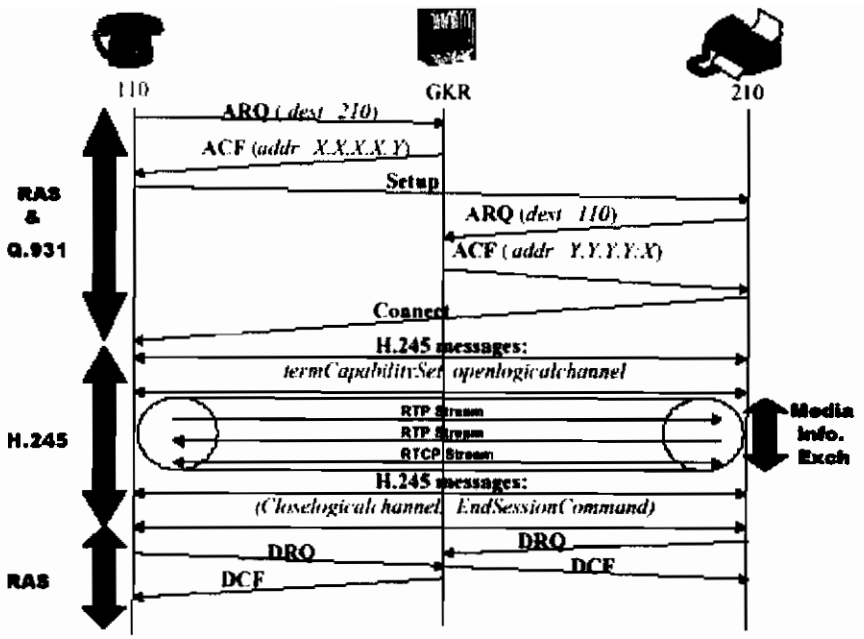


Figura 2.21. Ejemplo de llamada H.323

2.3.2.3 PROTOCOLOS DEL IETF (Fuerza de Tarea de Ingeniería Internet).

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

SIP (*Session Initiation Protocol*) de RFC-2543. SIP se aplica para sesiones punto-a-punto unicast; puede ser usado para enviar una invitación a participar en una conferencia multicast. Utiliza el modelo cliente-servidor y se adapta para las aplicaciones de telefonía IP. El servidor puede actuar en modo *proxy* o *redirect* (se direcciona el requerimiento de llamada a un servidor apropiado).

MGCP (*Media Gateway Control Protocol*). Es un protocolo que soporta un control de señalización de llamada escalable. El control de QoS se integra en el gateway o en el controlador de llamadas. Este protocolo tiene su origen en el SGCP (de Cisco y Bellcore) e IPDC. Bellcore y Level 3 plantearon el MGCP a varios organismos.

SAP (*Session Announcement Protocol*). SAP es usado para gestionar sesiones del tipo multicast entre un gran grupo de receptores; permite anunciar la sesion de multicast (en forma similar al un e-mail, newsgroup, página web). Utiliza mensajes UDP para multicast.

RTSP (*Real Time Streaming Protocol*) de RFC-2326. RTSP es usado como interfaz a un servidor que entrega datos en tiempo real (por ejemplo un servidor de anuncios del tipo half-dúplex). El RTSP establece y controla los flujos de tiempo real (audio y video). Actúa como control remoto de red para servidores multimedia. La sintaxis y operación es intencionalmente similar a HTTP/1.1. Puede entonces ser fácilmente asimilable.

SDP (*Session Description Protocol*) de RFC-2327. SDP se utiliza para describir la sesión y trabaja sobre todos los protocolos anteriores. La descripción de la sesión incluye el nombre, período de tiempo, tipo de medio (vídeo, audio, etc), protocolo de transporte y número de pórtico; información de ancho de banda, etc. Se utiliza en aplicaciones de multicast Mbone (*Multicast Backbone*). Se encarga de las sesiones en conferencia para comunicar direcciones e informaciones específicas para participar de la misma. El uso de un sitio de tipo Mbone permite simplificar el proceso a conocer la dirección multicast IP y el pórtico UDP. Es un protocolo de sesión que puede trabajar con cualquier protocolo de transporte, como SAP, SIP, RTSP o protocolos como HTTP.

2.3.2.4 Señalización VoIP: SIP

El Protocolo de Iniciación de Sesión, SIP, se especifica en la RFC 2543. SIP es un protocolo de control de aplicación de capas para crear, modificar y cerrar sesiones con uno o más participantes, incluyendo conferencias multimedia, llamadas telefónicas, distribución multimedia por Internet, etc.

Es un protocolo desarrollado por el IETF dentro del MMUSIC (*Multiparty Multimedia Session Control*) que se encarga de desarrollar recomendaciones relacionadas con

el soporte de conferencias multimedia. SIP permite a usuarios participar en sesiones de intercambio de información multimedia soportando mecanismos de establecimiento, modificación y finalización de llamadas.

SIP ha sido propuesto como mecanismo genérico para el soporte de la señalización del servicio de VoIP, dado que incluye todas las funcionalidades necesarias, tales como: la localización de usuarios, el intercambio y negociación de capacidades de los terminales o el establecimiento y liberación de llamadas.

SIP es un protocolo basado en el modelo cliente-servidor: los clientes SIP envían peticiones a un servidor, el cual contesta con una respuesta. Los terminales SIP pueden generar tanto peticiones como respuestas, al estar formados por entidades cliente y servidor.

2.3.2.4.1 Atributos de SIP.

SIP se diseñó como una solución a largo plazo para las conferencias multimedia y la telefonía en Internet teniendo en cuenta su viabilidad para futuras aplicaciones.

- **Simplicidad.** SIP emplea mensajes de texto plano que se pueden leer, simplificando la resolución de problemas e integración
- **Eficiencia**. Las funciones de señalización consumen poco ancho de banda en relación con el flujo de medios. El tiempo de conexión de llamada se reduce al incluir toda la información de establecimiento en el mensaje inicial.
- **Escalabilidad.** Un solo servidor manipula muchos clientes. SIP detecta y previene los bucles de enrutamiento de mensajes, aumentando en rendimiento de redes extensas.
- **Flexibilidad.** SIP puede utilizar cualquier codec registrado por la Agencia de Asignación de Números Internet (IANA).
- **Soporte de movilidad.** Los usuarios pueden moverse de terminal a terminal (por ejemplo: teléfonos y computadores).

- **Programación del usuario**. Además del soporte nativo para las funciones de telefonía tradicional, SIP puede aprovechar el Lenguaje de Procesamiento de Llamada o CLP.
- **Extensión**. SIP presenta una arquitectura modular y flexible mejorando el incremento y las extensiones del protocolo.

2.3.2.4.2 Esquema de comunicación SIP

Los terminales SIP pueden establecer llamadas de voz directamente sin la intervención de elementos intermedios, al igual que en el caso de H.323. La figura 2.22 muestra un ejemplo de conexión entre dos usuarios.

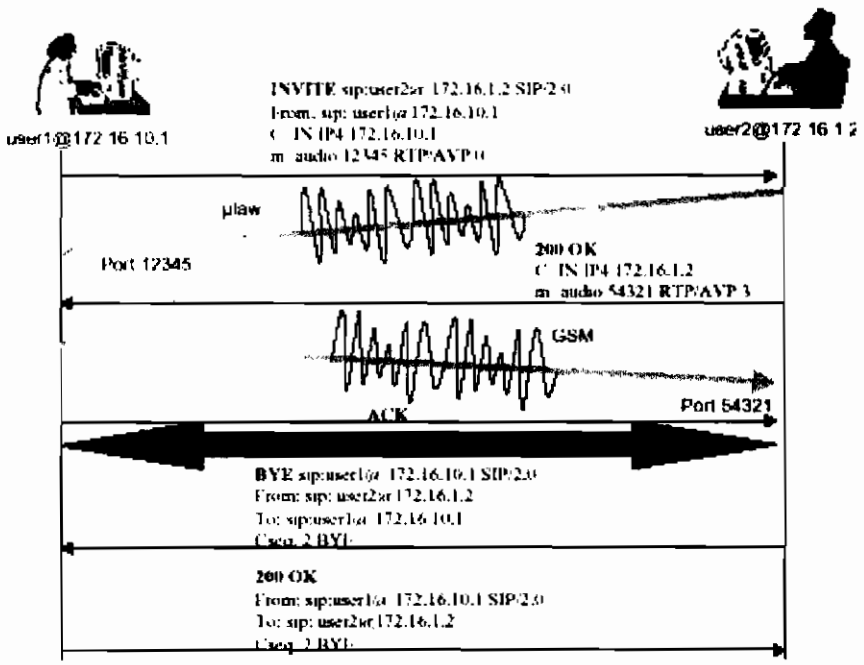


Figura 2.22. Llamada SIP

El usuario1 envía una petición (INVITE Request) en la cual indica al usuario2 las capacidades de recepción de audio (codificación ley u) y el puerto donde espera recibir dicho audio (port 12345). Al recibir la petición, el usuario2 puede inmediatamente establecer el canal de voz y enviar la aceptación de conexión mediante el envío de un mensaje OK Response, en el cual incluye la información

complementaria para el establecimiento del canal opuesto. Tras el intercambio de audio, cualquiera de los participantes puede finalizar la llamada mediante el envío del mensaje BYE Request, que debe ser respondido mediante un mensaje de confirmación (OK).

Los mensajes SIP son codificados utilizando la sintaxis de los mensajes HTTP/1.1 y el contenido de cada mensaje sigue las recomendaciones del protocolo de descripción de sesiones (SDP), ampliamente utilizado en el contexto de Mbone para distribuir la información de sesiones.

2.3.2.4.2.1 Componentes del sistema.

- **Agentes de Usuario (UA)**. Pueden funcionar tanto como cliente o como servidor. Son las aplicaciones de punto final que envían y reciben las peticiones SIP para beneficio de los usuarios. Por ejemplo: personas o sistemas automatizados.
- **Servidor *Proxy*.** Se encarga de encaminar peticiones o respuestas hacia el destino final. El encaminamiento se realiza salto a salto de un servidor a otro hasta alcanzar el destino final. Existe un parámetro incluido en las peticiones/respuestas denominado *Via* que incluye los sistemas intermedios que han participado en el proceso de encaminamiento. Esto evita bucles y permite forzar que las respuestas sigan el mismo camino que las peticiones. Esto afecta únicamente a la información de control pues el transporte de medios, salvo en el caso de requerir trascodificación intermedia, se realiza directamente entre origen y destino.
- **Servidor de Redirección.** Realiza una función equivalente al servidor *proxy*, pero a diferencia de éste no encamina la llamada, sino que contesta a un *INVITE* con un mensaje de redirección, indicando en el mismo cómo contactar directamente con el destino.
- **Servidor de Registro**. Mantiene la localización actual de un usuario. Se utiliza para que los terminales registren la localización en la que se encuentran. Este

servidor facilita la movilidad de usuarios, al actualizar dinámicamente la misma.

- **Agente de Llamada (*Call Agent*)**. Realiza las funciones de los tres servidores anteriores, además de poder realizar las siguientes acciones:

  - Localizar a un usuario mediante la redirección de la llamada a una o varias localizaciones.
  - Implementar servicios de redirección como reenvío si ocupado, reenvío si no contesta, etc.
  - Implementar filtrado de llamada en función del origen o del instante de la llamada.
  - Almacenar información de administración de llamadas
  - Realizar cualquier otra función de gestión.

En el despliegue de SIP se pueden encontrar agentes de usuario de tipo hardware (p.e. terminales telefónicos) o software. De la misma forma se pueden encontrar integrados los proxys, redirectores y registros en un único sistema que se gestiona de forma remota a través de un interfaz web. Este sistema es capaz de proporcionar el servicio de almacenamiento de información basándose en el protocolo RTSP (Real Time streaming protocol), para su posterior recuperación ó el servicio de mensajería instantánea (ICQ).

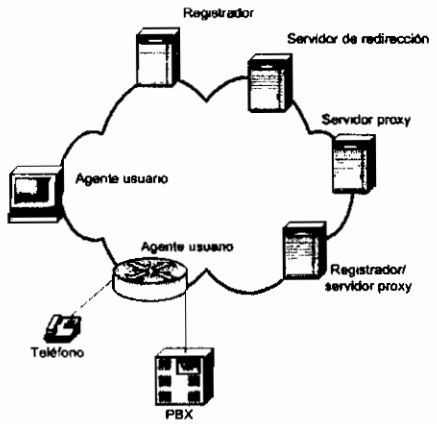


Figura 2.23. Cliente SIP y componentes del sistema de servidor.

2.3.2.4.2.2 Direccionamiento.

Las direcciones SIP son identificadas mediante los denominados URI (Uniform Resource Identifier), que siguen la estructura user@host, donde user corresponde con un nombre, identificador o número telefónico y host es el dominio al que pertenece el usuario o dirección de red. Los direccionamientos SIP son similares a la dirección de correo electrónico:

sip:user@host (protocolo sip: nombre de usuario @ en una máquina).

Soporta direcciones IP y nombres con dominios (DNS).

Únicamente los usuarios y los agentes de usuario tienen direcciones SIP. Los servidores SIP sólo se identifican por las direcciones IP y los puertos TCP/UDP. Por defecto, los servidores SIP escuchan en los puertos TCP y UDP 5060, pero pueden utilizar cualquier puerto.

2.3.2.4.2.3 Estructura del mensaje.

El protocolo SIP está diseñado específicamente para IP e Internet y es similar a HTTP en cuanto a la sintaxis de los mensajes que se intercambian. INVITE, ACK, BYE, CANCEL, REGISTER, OPTIONS, INFO ó 1xx, 2xx, 3xx ... 6xx son los tipos de mensajes de peticiones y respuestas respectivamente que se intercambian en el protocolo. Se puede destacar que en el cuerpo del mensaje de invitación se oferten múltiples formas de conectarse (OPTIONS), de modo que se puede "negociar" las capacidades con el cliente destinatario.

Existen tres partes en un mensaje SIP:

- **Línea de inicio.** Indica el propósito del mensaje, su formato depende de si el mensaje es una respuesta o una solicitud. Todos los mensajes SIP son respuestas o solicitudes.

- **Cabeceras.** Proporcionan el detalle del mensaje; cada cabecera SIP representa un valor variable que se transporta a través de la red. Algunas son obligatorias en cada mensaje y otras se utilizan dependiendo del tipo de solicitud o de respuesta.
- **Cuerpo.** El cuerpo opcional suministra detalles que no encajan en las cabeceras. Los contenidos del cuerpo del mensaje varían dependiendo del tipo de solicitud o respuesta SIP.

2.3.2.4.2.4 Protocolo de Descripción de Sesión: SDP.

SDP está diseñado para identificar completamente todos los atributos de una sesión, incluyendo información administrativa, sobre el programa y sobre los medios. Este protocolo multipropósito lo utiliza SIP y esta disponible para todas las aplicaciones.

El orden de los atributos SDP está estrictamente especificado y se basa en minimizar el tamaño y complejidad del analizador sintáctico del protocolo.

2.3.2.5 VoIP en la red de tránsito: MEGACO y MGCP

H.323 y SIP se diseñaron teniendo como objetivo el desarrollo de terminales que estuvieran directamente conectados a la red IP e intercambiaran tráfico de voz directamente entre sí o bien con terminales tradicionales mediante el uso de gateways. Por el contrario, el objetivo inicial de MEGACO fue la utilización de redes de paquetes como redes troncales para la transmisión de tráfico de voz originado en terminales y redes tradicionales. Los operadores de voz han sido los que mayor interés han mostrado por esta propuesta, pensando en integrar progresivamente sus redes de telefonía basadas en conmutación de circuitos y sus redes de datos basadas en conmutación de paquetes en una red homogénea que transportará ambos tipos de tráfico (voz y datos) y que fuera transparente a los usuarios finales.

Básicamente, MEGACO propone dividir los gateways en tres entidades diferentes:

- **Controlador de Medios (MGC, Media Gateway Controller).-** Proporciona la señalización H.323 o SIP y realiza la traducción entre la señalización de redes tradicionales y las redes de paquetes.
- **Pasarela de Medios (MG, Media Gateway).-** Proporciona la adaptación de medios y/o las funciones de transcodificación. Este bloque realiza las funciones de traslación de direcciones, cancelación de eco, envío/recepción de dígitos DMTF, etc.
- **Pasarela de Señalización (SG, Signalling Gateway).-** Proporciona funciones de mediación de señalización entre redes IP y SCN (red de circuitos conmutados).

En un escenario habitual los tres elementos están físicamente separados de modo que pueden proporcionar ventajas como la concentración de muchos MG (conectados a usuarios finales) en algunos MGC controlados por un SG.

2.3.2.5.1 Protocolo MGCP

Media Gateway Control Protocol (MGCP) es un protocolo cliente/servidor que controla el intercambio de información entre MG y MGC. MGCP es el resultado de protocolos anteriores y ha sido propuesto en distintos organismos de estandarización, como el grupo de trabajo MEGACO del IETF y la ITU-T, donde se ha denominado H.248. MGCP utiliza a su vez el protocolo SDP para el intercambio de parámetros entre el MG y MGC (dirección IP, puerto UDP, codificadores a utilizar, etc.).

MGCP es un protocolo que permite comunicar al controlador de gateway MGC (también conocido como Call Agent) con las gateway de telefonía GW (hacia la PABX o PSTN).

Se trata de un protocolo de tipo master/slave donde el MGC informa las acciones a seguir al GW. Los mensajes MGCP viajan sobre UDP/IP, por la misma red de transporte IP con seguridad IPsec. El formato de trabajo genera una inteligencia

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

Los comandos disponibles en MGCP son los siguientes:

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

2.3.3 FRAME RELAY.

2.3.3.1 Conceptos Básicos.

Frame Relay usa circuitos virtuales (VC), que no están limitados a los canales TDM de las utilidades T1/E1. Cada flujo de datos se encapsula en tramas Frame Relay, las cuales incluyen un campo identificador de conexión del enlace de datos (DLCI) para identificar el VC. Las tramas de un circuito virtual dado pueden viajar por cualquiera de todos los canales del circuito TDM.

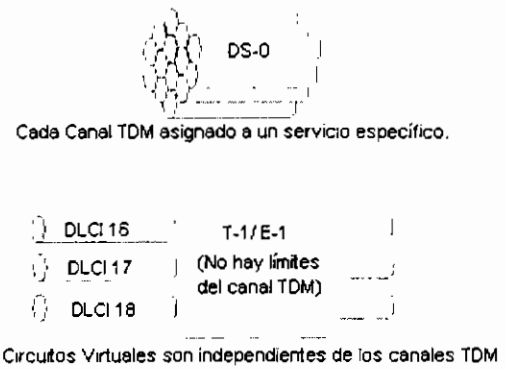


Figura 2.24 Los VC Frame Relay son independientes de los canales TDM.

Frame Relay es una tecnología de red orientada a conexión, basada en conmutación de paquetes y multiplexaje estadístico. Se encuentra estandarizado tanto por la ANSI como por la UIT-T. Los estándares ANSI son T1.606, T1.618, T1.617, mientras que los correspondientes de la UIT-T son I.233, Q.922 y Q.933. FR[21] permite realizar detección de errores, de forma que las tramas con bits errados e información inválida de ruteo pueden ser detectadas y descartadas. Los puntos extremos de una conexión son responsables de detectar tramas perdidas e iniciar retransmisión cuando se requiera.

FR ofrece dos tipos de conexiones:

- Circuitos virtuales Permanentes (PVC).
- Circuitos Virtuales Conmutados (SVC).

Varias conexiones virtuales pueden compartir un mismo medio físico de transmisión. La capacidad de transmisión disponible puede ser utilizada por cada conexión virtual hasta el límite físico (ancho de banda bajo demanda). El ancho de banda que no es utilizado por una conexión virtual puede ser utilizado por otras conexiones virtuales (multiplexaje estadístico).

[21] FR.- Frame Relay.

2.3.3.2 Formato de la Trama Frame Relay.

En este formato no se establece una longitud máxima de trama, pero debe ser un múltiplo entero de octetos. Las tramas llevan tanto información de ruteo y datos de usuario. La trama está formada por los siguientes campos.

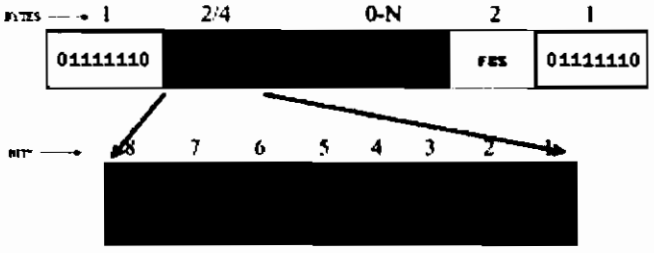


Figura 2.25 Formato de la trama Frame Relay.

- Bandera: Delimita el inicio y fin de trama. La bandera consiste del octeto 01111110.
- Dirección: Puede ser de 2 o más octetos. Esta formado por varios subcampos:
- DLCI (Data Link Connection Identifier): Generalmente formada por 10 bits. El DLCI identifica el canal lógico al que pertenece cada trama y por lo tanto permite su ruteo. Los DLCI cambian a través de la red, de conmutador a conmutador, para un mismo PVC. Un DLCI solo tiene significado local para cada enlace.
- C/R (Command/Response): Bit no utilizado.
- EA (Extension Address): Puesto que se permiten más de dos octetos en el campo de dirección. Si EA = 0, indica que existe un siguiente byte detrás de él. Si EA = 1, indica que es el último byte del campo de dirección.
- FECN (Forward Explicit Congestion Notification): Bit de notificación de congestión en el sentido de la transmisión.
- BECN (Backward Explicit Congestion Notification): Bit de notificación de congestión en el sentido contrario a la transmisión.
- DE (Discard Elegibility): Si DE = 1, indica que la trama es elegible para ser descartada en caso de congestión.

- Datos de Usuario (Payload): Normalmente los operadores de FR la sitúan alrededor de 1600 bytes. Este campo está alineado a octeto, es decir se exige al usuario del servicio que entregue un número entero de octetos. El payload es transportado transparentemente, permitiendo el trasporte de protocolos existentes de capas superiores.
- FCS (Frame Check Sequence): Suma de verificación CRC para detectar errores de transmisión.

2.3.3.3 Parámetros de una Conexión Frame Relay.

Cuatro parámetros están definidos en la recomendación UIT-T I.233 para la administración de recursos de conexiones virtuales individuales, ver figura:

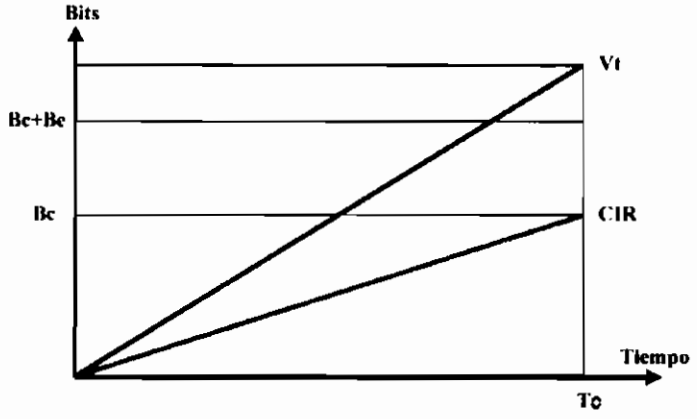


Figura 2.26 Parámetros de un acceso Frame Relay.

- Commited Information Rate (CIR): La velocidad de transmisión de datos promedio a la cual la red está obligada a transmitir en condiciones normales.

- Commited Burst Rate (Bc): La máxima cantidad de datos (bits) que la red se compromete a transmitir durante un intervalo de tiempo definido Tc. Se cumple: $Bc = CIR * Tc$

- Excess Burst Rate (Be): La máxima cantidad permitida de datos que puede exceder Bc durante el intervalo de tiempo Tc. La distribución de estos datos

(Be), no está garantizada. Aquellos datos que superen Bc + Be se descartan incondicionalmente.

- Commited Rate Measurement Interval (Tc): Es el intervalo de tiempo durante el cual el usuario está permitido transmitir Bc + Be.

Estos parámetros son definidos por suscripción o vía señalización y son controlados en la interfaz usuario-red, para cada circuito virtual, a fin de que los usuarios se ajusten a los parámetros Bc y Be que han negociado.

2.3.3.4 Funcionamiento de la Tecnología Frame Relay.

Frame Relay soporta los requisitos variables de ancho de banda para cada VC. Una portadora asigna una velocidad de información suscrita (CIR) a un VC, lo que le garantiza al cliente proporcionar al menos la cantidad condicionada de ancho de banda para el VC. La portadora también permite al cliente enviar tráfico en exceso de la CIR, el cual puede o no puede ser transportado (dependiendo del nivel de congestión en la red portadora). La capacidad de tráfico en ráfagas de los VC permite a los clientes asignar dinámicamente ancho de banda entre sitios sin tener en cuenta una asignación de canal TDM fija. Ya que múltiples circuitos virtuales pueden compartir los mismos canales TDM, y ya que todos los clientes no usan simultáneamente sus circuitos virtuales en su capacidad completa, los vendedores de circuitos pueden suscribir en exceso enlaces troncales de la red principal a alguna extensión sin que afecte negativamente a los clientes.

Un router o un FRAD[22] en la ubicación del cliente se comunica con el switch Frame Relay de la portadora (habitualmente en una oficina central, o CO) para intercambiar datos e información de control. Este tipo de conexión se llama interfaz de red de usuario (UNI). El protocolo Frame Relay entre un cliente y un proveedor a través de la UNI se llama interfaz de administración local (LMI). La LMI proporciona información de estado acerca de la conexión entre el equipo terminal del abonado

[22] FRAD: Dispositivo de Acceso Frame Relay

(CPE) y el switch Frame Relay, e incluye información sobre los VC que son terminados en el router o FRAD.

En ocasiones, un VC debe cruzar las redes de múltiples vendedores de circuitos, quizá una portadora local y una portadora de larga distancia, o quizá entre portadoras de diferentes países. El punto donde estas redes se encuentran e intercambian datos e información de control se llama (NNI). Es posible que un vendedor con una red grande Frame Relay mantenga múltiples conexiones NNI dentro de su propia red. Las interfaces UNI y NNI, así como la relación entre LMI y VC se describen en la siguiente figura:

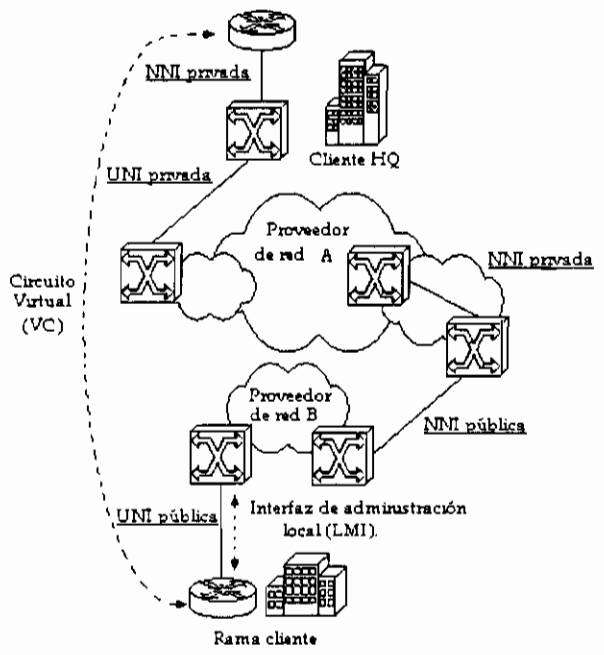


Figura 2.27 Interfaces UNI y NNI, y relación entre LMI y VC.

Un switch FR detecta la congestión contando el número de tramas que esperan en un búfer. Estos switches pueden enviar mensajes de notificación de la congestión al origen o destino del tráfico que experimenta la congestión. Las notificaciones que se envían al origen se conoce como BECN, y los mensajes que se envían al destino se llaman FECN. Las FECN y las BECN se identifican cada uno por un solo bit en la

cabecera Frame Relay del tráfico normal de usuario, de manera que no es necesario tener tramas dedicadas a la notificación de congestión.

Los switches FR envían notificaciones de congestión para que los routers o FRAD puedan regular la velocidad a la que ofrecen el tráfico a la red. Los routers pueden usar mensajes FECN y BECN para incluir en la formación del tráfico y en los procesos de cola para hacer un uso dinámico y óptimo de ancho de banda disponible.

Para asegurar una mínima calidad de servicio, Frame Relay proporciona una garantía de ancho de banda en forma de CIR, pero no proporciona garantías con respecto al retraso o a la variación de retraso. Ya que los fabricantes de circuitos no han distribuido servicios FR con latencia garantizada, puede usar búferes grandes en sus switches de trama para evitar que se caigan tramas durante los periodos de congestión. Esta práctica le ayuda a cumplir su garantía de CIR a la vez que le permite mantener redes altamente suscritas y eficientes en cuanto al coste.

Cuando el tráfico en un PVC excede la CIR, el proveedor debe configurar un bit posible para descarte (DE) en las cabeceras de trama de su tráfico. Los switches Frame Relay en una red de proveedor descartarán estas tramas antes que otras tramas durante los periodos de congestión. Un punto clave es que el bit DE está configurado en la red de proveedor sin tener en consideración cualquier trama que contenga tráfico de voz o datos. El tráfico de voz y datos aparece igual en la portadora porque está dentro de un único PVC. Tan pronto como exceda la CIR en cualquier cantidad, todo su tráfico está igualmente sujeto a alguna cantidad de descarte. En otras palabras, no puede transmitir tráfico de voz dentro de la CIR de un PVC y dividir en ráfagas el tráfico de datos en el mismo PVC.

El Foro Frame Relay (FRF) ha publicado una serie de acuerdos de implementación (IA) que amplían la funcionalidad de las redes Frame Relay y proporcionan una referencia estándar consolidada para la interoperabilidad del fabricante.

Tabla 2.11: Acuerdos de implementación del Foro Frame Relay.

Documento	*Descripción*
FRF.1.2	UNI; referencias ANSI T1.617 e ITU-TQ.933; describe la conexión del cliente a un proveedor mediante una LMI
FRF.2.2	NNI; permite que los VC Frame Relay crucen múltiples redes de proveedor.
FRF.3.2	Multiprotocolo de encapsulación; proporciona un campo de identificación de protocolo de capa de red (NLPID) para identificar la carga útil de la trama.
FRF.4.1	Circuito virtual conmutado (SVC); permite que los VC de corta vida se puedan asociar con diferentes puntos finales.
FRF.5	Frame Relay/ATM PVC internetworkink de red; permite el tránsito de tramas. Frame Relay a través de una red ATM.
FRF.6	Frame Relay Service Customer Network Management.
FRF.7	Servicio de multidifusión PVC Frame Relay y descripción del protocolo.
FRF.8.1	Frame Relay /servicio de internetworking ATM PVC; permite que los puntos finales ATM comuniquen con los puntos finales Frame Relay.
FRF.9	Compresión de datos sobre Frame Relay; permite la compresión de la carga usando un algoritmo negociable; es obligatorio el soporte para compresión de datos ANSI X3.241-1994 (LZS).
FRF.10	Frame Relay NNI interfaz SVC; permite que los VC conmutados crucen los límites de la red del proveedor.
FRF.11	VoFR; proporciona subcanales dentro de un PVC para llamadas de voz separadas, y un método para intercalar tramas VoFR entre fragmentos de trama grandes.
FRF.12	Fragmentación FR; incluye métodos extremo a extremo y UNI para fragmentar tramas grandes e intercalar pequeñas tramas sensibles al tiempo entre los fragmentos.
FRF.13	Definiciones del nivel de servicio; incluye el retraso como un parámetro de nivel de servicio.
FRF.14	Interfaz de la capa física; incluye T-1/E-1, T-3/E-3, HSSI, SONET y otros.
FRF.15	Frame Relay multienlace extremo a extremo; describe múltiples VC que comparten una sola conexión lógica.
FRF.16	UNI/NNI Frame Relay multienlace; proporciona un IMUX o función de multiplexado inversa para múltiples circuitos físicos que comparten una sola conexión LMI Frame Relay.
FRF.17	Frame Relay Privacy; describe métodos de cifrado de la capa de enlace e interacción con servicios de compresión FRF.9, voz FRF.11 y fragmentación/intercalado FRF.12.
FRF.18	FR/ATM SVC Red-a –Red; servicio de internetworking.

2.3.3.5 Frame Relay y el Tráfico de Voz.

La figura 2.28 ilustra la relación entre diferentes protocolos Frame Relay para servicios de voz. Observe que VoFR está asociado a FRF.11, y VoIP sobre Frame Relay está asociado a FRF.12. (Ver tabla 2.11)

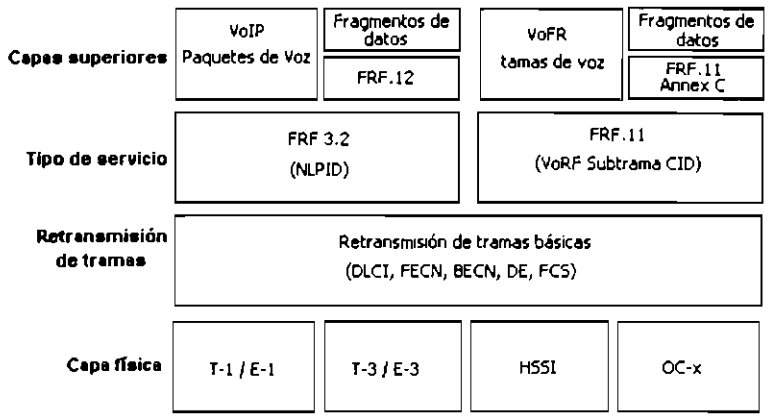


Figura 2.28 Arquitectura de protocolo para servicios Frame Relay que soportan telefonía.

Frame Relay puede usar cualquiera de las capas físicas especificadas en FRF.14. La cabecera básica de Frame Relay contiene el DLCI para el VC, bits de notificación de congestión y un bit de posible descarte, mientras que la información final contiene una secuencia de verificación de tramas.

Si un VC transporta tramas VoFR de voz, todas las tramas se encapsulan dentro de subtramas VoFR FRF.11. Las tramas de voz se encapsulan directamente en una subtrama VoFR, mientras que otros datos en el PVC se fragmentan de acuerdo a FRF.11, anexo C, lo que inserta una cabecera de fragmento FRF.12 dentro de la subtrama VoFR.

Si se utiliza un VC para VoIP sobre Frame Relay, todas las tramas se encapsulan en el multiprotocolo FRF.3.2 sobre cabeceras Frame Relay. Los paquetes de datos se fragmentan y se les añade una cabecera de fragmento FRF.12, mientras que los paquetes VoIP son directamente transportados sin fragmentación en la cabecera FRF.3.1. Debido a que FRF .12 necesita entregas ordenadas de los fragmentos, no sería posible intercalar paquetes VoIP entre los fragmentos de tramas grandes si los paquetes VoIP tuvieran cabeceras FRF.12.

2.3.3.6 VoFR.

Frame Relay es usada comúnmente en redes de datos corporativas debido a su ancho de banda flexible, soporte de una mezcla de tráficos diversos y madurez tecnológica, Frame Relay es adecuado para grupos cerrados de usuarios. Voz sobre Frame Relay es un proceso lógico para corporaciones que ya tienen funcionando datos sobre Frame Relay.

FRF.11 proporciona una forma estándar a los fabricantes de hardware para transmitir tramas VoFR por un VC, y también para transmitir tramas de datos por el mismo VC. Esto se consigue con una cabecera VoFR que incluye un identificador de subcanal (CID) para distinguir las tramas de voz de las tramas de datos.

La figura 2.29 ilustra el formato de una trama VoFR que utiliza encapsulación FRF.11. Todas las tramas Frame Relay comienzan con un modificador de 1 byte con los bits (01111110). La cabecera Frame Relay principal contiene un DLCI de 10 bits, los bits FECN y BECN y un bit DE. En la cabecera de subtrama VoFR, los bits del indicador de extensión (EI) y del indicador de longitud (LI) señalan la presencia de bytes de cabecera adicionales.

El Sub-CID VoFR se usa para distinguir entre subcanales de voz y de datos que comparten el PVC. Si el CID es mayor que 63, el bit EI se debe configurar de manera que haya un byte adicional presente para codificar el resto del valor CID. El bit EI también se debe configurar para identificar un tipo de carga útil no predeterminada. Para tramas VoFR, el tipo de carga útil de la subtrama es (0000) para muestras de voz (el cual es predeterminado), (0001) para dígitos marcados, (0010) para bits de señalización, (0011) para retransmisiones por fax y (0100) para descriptores de información de silencio. El campo de longitud de carga útil sólo está presente si hay dos o más subtramas dentro de una trama. La última subtrama en una trama no tiene un campo longitud de carga útil.

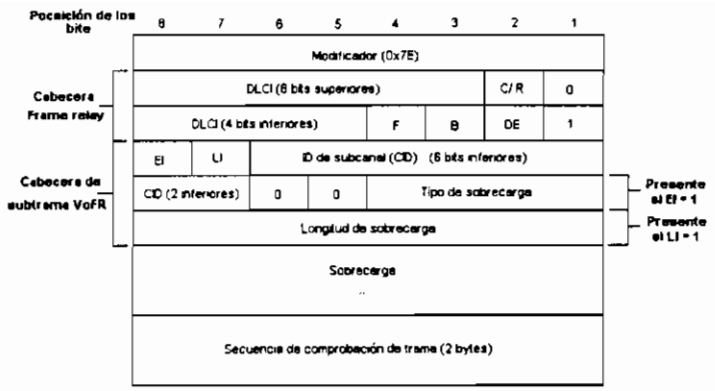


Figura 2.29 Trama VoFR usando encapsulación de subtrama FRF.11

El tráfico de datos que comparten un VC con el tráfico VoFR utiliza la cabecera de subtrama FRF.11, pero también utiliza el formato FRF.11, Anexo C, para los datos, como se ilustra en la figura 2.30. El modificador y la cabecera básica Frame Relay son los mismos que para las tramas de voz, pero se usa la versión más corta de la cabecera de subtrama VoFR (con un CID que identifica el tráfico de datos). Por FRF.11, Anexo C, se incluye una cabecera de fragmento FRF.12 dentro de la subtrama VoFR. La sobrecarga es una trama de datos fragmentada.

Cuando tramas VoFR y de datos comparten el mismo PVC, los routers reconocen las tramas de voz y les dan prioridad de transmisión sobre los fragmentos de datos, lo que reduce el retraso y la fluctuación de fase.

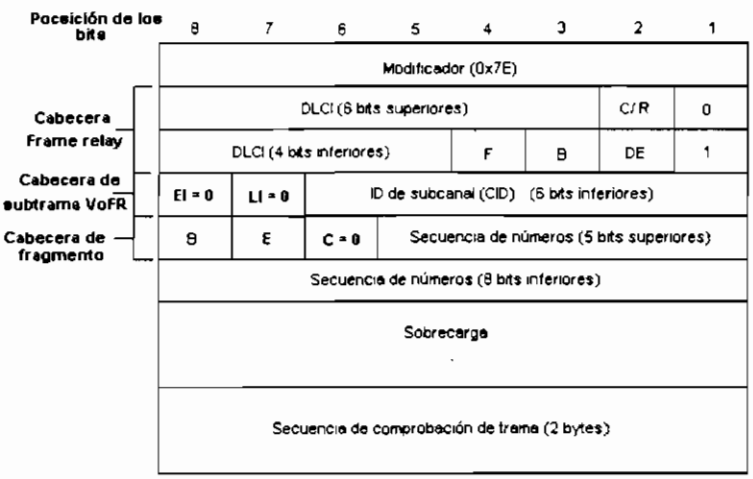


Figura 2.30 Trama de datos utilizando encapsulación FRF.11, Anexo C.

2.3.3.7 VoIP sobre Frame Relay.

FRF.12 proporciona un método de fragmentación/intercalado de capa enlace (LFI) que permite que las redes Frame Relay tengan un comportamiento similar a las redes de retransmisión de celdas. Con FRF.12, cualquier trama pequeña que tenga requisitos de tiempo real, como los paquetes VoIP, se pueden intercalar entre fragmentos de tramas de datos grandes. Cuando las tramas grandes se fragmentan en un tamaño apropiado, se reduce el retraso variable asociado con la serialización de la trama.

La figura 2.31 muestra el formato de trama de una trama de datos que se ha fragmentado y encapsulado de acuerdo a FRF.12 extremo a extremo. Como podemos ver la identificación del protocolo de capa red (NLPDI) para fragmentos FRF.12 es (0xB1). Las asignaciones del protocolo de capa de red (NLPDI) están disponibles en ISO TR 9577. El bit B del formato está configurado en el primer fragmento de datos de una trama grande, de forma similar, el bit E está configurado en el último fragmento de datos de una trama grande. Vemos que si se establecen B y E, se añade la cabecera de fragmentación a una sobrecarga no fragmentada. Los routers pueden aceptar tales tramas, pero nunca las regeneran. El número de secuencia es necesario para asegurar la recepción ordenada de los fragmentos anteriores al nuevo montaje.

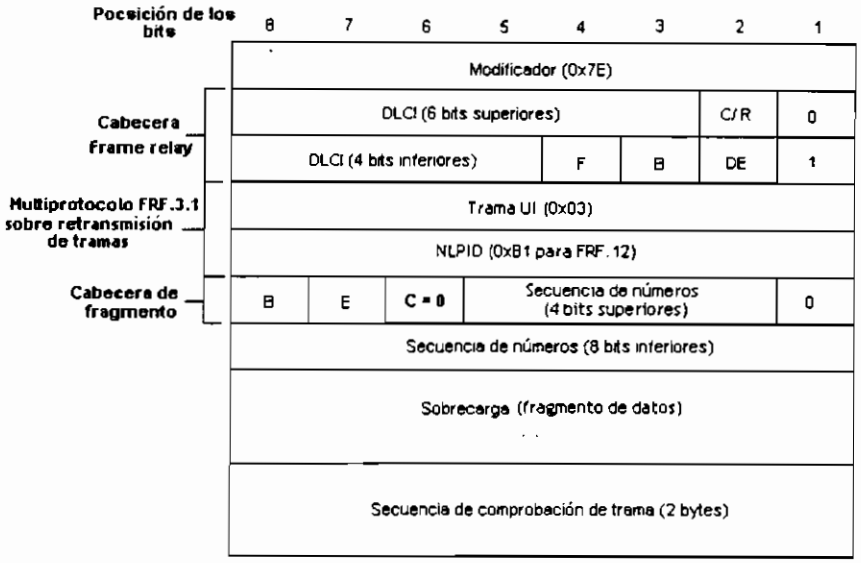


Figura 2.31 Trama de datos utilizando encapsulación de fragmentos FRF.12.

Los paquetes VoIP no utilizan cabeceras FRF.12, la razón de esto es que los fragmentos FRF.12 deben entregarse en el orden apropiado (determinado por la secuencia de números en la cabecera de fragmento FRF.12). Los paquetes VoIP usan una NLPID diferente a la que utilizan los fragmentos FRF.12, de modo que los paquetes VoIP se pueden intercalar entre los fragmentos de tramas grandes sin violar la regla de secuencia de FRF.12. Si VoIP utilizara una cabecera de fragmento FRF.12, los paquetes VoIP intercalados entre fragmentos provocarían que los números de secuencia de los fragmentos no estuvieran ordenados, lo que violaría los requisitos de FRF.12

Los paquetes VoIP se encapsulan como si estuvieran en otro paquete IP utilizando el multiprotocolo FRF.3.2 sobre encapsulación Frame Relay como podemos observar en la figura 2.32. La NLPID para IPv4 es (0xCC), ISO TR 9577 contiene las asignaciones normalizadas para todos los valores NLPID. También podemos ver que el formato de trama de la figura 2.32 se aplica a paquetes VoIP, se utilice o no la compresión de cabecera protocolo de tabla de enrutamiento (RTP).

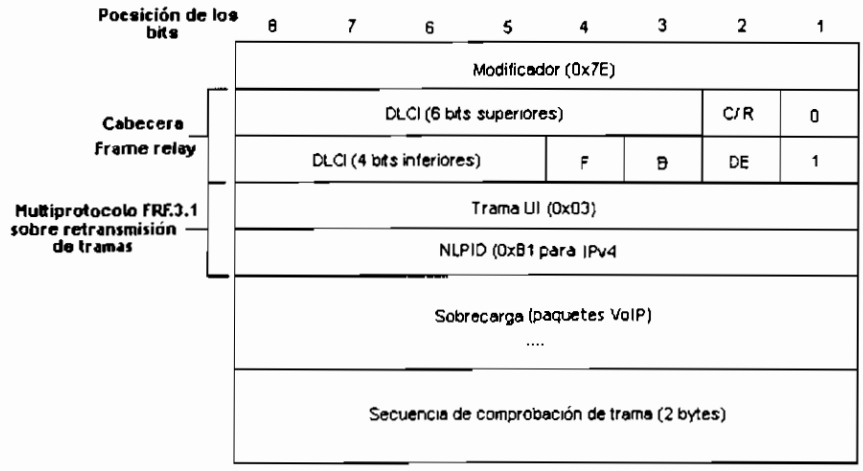


Figura 2.32 Las tramas VoIP no se fragmentan y no utilizan encapsulación FRF.12.

2.3.3.8 QoS en Frame Relay.

Frame Relay proporciona una garantía de ancho de banda en forma de CIR, pero no proporciona garantías con respecto al retraso o a la variación de retraso. Ya que los fabricantes de circuitos no han distribuido servicios FR con latencia garantizada, puede usar búferes grandes en sus switches de trama para evitar que se caigan tramas durante los periodos de congestión. Esta práctica le ayuda a cumplir su garantía de CIR a la vez que le permite mantener redes altamente suscritas y eficientes en cuanto al coste.

2.3.4 MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONA. ATM.

2.3.4.1 Conceptos Básicos.

La tecnología ATM es apropiada para la coexistencia de aplicaciones con una variedad de requisitos de servicio. El pequeño tamaño de celda fijo permite que voz, videos y otras aplicaciones en tiempo real cumplan los objetivos de rendimiento, incluso cuando estén entremezclados con transferencias de archivos en masa y otro tráfico de alta capacidad de procesamiento. Los elementos QoS asociados con las capas de adaptación ATM (AAI) permiten asignar prioridades y políticas de tráfico en la capa enlace. Estas normas QoS se pueden implementar exclusivamente en los protocolos ATM, o pueden soportar políticas de prioridades de protocolos de capa

superior. Estas políticas permiten garantías de rendimiento en términos de pérdida de celda, retraso de celda y variaciones de retraso de celda. Este es precisamente el tipo de control de red que se necesita para las aplicaciones de telefonía.

El modelado de protocolo ATM se divide en planos de control, de administración y de usuario.

- ❖ Plano de Control: es responsable del direccionamiento y del enrutamiento ATM y de todas las cuestiones asociadas con las conexiones virtuales. Este plano permite que ATM soporte SVC.
- ❖ Plano de Administración: controla los planos de usuario y de control, asegura que los flujos de datos cumplen los contratos de rendimiento y realiza una variedad de tareas de administración de red.
- ❖ Plano de Usuario: se encarga del transporte de datos, control de flujo, corrección de errores entre otras funciones.

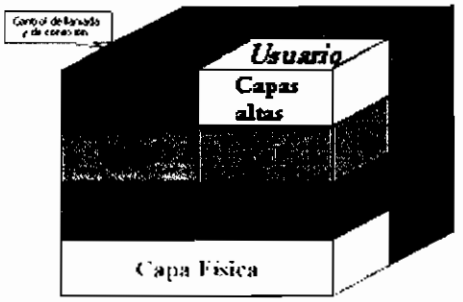


Figura 2.33 Modelo de Referencia ATM.

Las celdas ATM pueden viajar por muchas tecnologías de capa física, incluyendo cobre, fibra y radio. Cada enlace entre switches ATM puede utilizar diferentes capas físicas sin afectar a las capas superiores.

Las capas ATM usan una celda de tamaño fijo de 53 bytes. El tamaño fijo elimina virtualmente la variación de retraso de celda introducida por el retraso de serialización, pero la fluctuación de fase puede entrar en el sistema procedente de otras fuentes. El tamaño fijo de celda también permite a los proveedores de equipos

de red crear hardware conmutado ATM que opere eficientemente a velocidades altas de conmutación de celdas.

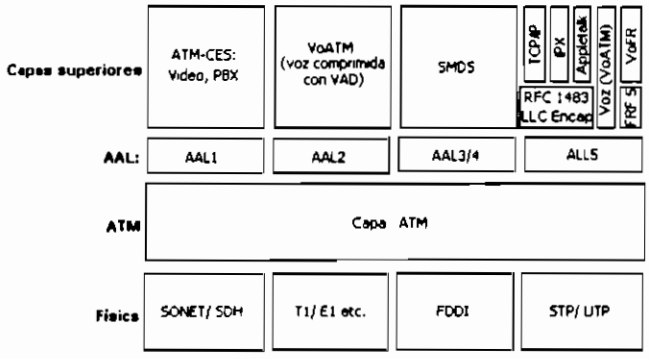


Figura 2.34 Pila de protocolo del plano de usuario.

Conexiones Lógicas ATM:

- Virtual Channel (VC): Un canal virtual es un concepto utilizado para describir el transporte unidireccional de celdas. Todas las celdas asociadas a un canal virtual tienen asignado un valor de identificación común y único. Este identificador se denomina Virtual Channel Identifier (VCI) y es parte de la cabecera.
- Virtual Path (VP): Una ruta virtual se utiliza para describir el transporte unidireccional de celdas pertenecientes a distintos canales virtuales que están agrupados mediante un valor de identificador común y único. Este identificador se denomina Virtual Path Identifier (VPI) y también es parte de la cabecera.
- Virtual Channel Link: Un enlace de canal virtual es un medio unidireccional de transporte de celdas ATM entre un punto donde un valor VCI es asignado y el punto donde es traducido o removido.
- Virtual Path Link: Un enlace de ruta virtual es un medio unidireccional de transporte de celdas ATM entre un punto donde un valor VPI es asignado y el punto donde es traducido o removido.
- Virtual Channel Connection (VCC): se denomina una conexión de canal virtual a la concatenación de enlaces de canales virtuales.

- Virtual Path Connection (VPC): se denomina una conexión de ruta virtual a la concatenación de enlaces de rutas virtuales.

2.3.4.2 Formato de una Celda ATM.

La figura 2.35 ilustra el formato sencillo de una celda UNI de ATM. Una celda NNI de ATM es muy similar a una celda UNI, excepto que el campo Control de flujo genérico (GFC) de una celda UNI se elimina, y el campo identificador de ruta virtual/identificador de canal virtual (VPI/VCI) está ampliado para alojar un gran número de VC.

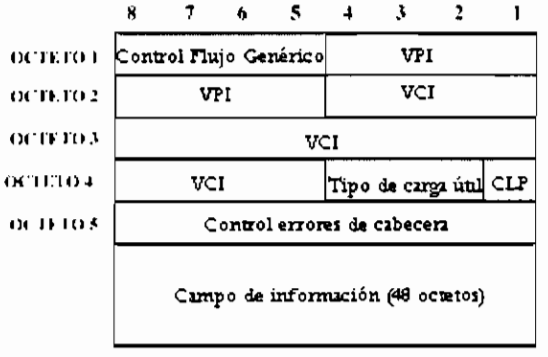


Figura 2.35. Formato de una celda UNI de ATM.

- GFC: El campo GFC en la celda UNI de ATM está habitualmente configurado todo a cero, lo que indica un flujo descontrolado. Este campo se puede usar para dar prioridad a múltiples flujos de tráfico ATM entrando en una interfaz congestionada. Esta función es similar a la función de los bits de preferencia IP. Ya que el campo GFC no se presenta en la celda NNI, este campo no pasa a través de una red ATM. El campo GFC se puede usar sin un switch que ayude a asignar prioridades a las conexiones entrantes que compiten por un enlace troncal saliente congestionado.
- Los campos VPI/VCI identifican la ruta virtual y el canal virtual del circuito virtual.

- El campo tipo de sobrecarga (PT) de la celda ATM codifica múltiples piezas de información, contiene 3 bits. El primer bit indica si es una celda de datos de usuario o una celda de administración. Para celdas de usuarios, el siguiente bit indica si existe congestión en la red. Es análogo al bit FECN de Frame Relay. No hay funcionalidad BECN análoga en ATM. El último bit para celdas de usuario es un bit de indicación AAL que pueden utilizar de forma diferente las distintas AAL. AAL5 utiliza este bit para marcar celdas que codifican el final de un datagrama. Para las celdas de administración, los dos últimos bits PT codifican el tipo de celdas de administración incluyendo: Operación, administración y mantenimiento (OAM) extremo a extremo, segmento OAM, y administración de recursos.
- El bit de prioridad de pérdida de celda (CLP) tiene una función similar al bit DE en una cabecera Frame Relay. Es decir, una celda con CLP = 1 se puede descartar para mantener la calidad de servicio para las celdas CLP = 0. Cuando un proveedor de red informe de ratios de pérdida de celda, retraso medio o variación del retraso de celda para una clase de servicio dada, el tipo de servicio se identificaría como los flujos CLP=0, CLP=1 o CLP= (0ó1).
- El campo de 1 Byte Corrección de error de cabecera (HEC) detecta cualquier error de un solo bit o de varios en la cabecera de la celda ATM. Si se detecta algún error con este proceso, la celda se descarta.

2.3.4.3 Capas de Adaptación ATM.

La capa de adaptación ATM (AAL) permite que la red tenga diferentes características para distintos tipos de aplicaciones. Un elemento muy atractivo de ATM es que estas características de red diferentes se proporcionan dentro de un solo marco. La función de conmutación de hardware de ATM está racionalizada en la cabecera ATM de 5 bytes, y los diferentes servicios AAL se identifican añadiendo sus propias cabeceras a la información dentro de la porción de sobrecarga de cada celda.

Los tipos AAL iniciales se corresponden con las cuatro clases de servicio identificadas por la ITU-T en la recomendación I.362. Estas clases se resumen en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12: Clase de servicios definidas por la ITU-T en la recomendación I.362

Clase de servicio	*¿Se requiere una ratio de bits constante?*	*¿Se requiere temporización extremo a extremo?*	*¿Orientada a conexión?*
Clase A	Sí	Sí	Sí
Clase B	No	Sí	Sí
Clase C	No	No	Sí
Clase D	No	No	No

- Servicio Clase A, es para aplicaciones con los requisitos de rendimiento más estrictos. Este servicio es similar al que proporcionan los circuitos de canal preparado TDM, de manera que a veces se llama Servicio de emulación ATM (ATM-CES). Esta clase de servicio proporciona un ancho de banda constante, con una alta calidad de servicio, manteniendo la integridad de la temporalización extremo a extremo. La temporalización es importante para algunas aplicaciones, como los flujos audio-video descomprimidos o la señalización de canal común PBX. Cualquier aplicación con un consumo que se puede predeterminar de ancho de banda constante que necesite buena QoS es una candidata para el servicio de clase A. Los proveedores de redes pueden referirse a este servicio como Velocidad de transmisión constante (CBR).
- Servicio Clase B, es similar al de clase A, excepto que no puede haber un flujo de tráfico continuo. Por ejemplo, las conexiones de vídeo o audio en tiempo real comprimidas pueden necesitar una sincronización de reloj extremo a extremo (lo que implica pequeños retrasos y variaciones de retrasos), pero estas conexiones pueden ir y venir. No hay necesidad de reservar ancho de banda para una videoconferencia que no esté en marcha. Los requisitos de ancho de banda pueden variar incluso dentro de una sesión de audio o vídeo, por la detección de actividad de voz, o una imagen de vídeo comprimida con segmentos de movimientos altos y bajos, Éstos son ejemplos de aplicaciones

que generan una velocidad binaria pero necesitan una QoS alta. Distinguir el servicio de clase B de la clase A permite que una red utilice el ancho de banda de forma más eficaz. Una aplicación de clase B puede tener pausas y silencios, durante los que otras aplicaciones pueden utilizar el ancho de banda. Si esta clase no existiera, el servicio de clase A se usaría con un ancho de banda constante reservado igual a la velocidad punta de la aplicación. Algo del ancho de banda reservado permanecería libre durante períodos de utilización no punta. Los proveedores de redes pueden referirse al servicio de clase B como servicio de tiempo real de velocidad binaria variable (VBR-rt).

- Servicio Clase C, no proporciona la temporalización extremo a extremo que proporcionan los servicios de clase A y clase B, pero es apropiado para aplicaciones de conexión orientadas. Este servicio se puede usar en un backbone ATM que transporta X.25 o Frame Relay.
- Servicio Clase D, este servicio ofrece las mínimas garantías de rendimiento entre servicios con una QoS específica. Las aplicaciones sin conexión sin requisitos de tiempo real o requisitos de temporalización extremo a extremo pueden necesitar una cantidad garantizada de capacidad de procesamiento o límites para el retraso. El tráfico IP, o los servicios SMDS transportados a través de un backbone ATM, son ejemplos de esta clase de servicio. Los proveedores de redes también llaman a los servicios de clase C y clase D servicios de tiempo no real de velocidad binaria variable (VBR-nrt).
- Las definiciones originales AAL1 hasta AAL4 se corresponden con los servicios de Clase A hasta clase D. AAL3 y AAL4 se han combinado posteriormente para formar AAL3/4. Esta AAL se usa principalmente para transportar tráfico SMDS a través de un backbone ATM.
- AAL5 se añadió posteriormente para proporcionar una AAL racionalizada y fácil de usar, Esta se ha convertido en la AAL predeterminada para las aplicaciones que no necesitan servicio CBR.

2.3.4.4 Voz Sobre ATM.

La tecnología de voz sobre ATM en términos generales habilita un ruteador para que éste lleve tráfico de voz, (por ejemplo, llamadas telefónicas y de faxes) sobre la red ATM, aprovechando que esta red está diseñada para combinar los beneficios de la conmutación de circuitos y de conmutación de paquetes, mediante un retardo de transmisión constante, capacidad garantizada, flexibilidad y eficiencia para el tráfico a ráfagas.

2.3.4.5 Capas AAL Utilizadas para la Transmisión de Voz sobre ATM.

- AAL1, La capa de adaptación AAL1 fue diseñada desde el inicio de ATM para transportar voz así como todo tipo de datos, considerándose el servicio CBR como el estándar de facto para transmitir voz sobre ATM. Sin embargo el protocolo AAL1 se convirtió en ineficiente para aplicaciones de voz. El servicio ATM de alta calidad CBR en AAL1, provee conmutación de emulación de circuitos (CES), que transmite un flujo de bits continuos de información. Aunque está garantizada una alta calidad de voz, el CES monopoliza ancho de banda que podría ser utilizado para otras aplicaciones. La aplicación más común de AAL1 es para conectar PBX o equipos de videoconferencia mediante circuitos emulados (ATM-CES). El equipo final ve esta conexión como un circuito de canal preparado TDM. El servicio CBR es necesario cuando los PBX utilizan señalización de canal común (CCS). Las señales de datos en el canal de control pueden necesitar la consistencia de una temporalización extremo a extremo de una conexión en serie síncrona, de modo que el servicio CBR asegure que las señales reciben la QoS más alta. Observe que el servicio CBR AAL1 es el servicio de ATM de menos eficiencia en cuanto al ancho de banda, ya que éste se reserva incluso si no se utiliza para tráfico de usuario.
- AAL2, provee el transporte de tráfico de voz de banda estrecha en una red de banda ancha a través de la eficiente multiplexación de canales de voz en una simple unidad de datos de paquete AAL2, el tamaño de este paquete es

variable y depende de: el tiempo de llenado del paquete; la actividad de voz durante el período de muestreo; y la tasa de compresión que puede ser aplicada al tráfico de voz. Por ejemplo si el tráfico de voz no está activo, entonces el tamaño PDU puede ser cero, y el ancho de banda no es usado. El tamaño del PDU tiene su máximo valor cuando todos los canales de voz están activos y llevan tráfico. El Foro ATM recomienda AAL2 para las aplicaciones de enlace troncal de banda estrecha (T-1/E-1 o menor ancho de banda), es decir AAL2 se recomienda generalmente para VoATM en la WAN, donde deben estar soportados múltiples canales de voz entre las localizaciones de los usuarios. Si tiene una WAN ATM y quiere usar Voz sobre ATM (VoATM) en oposición a VoIP sobre ATM, entonces AAL2 es técnicamente su mejor opción.

- AAL5, Pueda que algunas capacidades de la capa de AAL2 no sean soportadas en el concentrador multiservicio, o incluso que la capa AAL2 no sea soportada, en cuyo caso se utilizará la capa AAL5, también cuando circuitos SVCs no sean soportados. El Foro ATM también recomienda AAL5 para VoATM en puntos extremos ATM nativos. Esta VoATM en las especificaciones de puesto de escritorio demanda el codec G.711, de manera que la especificación es principalmente aplicable a entornos LAN. AAL5 también es apropiado para VoIP ATM, con garantías QoS disponibles.

2.3.4.6 QoS en ATM.

ATM ofrece definiciones formales QoS, utiliza el ancho de banda mejor que los circuitos TDM, pero tiene más coste de ancho de banda que Frame Relay.

La QoS se define en términos de los siguientes parámetros:

- CLR = Velocidad de pérdida de celda.
- PIR = Tasa de información máxima (celdas / segundo).
- SIR = Tasa de información sostenida (celdas / segundo).
- MIR = Tasa de información mínima (celdas / segundo).

- MBS = Tamaño de ráfaga máximo (celdas).
- CDVT = Tolerancia de variación del retraso de celdas (microsegundos).

La tabla 2.13 muestra la relación entre el tipo de servicio que un proveedor de redes puede especificar, el tipo AAL asociado con este servicio y los parámetros QoS asociados con este servicio.

Tabla 2.13: Relación entre los nombres de servicio ATM, tipo AAL y parámetros QoS.

Nombre del Servicio	*AAL*	*Parámetros QoS definidos*
CBR	AAL1	CLR,PIR,CDVT
VBR-rt	AAL5	CLR,PIR,CDVT,SIR,MBS
VBR-nrt	AAL5	CLR,PIR,CDVT, SIR,MBS
ABR	AAL5	MIR,PIR
UBR	AAL5	Ninguno

Como podemos observar muchos proveedores de redes no soportan todos los tipos de servicios. De particular importancia para VoATM es que muchos proveedores no ofrecen un servicio VBR-rt (basado en AAL2). El servicio CBR es la única solución VoATM fiable si el servicio VBR-rt no está disponible. Un servicio VBR-nrt puede ser aceptado si CDVT y MBS son suficientemente pequeños.

3 CAPITULO III: GENERALIDADES PARA EL DISEÑO DE UNA RED INTEGRADA DE VOZ Y DATOS (VOX).

3.1 INTRODUCCIÓN.

Con este capítulo se da inicio a la parte de diseño de una red VoX genérica. Como primera sección incluye aspectos que ayudan a seleccionar una tecnología VoX específica que se desenvuelva y adapte satisfactoriamente a las condiciones de un ambiente particular, basándose en aspectos comparativos de aplicabilidad e implementación. Finalizamos, en la segunda sección, analizando algunas pautas generales de planificación (ancho de banda, enlaces) para estructurar el diseño de la red VoX.

3.2 SELECCIÓN DE UNA TECNOLOGÍA VOX.

El decidir entre una y otra tecnología VoX apropiada para las condiciones dadas de un ambiente específico, requiere comparar las cualidades y defectos de cada tecnología y apreciar estos factores en función de la importancia que tienen dentro de la red. Para ello compararemos VoFR, VoATM y VoIP en función de seis criterios o aspectos generales de una red.

3.2.1 FIABILIDAD.

VoFR y VoATM son sensibles a fallos de circuito, pues son tecnologías de capa enlace. Aún cuando la redundancia de circuitos incrementa la posibilidad de llamadas con éxito, ni las llamadas VoFR ni las llamadas VoATM se completan si el circuito falla. En este aspecto *VoIP*, que opera en capa red, supera este inconveniente debido a que un paquete IP se puede volver a enrutar rápidamente en un circuito fallido sin que las llamadas VoIP activas se pierdan.

VoIP es sensible a fallos de enrutamiento y errores de configuración. Las porciones de señalización y de audio de VoIP dependen de protocolos de enrutamiento existentes en la red IP; al añadir a la red un nuevo dispositivo que contenga tablas de

enrutamiento falsas, los destinos válidos pueden ser inalcanzables. Las conexiones VoIP no son afectadas por problemas de enrutamiento aún cuando sean causados por routers VoIP. *Por tanto, sí la red es estable VoIP ofrece la mejor fiabilidad.*

3.2.2 ESCALABILIDAD.

El aspecto primordial de empresas con tecnología VoX es la administración de peers de conexión telefónica y enrutamiento de llamadas. Para ello dos aspectos deben ser analizados mientras crecen las redes.

3.2.2.1 Configuración de *PEERS* de conexión telefónica.

VoFR y VoATM requieren más configuración y mantenimiento que VoIP. Los peers de conexión telefónica de VoFR y VoATM se deben configurar para cada router a lo largo de la ruta de llamada, mientras VoIP únicamente requiere los routers finales asociados con la llamada para tener peers de conexión telefónica. VoIP es más sencillo porque se construye sobre los servicios ofrecidos por los protocolos de enrutamiento IP que ya son parte de la red.

3.2.2.2 Número de *peers* de conexión telefónica por router.

En redes grandes, es imposible configurar estáticamente los peers de conexión telefónica en cada router. La administración de la consistencia de las configuraciones a través de múltiples cajas es muy difícil, la memoria de configuración del router es limitada y la búsqueda de patrones es ineficaz a medida que aumenta el número de peers. Las redes hub y portavoz[23] pueden usar extensivamente el enrutamiento de llamadas predeterminado, pero los routers del sitio central pueden estar cargados. Las redes jerárquicas pueden distribuir los peers, pero se requiere su mantenimiento en muchos routers diferentes.

[23] En una red hub y portavoz, el sitio central (hub) tiene rutas hacia toda la red, pero los sitios remotos (portavoz) sólo tienen una ruta por defecto con el sitio central.

El método jerárquico (del cual las redes hub y portavoz pueden considerarse un subgrupo) permite VoFR y VoIP resumir el enrutamiento de llamada, siendo la mejor opción de escalabilidad. VoIP aprovecha los porteros H.323 o los servidores proxy SIP, permitiendo que los peers sean jerárquicos sin forzar las rutas de señalización VoIP y audio a través de la misma jerarquía. Las rutas de señalización y las de audio de las llamadas se optimizan de acuerdo al enrutamiento IP, de modo que no hay degradación de rendimiento para la centralización de las bases de datos de los peers de conexión telefónica.

3.2.3 CALIDAD DE SERVICIO.

Frame Relay ofrece mecanismos elementales para proporcionar garantías de calidad de servicio. La velocidad de datos promedio suscrita *(CIR)* proporciona una garantía de ancho de banda de trabajo, pero no hay garantía de retraso o variación de retraso. Puede configurarse el equipo para obtener el mejor rendimiento VoFR, pero con una portadora inestable la calidad de voz va ha disminuir; además se debe tener especial cuidado en situaciones en las que el tráfico VoFR debe atravesar múltiples redes Frame Relay de portadoras, pues hay menos responsabilidad por un rendimiento bajo.

ATM ofrece garantías para ancho de banda, retardo y variación de retardo. Es una excelente tecnología en lo referente a calidad de servicio en tiempo real junto con los requisitos de tráfico estándar. Tanto VoATM como VoIP tienen las características de QoS de ATM.

La QoS de extremo a extremo de una red *IP depende forzosamente de la QoS de la capa enlace*; razón por la cual se debe ser cuidadoso al seleccionar una capa enlace para la red WAN, siendo ATM y líneas dedicadas las mejores opciones. En redes LAN, el exceso de ancho de banda ha sido generalmente la mejor forma de calidad de servicio, pero en la actualidad los estándares IEEE 802.1p y el administrador de ancho de banda de la subred (SMB) RSVP proporcionan otras opciones.

En una estructura IP las areas de QoS, se relacionan con la optimización del ancho de banda y la prioridad del tráfico en tiempo real. Para satisfacer los requerimientos de VoIP en cuanto al ancho de banda, retraso y fluctuación de fase se utilizan herramientas como:

- Protocolo para la Reserva de Recursos (RSVP).
- Normas de Cola (ver anexo B).
- Compresión de cabecera (ver anexo C).
- Fragmentación e intercalado (anexo C).

3.2.4 COSTE Y COMPLEJIDAD.

Los requisitos de VoFR, VoATM y VoIP para interactuar con la telefonía tradicional son similares, las diferencias de coste y complejidad radican en como garantizan QoS.

De acuerdo a los requisitos de QoS, Frame Relay es una tecnología WAN económica para voz. Sus conceptos de QoS son cambiantes, pero las configuraciones de routers actuales son más simples.

Las garantías de QoS integrada a través de la WAN ATM disminuyen la posibilidad de obstáculos durante la fase de implementación. ATM es más cara para aplicaciones de voz, pero configurando adecuadamente los routers y diseñando la red de modo que los codecs sucesivos sean mínimos, la calidad de VoATM debe ser buena.

VoIP requiere más comandos de configuración de routers que VoFR y VoATM. VoIP requiere configurar las características de QoS de capa enlace, opciones QoS de red y capa transporte, técnicas especiales de cola, preferencias IP, etc. Estas características requieren mayor experiencia de diseño e implementación, pero son mucho más flexibles que las proporcionadas por VoFR o VoATM. Una red VoIP unificada puede abarcar tecnologías heterogéneas de capa enlace.

3.2.4.1 Soporte de características.

3.2.4.1.1 Telefonía tradicional.

Las redes integradas de voz y datos soportan menos características de telefonía que los entornos de telecomunicaciones propietarios de un único fabricante; con frecuencia sacrifican algunas de ellas a través de la WAN con la finalidad de disminuir su costo. VoFR, VoATM y VoIP tienen muy pocas diferencias respecto a las características de soporte de telefonía.

3.2.4.1.2 Aplicaciones de multiservicio emergentes.

VoFR y VoATM son tecnologías para la integración de voz heredadas, mientras VoIP se desarrolla como una solución de extremo a extremo nativa. VoIP puede utilizarse para integrar redes de voz heredadas y las redes de datos utilizando además, las ventajas de nuevas aplicaciones multimedia y herramientas de comunicaciones. Las características de telefonía tradicional y aplicaciones multiservicio están soportadas en versiones de hardware y software de teléfonos IP.

3.2.4.2 ENTORNO WAN EXISTENTE EN LA RED.

ATM, RDSI y Clear Channel TDM proporcionan un buen rendimiento de las tecnologías VoX, pues sus características de conmutación de circuitos aseguran retrasos consistentes, muy importantes en aplicaciones en tiempo real. Frame Relay puede funcionar bien para tráfico en tiempo real, pero no hay seguridad de que su rendimiento se mantenga para VoFR o VoIP. El entorno WAN influye fuertemente en la selección de la tecnología VoX, y es recomendable analizarlo.

3.2.4.2.1 Frame Relay

VoFR, en sus inicios, era la única solución en una WAN Frame Relay. Con la incorporación de FRF.12 en plataformas VoIP, se puede proporcionar la misma QoS que VoFR a través de redes de retransmisión de tramas.

3.2.4.2.2 ATM.

En una WAN ATM están disponibles VoATM y VoIP, ambas con la misma QoS, pero debe considerarse el ancho de banda y la eficacia. Cuando no esta disponible la compresión de cabecera RTP de IP en interfaces ATM, VoATM es más eficiente en cuanto al ancho de banda que VoIP.

Las celdas ATM transportan una sobrecarga fija de 48 bytes, VoATM encapsula la salida del codificador de voz directamente en una celda ATM. Un paquete VoIP tiene una longitud típica de 60 bytes, sin compresión de cabecera, requiriendo dos celdas ATM, la segunda con 12 a 14 bytes de datos y cerca de 40 bytes de relleno.

La eficiencia de sobrecarga de ATM tanto para VoIP y VoATM, debe ser regulada a fin de aprovechar al máximo el ancho de banda de la red WAN; caso contrario, se soportarán menos llamadas simultáneas y el nivel de servicio para los usuarios de telefonía será reducido.

3.2.4.2.3 Clear Channel TDM.

Los circuitos TDM (T1/E1) permiten usar cualquier opción VoX. VoATM en líneas dedicadas es una buena opción si se tiene aplicaciones como video utilizando ATM-CES, caso contrario las cabeceras de la celda ATM consumen mucho ancho de banda. VoFR era una opción cuando las facilidades de hardware VoIP eran limitadas. VoIP es de bajo coste (utilizando compresión de cabecera), requiere menos peers de conexión telefónica y es flexible para la integración con otras tecnologías WAN.

3.2.4.2.4 RDSI.

VoIP es la única tecnología VoX razonable para el entorno RDSI. VoFR y VoATM no son compatibles con RDSI.

3.3 PLANIFICACIÓN INICIAL PARA EL DISEÑO DE REDES.

3.3.1 REQUISITOS Y EXPECTATIVAS DE LOS SERVICIOS DE VOZ.

La determinación de los requisitos y un adecuado desempeño de una red necesitan involucrar todas las partes que de una u otra forma se interesan por el proyecto. Deben direccionarse los envíos de patrones de llamada, servicios de buzón de voz, aplicaciones de voz y adecuada calidad de servicio de voz de todos los interesados.

Un ambiente empresarial conformado por varios departamentos deberá estar en capacidad de transferir las llamadas recibidas hacia y entre sus departamentos, existiendo la posibilidad de enviar la llamada automáticamente a un buzón de voz cuando nadie contesta. Una red integrada de voz y datos probablemente no actúa bien en este ambiente si su diseño es inadecuado.

El inconveniente de tener departamentos en distintos sitios se da durante la transferencia de llamadas entre departamentos. La llamada cruza una interfaz PBX/router e incurre en otra codificación en sucesión; la calidad de la voz se degrada rápidamente en la medida que la señal sufre ciclos de codificación/decodificación.

El diseño jerárquico de datos (sede central, sedes regionales y oficinas remotas) puede presentar problemas para aplicaciones en tiempo real. Durante una llamada de una oficina remota a otra distante, la ruta de audio atraviesa cuatro circuitos WAN:

- Oficina remota origen – sede regional origen,
- Sede regional origen – sede central,
- Sede central – sede regional destino,
- Sede regional destino – oficina remota destino.

El efecto combinado de retrasos de retransmisión, retrasos variables de datos de cola y serialización afectan seriamente la calidad de la voz.

El diseño de la red gira en torno a los usuarios finales y como la utilizarán. Algunos problemas son de difícil solución, pero pueden administrarse adecuadamente si se

identifican al inicio de proyecto. Especial cuidado debe darse a los procesos que requieren codificaciones sucesivas como contabilidad centralizada de llamadas, sistemas de buzones de voz centralizados y características PBX propietarias.

3.3.2 INTERFAZ DE TELEFONÍA E INFORMACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN[24].

La planificación de un proyecto requiere de información relativa a dos aspectos:

- Tipo de equipamiento e interfaz física conectados al router.
- Opciones de configuración del software para la interfaz conectada al router.

Habitualmente, en un estado inicial resulta fácil identificar si el router conectará a teléfonos POTS, a un sistema clave, a una PBX o a un enlace troncal de voz proporcionado por un proveedor. Puede ser más complicado determinar las interfaces disponibles en los switches de teléfono en cada sitio (como tarjetas de estación analógicas o tarjetas de enlace troncal), pero es útil conocer si se utilizarán interfaces analógicas o digitales para los routers que conectan con los switches de teléfono o circuitos de voz proporcionados por los proveedores.

3.3.2.I Tipos de interfaces.

FXS, FXO y E&M son los tipos de interfaces disponibles, cuyas características son:

- **FXS (Foreign Exchange Station).-** se comporta como una línea telefónica, generando corriente para aquellos terminales que estén conectados a sus salidas, ya sean teléfonos o la misma central telefónica en su toma a la calle. Reconoce los tonos DTMF (Dual Tone Multi Frequency). Se sitúa delante la central telefónica y la red telefónica conmutada; si se instala independientemente de la central, los teléfonos se conectan directamente a sus salidas.
- **FXO (Foreign Exchange Office).-** Se comporta como un teléfono, cerrando el lazo de corriente emitido, bien por la central telefónica o por la línea de red

[24] Referencia. "Cisco AVVID and IP telephony. Desing & implementation" PADJEN, Robert; KEEFER, Larry.

telefónica conmutada. Incorpora el reconocimiento y emisión de tonos DTMF. Se sitúa en la misma posición de un teléfono convencional; detrás de la PBX como una extensión, o directamente conectado a la toma de línea de la red telefónica conmutada.

- **E&M (Eard and Mouth).-** También se le conoce como "recEive and transMit", pero su origen viene de los términos Earth and Magnet, Earth representa tierra eléctrica y Magnet representa electromagnetismo usado para generar tono. Las interfaces de enlaces troncal E&M conectan la red con la PBX o con la OC (Oficina Central). Estas interfaces aíslan en pares de cables distintos la ruta de audio como la función de señalización, dependiendo de la configuración del circuito E&M, las señales de enlace troncal y la ruta de audio pueden necesitar uno o dos pares de cables.

En la tabla 3.1 se muestran como ejemplos los tipos de interfaces que se conectan a los routers multiservicios de la marca Cisco.

Tabla 3.1.- interfaces de telefonía tradicional e interfaces de voz correspondientes a los routers Cisco.

Tipo de PBX u otra interfaz.	***Interfaz de voz para la conexión.***
Teléfono POST (teléfono doméstico)	FXS
Fax	FXS
Portadora suministrada: inicio de bucle analógico/inicio de enlace (1 MB, etc)	FXO
Portadora suministrada: T1 digital / E1-CAS	T1 digital / E1
Portadora suministrada: T1 digital / E1-PRI	T1 digital / E1-PRI
PBX / Key: tarjeta de estación analógica (normalmente para fax o teléfono POTS)	FXO
PBX / Key: tarjeta troncal analógica (normalmente para inicio de bucle/inicio de enlace a CO)	FXS
PBX / Key: línea tie analógica E&M (normalmente para PBX remoto a través de CO)	E&M
PBX / Key: T1 digital / E1-CAS o CCS	T1 digital / E1
PBX / Key: T1 digital / E1-PRI Digital T1 digital / E1-PRI Conjunto de negocio específico del fabricante (teléfono digital propietario)	Ninguna
Teléfono digital propietario a través del banco de canal del operador.	No-voz T1 / E1 (utilice CES o PBX)

3.3.3 PLANIFICACIÓN DE ENLACE TRONCAL DE VOZ Y ANCHO DE BANDA.

La planificación del tráfico de telecomunicaciones se emplea para determinar el número óptimo de enlaces troncales a un destino, de modo que se consiga un rango

aceptable de llamadas completadas durante intervalos de intenso tráfico. Los modelos estadísticos empleados son:

- Erlang B.
- Extended Erlang B.
- Erlang C.

Cada uno de los modelos supone un tiempo aleatorio entre intentos de llamada recibidas con una distribución de Poisson. Cada modelo se diferencia en la forma como se manipulan las llamadas cuando los enlaces troncales en cuestión están ocupados.

Los modelos de Erlang necesitan de algunas variables para resolver una variable desconocida. La tabla 3.2 proporciona las definiciones para las variables y las unidades de medida asociados a estos modelos, la tabla 3.3 muestra la forma de aplicación para cada modelo.

Tabla 3.2.- Definición de términos comunes para los modelos Erlang.

Término	*Definición*
Erlang A	Mide el volumen de llamadas equivalente a 1 hora de tráfico agregado. Tres llamadas de 20 minutos dan un erlang de tráfico de llamadas.
Centi-Call Seconds (CCS)*	100 segundos de tráfico de llamadas. 36 CCS = 1 Erlang
Líneas	Número de enlaces troncales de voz proporcionados que transportan tráfico.
Tráfico en hora pico (BHT)	Cantidad de tráfico de llamadas en Erlangs que se debe soportar durante una hora de referencia de tráfico punta.
Bloqueo	Porcentaje de bloqueo de llamadas que no se pueden alojar a causa de enlaces troncales ocupados. (Porcentaje de bloqueo típico de diseño 1 a 3%)
Factor de rellamada	Cuando no hay ruta de desbordamiento para las llamadas bloqueadas, es el porcentaje de llamadas que se vuelven a intentar inmediatamente.

*** no debe confundirse con la señalización de canal común CCS.**

Tabla 3.3.- Aplicabilidad y parámetros requeridos por los modelos de Erlang

Modelo	*Información requerida*	*Respuesta cuando los enlaces VoX están ocupados*
Erlang B	Líneas = f (BHT, bloqueo)	Desbordamiento de los enlaces troncales estándar o PSTN
Erlang B	Líneas extendidas = f (BHT, bloqueo, rellamada)	Finalizan la llamada (el usuario oye un tono de ocupado)
Erlang C	Líneas = f (llamadas por hora, duración, tiempo de espera)	Llamada añadida a una cola de espera

3.3.3.1 Aplicación de los modelos para VoX

En una red telefónica, cada sitio remoto se alcanza mediante líneas tie dedicadas, no existe compartición entre líneas. En redes VoX, las líneas para todos los sitios remotos se agrupan y conectan a un router. La figura 3.1 grafica la diferencia entre las conexiones de línea tie y redes VoX.

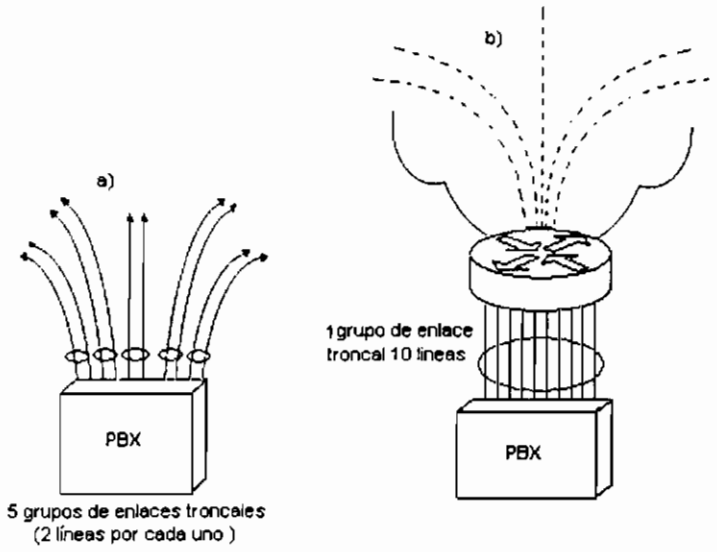


Figura 3.1. a) Líneas ties independientes para redes tradicionales; b) líneas *pooled* para redes VoX.

El contraste entre líneas independientes y pooled afecta el número total de líneas que se necesitan durante la carga pico, siendo evidente que la forma de aplicación de los modelos de tráfico para redes VoX difiere de las redes telefónicas. Un beneficio de la integración de voz y datos en una sola red es la multiplexación estadística, que no es otra cosa que la capacidad de reducir el número de líneas por sitio según se añadan sitios.

Para las redes VoX, los modelos de Erlang no se aplican por separado para el tráfico de cada sitio remoto; se aplican para el volumen total de tráfico de todos los sitios remotos durante la hora pico (tráfico pooled). La hora pico del sistema puede no corresponder a la hora pico de un sitio particular.

El aplicar los modelos Erlang al tráfico pooled resulta en un número menor de líneas, sustentando además el principio de la multiplexación estadística. Los modelos de Erlang deben ser modificados para justificar el efecto horquilla, donde se necesitan dos líneas entre el router y la PBX para cada llamada que se vuelve a enrutar a la PSTN.

3.3.3.1.1 Efecto horquilla[25].

Para entender esta situación la graficaremos mediante un ejemplo:

Supóngase, una red hub y portavoz, donde cada una de cinco PBX tiene tres líneas conectadas a un router, y el sitio central diez. Las tres primeras llamadas entre el sitio central y uno remoto se dan normalmente, pero las llamadas sucesivas comienzan a enrutarse en modo inadecuado. Lo que ocurre con cada llamada cuando las líneas remotas están ocupadas, es la siguiente:

1) El PBX central recibe una llamada para un sitio remoto y la envía al router, ya que existen tres líneas libres.
2) El router central acepta la llamada desde la PBX, recibe los dígitos e intenta establecer la llamada con el router remoto identificado por el peers de conexión telefónica VoX.
3) Puesto que el router no tiene puerto de voz libre, rechaza la petición de conexión.
4) La llamada no se desvía pues el router central debería tener un peers de conexión telefónica hacia la PBX. Para evitar un bucle de enrutamiento entre la PBX y el router que embargaría todas las líneas, el peers de conexión telefónica que apunta atrás al PBX añade un prefijo a los dígitos marcados de la conexión, de modo que la PBX complete la llamada a través de la PSTN.
5) La PBX completa la llamada desde el router a la PSTN. La llamada ocupa dos líneas entre el router y la PBX mientras dure.

[25] Referencia: "Integración de redes de voz y datos". KEAGY, Scott.

6) Todas las llamadas que excedan la capacidad VoX deberán salir del PBX central hacia el router, y volver inmediatamente a la PBX antes de ser enrutadas a la PSTN.

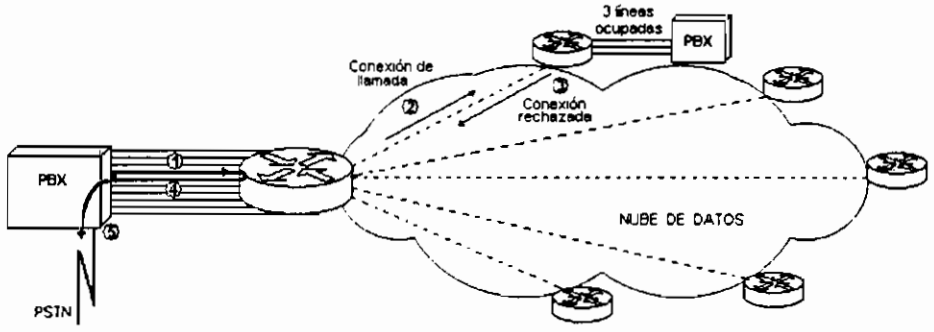


Figura 3.2. Efecto horquilla, trombón o bumerang.

En la práctica, se puede determinar el número de líneas adicionales para el efecto horquilla realizando el cálculo Erlang para el tráfico que se vuelve a enrutar a la PSTN, o simplemente suponer el número de líneas que se requieren para el tráfico vuelto a enrutar a la PSTN durante la hora pico combinada.

3.3.3.2 Determinación del ancho de banda.

La cantidad de ancho de banda que consume cada llamada varía en función del tono de VoX y del codec. Una forma de calcular el ancho de banda global se expresa en la siguiente ecuación:

$$(ancho\ de\ banda_actual) = (ancho\ de\ banda_codec) \times \frac{(longitud_sobrecarga + longitud_encapsulación)}{(longitud_sobrecarga)}$$

Los valores de ancho de banda del codec se muestran en la tabla 3.4. La longitud de sobrecarga puede ser un entero múltiplo de la muestra del codec. Esto controla el número de muestras del codec situadas en cada celda, trama o paquete.

Tabla 3.4. Requisitos de ancho de banda por llamada de los distintos codecs.

Codec	*Ancho de banda [Kbps]*
G.711	64
G.723.1	6.3 / 5.3
G.126	16 / 24 / 32 / 40
G.728	16
G.729	8
G.729A	8

En la tabla 3.5 se detallan las longitudes de la cabecera para varias implementaciones VoIP. Para determinar el número total de bytes necesarios, al número de bytes de cabecera de capa enlace se añaden los bytes en cualquier opción de paquete que se use: IP/UDP/RTP, CRTP con sumas de comprobación UDP, CRTP sin sumas de comprobación UDP. Estos valores suponen que la cabecera IP y los datos del codec encajan en una celda ATM usando CRTP, y en dos celdas ATM cuando no se utiliza CRTP.

Tabla 3.5. Longitud de la cabecera VoIP en bytes sobre diferentes tecnologías WAN.

Tecnología WAN	*Capa de enlace*	*IP/UDP/RTP*	*CRTP (sumas de comprobación UDP)*	*CRTP (sin sumas de comprobación UDP)*
HDLC	6 – 8	40	4	4
ML – PPP	7 – 9	40	4	4
Frame Relay	4	40	4	2
FRF.11 Annex C	9	40	4	2
FRF.12	8	40	4	2
ATM – AAL1	6 – 12	40	4	2
ATM – AAL5	13 – 18	40	4	2

Las longitudes de cabecera para VoFR son las siguientes:

Tabla 3.6. Longitud de cabecera para VoFR.

	Bytes necesarios
FRF.11 (fragmentación Anexo C)	9
FRF.11 (fragmentación FRF.12)	8
Cisco proprietary (método voice-encap)	6

VoATM tiene una cabecera de 4 bytes antes de los datos del codec, además de la cabecera de 5 bytes de ATM. Las longitudes de cabecera ATM para VoATM y VoIP no consideran el relleno de sobrecarga, lo que incrementa el tamaño efectivo de la cabecera. No se puede determinar la longitud efectiva de la cabecera hasta no seleccionar el tamaño de sobrecarga.

3.3.4 PLANIFICACIÓN DE PÉRDIDAS.

Las redes de voz se deben diseñar para tener cierta cantidad de pérdida de señal de extremo a extremo, es decir, la potencia de la señal eléctrica se diseña específicamente para que disminuya a medida que la señal sigue la ruta del audio. Si las propiedades físicas de la conexión (por ejemplo los cables de larga distancia) no generan naturalmente las pérdidas de señal esperadas, entonces la pérdida adicional de señal se inserta en varios puntos a lo largo de la ruta del audio.

Existen dos razones para insertar una pérdida intencionalmente en la red:

- Mantener la consistencia de los niveles del audio.
- Reducir los reflejos de las señales.

3.3.4.1 Mantenimiento de la Consistencia de los Niveles de Audio.

El nivel del audio para cada conversación variará dependiendo de la distancia y el equipamiento entre dos puntos finales. Los teléfonos necesitan un mando de volumen para ajustar el nivel de cada llamada. La pérdida es insertada intencionalmente en las rutas del audio, de manera que se define un rango de pérdida fijo extremo a extremo para todas las rutas en la red de la telefonía pública. Esto permite al nivel de volumen permanecer casi constante para cada llamada sin necesidad de reajustes en los puntos finales para cada una de ellas.

La pérdida de señal en las redes analógicas varía naturalmente en función de la distancia de la ruta del audio, de modo que se inserta una cantidad variable de pérdida de tal forma que la pérdida de extremo a extremo se encuentre dentro de las pautas de diseño. Las redes digitales utilizan un plan de pérdida de red fija más sencillo, ya que no hay pérdida de señal natural a lo largo de los segmentos digitales de la red. La inserción de cantidades fijas de pérdida en puntos específicos de la red hace que las redes digitales estén diseñadas con los mismos niveles de pérdida extremo a extremo que las redes analógicas.

3.3.4.2 Reducción de los Reflejos de las señales.

Los usuarios de teléfonos oyen ecos de sí mismos en la parte distante cuando las señales se reflejan en la ruta analógica de audio. Si la causa de un reflejo de señal no se puede remediar, los ecos se pueden hacer menos molestosos de dos maneras:

- Reduciendo el tiempo de retraso de las señales reflejadas.
- Reduciendo el nivel de señal de las señales reflejadas.

Las redes de voz están diseñadas con una pérdida extremo a extremo para ayudar a reducir los niveles de las señales reflejadas. Al principio parece que las señales deseadas se atenúan tanto como las señales reflejadas. Sin embargo, considere que una señal reflejada cruza la ruta de audio dos veces, mientras que las señales deseadas cruzan la ruta de audio una vez. Esto significa que las señales reflejadas se atenúan dos veces tanto como las señales deseadas. Ver figura 3.3

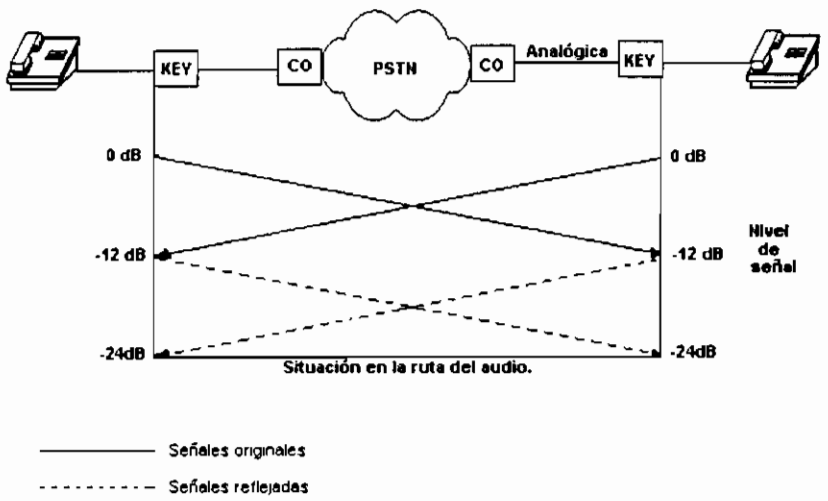


Figura 3.3 Debido al plan de pérdida las señales reflejadas se atenúan más que las señales deseadas.

La cantidad de atenuación para la señal reflejada depende del punto en la ruta de audio en el que se refleja la señal. Si la señal se refleja en el extremo lejano en la ruta de audio, entonces la señal reflejada se atenúa dos veces como la señal que se

origina desde la parte remota. Las señales que se reflejan cerca del origen no se atenúan tanto. Afortunadamente, las reflexiones que se producen cerca de la fuente tienen un tiempo de retraso bajo, de modo que son enmascaradas por el tono de la señal original. Este tono, que es la señal alimentada desde el micrófono directamente al auricular, se presenta de manera que los que hablan pueden oírse a sí mismos y estimar si sus voces están siendo bien transmitidas.

3.3.4.3 Distribución de Pérdida dentro de una ruta de audio.

Es importante saber cómo se distribuye la pérdida a través de la ruta de audio, y que consideraciones afectan a la ubicación de los rellenos de pérdida.

El eco del que habla es el resultado de la reflexión de la señal a un híbrido en el lado remoto de la red. La reflexión de la señal se produce en el lado de dos cables del híbrido, pero la fuga de la señal se produce en el lado de cuatro cables del híbrido (desde el par transmisor al par receptor).

En la figura 3.4, las señales de voz procedentes del que habla avanzan a lo largo de la porción de transmisión (dos cables superiores) del circuito de cuatro cables, y la mayor parte de la energía de la señal avanza a través del híbrido a la porción de dos cables del circuito. Parte de la energía de la señal se escapa a través del híbrido hacia la porción receptora (los dos cables inferiores) del circuito de cuatro cables. Esta energía constituye la señal de eco. Los rellenos R y T representan la pérdida configurable mediante software que se puede insertar en cada dirección del circuito. La R se refiere al lado receptor de la conexión de dos cables, y la T se refiere al lado transmisor de la conexión de dos cables.

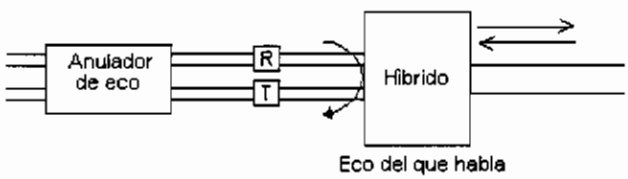


Figura 3.4 Rellenos de pérdida R y T relativos al anulador de eco e híbrido de dos/cuatro cables

El objetivo es distribuir la pérdida para que se minimice el eco del que habla. En el diagrama anterior, esto cuenta para optimizar los valores R y T. Debido a que los anuladores de eco necesitan al menos 6 dB de pérdida en señales de eco para operar, la siguiente ecuación debe ser válida:

$$R + T + L_{hibrido} \geq 6\ dB$$

Donde:

$L_{hibrido}$.- Pérdida de potencia de una señal eléctrica que se refleja en un híbrido debido a la impedancia incompatible

Para conseguir un sistema más flexible a las diferencias de impedancia en el híbrido, R y T deberían ser capaces de proporcionar la pérdida mínima de 6dB. Si T proporciona toda la pérdida, las señales de voz deseadas se atenuarán tanto como las reflexiones no deseadas, lo que es confuso para el anulador de eco. Si R proporciona toda la pérdida, las señales reflejadas serán más silenciosas que las señales de voz deseadas entrantes, y el anulador de voz funcionará bien. El eco del que habla se reduce cuando el anulador de eco funciona bien, de modo que la pérdida se debería concentrar en R.

La distribución de pérdida entre R y T es esencialmente la misma cuestión de cómo distribuir la pérdida a lo largo de la ruta de audio completa. La pérdida extremo a extremo se concentra en el lado del oyente cuando R proporciona toda la pérdida, y en el lado del que habla cuando la proporciona T. La explicación anterior indica que la pérdida debería concentrar después del anulador de eco, pero antes del híbrido del extremo remoto, cerca del lado del oyente.

El híbrido remoto se puede localizar en una oficina central (CO), en una PBX o en un router. Cuando un híbrido está en una CO, los valores de R y T se normalizan como parte del plan de pérdida nacional, cada país establece R para que sea mucho mayor que T. Cuando el híbrido está en una PBX o en un router, los valores R y T son los rellenos de pérdida de entrada y salida en la interfaz de cuatro cables.

4 CAPITULO IV: DISEÑO DE LA RED PARA LA INTEGRACIÓN DEL SERVICIO DE VOZ EN REDES DE DATOS.

4.1 INTRODUCCIÓN.

Con los conceptos analizados en los capítulos anteriores, el presente capítulo desarrolla el proceso de planificación y diseño activo de la nueva infraestructura de telecomunicaciones de la empresa modelo, con la finalidad de integrar los servicios de voz y datos para requisitos específicos.

Para ello se inicia con el análisis de la estructura actual de la red de telecomunicaciones, y las facilidades que presenta la disposición de las dependencias empresariales, con el objetivo de proponer una solución de integración que mejor se adapte a los requerimientos actuales y futuros de las comunicaciones dentro y fuera de la empresa.

Finalmente, se sugiere una lista de equipos existentes en el mercado sobre la base de diseño y contemplando algunas recomendaciones de selección especificas, que proporcionen una calidad de servicio aceptable.

4.2 ESTADO INICIAL DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES DE LA EMPRESA MODELO.

La Empresa Modelo, es una compañía integrada de Energía, realiza sus operaciones Petroleras en Ecuador desde hace algunos años atrás, su sede se encuentra en Quito y sus Bases Logísticas se encuentra ubicada en la ciudad de Francisco de Orellana (Coca) en la Provincia de Orellana, lo que permite el fácil acceso para operaciones dentro de los distintos pozos en los que se realizan las actividades de exploración petrolera (figura 4.1)

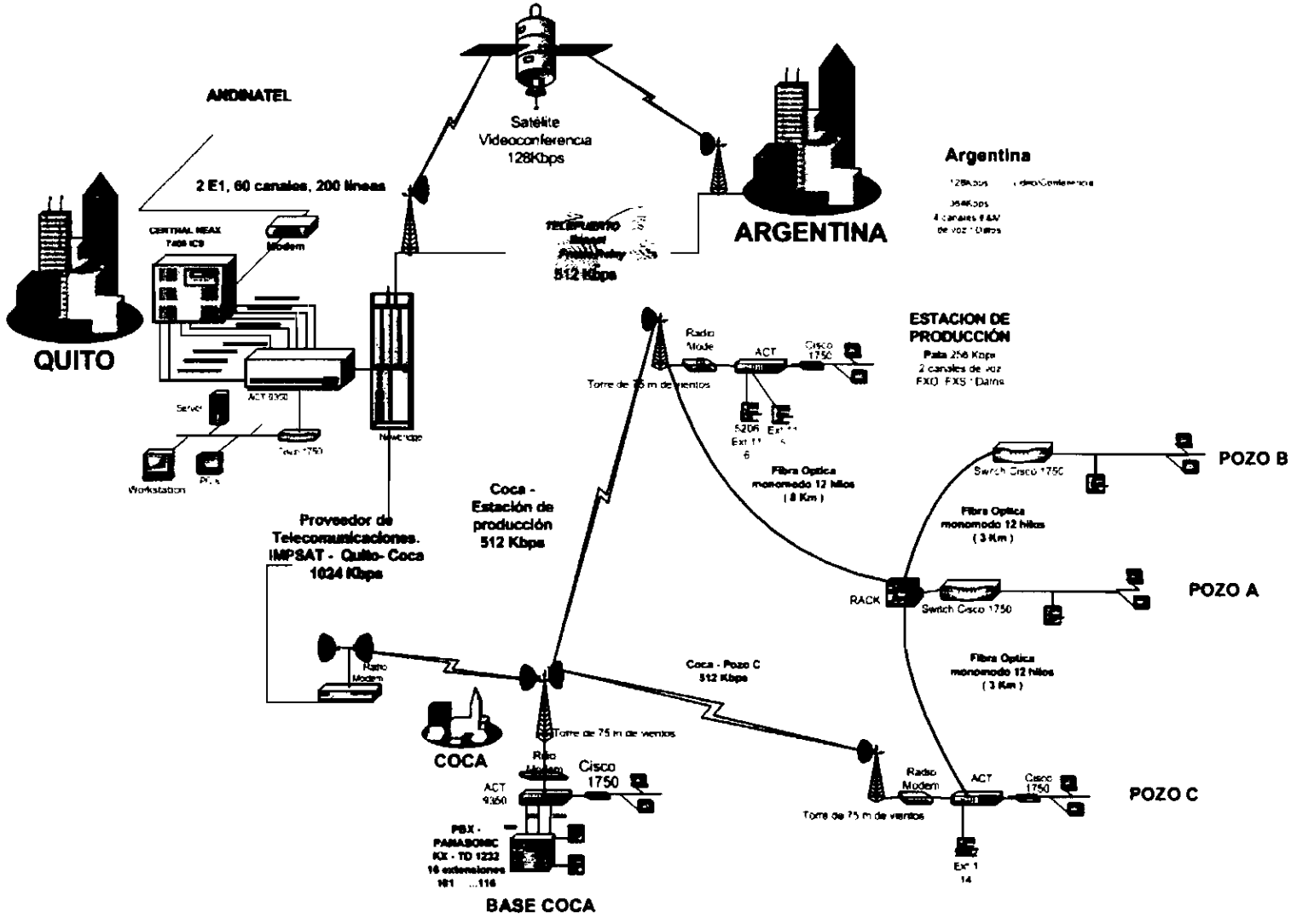


Figura 4.1, Red actual de telecomunicaciones, voz y datos

4.3 ESTADO ACTUAL DE LA RED DE DATOS.

4.3.1 ESTRUCTURA WAN.

La red de comunicaciones esta constituida por enlaces punto – punto desde los diferentes nodos de la red WAN a través de dos enlaces, el primero para la comunicación entre Ecuador y Argentina, y el segundo para la comunicación entre la sede en Quito y la Base logística de Coca, cuyas características son:

- El primero. Proveniente de Argentina a través de un enlace terrestre, el cual utilizando la infraestructura de Impsat por medio de un enlace Frame Relay con una capacidad contratada de 512 Kbps llega a las oficinas de la cede central ubicada en Quito.
- El segundo enlace interconecta la sede en Quito con la base logística en Coca con un enlace Frame Relay proporcionado por Impsat con una capacidad contratada de 1024 Kbps.
- Además existe un enlace satelital clear channel de 128 Kbps, para videoconferencia entre Argentina y Ecuador.

Desde la base en Coca la comunicación con los pozos de exploración petrolera se realiza a través de dos enlaces de radio frecuencia con equipos propios de la compañía cuya capacidad es 512 Kbps (figura 4.2).

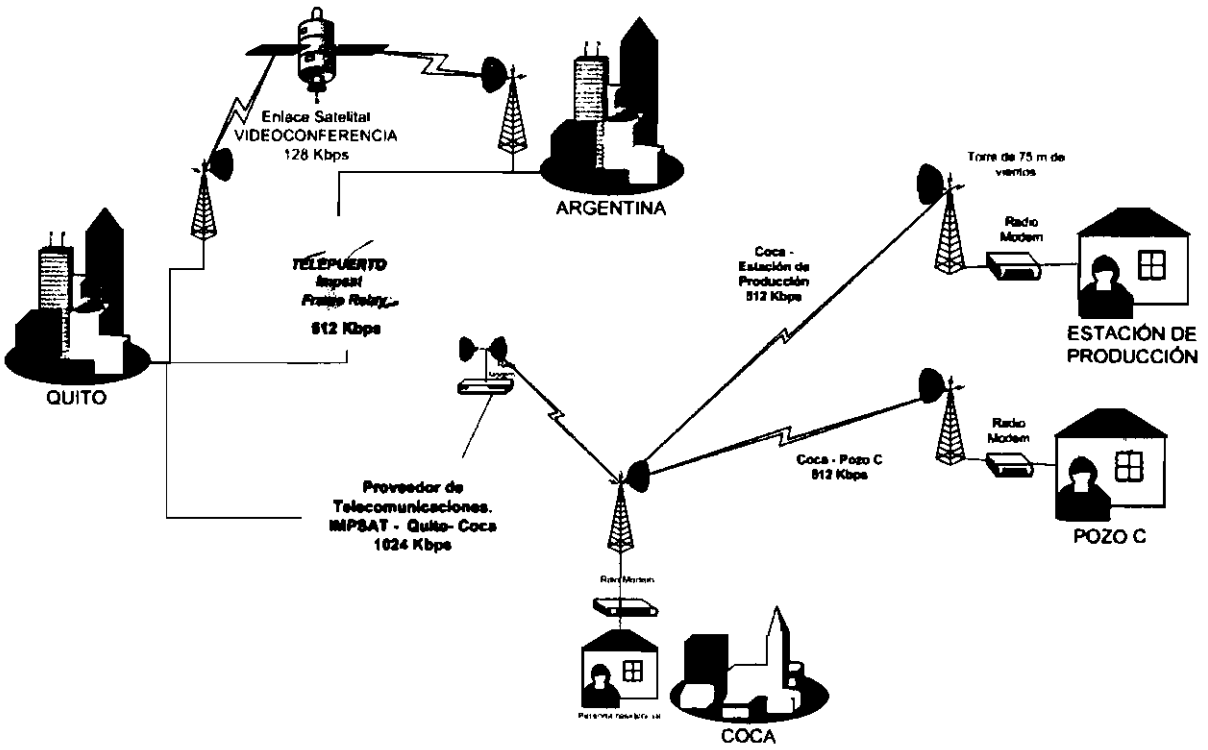


Figura 4.2. Estructura WAN.

4.3.2 ESTRUCTURA LAN.

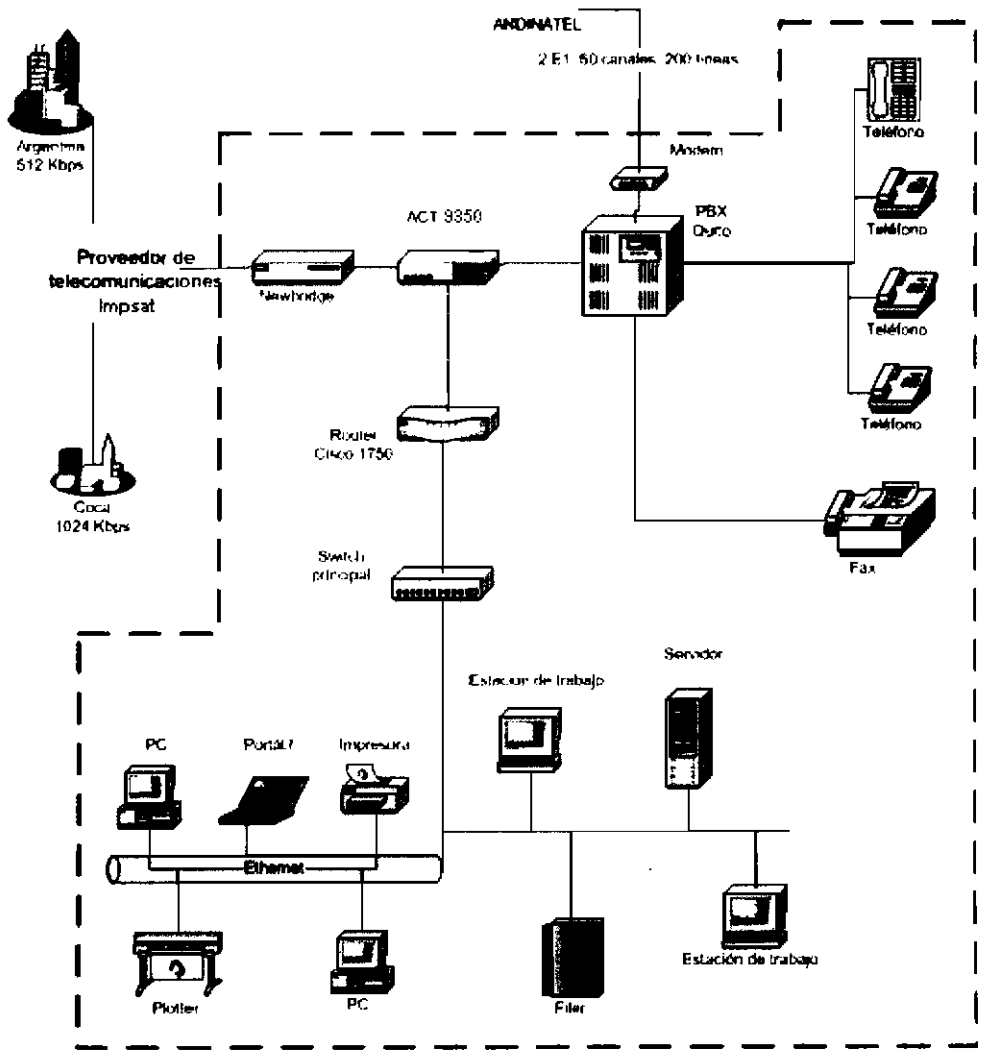
La estructura LAN esta dividida en tres secciones.

- ❖ Quito.- cinco departamentos, aproximadamente 100 usuarios
- ❖ Coca.- oficinas multipropósito (administración, coordinación, logística, etc), 20 usuarios.
- ❖ Pozos.- donde se ubican las torres de perforación (taladros) en fases de exploración, completación o producción; aproximadamente 30 usuarios.

En forma general todas las secciones están implementadas con cableado estructurado UTP categoría 5e para los puntos de acceso a la red y un backbone de fibra óptica.

4.3.2.1 Infraestructura Quito.

La red se compone de un *newbridge* (ver figura 4.3) al que se conecta los enlaces WAN con Argentina y Coca, el servicio de videoconferencia y un multiplexor de voz y datos ACT 9350. El multiplexor ACT 9350 se encarga de diferenciar el tráfico de voz y datos, el que se distribuye hacia los diferentes usuarios ya sea a través de la red de datos o la red telefónica de la empresa.



Red de telecomunicaciones de Quito

Figura 4.3 Red LAN Quito.

La red de datos se compone de un router Cisco 1750 al que se conecta el *switch* principal de la red. A éste se conectan los servidores de red, y los switches de piso para el acceso de los usuarios a través del respectivo cableado estructurado (figura 4.4).

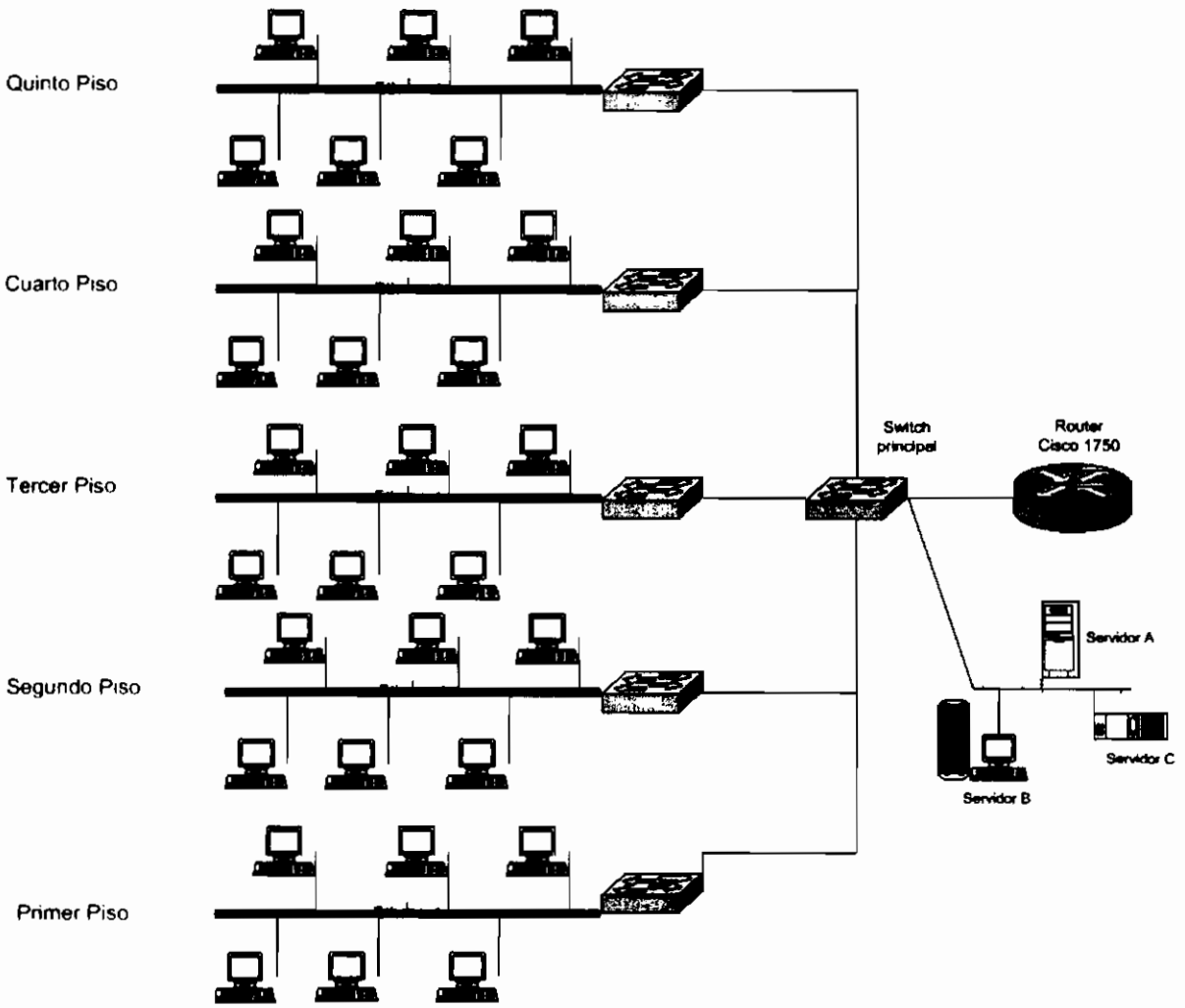


Figura 4.4. Distribución de la red de datos, Quito.

4.3.2.2 Infraestructura Coca.

En Coca se dispone de un multiplexor de voz y datos ACT 9350 al que esta conectado el enlace WAN de Quito, los enlaces de radio hacia los pozos (utilizando radio módems), un router Cisco 1750 para la red de datos y una central telefónica privada para el área de voz. El router se conecta a un switch que distribuye los datos a través del cableado correspondiente hacia los usuarios. Figura 4.5.

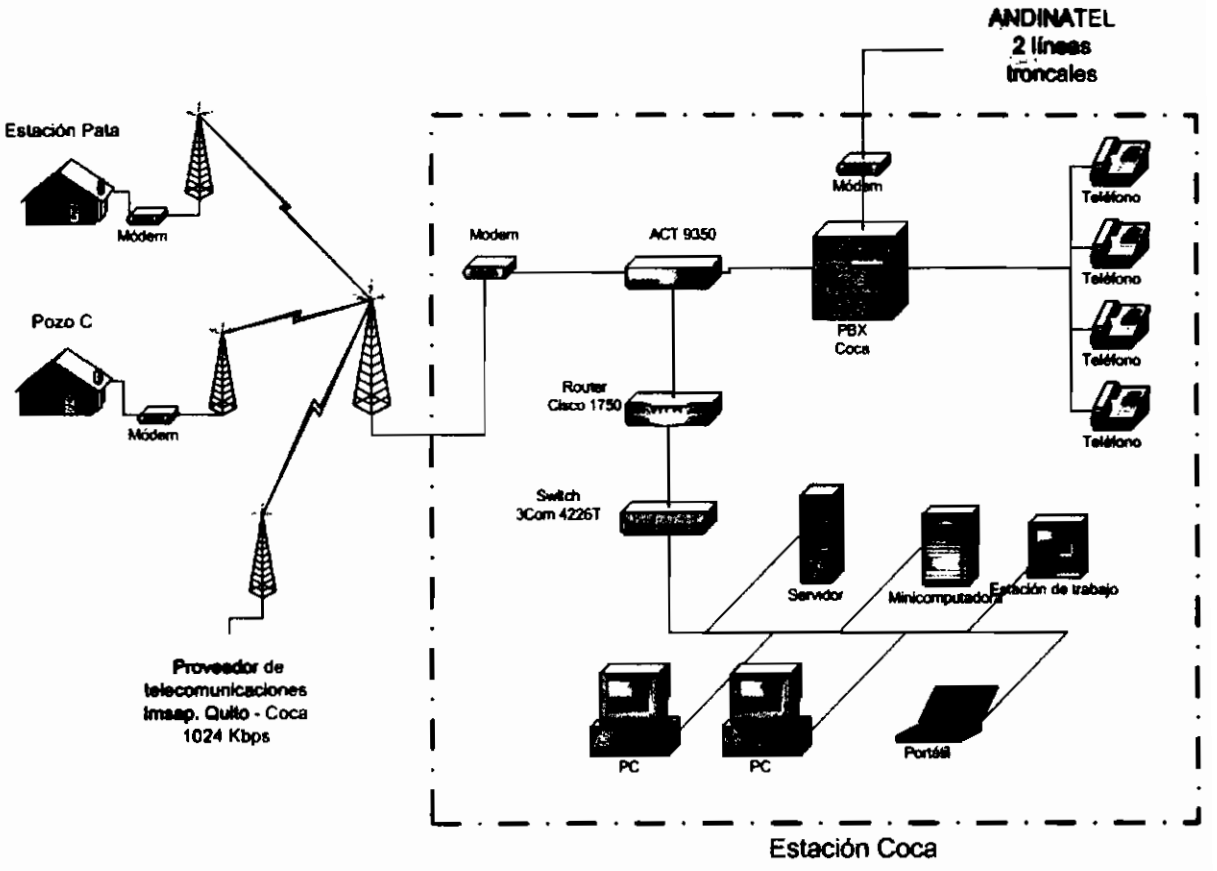


Figura 4.5 Red LAN Coca.

4.3.2.3 Infraestructura en los pozos de exploración y producción.

En los pozos, la red tiene una disposición y equipos similares a los disponibles en la base de Coca, excluyendo la PBX. Figura 4.6.

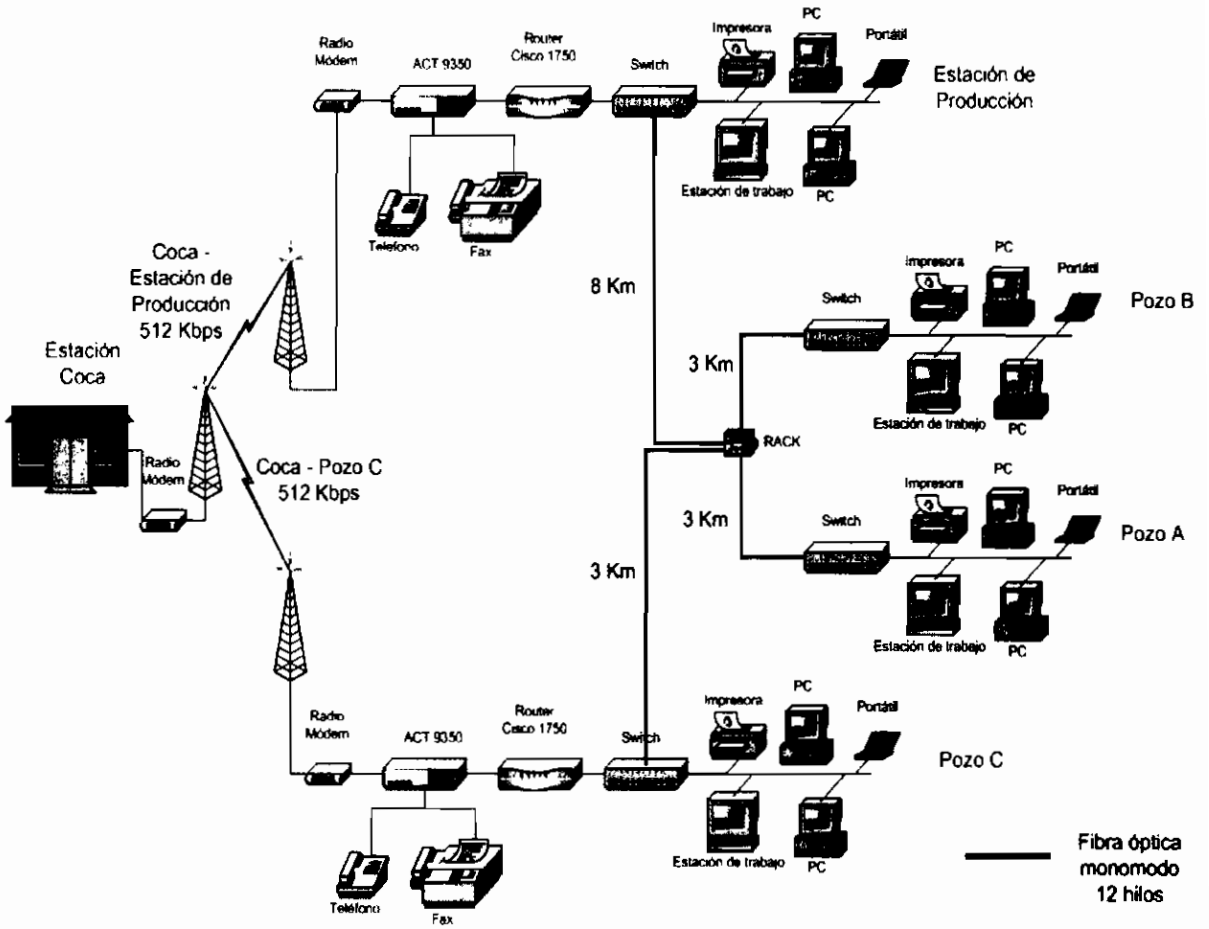


Figura 4.6 Red LAN pozos de exploración y producción.

4.4 ESTADO ACTUAL DE LA RED DE VOZ.

La red de telecomunicaciones para el servicio de voz esta constituida por enlaces E1 proporcionados por ANDINATEL. En cada una de las oficinas centrales (Quito y Coca) se dispone de centrales telefónicas privadas para la comunicación interna entre cada departamento (ver figura 4.1). La infraestructura de la red de voz para la empresa es la siguiente:

4.4.1 INFRAESTRUCTURA QUITO:

- 10 Troncales PSTN.
- 2 E1 de Andinatel, 60 canales.
- 4 radio bases celulares de Bellsouth
- 4 Extensiones E&M. (Utilizadas para conectarse con Buenos Aires, Argentina)
- 25 Extensiones Analógicas.
- 65 Extensiones Digitales.

La oficina principal de Quito dispone de una central privada NEAX 7400 ICS, a ésta se conectan los enlaces E1 proporcionados por Andinatel, y existen 200 líneas telefónicas asignadas, las bases celulares, y las líneas troncales destinadas al uso de facsímile o como respaldo si se pierden los enlaces E1. La central privada esta en capacidad de proporcionar 200 extensiones para la comunicación interna, así como, el sistema de operadora automática, correo de voz, control de acceso, facturación detallada, etc.

La PBX habilita actualmente 100 extensiones. 4 extensiones E&M para la comunicación con la PBX de Argentina, 25 extensiones analógicas para teléfonos y fax, 65 extensiones digitales distribuidas en las oficinas y 6 líneas de comunicación directa.

4.4.2 INFRAESTRUCTURA COCA:

- 2 Troncales PSTN
- 4 Extensiones Analógicas.
- 25 Extensiones Digitales.

En la oficina ubicada en Francisco de Orellana (Coca), se dispone de una central telefónica privada PANASONIC KX – TD1232, a la que ingresan los dos canales de voz (líneas troncales) y cuatro canales FXO para la conexión con la PBX de Quito. Esta central presenta facilidades de operadora automática y buzón de voz para la

comunicación entre las oficinas de Quito y los distintos pozos de exploración petrolera.

4.5 REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA.

Con el objeto de brindar a todos los usuarios una mejor calidad de servicio de Telecomunicaciones se ha planteado reemplazar la Central Telefónica convencional por un sistema que permita la integración de voz con la red de datos existente, para aprovechar los servicios que brinda esta tecnología ya que la infraestructura de la que dispone ahora lo permite. El seleccionar la tecnología VoX más adecuada al ambiente propuesto, es la clave para que una sola red pueda transportar datos, voz, y vídeo mediante el flexible y rentable sistema de transmisión de información, permitiendo soluciones que reducen los costes operativos en lo que a Telecomunicaciones se refiere.

La selección de una tecnología VoX estará destinada a mejorar las comunicaciones Telefónicas de la empresa modelo, explotando al máximo la infraestructura y tecnología de red instalada en la actualidad y además utilizar los servicios de mensajería unificada y otras aplicaciones y facilidades adjuntas a los sistemas de transmisión de información.

4.6 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA VoX QUE MEJOR SE ADAPTE A LAS CONDICIONES DE MIGRACIÓN.

Luego de analizar las condiciones que presenta la actual red de telecomunicaciones de la empresa modelo; realizar un estudio de cómo se adaptan las tecnologías VoX a las distintas condiciones del ambiente empresarial (Ver Capítulo 3) y, considerando los enlaces que conforman la infraestructura WAN, la disposición de las redes LAN, la adaptación a los requerimientos actuales y futuros de los usuarios (ver tabla 4.1), seleccionaremos la tecnología VoX que integre los servicios de voz y datos para la empresa modelo.

Tabla 4.1. Comparación de las tecnologías VoX.

Atributos	*Tecnología VoX*			*Conclusiones.*
	VoFR	VoATM	VoIP	
Fiabilidad	Media	Media	Buena	Puesto que la red de la empresa modelo presenta un enrutamiento estable y adecuado diseño de rutas físicas VoIP ofrece la mejor fiabilidad.
Escalabilidad	Pobre	Media	Buena	La facilidad de inserción de usuarios, así como la configuración y mantenimiento de menor número de elementos de red para la comunicación telefónica extremo a extremo, presentan a VoIP como la mejor opción para el ambiente modelo.
Calidad de servicio	Pobre	Buena	Buena	VoIP aprovecha todos los beneficios de QoS de la capa enlace (en nuestro caso Frame Relay), añadiendo métodos de administración de ancho de banda, retraso y variación de retraso. Por tanto VoIP es una excelente tecnología en lo referente a QoS para la empresa modelo.
Coste	Buena	Media	Buena	El coste depende de cómo se garantice la QoS. Por tanto VoIP al utilizar los enlaces FR de la empresa modelo, es una tecnología económica para voz.
Complejidad	Buena	Media	Pobre	VoIP requiere más configuración de routers, pero en cambio es más flexible que VoFR y VoATM; además de permitir unificar varias tecnologías de capa enlace.
Características de soporte de telefonía	Media	Media	Buena	VoIP, VoFR y VoATM tienen muy pocas diferencias en las características de soporte de telefonía; pero, éstas características están soportadas en versiones de hardware y software de teléfonos IP.
Aplicaciones de emergencia.	Pobre	Media	Buena	VoIP se utiliza para integrar redes de voz heredadas y redes de datos utilizando además, las ventajas de aplicaciones multimedia. Siendo por tanto la mejor opción.

Comparadas las características de cada una de las tecnologías VoX, y de acuerdo a las ventajas y facilidades de la red de telecomunicaciones de la empresa modelo (resumidas de la tabla 4.1), concluimos que la mejor solución de rediseño para la red de telecomunicaciones que integre los servicios de voz y datos se dará utilizando la tecnología VoIP.

Debe señalarse que el rediseño de la red de telecomunicaciones de voz y datos para la Empresa Modelo se desarrollará en conjunto con el departamento de Sistemas y Telecomunicaciones de la compañía, la cual por POLÍTICAS EMPRESARIALES de su matriz, y de acuerdo a los estándares de seguridad y calidad de servicio de la Compañía, sus oficinas en Ecuador se encuentran implementadas con cable UTP Categoría 5e y sus dispositivos de interconexión son exclusivamente Cisco. Por

tanto, el mismo estándar debe ser implementado para la integración de voz y datos en la misma red.

Bajo esta condición el rediseño de la red de telecomunicaciones empleará los avances y facilidades en la integración de redes de voz y datos que propone Cisco Systems a través de la estructura Cisco AVVID (Architecture for Voice, Video and Integrated Data), cuyas particularidades de diseño se explican en la siguiente sección.

4.7 CISCO AVVID[26].

Cisco AVVID ofrece una solución de voz y video incorporando estándares abiertos a la transmisión integral de datos, voz y video. Los actuales avances en el poder de procesamiento y estándares de red permiten que la voz y el video puedan ser transportados junto con los datos en la misma red.

El esquema de Cisco AVVID se modela en cuatro niveles: el nivel de infraestructura, el nivel de procesamiento de llamadas cuyo componente principal es el denominado *Callmanager*, el nivel de aplicación en el que reside el sistema unificado de mensajería y la central de contacto, y el nivel de cliente donde se ubican los dispositivos terminales (teléfonos IP, PC, etc.).

4.7.1 NIVEL DE INFRAESTRUCTURA

La infraestructura puede soportar múltiples tipos de clientes, terminales telefónicos, softphones, video, etc. Los componentes y características más sobresalientes de este nivel son:

- Productos de voz en general, productos de telefonía IP adaptables a varias plataformas operativas de red.

[26] Referencia: "Cisco AVVID and IP telephony Desing & implementation" PADJEN, Robert; KEEFER, Larry.

- Switches, de chasis capaces de soportar varias aplicaciones de voz, incluyen además alimentación en línea (inline power) tanto para teléfonos IP como para tarjetas de gateways.
- Canales de voz, cuya capacidad puede ser adaptada por los dispositivos de este nivel, de acuerdo a los requerimientos de la red.
- Gateways de voz, que interconectan los dispositivos de telefonía IP, Switches o distintos dispositivos analógicos.
- Toll Bypass, extiende la versatilidad de la integración de las distintas dependencias de una organización o empresa permitiendo utilizar su infraestructura de datos para realizar llamadas entre las sucursales u oficinas ubicadas en zonas diferentes.

4.7.2 NIVEL DE PROCESAMIENTO DE LLAMADA.

Este nivel es físicamente independiente de la infraestructura de red. Su componente principal es el denominado *CallManager*, que no es otra cosa que un software de aplicación para el procesamiento de llamadas instalado en servidores de alto y confiable desempeño. Está en capacidad de procesar más de 10000 usuarios y proveer redundancia para las llamadas, además de la señalización para los usuarios y gateways.

4.7.3 NIVEL DE APLICACIONES.

Físicamente independiente de la infraestructura y procesamiento de llamadas, pudiendo ubicarse en cualquier parte de la red. Entre las facilidades de este nivel constan:

- Transferencia de llamadas.
- Correo de voz.
- Mensajería unificada.
- Video conferencia.
- Operadora automática.

4.7.4 NIVEL DE CLIENTE.

El nivel de cliente lleva las aplicaciones a los usuarios a través de los dispositivos terminales como teléfonos IP, PCs ya sea utilizando softphone o través del sistema unificado de mensajes.

4.7.5 COMPONENTES DE AVVID.

4.7.5.1 Callmanager

Software basado en IP, cuya función es el procesamiento de llamadas dentro de la red. Extiende las características y funciones de la telefonía tradicional hacia las aplicaciones de los dispositivos de la telefonía para redes de paquetes como teléfonos IP, gateways de voz IP y aplicaciones multimedia.

El *callmanager* es el punto central en el procesamiento de llamadas que reemplaza a la tradicional PBX. Incorpora servicios de voz, datos y video como mensajería unificada, conferencia multimedia, centros de contacto cooperativos y sistemas de multimedia de respuesta interactiva. Extiende a los teléfonos IP y gateways los servicios complementarios como llamadas en espera, transferencia de llamadas, llamadas múltiples, reenvío, selección automática de ruta, velocidad de marcación y otras. El control de admisión de llamadas del callmanager, asegura la calidad del servicio de voz a través de los enlaces WAN restringidos, y la posibilidad de desviar en forma automática las llamadas hacia las rutas de la red telefónica pública (PSTN) de ser necesario sí el ancho de banda WAN no esta disponible.

4.7.5.1.1 CALLMANAGER CLUSTERING

Es un método que permite la distribución del procesamiento de llamadas que se dan a lo largo de una red IP que integra aplicaciones de voz y datos. Al usar *callmanager clustering* (administradores de llamada en grupo), varios servidores de callmanager pueden compartir la totalidad del procesamiento de llamadas, lo cual es particularmente importante en implementaciones de VoIP.

Un *cluster* se define como un conjunto de servidores *callmanager* compartiendo la misma base de datos y los mismos recursos. Las funciones que pueden asignarse a cada miembro de un *callmanager cluster* se pueden ver en la tabla 4.2

Tabla 4.2 Funciones *Callmanager* dentro de un grupo.

Identificación del Callmanager	***Función***
Servidor de base de datos público	Realiza todos los cambios de la configuración, y genera los registros de los detalles de llamada.
Servidor TFTP	Maneja la actualización de los archivos de configuración, tipos de timbres, y códigos de operación de los dispositivos.
Servidor de software de aplicación	Software instalado que añade características a la solución de telefonía IP.
Servidor primario de procesamiento de llamadas	Responsable del procesamiento de llamadas.
Servidor de respaldo para el procesamiento de llamadas.	Responsable del procesamiento de llamadas.

A cada *callmanager* en un servidor pueden asignarse una o más de estas funciones, pero solo debe haber, un servidor de base de datos público, y un servidor TFTP (Trivial File Transfer Protocol) por *cluster.* Se debe decidir el nivel de redundancia y distribución de procesamiento requerido en la instalación.

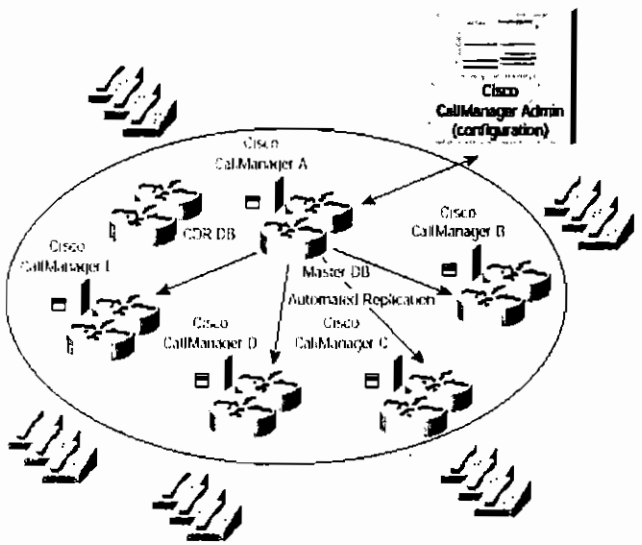


Figura 4.7. Agrupamiento de callmanagers

4.7.5.2 Teléfonos IP.

Proveen al usuario final un interfaz de acceso a la red de VoIP. Este tipo de teléfonos poseen interfaces de conexión a redes ethernet 10/100 Mbps, pórticos de conexión para PCs u otro dispositivo periférico, así como un puerto RS-232 para otras aplicaciones; utilizan *power inline,* pantallas LCD. En general, son compatibles con H.323 y soportan compresión de sonido G.711 y G.729.

4.7.5.3 Gateways.

Es responsable de la conexión de una red de telefonía IP a la PSTN o PBX. Por ejemplo, el gateway puede conectar una red H.323 a una red basada en SIP, ISDN o PSTN. También ejecuta traslado entre diferentes formatos de transmisión y procedimientos de comunicación. La comunicación entre terminales y gateway se da a través de los protocolos H.245 y Q.931.

Los gateways AVVID pueden ser analógicos o digitales, dependiendo de los dispositivos de telefonía heredada. Los digitales se conectan directamente a la PSTN o a una PBX, mientras los analógicos conectan dispositivos de telefonía analógica como faxes.

4.7.5.4 Procesador Digital de Señales (DSP).

Un DSP es usado para trasladar la voz y señales de fax a un stream de datos VoIP. La función principal de un DSP dentro de la red es el cambio de codificación de la señal de voz entre los distintos tipos de codecs (G.711, G.723, G.729; ver capítulo 2). El nivel de complejidad y el algoritmo usado por el codec determina el número de llamadas que un DSP puede procesar, además de que afecta la velocidad y la calidad de la llamada.

4.8 REDISEÑO DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES PARA LA INTEGRACIÓN DE VOZ Y DATOS.

Considerando la distribución de las oficinas principales, las oficinas de apoyo logístico y los diferentes pozos de exploración; así como, buscando aprovechar la infraestructura de datos existente, la capacidad de los enlaces de los que dispone la empresa y las facilidades que proporciona la estructura Cisco AVVID; proponemos como alternativa para la integración de voz y datos sobre IP, un esquema centralizado para el procesamiento de llamadas.

En una solución centralizada, el *callmanager* (componente principal de la estructura AVVID) y todo lo relacionado con los recursos de VoIP debe localizarse en el núcleo de operaciones de la empresa o en un sitio principal. Para nuestro caso, los equipos se localizarán en las oficinas principales de Quito, pues este sitio dispone de las condiciones adecuadas para el aprovisionamiento eléctrico, control de temperatura de operación de los equipos, conexiones WAN redundantes y una adecuada seguridad física.

El diseño de una solución centralizada para el procesamiento de llamadas presenta las siguientes características:

- El sitio central soporta únicamente un *callmanager* activo. Un *cluster* puede contener un segundo o tercer *callmanager* dependiendo del número de teléfonos IP de la red.
- Cada *cluster* soporta un máximo de 2500 usuarios (no influye el número de sitios o locaciones remotas). Múltiples *clusters* en un sitio central pueden ser interconectados usando H.323.
- El mecanismo de control de admisión de llamada se basa en la asignación de ancho de banda disponible para cada sitio.
- Soporta compresión de llamada a través de la WAN.
- El uso de la PSTN esta disponible si la capacidad de la WAN para el tráfico de voz se utiliza completamente o si la red falla.

- ❖ Correo de voz, mensajería unificada y los DSP están disponibles solamente en el sitio central.
- ❖ El mínimo ancho de banda requerido para el tráfico de voz y datos es 56 Kbps. Para la voz, video interactivo y datos el mínimo requerimiento es 768 Kbps. En ambos casos el ancho de banda asignado no debe exceder el 75% del total de la capacidad.
- ❖ Los sitios remotos pueden usar software IOS de cisco; así como, gateway basados en MGCP (Media Gateway Control Protocol, ver capítulo 2)

4.8.1 CONSIDERACIONES DE LA RED WAN

Aunque, VoIP permitirá la comunicación telefónica dentro de la empresa y sus diferentes locaciones con un costo nulo por llamada utilizando la red de datos, la comunicación telefónica externa debe hacerse utilizando la PSTN y por tanto se mantendrán los enlaces y líneas telefónicas proporcionados por Andinatel.

De acuerdo con la capacidad de los enlaces WAN con los que dispone la empresa, debemos determinar cuantas llamadas simultáneas pueden realizarse considerando que no más del 75% de su capacidad puede destinarse para el tráfico de voz. Sin olvidar, que el número de llamadas simultáneas obedece también al tipo de codec que se seleccione (ver capítulo 2).

La selección del codec dependerá de que sitios se comuniquen. Así, pueden identificarse distintas regiones de comunicación y para ellas debe emplearse un tipo de codec diferente, como se ve en la figura 4.8:

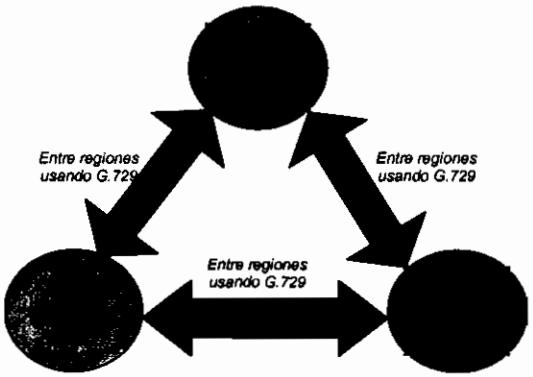


Figura 4.8 Comunicación entre regiones.

En el esquema que proponemos, los tipos de codecs que mejor se adaptan a las condiciones de operación son el G.711 para la comunicación LAN y G.729 para la WAN. Estos codecs se asignarán de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 4.3 **Asignación de codecs.**

Quito	G.711	G.729	G.729	G.729	G.729
Coca	G.729	G.711	G.729	G.729	G.729
Estación de Producción	G.729	G.729	G.711	G.729	G.729
Pozos	G.729	G.729	G.729	G.711	G.729

El ancho de banda total usado por cada llamada depende del codec seleccionado, el empaquetamiento de datos y el tamaño de cabecera, como se muestra en la tabla 4.4

Tabla 4.4 Ancho de banda usado por cada llamada de acuerdo al tipo de codec[27].

G.711 G.729	64 Kbps 8 Kbps	80 Kbps 24 Kbps	88 Kbps 32 Kbps

[27] Referencia: "Cisco AVVID and IP telephony. Desing & implementation". PADJEN, Robert; KEEFER, Larry.

Con estos datos se calculan las llamadas simultáneas que pueden darse entre las dependencias de la empresa con la siguiente fórmula, y cuyos datos se tabulan en la tabla 4.5.

$$Llamadas\ simultáneas = \frac{ancho\ de\ banda\ disponible\ del\ enlace}{ancho\ de\ banda\ por\ llamada}$$

Tabla 4.5. Número de llamadas simultaneas para cada enlace.

Enlace	*Capacidad*	*Ancho de banda disponible para el tráfico de voz*	*Ancho de banda por llamada*	*Número de llamadas simultaneas.*
Quito – Argentina	512 Kbps	384 Kbps	32 Kbps	12
Quito – Coca	1024 Kbps	768 Kbps	32 Kbps	24
Coca – Estación de Producción	512 Kbps	384 Kbps	32 Kbps	12
Coca – Pozo C	512 Kbps	384 Kbps	32 Kbps	12

De acuerdo a la tabla 4.5. y la disposición de los usuarios en las dependencias de la empresa (sección 4.3.2) se cubren los requerimientos iniciales de la empresa con una buena calidad de voz permitiendo una interconexión óptima entre las dependencias empresariales.

4.8.2 SELECCIÓN DEL GATEWAY.

La utilización de los beneficios que proporciona VoIP requiere de una adecuada selección del *gateway con capacidad de voz* que controle nuestro sistema.

Un *gateway con capacidad de voz* es un router con sistema operativo de interconexión (IOS, Internetworking Operative System) que le permite proporcionar servicios de datos y voz (ver sección 4.7.5.3). Entre algunas de sus funciones tenemos:

- Utilización y control de los DSP para el procesamiento de llamadas.
- Proporcionar el procesamiento de llamadas al *callmanager.*
- Proporcionar el enrutamiento para las aplicaciones de voz y datos entre las distintas subredes empresariales.

Este router deberá soportar un IOS que ejecute el procesamiento de las llamadas de voz en una red local hacia un destino externo. Este router debe disponer de puertos para interconexión con la PSTN, FXO, FXS, etc, habilitando una conectividad completa entre la red interna y la red de telecomunicaciones externa.

La comunicación entre las dependencias de la red será regulada exclusivamente por el router que actúe como voice gateway en cada sitio, en caso de que el mismo no exista por no ser necesario en ese sitio, se utilizará otro router presente en el sitio, siempre y cuando posea una interfase fast ethernet.

A continuación se presenta el esquema de conectividad conceptual de un sitio tipo:

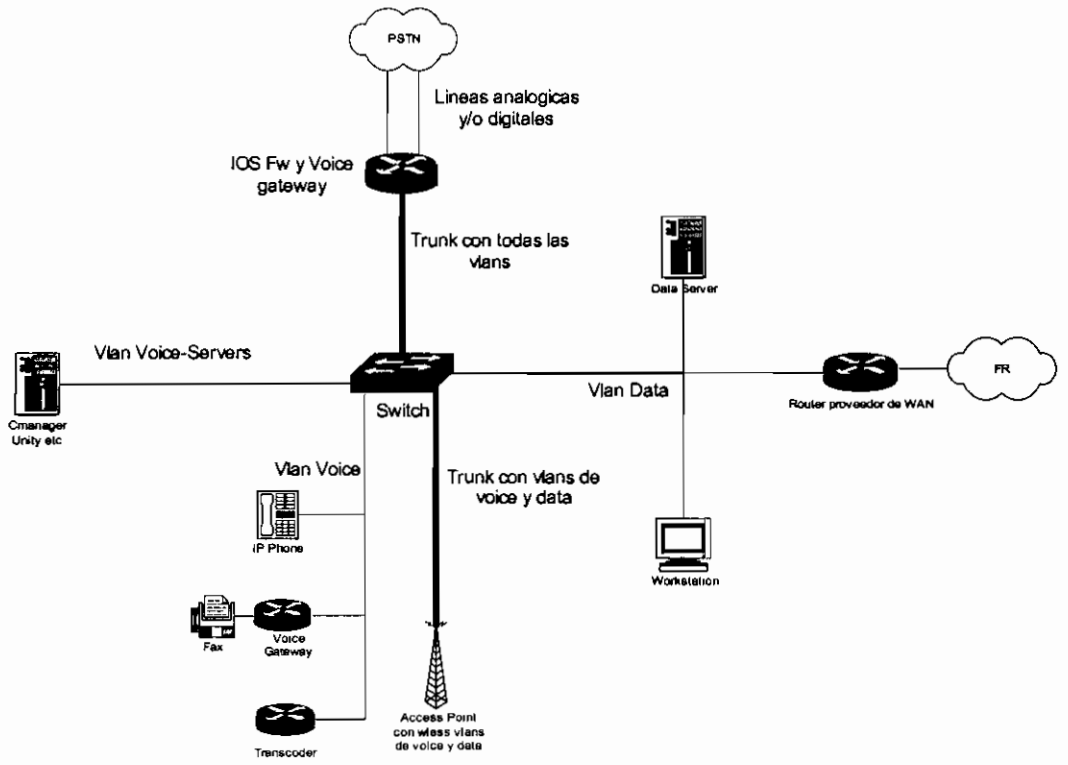


Figura 4.9 Esquema de conectividad de un sitio tipo.

En nuestro caso en el que el router de WAN no es provisto por el proveedor de conectividad de WAN, los enlaces de WAN se conectarán directamente al router que actúa como voice gateway contra la PSTN.

En el caso de los sitios que no posean servicios de Call Manager o Unity (servicio de mensajería unificada), el esquema será el siguiente:

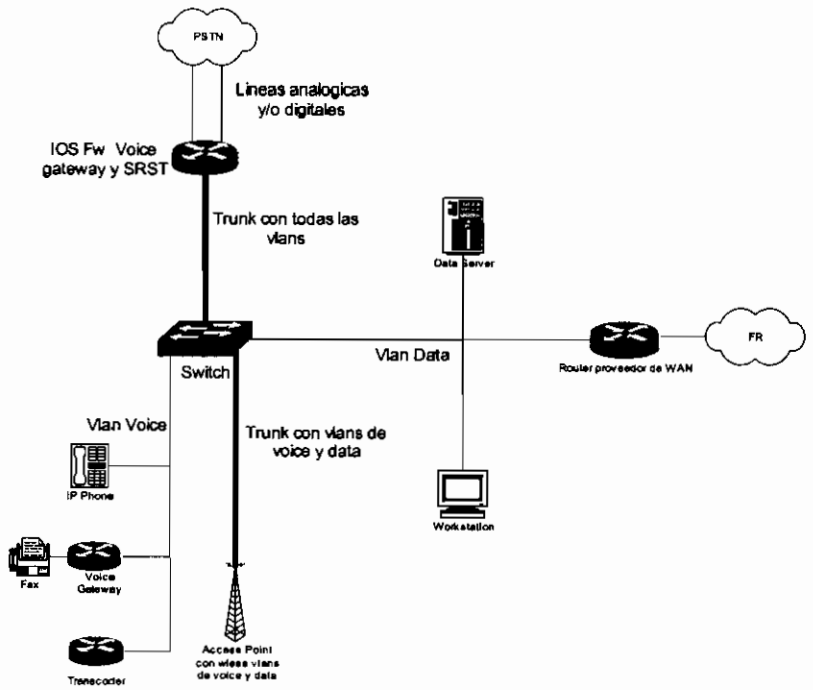


Figura 4.10 Conectividad en sitios sin unidades de procesamiento de llamada.

➢ Consideraciones generales

Todo el equipamiento adquirido será para funcionamiento con corriente alterna, con detección automática de tensión de línea. La tensión deberá estar estabilizada. Todos los equipos se colocarán en racks de 19 pulgadas estándar y en las condiciones ambientales que indica el fabricante

Los equipos con interfaces de voz (tales como los voice gateways) deberán poseer capacidades de manejo de tales interfaces. Los routers que reciban el enlace desde el switch adicionalmente deberán poseer la imagen[28] de IOS Firewall.

[28] **Imágen IOS.-** Es el software de Cisco IOS, (protocolos, comandos de configuración, etc) que se cargan en el router para que este pueda cumplir sus funciones.

Las características y requerimientos de los routers a utilizarse en el diseño se enlistan a continuación:

ROUTER QUITO:

- Puertos LAN 10/100
- IOS IP para soportar voz y datos
- Puertos E1 de voz para interconectarse con la PSTN
- Puertos RJ48, G703 para interconectarse con el ruteador de Coca (enlace principal y redundante)
- Puertos WAN seriales sincrónicos V.35 para comunicarse con otros sitios vía enlaces WAN

ROUTER COCA:

- Puertos LAN 10/100
- IOS IP para soportar voz y datos
- Puertos FXO para conectarse con la PSTN de Coca
- Puertos FXS para interconectar faxes y/o teléfonos analógicos
- Puertos RJ48, G703 para interconectarse con el ruteador de Quito (enlace principal y redundante).
- Puertos WAN seriales sincrónicos V.35 para comunicarse con los sitios remotos.

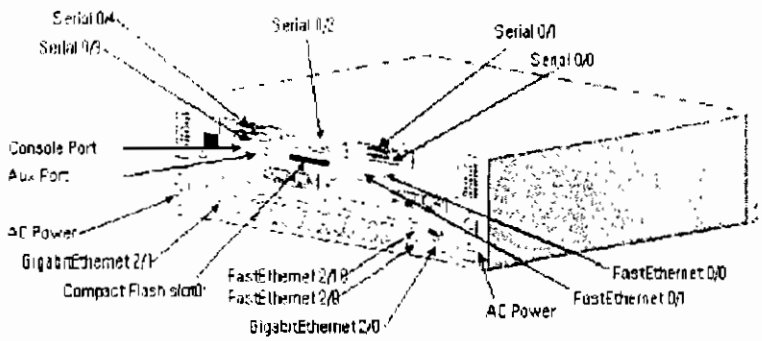


Figura 4.11. Router gateway.

Además, para el manejo de la comunicación a través de fax se deben seleccionar los correspondientes gateways de voz, ya que estos equipos constituyen la parte heredada de la antigua red telefónica y el tratamiento de su señal es de tipo analógico.

4.8.3 CONSIDERACIONES DE LA RED LAN.

4.8.3.1 Adaptación de la red LAN para manejar el tráfico de voz.

Para manejar el volumen de tráfico que se genera con VoIP, el backbone de la red debe ser lo suficientemente rápido. Los Switches de la red deben tener una línea base que soporte *callmanager cluster,* múltiples servidores de intercambio, servidores de mensajería unificada y VLANs entre las localidades.

Los switches tendrán preferentemente puertos con velocidades de 10/100 Mbs y con comunicación Full-duplex. Así mismo se recomienda que permitan priorizar la voz a Nivel 2 (802.1p/Q), esto permite que cuando en un puerto haya conectado un teléfono IP y detrás de éste un PC, el switch priorice los paquetes de voz frente a los de datos. También deben permitir la utilización de VLAN (LAN virtual) con el fin de separar el tráfico de voz en una VLAN de voz y el de datos en otra VLAN de datos.

- **Consideraciones generales**

Todo el equipamiento adquirido será para funcionamiento con corriente alterna, con detección automática de tensión de línea. La tensión deberá estar estabilizada. Todos los equipos se colocarán en racks de 19 pulgadas estándar y en las condiciones ambientales que indica el fabricante.

Todos los switches funcionarán en capa 2, dejando la comunicación entre VLANs a los routers presentes en cada locación.

La arquitectura de switching planteada esta basada en switches de dos tipos:

- *Con soporte de alimentación en línea para teléfonos.-* Estos dispositivos eliminan la necesidad de adaptadores externos de alimentación eléctrica y son compatibles con adaptadores ethernet de las PC's. Deberá utilizarse

este tipo de equipamiento siempre que el switch tenga conectados más de 6 teléfonos.

- *Sin soporte de alimentación en línea para teléfonos.*- estos dispositivos permiten utilizar la infraestructura de switching existente, pero utilizando una fuente externa para el switch. Deberá utilizarse este tipo de equipamiento siempre que el switch tenga conectados 6 o menos teléfonos con soporte de alimentación en línea.

- **DSP, DIGITAL SIGNAL PROCESSOR.**

Además de una adecuada estructura de switching, el esquema de VoIP requiere de DSP's. Un DSP dentro de nuestra solución tendrá como función principal la de *transcoding* (ver sección 4.7.5.4), actuando como un traductor para completar las llamadas, de un modo aceptable, que se realicen entre *regiones de comunicación.*

Los DSP's proporcionan también las facilidades de conferencia de llamadas (usando únicamente compresión G.711).

4.8.3.2 CABLEADO.

- Cableado de cobre

El cableado de cobre a utilizar deberá ser categoría 5e o superior en todos los casos.

- Conexiones de fibra.

El cableado en fibra deberá entregarse con conectorizado SC macho para conectar al switch.

- ✓ Fibra multimodo

En los casos en que el tramo de fibra no supere 250 metros se utilizarán GBICS (Gigabit Interface Converter) gigabit ethernet en los switches, del tipo multimodo.

En los casos en que el tramo de fibra supere los 250 metros pero no supere 600 metros se utilizarán GBICS gigabit ethernet en los switches, del tipo monomodo con patchcords adaptadores de monomodo (lado switch) a multimodo (lado cableado).

En los casos en que la fibra supere los 600 metros deberán utilizarse conexiones en 100Mbps Base FX en los switches.

- ✓ Fibra monomodo

En los casos en que se utilice fibra monomodo, se utilizarán GBICS gigabit ethernet monomodo en los switches.

4.8.3.3 Manejo del Callmanager cluster.

En el sitio central debe asegurarse el ancho de banda para la comunicación hacia y entre los *callmanager clusters*. Generalmente, una red VoIP se divide en varias VLAN de modo que el *callmanager* pueda operar con su propio ancho de banda. Se utiliza una VLAN separada para el tráfico de datos y no más de una se utiliza para el tráfico IP de voz.

Las VLANs a utilizar en cada sitio serían las siguientes:

VLAN 1: utilizada para fines de seguridad.

VLAN 2: se ubicarán todas las estaciones de trabajo, equipos con acceso wireless e impresoras y equipamiento similar. También se ubicarán los servidores de datos, es decir, todos los servidores que no estén directamente relacionados a telefonía IP.

VLAN 3: se ubicarán todos los teléfonos IP y los teléfonos IP wireless. También se ubicarán los equipos auxiliares de telefonía tales como voice gateways, transcoders y gatekeepers. De existir equipamiento de Videoconferencia o similares, que requieran tratamiento de baja latencia en QoS, también se ubicarán en esta VLAN.

VLAN 4: se ubicarán los servidores de telefonía IP (callmanagers, unity voicemail y demás aplicaciones relativas a telefonía IP)

VLAN 5: se ubicarán las interfaces o sub-interfaces de administración de los equipos de networking (routers, switches, access points, etc.)

En algunos sitios particulares, podrán existir VLANs de datos adicionales (tales como la VLANs de simulación o telecomando). Esos casos particulares serían definidos por el personal de operaciones informáticas. Estas VLANs se tomarán como anexas a la VLAN 2 y utilizarían recursos de la misma (tales como servidores DHCP[29] para asignación de direcciones o similares que sean necesarios)

El direccionamiento de las subnets de cada VLAN estará sujeta a la cantidad de equipos presentes en cada una de ellas y estará definido por el personal de operaciones informáticas del cliente.

- **Comunicación entre VLANs**

La comunicación entre VLANs será regulada exclusivamente por el router que actué como voice gateway en cada sitio, en caso de que el mismo no exista por no ser necesario en ese sitio, se utilizará otro router presente en el sitio, siempre y cuando posea una interface fast ethernet.

4.8.3.4 INSTALACIÓN DEL CALLMANAGER CLUSTER.

Como se menciona en la sección 4.7.5.1, cada *callmanager* puede manejar hasta 2500 usuarios, y con propósitos de redundancia y respaldo dos o más se agrupan de forma lógica formando un *cluster*.

[29] DHCP.- Dinamic Host Control Protocol. Permite que un host obtenga una dirección IP de forma rápida y dinámica. Al usar el servidor se necesita una cantidad definida de direcciones IP. A medida que los hosts entran en línea, se ponen en contacto con el servidor DHCP y solicitan una dirección. El servidor DHCP elige una dirección y se asigna a ese host.

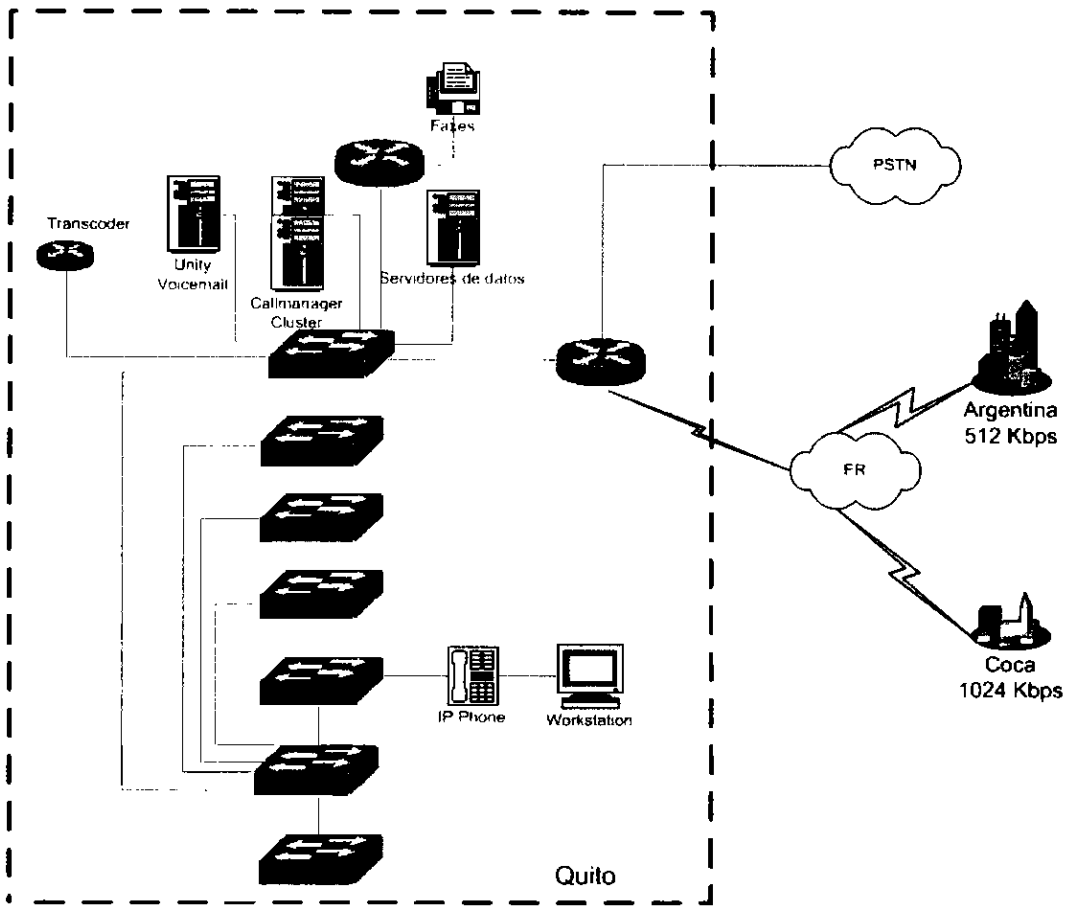


Figura 4.12. Esquema general de la red LAN

Considerando la cantidad de usuarios dentro de la empresa modelo, se instalarán dos servidores *callmanager*. Uno primario el cual se utilizará para realizar todos los cambios correspondientes a los usuarios y el sistema VoIP en general. Uno secundario, en el que los usuarios realmente se autentificarán y será el que tenga el control de todas las llamadas que se hagan en la red.

Esta solución propuesta será destinada para la labor de procesamiento de llamadas, aplicaciones de voz, gateway de voz y ruteo IP multiservicio.

La funcionalidad de Voicemail será brindada por un servidor a tal fin, corriendo el software Unity, el cual almacena mensajes de voz como archivos WAV. El sistema de mensajería Unity deberá estar integrado con el *callmanager*.

4.8.4 RED INTEGRADA DE VOZ Y DATOS SOBRE IP (VOIP) PARA LA EMPRESA MODELO.

Concluida la fase de diseño más adecuada al ambiente de la Compañía Petrolera, y agrupando cada uno de los elementos que componen la solución de procesamiento centralizado de llamadas propuesto, el esquema de la red se muestra en la figura 4.13.

Se observará que todo el procesamiento de llamadas, y por ende la concentración de los equipos VoIP, se da en las oficinas de Quito. En la cede central la red LAN estará compuesta por un switch principal al que se integran los distintos dispositivos de telefonía VoIP (*callmanager cluster, unity voicemail, transcoder*) y datos, el router gateway para la comunicación WAN. El switch principal corresponde a uno sin soporte de alimentación en línea y los switches de cada piso, a los que están conectados los teléfonos IP y las estaciones de trabajo, con soporte de alimentación en línea. Cada estación de trabajo será provista por un equipo terminal de telefonía ya sea un teléfono IP o softphone según los requerimientos de cada usuario.

Las estaciones remotas cuentan con equipos de similares características tanto para la comunicación LAN así como la WAN. En estos sitios no existirán dispositivos de telefonía como *callmaners, voicemail unity y transcoder.*

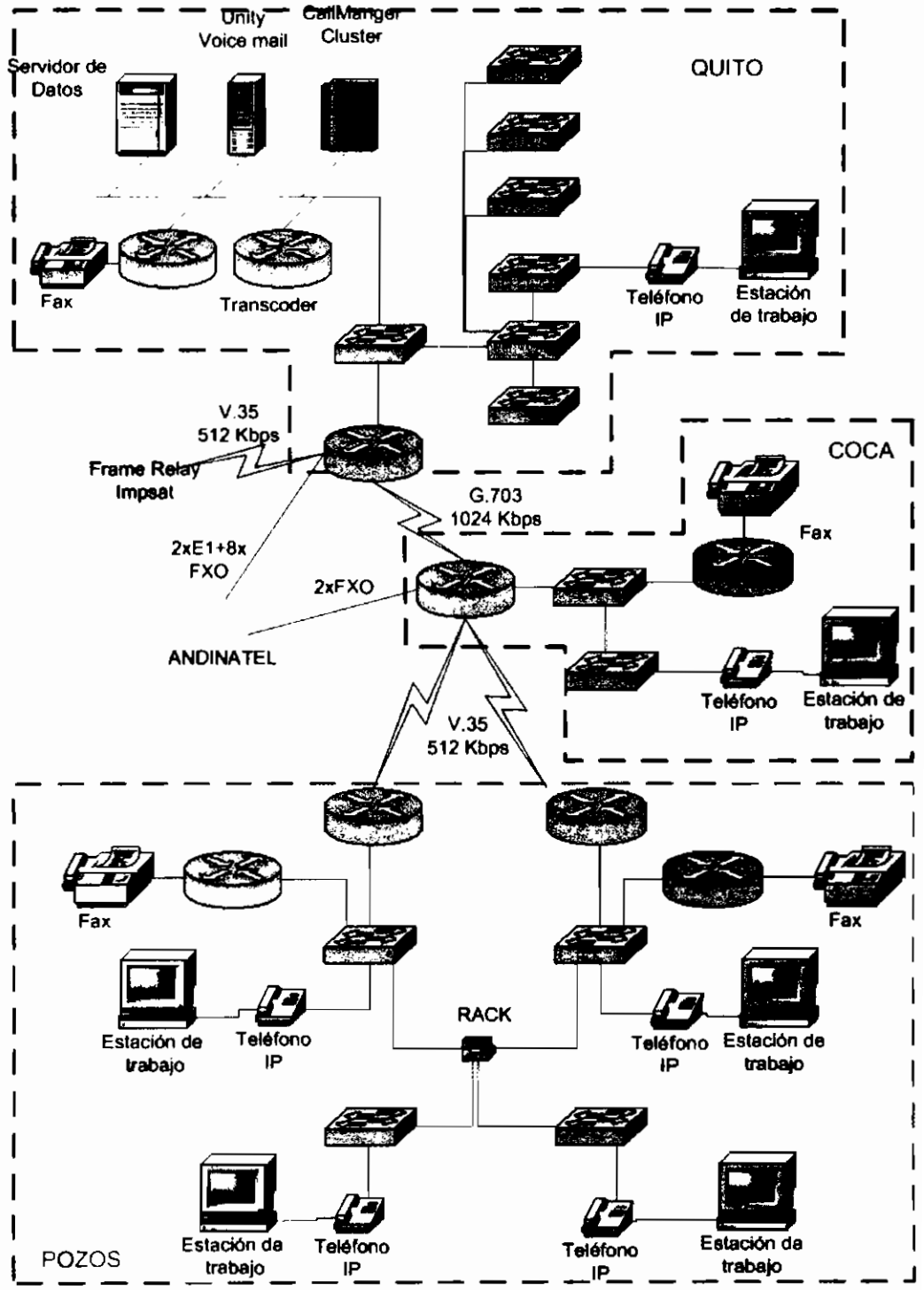


Figura 4.13. Esquema de la red VoIP para la empresa modelo.

4.8.4.1 Seguridad

4.8.4.1.1 Routers.

Deberán tenerse en cuenta las siguientes limitaciones mínimas a imponer al tráfico entre VLANs, que podrán ser aumentadas a requerimiento de las políticas de seguridad informática pertinentes:

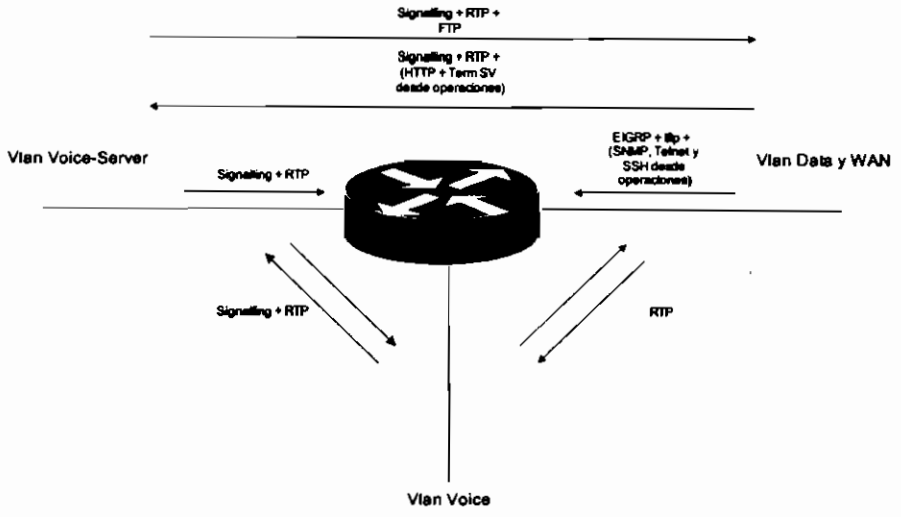


Figura 4.14. Tráfico de las VLANs a través del router gateway.

El tráfico de administración del router solo será aceptado desde locaciones específicas de la empresa a definir por las políticas de seguridad informática.

Solo se permitirá el tráfico destinado a la VLAN 5 (es decir, a los demás switches y equipos de networking que se encuentran detrás del router) desde locaciones especificas de la empresa a definir por las políticas de seguridad informática. Todos los routers y switches de la solución tendrán restricciones de acceso para ser gerenciados únicamente desde los rangos de direcciones IP asignados para el efecto.

Se denegará todo tipo de tráfico proveniente desde la VLAN 1 destinado a cualquier otra VLAN (debe denegarse TODO el tráfico entrante y saliente hacia la interfase VLAN 1 en cada router)

En todos los equipos (routers, voice gateways, etc.) que lo permitan, se configurará en la interfase de LAN, un enlace que incluirá la VLAN principal de utilización del equipo (voz o datos) y también la VLAN 5.

4.8.4.1.2 Switches.

Solo se aceptará tráfico de administración entrante desde la VLAN 5, en donde se ubicarán las direcciones IP de administración de los equipos. El tráfico provendrá de las estaciones de administración generales de la compañía.

Se deshabilitará el enrutamiento en los switches que tengan capacidades de Layer 3.

Se configurará una sola ruta estática en los switches apuntando al router más cercano.

Los puertos de cada switch que no se utilicen se colocarán en una VLAN adicional especialmente creada a tal fin y sin conectividad con ninguna otra (VLAN 1).

4.8.4.2 QoS

Se utilizarán las políticas estándar de QoS de la empresa modelo para switches y routers.

Se considerará como tráfico con requerimientos de baja latencia al tráfico de las VLANs 3 y 4 y se considerará tráfico normal al procedente de las VLANs 2 y 5.

4.8.5 SELECCIÓN DE EQUIPOS.

4.8.5.1 Criterios de selección

Los argumentos para seleccionar uno u otro equipo que cumpla con los requerimientos de una solución propuesta pueden generar un acalorado debate. Sin embargo, se debe claramente entender que no es una buena idea combinar equipos que manejen solamente datos o voz (especialmente routers gateways).

La selección de los equipos de red siempre ha sido difícil, pero hoy en día la tarea es cada vez más fácil debido a la gran variedad de opciones que existen en el mercado. A continuación se examinarán las principales metas del equipamiento de una red.

Tanto para el diseño como para el equipamiento deben considerarse cuestiones como:

- Quién va a usar la red
- Qué tareas van a desempeñar los usuarios en la red
- Quién va a administrar la red
- Quién va a pagar por ella
- Quién va a pagar el mantenerla

Al contestar estas preguntas, algunas de las prioridades serán establecidas y el proceso de selección de equipos será mucho más productivo. Vamos a examinar algunas de las claves al momento de escoger el equipo adecuado:

1) ***Desempeño:*** Los tipos de datos procesados pueden determinar el grado de desempeño requerido. Si la función principal de la red es transacciones en tiempo real, entonces el desempeño asume una muy alta prioridad y desafortunadamente el costo se eleva súbitamente en esta relación desempeño/costo.
2) ***Volumen proyectado de tráfico:*** Algunos equipos de interconexión como los puentes, concentradores, pueden ocasionar cuellos de botella en las redes con tráfico pesado. Si un servidor de fax o email va a hacer instalado en la red, entonces se deberá de anticipar que estos nuevos elementos no afecten grandemente al volumen actual de tráfico de la red.
3) ***Expansión futura:*** Las redes están siempre en continuo crecimiento. Una meta del diseño deberá ser planear para el crecimiento de la red para que las necesidades de la empresa no se saturen en un futuro inmediato. El momento de seleccionar los equipos se debe analizar cuantas estaciones de trabajo puede soportar el sistema operativo de red, los precios del vendedor de

equipos permite la expansión futura, y algo muy importante como si el equipo de comunicaciones tiene puertos disponibles para las actuales y futuras conexiones.

4) ***Seguridad:*** Muchas preguntas están relacionadas a la seguridad de la red. ¿Estarán encriptados los datos? ¿Qué nivel de seguridad en los *passwords* es deseable? ¿Qué tipos de sistema de respaldo son requeridos para asegurar que los datos perdidos siempre puedan ser recuperados? Si la red local tiene acceso a usuarios remotos, ¿Qué tipo de seguridad será implementado para prevenir que *hackers* entren a nuestra red?
5) ***Redundancia:*** Las redes robustas requieren redundancia, sí algún elemento falla, la red deberá por sí misma seguir operando. Un sistema tolerante a fallas debe ser implementado en la red, de tal manera, si un servidor falla, un segundo servidor de respaldo entrará a operar inmediatamente.
6) ***Compatibilidad de hardware y software:*** La compatibilidad entre los sistemas, tanto en *hardware* como en *software* es una pieza clave. Los sistemas deben ser compatibles para que estos, dentro de la red, puedan funcionar y comunicarse entre sí, por lo que, se deberá tener cuidado de seleccionar protocolos estándares, sistemas operativos de red, aplicaciones. Así como de tener a la mano el *conversor* de un formato a otro.
7) ***Compatibilidad de red y usuarios:*** Una vez que la red esta diseñada para ser compatible con el hardware y software existente, sería un gran error si no se considera la organización y el personal de la compañía. A veces ocurre que se tienen sistemas de la más alta tecnología y no se tiene el personal adecuado para operarlos. O lo contrario, se tiene personal con amplios conocimientos y experiencia operando sistemas obsoletos. Para tener éxito, la red deberá trabajar dentro del marco de las tecnologías y filosofías existentes.
8) ***Costo:*** El costo que implica diseñar, implementar, operar y mantener una red, quizá es uno de los factores por los cuales las redes no tengan la seguridad, redundancia, proyección a futuro y personal adecuado. Seguido ocurre que las redes se adapten al escaso presupuesto y todas las metas del diseño no se puedan implementar. Los directivos, muchas veces no tienen idea del alto

costo que tiene un equipo de comunicaciones, un sistema operativo para múltiples usuarios y muchas veces no piensan en el mantenimiento. El costo involucrado siempre será un factor importante para el diseño y equipamiento de una red.

4.8.5.2 Equipos seleccionados para la implementación de la nueva red de telecomunicaciones[30]

Sobre la base de los criterios expuestos en la sección anterior, la selección del equipamiento para la solución planteada de la red VoIP se detalla a continuación.

Debemos recalcar que el equipamiento, por pedido de la empresa modelo se lo ha realizado exclusivamente con los productos de Cisco Systems Inc.

4.8.5.2.1 Ruoter gateway.

- **Multiservice Access Routers Cisco 3745.**

Este tipo de routers se utilizará para interconectar las oficinas de Quito y Coca, así como los enlaces con la PSTN y la sede en Argentina a través de los interfases correspondientes. Entre sus características principales tenemos:

Product	Description
CISCO3745	3700 Series, 4-Slot, Dual FE, Multiservice Access Router
PWR-3745-AC	AC Power Supply for the Cisco 3745
PWR-3745-AC/2	Redundant AC System Power Supply for the Cisco 3745
S374CP-12213T	Cisco 3745 Series IOS IP PLUS
FL-SRST-MEDIUM	Feat Lic Survivable Remote Site Telephony up to 48 phones
NM-2V	Two-Slot Voice/fax Network Module
VIC-2FXO	Two-port Voice Interface Card – FXO
VIC-2FXS	Two-port Voice Interface Card – FXS
VWIC-2MFT-G703	2-Port RJ-48 Multiplex Trunk - G.703
WIC-2T	2-Port Serial WAN Interface Card
CAB-E1-RJ45BNC	E1 Cable RJ45 to Dual BNC (Unbalanced)
CAB-SS-V35MT	V.35 Cable, DTE Male to Smart Serial, 10 Feet

[30] Referencia: www.cisco.com

Figura 4.15. Router cisco 3745

- **Router Cisco 1751.**

Este dispositivo estará destinado a la interconexión de los diferentes pozos con la estación principal de Coca a través de las correspondientes interfases. Este tipo de router seleccionado soporta funcionalidades tales como VPNs; Internet seguro, intranets, y acceso extranet con tecnología de firewall opcional; Acceso ADSL y Cable módem; e integración multiservicio para voz/video/datos/fax.

Características Técnicas:

- Un Puerto Fast Ethernet, puerto auxiliar, puerto de consola. Tres Slots para colocar tarjetas WIC/VIC más un slot interno para tarjeta de encripción por hardware.
- Soporte de servicios WAN, como ADSL y acceso por cable, integración multiservicio de voz/datos y redes privadas virtuales (VPNs)
- Funcionalidad de Firewall e IDS
- Soporte VPNs (IPSec, DES, 3DES) con capacidad encripción por hardware
- Soporte QoS y Multicast
- Memoria DRAM: 128 MB
- Procesador RISC 48MHz

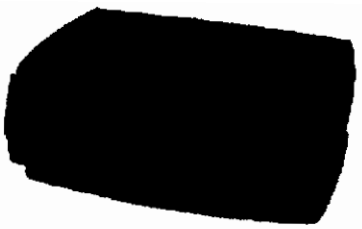


Figura 4.16. Router cisco 1751.

4.8.5.2.2 Switches.

La arquitectura de switching planteada esta basada en switches de dos tipos:

- ***Con soporte de alimentación en línea para teléfonos:***

En este caso se han escogido switches Catalyst 3550 – PWR con soporte para criptografía. Deberá utilizarse este tipo de equipamiento siempre que el switch tenga conectados más de 6 teléfonos.

El Catalyst 3550 proporciona servicios como ruteo IP, calidad de servicio (QoS) avanzada, seguridad IP y Cisco Cluster Management Suite basado en Web. Se han escogido dos modelos ubicados de acuerdo a las necesidades de la red (Ver diagrama final.), y sus características son:

Catalyst 3550 12G:

- 10 pórticos GBIC Gigabit Ethernet y 2 pórticos 10/100/1000
- 1.5 rack unit (RU) stackable, switch multicapa Gigabit Ethernet.
- Multilayer Software Image (EMI)

Figura 4.17 Catalyst 3550 12G

Catalyst 3550-24 PWR:

- 24 puertos 10/100 y 2 puertos 1000BASE-X Gigabit Ethernet.
- 1 RU stackable, switch multicapa; inline power integrado.
- SMI instalado o EMI, enrutamiento IP dinámico.

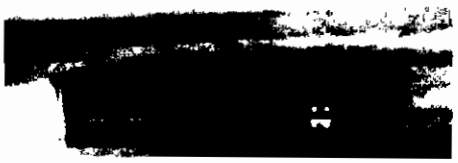


Figura 4.18 Catalyst 3550-24 PWR

- ***Sin soporte de alimentación en línea para teléfonos:***

En este caso se han escogido switches Catalyst 2950 con soporte para criptografía. Deberá utilizarse este tipo de equipamiento siempre que el switch tenga conectados 6 o menos teléfonos con soporte de alimentación en línea.

Este tipo de switch se conoce como "wire-speed" Fast Ethernet y presenta un desempeño y funcionalidad aceptable para redes de área local (LANs). Son switches 10/100 autosensing proveen calidad de servicio extendida (QoS) y soporte multicast, todo administrado con Cisco Cluster Management Suite (CMS) y el Cisco IOS Software integrado.

Características Técnicas:

- Matriz de Conmutación: 8.8 Gbps
- 8 MB de memoria de buffers
- 16MB de memoria DRAM y 8MB de memoria flash
- Soporte 8000 direcciones MAC
- Dos puertos 10/100/1000 BaseT
- Soporte QoS y Multicast
- Cisco Cluster Manager Embebido
- Soporte fuente de alimentación redundante

El equipamiento de switching estará distribuido a lo largo de la red, y de acuerdo a los requerimientos de cada sitio se han seleccionado dos modelos:

- *Cisco Catalyst 2950T-24.* - 24 puertos 10/100 y 2 puertos uplink 10/100/1000BASE-T; será ubicado en la sede de Quito.
- *Cisco Catalyst 2950G-24.* - 24 puertos 10/100 y 2 puertos GBIC; destinado para las estaciones remotas.

Figura 4.19. Switch Cisco Catalyst 2950.

4.8.5.2.3 Equipo de telefonía.

4.8.5.2.3.1 Callmanager

La solución propuesta contempla un equipo Cisco ICS 7750 destinado para el procesamiento de llamadas, aplicaciones de voz, gateways de voz y ruteo IP multiservicio. Es un chasis de 6 slots universales para SPE (System Processor Enginess) y MRP (Multiservice Ruote Processor), dos slots fijos para el SSP (System Switch Procesor) y el SAP (System Alarm Processor) y esta provisto de una fuente de poder principal y una fuente redundante.

Entre las características principales del equipo constan:

- Tarjeta de conexión de 25 extensiones analógicas (FXS).
- Tarjeta para conectar 11 troncales CO (FXO)
- Software *callmanager* versión 3.3.
- Software para administración de *callmanager.*
- Software para control tarifario.

Adicionalmente el equipo ICS 7750 incorpora en su configuración el software Cisco Unity voice mail para intercambio con mail Microsoft Exchange. El software Cisco Unity provisto esta configurado para soportar 16 sesiones simultáneas y 100 usuarios.

4.8.5.2.3.2 Transcoder

Router multiservicio modular Cisco 2610

Cuenta con un procesador RISC y DSP de alto rendimiento y procesadores auxiliares en varias interfaces, admite calidad de servicio (QoS), seguridad y las características de integración en la red que demandan las sucursales. Dispone de una capacidad de procesamiento de hasta 15.000 pps (paquetes por segundo); dispone además, de dos ranuras para tarjetas de interfaz WAN (WIC), una ranura para el módulo de red y una ranura para un módulo de integración avanzada (AIM).

Especificaciones técnicas

Tabla 4.6: Densidades máximas de puertos de la serie Cisco 2600

Aplicación	*Nº máx. admitido*
Llamadas de voz simultáneas (digitales/analógicas)	60/4
Conexiones T1/E1 (incluyendo ATM)	8
Modems integrados	16
RDSI PRI (canales B)	64
RDSI BRI	10
Serial asíncrona	37
Serial síncrona	12

- Procesador principal: 40 MHz RISC
- Memoria Flash: 16 MB
- Memoria de sistema (DRAM): de 32 a 64 MB
- Ranuras para tarjetas de interfaz WAN: 2
- Ranuras para módulos de red: 1
- Ranura AIM: 1
- Consola/velocidad auxiliar: 115,2 Kbps (máxima)

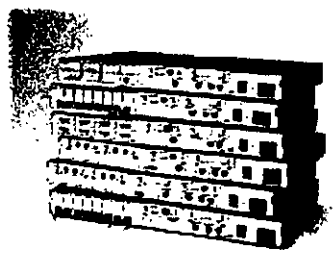


Figura 4.21. Transcoder Cisco 2610

4.8.5.2.3.3 Teléfonos IP.

La serie de teléfonos IP se compone de dispositivos de comunicaciones basados en estándares. Estos pueden Inter-operar con los sistemas de telefonía IP basados en la tecnología Cisco CallManager, H.323 o el protocolo Session Initiated Protocol (SIP) y, el protocolo Media Gateway Control Protocol (MGCP), con actualizaciones de software iniciadas en el sistema.

Los teléfonos seleccionados y sus características son:

- **Cisco 7912.**

El modelo Cisco 7912 con características orientadas principalmente a satisfacer las necesidades de los usuarios. Soporta la conectividad ethernet a través de la red LAN, alimentación en línea a través de los puntos de acceso a la red, permitiendo su fácil inclusión en las diferentes estaciones de trabajo.

Cuenta con una pantalla de cristal líquido basada en píxeles que muestra la fecha y la hora, el nombre y el número de la persona que realiza la llamada, y los dígitos marcados.

Figura 4.22.Teléfono IP Cisco 7912

- **Cisco 7960**

El modelo Cisco 7960 con características orientadas principalmente a satisfacer las necesidades de operadora. Ofrece seis botones programables de línea/característica y cuatro teclas de software que guían al usuario a través de las diferentes características y funciones de las llamadas.

También cuenta con una gran pantalla de cristal líquido basada en píxeles. Dicha pantalla muestra la fecha y la hora, el nombre y el número de la persona que realiza la llamada, y los dígitos marcados. La capacidad gráfica de la pantalla permite la inclusión de características actuales y futuras.

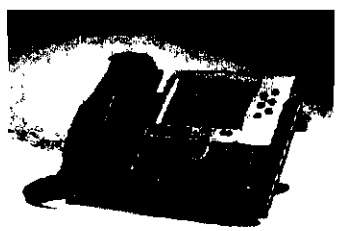


Figura 4.23. Teléfono IP Cisco 7960

- **Cisco 7940.**

El modelo Cisco 7960 con características orientadas principalmente a satisfacer las necesidades de ejecutivos y directores. Presenta características similares a las del modelo anterior, siendo su única diferencia la de disponer de dos botones de línea y característica programables capaces de realizar cuatro llamadas simultáneas y

cuatro teclas de software interactivas que guían al usuario a través de las características y funciones de las llamadas.

Figura 4.24. Teléfono IP Cisco 7940

4.8.5.2.3.4 Conexiones para el servicio de fax.

La conexión de los equipos de fax a la nueva red, se realizará a través del router Cisco 827-4V principalmente por sus características relacionadas con los servicios e interfaces de voz, que incluyen características de conmutación de circuitos, extensiones PBX, y líneas telefónicas adicionales sobre pares de cobre. Esta última característica se empleará para integrar los equipos de fax y telefonía heredados de la antigua red.

Cuatro interfaces de telefonía analógica (FXS)	Provee características de conmutación derivadas de VoIP, que permiten la integración de terminales analógicos a la nueva red de telecomunicaciones
Señalización basada en H.323 (H.225).	Permite un ambiente de integración con el de la señalización empleada en VoIP
DSPs y Codecs de compresión de voz G.711, G.729, G.723.1	Proporciona hardware basada en compresión con la finalidad de brindar varias líneas de voz sobre un simple par de cobre

Nota: para más información acerca de las características técnicas y funcionalidades de los equipos seleccionados se recomienda revisar el Anexo D

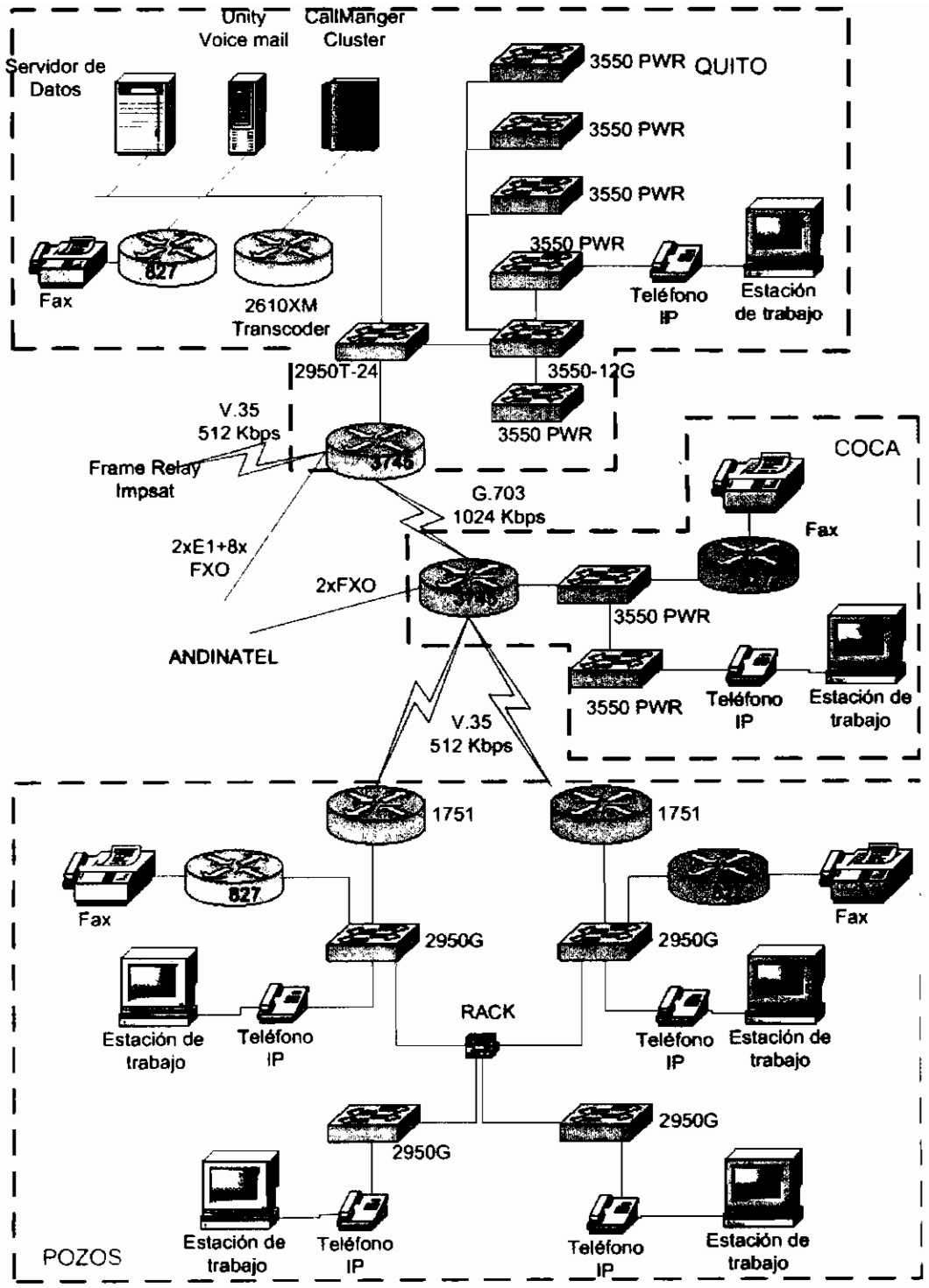


Figura 4.26. Distribución de los equipos seleccionados.

4.8.6 BENEFICIOS DE LA RED INTEGRADA DE TELECOMUNICACIONES.

Las soluciones VoIP permiten que las empresas potencien sus inversiones actuales en tecnología y puedan migrar a una red completamente convergente a su propio ritmo. Estas soluciones proporcionan una amplia gama de ventajas que pueden resumirse en dos áreas: la ventaja competitiva y el retorno de la inversión.

Ventaja Competitiva

Las aplicaciones y servicios IP integrados mejoran la productividad y la atención al cliente, e incluyen:

- Una potente solución de mensajería unificada que aumenta la eficiencia y capacidad de respuesta del empleado mediante el envío de los mensajes de correo electrónico, voz y fax a un solo buzón de entrada y un servicio inteligente de mensajería de voz (un buzón de voz completo con funciones avanzadas)
- Una aplicación de telefonía que ayuda a los usuarios a gestionar cómo y cuándo desean ser contactados
- Ofrece enrutamiento inteligente de llamadas, integración de telefonía-ordenador de red, y gestión de contactos multimedia para conectar a los agentes del centro a través de una red IP
- Distribuidor de llamadas (callmanager) económico, sencillo de instalar y fácil de usar
- Solución intuitiva de conferencia de audio que incrementa la productividad y es más rentable que los tradicionales servicios de abonado
- Aplicación basada en Windows para el PC. Se utiliza como una estación independiente o en combinación con el teléfono IP.
- Un menor tiempo para añadir nuevos usuarios a la red a través de un sistema de agregación, movimientos y cambios.

- Rápida instalación de nuevos servicios. Al utilizar una infraestructura IP común y una interfaz de estándares abierta es posible desarrollar aplicaciones innovadoras e implantarlas rápidamente.
- Los usuarios pueden acceder a todos los servicios de la red, siempre que tengan acceso a la red.

Retorno de la Inversión

- Menores costes globales en la infraestructura de la red. Al implantar una sola red de voz y datos en todas las ubicaciones se consigue reducir los costes de capital. Además, como el teléfono y el PC comparten el mismo cable Ethernet, los costes de cableado disminuyen.
- Reducción de los costes de administración de la red. Ahorros a corto y largo plazo en la administración de una red, un solo proveedor, un solo contrato de mantenimiento, cableado común, reducción en la transacción de llamadas, menor complejidad de integración de una aplicación.
- Una ruta de migración transparente desde la actual solución de Telefonía Tradicional a la solución VoIP. La solución de VoIP se ha diseñado para ofrecer una estrategia de migración de bajo riesgo desde la actual infraestructura. Como resultado, es posible migrar a un ritmo sostenido, con una solución que se ampliará para asumir los cambios que tengan lugar en su empresa.

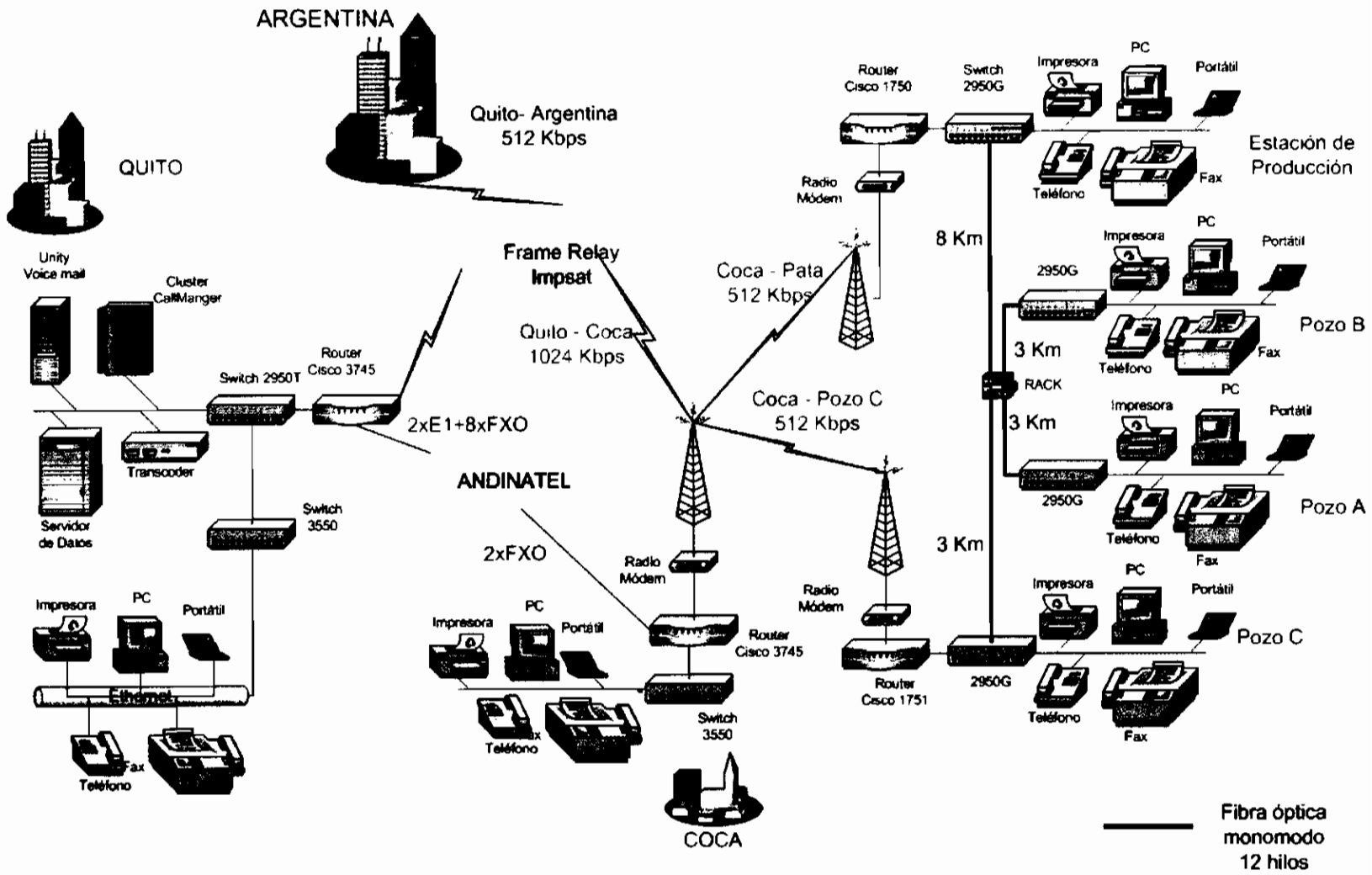
Usuarios

- Dado que los empleados cambian con frecuencia de oficina o de lugar de trabajo dentro de un mismo edificio, la telefonía por IP les permite llevarse su número de extensión sin que el departamento de soporte técnico tenga que cambiar manualmente la base de datos en cada traslado.
- La mensajería unificada permite a los empleados acceder a los correos electrónicos cuando están fuera de su puesto de trabajo. Los correos electrónicos pueden leerse desde el teléfono utilizando la tecnología 'texto a

voz' para que los empleados que trabajan fuera de la oficina puedan acceder a sus correos electrónicos desde sus teléfonos móviles.

- Dado que la recepcionista o secretarias están constantemente recibiendo llamadas de los empleados pidiendo números de extensión, la telefonía por IP puede proporcionar servicios de directorio en los teléfonos para que puedan buscar las extensiones por sí mismos. Web Attendant permite que los recepcionistas puedan estar físicamente en cualquier parte de la organización sin la necesidad de tener mesas especiales. Esto significa que cualquier empleado de una oficina remota puede sustituir a la recepcionista si éste necesita tomarse un descanso.

4.8.7 ESQUEMA DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES VOIP PARA LA EMPRESA MODELO.



5 CAPÍTULO V: ANÁLISIS REFERENCIAL DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN VOX[31].

5.1 INTRODUCCIÓN.

Concluido el diseño de la red que integrará los servicios de voz y datos utilizando la tecnología VoIP, para la empresa modelo, puede notarse que varios equipos deben ser adquiridos entre los que constan: equipos de datos, de conmutación, de interfaz de usuario, software, etc.

Considerando además, la variedad de distribuidores de equipos de red; creemos conveniente incluir un análisis referencial del costo integral de la solución propuesta. Este incluirá el valor de inversión ha realizarse en equipos, servicios de instalación, servicios de capacitación, entre otros, resumidos en diferentes tablas que se muestran en las secciones posteriores.

5.2 EQUIPOS PARA LA RED LAN

Dentro de esta sección se incluye básicamente los equipos de conmutación que constituirán la base LAN, de la nueva red VoIP y cuyas características técnicas se describieron en el capitulo 4. (Sección 4.8.5)

[31] Referencia: IBM del Ecuador C.A. Distribuidor autorizado de equipos Cisco.

Tabla 5.1. Costo de los equipos para las redes LAN[32].

Equipos para redes LAN				
Item	Descripción	Cantidad	Precio unitario $	Precio total $
1	**Switch Central 3550, Matriz Quito.**			
	10 puertos GBIC y 2 puertos 10/100/1000 BaseT	1	4514,01	4514,01
	1000BASE-SX Short Wavelength GBIC (sólo multimodo)	5	225,81	1129,05
	Total Switch Central C3550-12G.			*5643,06*
2	**Switch de Piso 3550, Matriz Quito.**			
	24 puertos 10/100 power inline + 2 puertos GBIC: SIM	5	1578,44	7892,2
	1000BASE-SX Short Wavelength GBIC (sólo multimodo)	5	225,81	1129,05
	Total Switch C3550-24PWR			*9021,25*
3	**Switch 2950T-24, Matriz Quito.**	1	584,86	*584,86*
4	**Switch 3550, Pozos.**			
	24 puertos 10/100 power inline + 2 puertos GBIC: SIM	1	1578,44	1578,44
	1000BASE-LX/LH long haul GBIC (monomodo o multimodo)	2	449,37	898,74
	Gigabit Ethernet Multimode Conditioning Cable	2	221,54	443,08
	Total Switch C3550-24PWR			*2920,26*
5	**Switch 3550, Pozos.**	1	1578,44	*1578,44*
6	**Switch 2950G, Pozos**			
	Catalyst 2950, 12 10/100 con 2 slots GBIC	3	1036,48	3109,44
	1000BASE-LX/LH long haul GBIC (monomodo o multimodo)	4	449,37	1797,48
	Gigabit Ethernet Multimode Conditioning Cable	4	221,54	886,16
	Total Switch C2950G-12			*5793,08*
7	**Switch C2950G-12, Pozos backup**	1	1036,48	*1036,48*
8	**Fuente de poder**			
	Fuente de poder redundante de 675W con 1 cable conector	1	855,83	855,83
	1 RPS 675 cable conector 16/14	3	33,87	101,61
	Total Fuente de Poder			*957,44*
Total Switches para LAN				**27534,87**

5.3 EQUIPOS DE TELEFONÍA IP.

Esta sección contempla todo lo referente con el sistema de telefonía de la nueva red. La tabla incluye todo el equipamiento necesario de la infraestructura central que soporta VoIP, a través de la infraestructura AVVID de Cisco, equipo de enrutamiento, software de telefonía y administración, equipos de usuario, así como las respectivas licencias de autorización para el uso de los equipos que así lo requieran.

[32]Referencia: IBM del Ecuador C.A. Distribuidor autorizado de equipos Cisco.

Tabla 5.2. Equipo de telefonía IP.

Equipos para Telefonia IP				
Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario $	Precio Total $
1	**Router cisco 827-4V, E1, 1ADSL, 4 puertos de voz**	7	451,18	*3158,26*
2	**Teléfonos IP 7912G**			
	Cisco IP Phone 7912G	100	110,65	11065
	Licencia de la Unidad 7912G	100	36,3	3630
	Total Teléfonos IP 7912G			*14695*
3	**Teléfonos IP 7960G**			
	Cisco IP Phone 7960G	2	187,43	374,86
	Licencia de la Unidad 7960G	2	68,06	136,12
	Total Teléfonos IP 7960G			*510,98*
4	**Teléfonos IP 7940G**			
	Cisco IP Phone 7940G	10	142,26	1422,6
	Licencia de la unidad 7940G	10	68,06	680,6
	Total Teléfonos IP 7940G			*2103,2*
5	**Accesorios Adicionales de Teléfonos IP**			
	Módulo de Expansión de teléfono IP 7914 para 7960	4	178,39	713,56
	Footstand Kid para 2 7914s	2	17,16	34,32
	IP Phone Power cord	24	20,32	487,68
	7900 Series Transformer Power Cord	24	4,52	108,48
	Total Accesorios Adicionales de Teléfonos IP			*1344,04*
6	**Router 3745, Quito.**			
	Router Multiservicio Serie 3700, 4-slots, Dual FE.	1	5701,67	5701,67
	Sistema de alimentación redundante.	1	380,11	380,11
	Serie 3745 IOS IP PLUS	1	427,63	427,63
	Módulos de Red Voz/Fax	3	475,14	1425,42
	Tarjetas de interfaz de Voz – FXO	6	190,06	1140,36
	Módulos de Red Voz/Fax, Puerto Dual 60 canales E1.	1	5701,67	5701,67
	Dos puertos RJ-48 Multiflex Trunk - G,703.	1	1425,42	1425,42
	2 - PORT SERIAL WAN INTERFACE CARD	1	332,6	332,6
	E1 Cable Rj-45 para BNC Dual (Desbalanceado)	4	44,31	177,24
	Cable V.35, DTE macho a Smart Serial, 10 feet	2	44,31	88,62
	Total Router Cisco 3745, Quito			*16800,74*
7	**Transcoder, Quito.**			
	Router Ethernet 10/100 w/ Cisco IOS IP	1	947,9	947,9
	Cisco 2600 Ser IOS IP VOICE	1	237,57	237,57
	DRAM 32 a 128MB	1	1354,15	1354,15
	FLASH 16 a 32 MB	1	237,57	237,57
	Network Module 54 Port DSP Farm Bundle	1	3561,17	3561,17
	Total Transcoder, Quito.			*6338,36*
8	**CALLMANAGER / UNITY VOICE MAIL, Quito**			
	Chasis ICS, SPE310, SSP, SAP, CD-ROM drive	1	8338,6	8338,6
	Fuente de poder AC	1	521,38	521,38
	Unity ICS UM 16 puertos x 100 usuarios	1	8481,11	8481,11
	MRP300 con 8 FXO-M1 onboard ports y un slot VWIC	1	2429,63	2429,63
	4 puertos VIC FXO M1	1	556,14	556,14
	4 canales de paquetes de voz / Modulo DSP FAX	1	264,28	264,28

Equipos para Telefonia IP. Continuación				
Item	**Descripción**	**Cantidad**	**Precio Unitario $**	**Precio Total $**
	Sistema de procesamiento engine 310 (512MB de RAM)	1	3472,39	3472,39
	tarjeta de 16 puertos FXS	1	3472,39	3472,39
	tarjeta de 8 puertos con 1 slot VIC/WIC	1	2429,63	2429,63
	Tarjeta de 2 puertos para interfase de voz - FXS	1	278,07	278,07
	4 canales de paquetes de voz / Modulo DSP FAX	1	264,28	264,28
	Total de Callmanager / Unity Voice Mail			*30507,9*
9	**ROUTER 3745 POZO C**			
	Serie 3700, 4-Slot, Multiservice Access Router	1	5701,67	5701,67
	Fuente de poder AC redundante para el Cisco 3745	1	380,11	380,11
	IOS IP PLUS para el Cisco 3745	1	427,63	427,63
	Network Module 36 ports DSP Farm Bunble	1	2848,46	2848,46
	2 puertos RJ-48 Multiplex Trunk- G.703	1	1425,42	1425,42
	Tarjeta de 2 puertos para interface serial WAN	1	332,6	332,6
	Cable RJ45 E1para dual BNC	2	44,31	88,62
	cable V.35, DTE macho para Smart serial, 10 pies	2	44,31	88,62
	Total De Router 3745 Pozo C			*11204,51*
10	**ROUTER 1751 PATA / POZO C**			
	10/100 Modular Router w/3 slots, IOS IP, 16F/32D	2	675,18	1350,36
	Cisco 1700 32MB a 64MB de DRAM	2	429,05	858,1
	Tarjeta de 2 puertos para interface serial WAN	2	332,6	665,2
	Cable V.35, DTE macho para Smart serial, 10 pies	2	44,31	88,62
	Total Router 1751 Pata / Pozo C			*2962,28*
Total Equipo de telefonía IP				**89625,27**

5.4 SERVICIOS DE INSTALACIÓN Y CAPACITACIÓN.

Puesto que la solución para la red propuesta utiliza equipos y software de administración que requerirá supervisión y manejo por parte del departamento de sistemas y telecomunicaciones de la empresa, es necesario realizar la capacitación adecuada que permita gestionar correctamente el sistema, así como solucionar los posibles inconvenientes que puedan darse. En esta sección se incluye, además, el costo de instalación de los equipos que conforman la red VoIP.

Tabla 5.3. Servicios de instalación y capacitación[33].

SERVICIOS DE INSTALACIÓN Y CAPACITACIÓN.				
Item	**Descripción**	**Cantidad**	**Precio Unitario $**	**Precio Total $**
1	**SERVICIO DE INSTALACIÓN DE SWITCHES**			
	Switch Central Matriz Quito	1	770,4	770,4
	Switches de Piso Matriz Quito	5	385,2	1926
	Switch 2950T Matriz Quito	1	96,3	96,3
	Switch 3550 Coca	2	385,2	770,4
	Switch 2950G Pozos	3	96,3	288,9
	Switch 2950G Pata	1	96,3	96,3
	fuente de Poder	1	96,3	96,3
	Gerencia de Proyecto	1	353,1	353,1
	TOTAL SERVICIO DE INSTALACIÓN DE SWITCHES			*4397,7*
2	**SERVICIO DE INSTALACIÓN TELEFONÍA IP**			
	Planificación y diseño detallado	1	1155,6	1155,6
	Conexiones a E1 y Pruebas	1	577,8	577,8
	Instalación de telefonos IP	112	15,89	1779,62
	Instalación CallManager/Unity Quito	1	3081,6	3081,6
	Configuraciones Avanzadas	1	3852	3852
	House Call	1	3852	3852
	Voice Gateway y Faxes Quito – Coca	7	288,9	2022,3
	Router 3745 Quito	1	577,8	577,8
	Router 3745 Coca	1	577,8	577,8
	Transcoder Quito	1	288,9	288,9
	Router 1751 Pata	1	288,9	288,9
	Router 1751 Pozo C	1	288,9	288,9
	Gerencia de Proyecto	1	1765	1765
	TOTAL SERVICIO DE INSTALACIÓN TELEFONÍA IP			***20108,22***
3	**SERVICIO DE CAPACITACIÓN POR PERSONA**			
	Building Cisco Multilayer Switched Networks	1	1189,19	1189,19
	CVOICE Cisco Voice sobre Frame Relay, ATM, y IP	1	1306,69	1306,69
	Cisco Telefonía IP v3.2	1	1306,69	1306,69
	Sistema de administración Unity Cisco	1	972,42	972,42
	Cisco Unity System Engineer	1	972,42	972,42
	TOTAL SERVICIO DE CAPACITACIÓN			*5747,41*
TOTAL SERVICIOS				**30253,33**

[33] Referencia: IBM del Ecuador C.A. Distribuidor autorizado de equipos Cisco.

5.5 CUADRO DE RESUMEN.

La tabla 5.1 describe los precios totales correspondientes a la implementación del rediseño de la empresa modelo.

Tabla 5.1. Precios finales de la red VoIP para PETROBRAS-ENERGÍA.

Precio Total del equipamiento de red.	$ 117.160,14
Precio Total Servicio de instalación	$ 24.505,92
Precio Total Servicio de Capacitación	$ 5.747,41
Precio Total	$ 147.413,47

Observaciones Generales:

- Los precios de cada una de las tablas no incluyen IVA.
- La forma de pago tanto de los productos así como los servicios de instalación y capacitación se realizarán en forma íntegra, el momento de la entrega de los equipos o la culminación de los servicios prestados, según corresponda.
- Garantía Técnica.- En promedio los distribuidores de equipos de red ofrecen una garantía de 3 años en partes y piezas de cada equipo

En cuanto al ahorro en tarifas telefónicas que se obtendría al utilizar la nueva red integrada de voz y datos, se nota una seria dismunición en lo referente a llamadas regionales e internacionales pues su consumo representa un alto egreso mensual y bajo la nueva estructura, que utiliza la red de datos propia de la empresa, éste consumo se reduciría como muestra la tabla 5.2.

Tabla 5.2. Consumo telefónico de Petrobras – Energía.

Consumo tarifado	**Consumo telefónico actual. [$]**	**Consumo programado con la nueva red. [$]**	**Ahorro [%]**
Regional (Quito – Coca)	2000	100	95
Internacional (Quito – Argentina)	5000	250	95
Local	1400	1190	15
Total mensual	*8400*	*1540*	*82*
Total anual	**100800**	**18480**	**82**

Como podemos ver el ahorro económico estimado al año (82%), únicamente en telefonía, permitiría una recuperación de la inversión a mediano plazo como muestra el análisis de la tabla 5.3.

Tabla 5.3. Recuperación de la inversión.

Años	*Consumo telefónico actual. [$]*	*Gasto programado con la red integrada. [$]*	*Utilidad. [$]*
Primero*	100800	165894	- 65094
Segundo	100800	18480	82320
Tercer	100800	18480	82320
Cuarto	100800	18480	82320

* Durante el transcurso de éste año se considera los costos de la inversión en implementación ($ 147414) y lo correspondiente al consumo telefónico programado ($ 18480).

El análisis de tabla 5.3 demuestra plenamente los beneficios económicos de la red integrada de telecomunicaciones, pues en menos de dos años, los gastos que conllevan su implementación serían cubiertos. A partir de esto el ahorro que representa la nueva red puede ser destinado a otros gastos, ya sea en beneficio de la red integrada (ampliación, gestión, administración, etc.) o en otros aspectos en los que la Empresa Modelo considere pertinente su inversión.

6 CAPITULO VI

6.1 CONCLUSIONES

- Las comunicaciones de voz sobre redes de datos es una tecnología con una experiencia ya demostrada en instalaciones operativas donde se está aprovechando las infraestructuras de las compañías para poder introducir conversaciones de voz corporativas. El crecimiento y fuerte implantación de las redes de datos, el desarrollo de técnicas avanzadas de digitalización de voz, mecanismos de control y priorización de tráfico, protocolos de transmisión en tiempo real, así como el estudio de nuevos estándares que permiten la calidad de servicio en redes de paquetes, han creado un entorno donde es posible transmitir voz sobre redes de datos. Como las redes de datos y de voz se han desarrollado como sistemas de comunicación aislados, la intención de integrar dichos sistemas debe comprender los objetivos y necesidades de cada sistema. Por tanto, el diseño seguro y la planeación deben darse para que la calidad y la disponibilidad de las redes de voz no se vean afectadas.

- Los avances relativos a la compresión de información y en particular los relacionados con los codecs de voz, han impulsado el desarrollo de las tecnologías VoX y el interés por las ventajas que propone para las comunicaciones de voz como alternativa a la telefonía tradicional.

- Múltiples tecnologías, protocolos y estándares han aparecido para tratar de solventar problemas que presenta la integración de voz en redes de datos, en cuanto a direccionamiento, control de admisión, interconexión con redes existentes, intercambio de capacidades, etc. VoIP, VoATM y VoFR, constituyen las principales tecnologías de integración de voz en redes de datos, cada una con características, ventajas, posibilidades de aplicabilidad y adaptación específicas. Estas diferencias se resaltan a medida que la red crece, en donde la administración de las relaciones entre voz y datos manejadas en forma independiente llegan a ser difíciles de tratar. En redes pequeñas, una solución VoFR de tipo centralizada, podría ser lo más adecuado. En redes de tamaño más grande, la escalabilidad de

los usuarios a interconectarse y el enrutamiento de llamadas centralizado, convierte VoIP en una alternativa más coherente. La aplicabilidad de VoATM tiene mayor relación con el tipo de control de red que se necesita para las aplicaciones de telefonía. Los elementos QoS asociados con las capas de adaptación ATM (AAl) permiten asignar prioridades y políticas de tráfico en la capa enlace. Estas normas QoS se pueden implementar exclusivamente en los protocolos ATM, permitiendo garantías de rendimiento en términos de pérdida de celda, retraso de celda y variaciones de retraso de celda.

- Como se puede ver en el capítulo 3, la selección de una tecnología VoX comprende el análisis de varias características y facilidades que presenta el escenario en el que se aplicarán. Más allá del costo económico de una u otra solución VoX el decidir si VoIP, VoATM o VoFR son apropiadas para una red específica conlleva el comparar los méritos y defectos relativos de cada tecnología y medirlos basándose en la importancia que tienen dentro de la red.

- Cualquiera que sea la tecnología VoX aplicable a su red, requiere de una base de diseño que cumpla ciertas características específicas sobre las cuales se garanticen los mínimos requisitos de QoS y GoS que una aplicación en tiempo real necesita. La infraestructura de la red de telecomunicaciones integrada por tanto debe ser lo suficientemente fiable, de administración flexible conforme crece, no muy compleja permitiendo un enrutamiento estable, y buscando un nivel adecuado de interacción con los usuarios de la red (compatibilidad red – usuario).

- Diseñar una red VoX, requiere un proceso de planificación y análisis previo de las condiciones del ambiente en el que será puesta en operación. Una correcta planificación facilitará la posterior implementación del proyecto, pues permite identificar posibles fallas y errores que serían complicados de resolver sobre la marcha. Por tanto, no es recomendable hacerlo apresuradamente.

- La selección de VoIP como tecnología base para el rediseño de la red de telecomunicaciones de la empresa modelo se ha dado siguiendo los lineamientos propuestos (obsérvese el capitulo 4, sección 4.6 y tabla 4.1), y principalmente porque VoIP puede utilizarse para integrar redes de voz heredadas y las redes de datos utilizando además, las ventajas de nuevas aplicaciones multimedia y herramientas de comunicaciones. Por otra parte las versiones de hardware y software de teléfonos IP soportan características de telefonía tradicional y aplicaciones multiservicio, así como una interfaz amigable de usuario - red.

- Los codecs de baja tasa de bits (G.723.1, G.729, G.729A) no deben incurrir en más de dos codificaciones sucesivas. Este tipo de codecs no deben utilizarce en la red de voz cuando se realiza transferencia de llamadas o se dispone de un buzón de voz o administración de costo de llamada. Con éstos codecs no se deberían transferir llamadas entre sitios más de una vez y por tanto no se pueden dirigir al sistema de buzon de voz. En este aspecto radica la importancia de un DSP dentro de la red integrada; pues es éste el encargado del cambio de codificación de la señal de voz entre los distintos tipos de codecs.

- Aun cuando nuestro rediseño se ha restringido a una marca de equipos (Cisco Systems), se debe notar que la estructura del esquema VoIP no varía sino en función de los sistemas de señalización. H.323 y SIP se diseñaron teniendo como objetivo el desarrollo de terminales que estuvieran directamente conectados a la red IP e intercambiaran tráfico de voz directamente entre sí o bien con terminales tradicionales mediante el uso de gateways. Por el contrario, el objetivo inicial de MEGACO y MGCP (H.248) fue la utilización de redes de paquetes como redes troncales para la transmisión de tráfico de voz originado en terminales y redes tradicionales.

- Hemos considerado importante el hecho de que el equipamiento para la red base de una VoX, debe realizarse en forma íntegra y no tratar de utilizar en conjunto equipos con capacidad de sólo datos o sólo voz.

Tampoco es una buena idea el utilizar un gateway para voz y datos combinados, pues tal combinación no garantiza los requisitos mínimos para el tráfico de voz, generando problemas como retardo, fluctuación de fase, ininteligibilidad, etc.

- Dentro del ambiente LAN, para manejar el volumen de tráfico que se genera con VoIP, el backbone de la red debe ser lo suficientemente rápido. Los Switches de la red deben tener una línea base que soporte *callmanager cluster,* múltiples servidores de intercambio, servidores de mensajería unificada y VLANs entre las localidades.

- El ancho de banda para la comunicación hacia y entre los callmager cluster debe estar garantizado por lo que el manejo de VLAN's es esencial. La alternativa adecuada, y que ha sido señalada en nuestro estudio (Capitulo 4, sección 4.8.3.3), es el manejo de equipos de telefonía y de datos por separado agrupados en VLAN's; utilizando VLAN's separadas para el tráfico de datos y no más de una para el tráfico IP de voz.

- El costo referencial de nuestro estudio, nos permite concluir que la implementación de una red VoIP conlleva una fuerte inversión económica inicial tanto en equipamiento, configuración, software de administración, capacitación, licencias de uso, etc. Esta inversión se justifica a mediano plazo en un ahorro significativo en telefonía, pues la mayor parte de este consumo se realiza al interior de la empresa; además, de obtener servicios agregados, como mensajería unificada, integración de telefonía – ordenador de red, rápida instalación de nuevos servicios, etc.

6.2 RECOMENDACIONES.

Durante el desarrollo de nuestro estudio hemos enfrentado situaciones conflictivas que nos llevan a recomendar lo siguiente:

- Se recomienda conocer o revizar aspectos básicos de la telefonía tradicional, como lo referente a las funciones de llamadas disponibles para los usuarios telefónicos, los protocolos de conexión y desconexión de llamadas en las redes de voz tradicionales, sistemas de señalización, así como los diferentes métodos o técnicas que permiten evaluar la calidad de una conversación.

- El estudio de las tecnologías VoX, requiere un alto grado de entendimiento de networking, por lo que se recomienda tener presente conceptos relacionados con los modelos referenciales de redes, la operación de las redes de datos, protocolos de enrutamiento, transmisión y procesamiento de datos, direccionamiento y funciones de interconectividad.

- De darse la implementación de un diseño de red VoX, cualquiera que sea, es recomendable adquirir los conocimientos necesarios en cuanto al manejo de equipos de internetworking, configuración de ruteadores, manejo de base de datos, servidores, software de administración de redes y los equipos relacionados con la configuración de la red.

- La implementación de una red VoIP, no sólo corresponde a la instalación del hardware de red; sino que una parte importante, tal vez la esencial, es la configuración del software que conforma el núcleo del procesamiento de llamadas (en nuestro caso el *callmanager*), por lo cual es recomendable una eficiente capacitación para su manejo y administración.

- Para manejar el volumen de tráfico que se genera con VoIP. Se recomienda que los switches tengan preferentemente puertos con velocidades de 10/100 Mbs y con comunicación Full-duplex.

- Así mismo se recomienda que, dichos switches permitan priorizar la voz a Nivel 2 (802.1p/Q), esto permite que cuando en un puerto haya conectado

un teléfono IP y detrás de éste un PC, el switch priorice los paquetes de voz frente a los de datos. También deben permitir la utilización de VLAN (LAN virtual) con el fin de separar el tráfico de voz en una VLAN de voz y el de datos en otra VLAN de datos

- Recomendamos, además, buscar nuevas alternativas de distribuidores y marcas de los diferentes elementos de red cuyo costo, beneficios y demás características pueden resultar convenientes, y no han sido contempladas en nuestro estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

TEXTOS DE CONSULTA.

- ✓ KEAGY, Scott. "Integración de redes de voz y datos." Primera edición. Pearson educación S. A. Madrid 2001.
- ✓ PADJEN, Robert; KEEFER, Larry. "Cisco AVVID and IP telephony. Desing and Implementation." Primera Edición. Syngress Publishing, Inc. EEUU 2001.
- ✓ ROWEL II, STANFORD H. "Telecomunication for Managers." Cuarta 0Edición. Prentice – Hall . EEUU 2000.
- ✓ MOYA, José. "Redes Y Servicios de Telecomunicaciones." Segunda Edición. Paraninfo S.A. España 2000.
- ✓ FORD Merilee; LEW, Leim; SPANIER, Esteve; STEVENSON Tim. "Tecnologías de interconectividad de Redes." Prentice – Hall, México 1998.
- ✓ COMER, Douglas E. "Redes globales de información con internet y TCP/IP." Tercera Edición. Prentice – Hall. Mexico 1998.
- ✓ STALLINGS, William. "Data and Computer Communications". Sexta Edición. Prentice-Hall. 2000
- ✓ TANENBAUM, Andrew. "Computer Networks". Tercera Edición. Prentice-Hall. 1996

Tesis afines.

- ✓ OLALLA, Alexei. "Estudio y diseño para la migración de una red de telefonía tradicional a una red de telefonía IP para una entidad comercial." EPN. Quito 2002.

- ✓ AGUIRRE, Juan; PÉREZ, Edison. "Análisis de la transmisión de voz, datos y video sobre redes multiservicios utilizando el protocolo IPv6." EPN. Quito 2002.
- ✓ ORELLANA, Ana. "Analisis y simulación de compresión de voz utilizando códigos de predicción lineal. " EPN. Quito 2002.
- ✓ Revistas y publicaciones.
- ✓ Cisco Systems, Inc. "Introduction to CIPT components." Año 2001.
- ✓ EGAS, Carlos. "Teoría de la Información y codificación." Año 2000.

Sitios Web.

- ✓ http://www.cisco.com/
- ✓ http://www.data-compression.com
- ✓ http://datacompression.info/
- ✓ http://www.digits.com
- ✓ http://www-nrg.ee.lbl.gov/vat
- ✓ http://intelec.dif.um.es/~aike/tic/compresión.htm
- ✓ http://www.avaya.es/downloads/
- ✓ http://members.tripod.com/~scastro/
- ✓ http://www.adatel.es/
- ✓ http://www.idg.es/comunicaciones/
- ✓ http://www.alcatel.com
- ✓ http://www.lucent.com/

ANEXOS

ANEXO A

1 Tecnologías de compresión

Resulta difícil clasificar los distintos tipos de compresión que existen, debido a que, por un lado tenemos muchos algoritmos: LZ77, LZ78, LZW, Huffman, aritméticos, fractales, MPEG, JPEG, etc.

Además, hay muchas aplicaciones que utilizan la compresión con distintas expectativas: compresión de datos, vídeo y voz, compresión en tiempo real, etc. A su vez, cada uno de estos usos requiere unas características de velocidad, reversibilidad (que el algoritmo pueda ser aplicado de forma reversible para obtener los datos originales), pérdida mínima de información (en el caso de los algoritmos con pérdida de información, etc.).

Pero dentro de una y otra clasificación podemos distinguir varios aspectos:

a) Tipos de datos: Simbólicos o difusos. Los simbólicos representan textos, programas y archivos; cada símbolo tiene importancia por sí mismo. Los datos difusos tienen su origen en audio, voz, imágenes y video; cada dato es importante solo en conjunto con los demás, la información esta distribuida en todos los símbolos.
b) Tipos de compresión: entropía o fuente. La compresión de entropía aprovecha la redundancia que tienen los símbolos entre sí; utiliza métodos estadísticos para reducir el espacio usado por símbolos o secuencias de símbolos que se repiten con mayor frecuencia. No importa el origen de los datos, estos algoritmos son usados para comprimir datos simbólicos. Los algoritmos de compresión de fuente toman en consideración el origen y semántica de los datos, utilizando modelos del tipo de datos determinan cuales componentes son menos importantes y les restan resolución. Como resultado logran una gran compresión. Este tipo de compresión es muy empleado para compresión de datos difusos, pues los sistemas auditivos y visuales humanos no perciben la diferencia sí la perdida de calidad no es muy grande.
c) Calidad al comprimir: con pérdida o sin pérdida. Se refiere sí al descomprimir se obtendrán los mismos datos o no.

Debido a esto, se ha elegido una clasificación muy general tomando como característica de división la reversibilidad del algoritmo. Así, los algoritmos de compresión se pueden dividir en dos tipos:

- Compresores lossless o sin pérdidas, en el sentido de que guarda absolutamente toda la información original (es reversible). Se utilizan para la compresión de datos, en los que no se puede dar pérdida de información (simbólicos).
- Compresores lossy o con pérdidas. La compresión hace que se pierda información de la fuente original. Sin embargo, esta pérdida es insignificante en comparación con la ganancia en compresión. Se utiliza sobre todo en imágenes y sonido, donde se puede "engañar" a los sentidos, donde una pérdida de calidad apenas es percibida (pero ocasiona un ratio de compresión mucho mayor).

1.1 Compresión lossless

Hay básicamente dos tipos de algoritmos de compresión lossless:

- Compresores estadísticos.
- Compresores basados en diccionario ó sustitucionales.

1.1.1 Compresores estadísticos

Puesto que la medida de información se basa en las probabilidades, nos encontramos con compresores que utilizan las propiedades estadísticas de la fuente de información para mejorar la codificación de los mensajes de la fuente. Estos son los compresores estadísticos.

Este tipo de compresores parten de:

- Una fuente de información de *n* mensajes.
- Las probabilidades de aparición de cada mensaje de la fuente.
- Un *alfabeto* de salida que consta de una serie de símbolos.

Su objetivo es asignar una *codificación* para los mensajes de la fuente, que debe ser tal que explote la redundancia en la información dada por la fuente para producir compresión.

Entre los compresores estadísticos encontramos:

- Compresores del tipo Huffman ó Shannon-Fano
- Compresores aritméticos
- Compresores predictivos

1.1.1.1 Compresores Huffman y Shannon-Fano

El objetivo de ambos algoritmos es construir un árbol que representa la codificación que se ha realizado de los mensajes de la fuente, de manera que los nodos contienen cada uno de los mensajes emitidos por la fuente. En el caso más simple, el alfabeto de salida en el que se realiza la codificación es binario. Esto quiere decir que de cada nodo partirán dos ramas, una para el 0 y otra para el 1. El código para cada mensaje se construye siguiendo el camino desde el nodo raíz hasta la hoja que representa el mensaje.

Este esquema nos permite que si, a la hora de descomprimir, el decodificador Huffman o Shannon-Fano poseen el mismo árbol que se hizo para comprimir, la decodificación es tan sencilla como leer *bits* de la fuente a descomprimir y seguir el camino desde la raíz hacia abajo bifurcando hacia un lado o hacia otro dependiendo del valor del bit.

La codificación resultante de la aplicación de estos algoritmos asigna longitudes de codificación inversamente proporcionales a la probabilidad de aparición de cada mensaje. Es decir, el mensaje que más aparezca tendrá una codificación más corta, con lo que se ahorrará espacio en la transmisión. Recuérdese que los mensajes con más probabilidad son los que menos información daban, por eso, asignamos menos símbolos del alfabeto de salida en su codificación.

Huffman y Shannon-Fano difieren es en la manera de construir el árbol. Ambos construyen el árbol de manera que los mensajes con menor probabilidad quedan más abajo en el árbol, sin embargo, Huffman lo hace *botton-up* y Shannon-Fano *top-down*.

Huffman sigue los siguientes pasos:

1. Los símbolos se ordenan de acuerdo a su probabilidad de ocurrencia.
2. Recoge los dos nodos con menor probabilidad del árbol.
3. Construye entonces un nodo padre de ambos y se la asigna la probabilidad suma de ambos hijos.
4. El último paso es asignar códigos a los símbolos. Los códigos se asignan partiendo de la raíz hacia abajo.

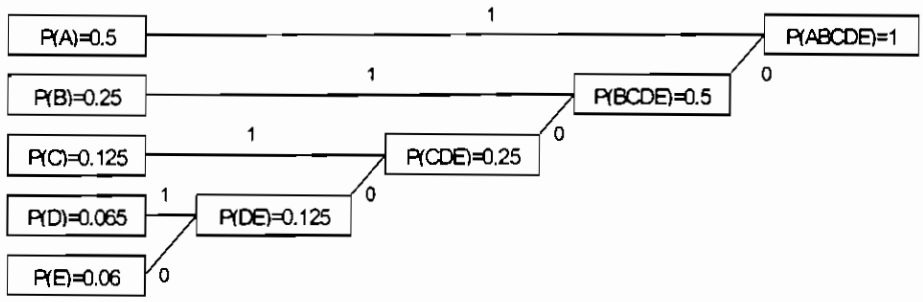
Este proceso hace que el árbol crezca y los nodos con menor probabilidad queden al fondo. Huffman es óptimo y alcanza la máxima eficiencia cuando las probabilidades de los mensajes son potencias negativas exactas de dos (½, ¼, etc).

La implementación de este algoritmo es muy sencilla si utilizamos una estructura de datos conocida como *heap*. Un *heap* es un árbol binario completo de tal manera que cualquier nodo es menor que cualquiera de sus hijos. En particular la raíz contendrá al menor de todos. Las inserciones y extracciones de un *heap* se hacen ambas en O(log2n).

Un ejemplo de la construcción de un árbol de Huffman lo podemos ver así:

Sean los mensajes y probabilidades siguientes:

A: 0.5; B: 0.25; C:0.125; D: 0.065; E: 0.06



Codigo.
A (1)
B (01)
C (001)
D (0001)
E (0000)
Mensaje original: ACDEBE
Código Huffman: 100100010000010000
Decodificado: 1-001-0001-0000-01-0000

➢ Shannon-Fano

Trabaja desde arriba hacia abajo. Al principio considera todos los mensajes en un solo conjunto. En cada paso, divide el conjunto en dos conjuntos que contengan casi la misma probabilidad (es claro que en general la exactitud no es posible). A cada uno de estos dos conjuntos les asigna un valor de bit: 0 ó 1. El proceso se repite recursivamente para cada conjunto generado. Al final se llegará a conjuntos de un solo elemento, los cuales representan cada uno a un mensaje. El árbol se construye así *top-down*. Al ir dividiendo por conjuntos que tengan probabilidad similar, contribuimos a conseguir conjuntos de menos elementos cuanta más probabilidad tengan. Cuantos menos nodos tenga un conjunto, más arriba quedará cada uno y su codificación será menor. Sigue más o menos el mismo principio, pero este ya no es óptimo.

El principal problema de estos algoritmos es que el compresor debe realizar primero un recorrido del fichero (o de la porción del mismo, si se realiza por bloques) a comprimir para reunir las frecuencias (o probabilidades) de los mensajes de la entrada. Como el descompresor no tiene esa posibilidad, ya que sólo recibe los códigos asignados a los mensajes, el árbol ya procesado o las frecuencias de cada mensaje, junto con los datos, deben ser pasados al descompresor. Esto introduce una sobrecarga que hay que evitar de alguna manera.

1.1.1.2 Compresores aritméticos

Al igual que los anteriores, los compresores aritméticos se basan en las probabilidades de ocurrencia de los mensajes a la entrada. Sin embargo, para producir una codificación toman un esquema totalmente diferente. Se basan en la representación de un valor del intervalo [0,1] con más decimales (más precisión) cuanto más información contengan los datos a comprimir. La idea es combinar todos los símbolos del mensaje, de modo que sean representados por un solo número (de gran precisión).

El proceso se inicia asignando probabilidades a cada símbolo del mensaje, de modo que sumadas den 1. Luego, se asigna un rango diferente a cada símbolo en el intervalo 0 a 1. El ancho del rango corresponderá a la probabilidad de cada símbolo.

La codificación se realiza símbolo a símbolo, agregando precisión a un rango de números conocido como *intervalo de mensaje.* Una vez finalizada la codificación, cualquier número de este intervalo podrá ser decodificado únicamente con el mensaje original.

a. En el primer paso: intervalo = [0.0 – 0.1]
b. Para codificar un nuevo símbolo en el paso i+1:
c. Ancho i+1 = [intervalo (i)] - [intervalo (i)]
d. Intervalo (i+1) = rango (i) x Ancho (i) + [intervalo (i)]

Así el intervalo ira reduciendose con cada nuevo símbolo. Una vez terminada la codificación, el codificador podra tomar cualquier número dentro del intervalo del mensaje, para enviarlo o almacenarlo. Este número representará únicamente al mensaje.

Ejemplo:

Se comprimirá la palabra *""COMPRESORA".*

La asignación de rangos a cada símbolo es:

símbolo	probabilidad observada	rango del símbolo
C	0.1	0.0 – 0.1
O	0.2	0.1 – 0.3
M	0.1	0.3 – 0.4
P	0.1	0.4 – 0.5
R	0.2	0.5 – 0.7
E	0.1	0.7 – 0.8
S	0.1	0.8 – 0.9
A	0.1	0.9 – 1.0

La codificación de los intervalos:

Símbolo	rango del símbolo	ancho del intervalo anterior	intervalo del mensaje
			0.0 – 0.1
C	0.0 – 0.1	1.0	0.0 – 0.1
O	0.1 – 0.3	0.1	0.01 – 0.03
M	0.3 – 0.4	0.02	0.016 – 0.018
P	0.4 – 0.5	0.002	0.0168 – 0.017
R	0.5 – 0.7	0.0002	0.0169 – 0.01694
E	0.7 – 0.8	0.00004	0.016928 – 0.016932
S	0.8 – 0.9	0.000004	0.0169312 – 0.0169316
O	0.1 – 0.3	0.0000004	0.01693124 – 0.01693132
R	0.5 – 0.7	0.00000008	0.01693128 – 0.016931296
A	0.9 – 1.0	0.000000016	0.0169312944 – 0.016931296

Cuando el codificador tome el número verá que esta entre 1 y 0.1, que es justamente el rango de C y, por tanto, determinará que el primer símbolo del mensaje es C. Luego, resta el límite inferior del rango del símbolo al número y los divide por el rango del símbolo para reescalarlo. Se continúa extrayendo símbolos hacia la derecha hasta un indicador especial de termino, necesario pues puede que el proceso tengo un residuo.

Este algoritmo es muy eficiente, y no deja de ser curioso e ingenioso. Un problema es como codificar los mensajes largos, contando con una cantidad finita de bits para la precisión finita del número. La gran desventaja es su velocidad. La cantidad de operaciones matemáticas necesarias para codificar cada símbolo demora el proceso y exigen poder computacional.

1.1.1.3 Compresores predictivos

Los compresores predictivos son, al contrario que los anteriores, totalmente adaptativos. Procuran predecir el siguiente mensaje de la entrada tomando como base de conocimiento la entrada procesada hasta ese momento. Si el mensaje que se encuentra a la entrada coincide con el predicho, su codificación se podrá hacer con menos bits. Si no, su codificación se hará con más bits, que permitirán entonces sincronizar al descompresor para que mantenga sus tablas internas idénticas a las del compresor sin pasárselas explícitamente.

Poseen ciertas ventajas sobre los anteriores algoritmos, entre ellas su velocidad: al actuar sobre un mensaje cada vez y realizar una predicción que generalmente suele ser de cálculo sencillo, son capaces de dar una alta velocidad de compresión/descompresión. Velocidad y sencillez son dos conceptos que generalmente van unidos, por lo que estos algoritmos, a la vez que rápidos, resultan sencillos de programar, por lo que se pueden convertir en una solución barata para sistemas de compresión transparente en tiempo real, con unas relaciones de compresión aceptables.

Sin embargo, para algunas aplicaciones, no son tan aceptables las relaciones de compresión. Además, su mejora es sustancialmente difícil: la predicción es muy escurridiza en cualquier ámbito.

Un ejemplo de este tipo de compresores y quiza uno de los más rápidos que se haya diseñado se llama "predictor", y fue inventado en 1987 por Timo Raita y Jukka Teuhola, de la Universidad de Turku, en Finlandia. Fue patentado en 1993 por K. Thomas, y se usa en el *draft* de Internet "PPP Predictor Compression Protocol".

Su método de predicción es sencillo: predice el siguiente carácter a partir de los dos anteriores de la entrada. Para ello construye una matriz de 256*256 que guarda en cada casilla m[i,j] el byte que anteriormente siguió a dos entradas consecutivas de valores ASCII i y j. Cuando se va procesando la entrada, el algoritmo siempre sabe qué dos mensajes precedieron al actual (salvo para los dos primeros mensajes de la entrada, pero esto no es problema), por ejemplo p1 y p2. Con esta información, su predicción para el carácter actual, pongamos c, será m[p1,p2]. Si acierta, es decir, si c = m[p1,p2], la salida será sólo un bit, que, puesto a 1 informa de que se ha logrado predecir el mensaje actual. Si no acierta, su salida será un bit puesto a 0, indicando que no se predijo y a continuación el mensaje no predicho. Además, actualiza la tabla para que la vez siguiente sea capaz de predecir: m[p1,p2] = c. Con esta información es capaz de sincronizar al descompresor de manera que la tabla que ambos poseen en memoria es idéntica.

El descompresor parte de la tabla vacía inicial, igual que el compresor. Al recibir un bit a 1, sabe que el mensaje que se transmitió es el que se encuentra en la tabla en la posición indicada por los dos últimos mensajes resultado de la descompresión realizada hasta el momento. Si recibe un bit a 0, sabe que la siguiente información será el mensaje tal cual, y podrá actualizar su tabla al igual que el compresor.

Ambos, compresor y descompresor deben comenzar con la misma matriz de predicción. Además, los valores presentes en esta matriz *a priori* van a condicionar gran parte del proceso.

Normalmente es inicializada a un valor que es muy probable: en ficheros de texto se puede inicializar toda a espacios, y en ficheros binarios al ASCII 0.

Puede parecer a simple vista que este esquema es "demasiado sencillo para funcionar". Sin embargo, en realidad funciona bien y bastante rápido. La compresión y descompresión se hacen en tiempo real y, como un ejemplo, se dirá que, por ejemplo, el fichero COMMAND.COM de la versión MS-DOS 6.20 que ocupa en disco 56.539 bytes queda comprimido a 44.818, es decir, a aproximadamente un 79% de su tamaño. Este resultado es bueno, sobre todo teniendo en cuenta que este es un archivo binario de código, con una distribución que generalmente tiene poca redundancia.

No es este el único ejemplo de compresores predictivos. Hay otras alternativas, como la que se incluye en *PK-ZIP 1.x* con el algoritmo "Reducing". Consiste en considerar un conjunto de seguidores de cada carácter (*follower sets*) que guardan los caracteres que han seguido con más probabilidad a un carácter dado. Como el conjunto de seguidores es pequeño, para identificar un seguidor se pueden utilizar menos bits. El trabajo del compresor es aquí difícil, ya que tiene que calcular el tamaño óptimo de los conjuntos de seguidores de manera que no se pierdan bits inútilmente. El problema aquí también es que los conjuntos deben ser pasados al descompresor.

Por último, estos algoritmos son malos a la hora de controlar grandes espacios de caracteres iguales. Por ello es conveniente hacer la compresión en dos partes, como la realiza el "Reducing", primero comprimiendo los caracteres consecutivos iguales utilizando una variante de RLE (*Run-Length Encoding*, que después veremos) y a la salida el compresor predictivo.

1.1.2 Compresores basados en diccionario

Un enfoque diferente a los algoritmos anteriores es el que presentan los compresores basados en diccionario. Su idea es construir un diccionario tomando como referencia la entrada procesada hasta ese momento. El diccionario contiene las cadenas de mensajes. Estas cadenas están identificadas por un índice, de manera que índice y cadena son de correspondencia biunívoca. El resultado práctico a todo esto es que si en algún momento la entrada que se está procesando actualmente es una cadena que está presente en el diccionario, el compresor puede dar como salida el índice que identifica esa cadena en el diccionario. Teniendo en cuenta que las cadenas pueden ser arbitrariamente largas, la producción del índice en lugar de la cadena representa un ahorro de información, y por lo tanto, compresión.

Incluidos dentro de este grupo consideraremos a los algoritmos *RLE*, que puede ser considerado como poseyendo un diccionario de longitud 1 byte, el *LZW* y otros derivados de LZ78 y las variantes de LZ77. Veremos todos ellos en orden.

1.1.2.1 Compresión RLE

Este es, quizá, el compresor más sencillo que existe. También es de los más ineficaces. Al oír por primera vez el término compresión de datos, la mayoría piensa en reducir de alguna manera un número de caracteres repetidos, con la sencilla sustitución de decir "el carácter X se repite N veces". Así es, este es el principal objetivo del algoritmo: reducir las cadenas de caracteres idénticos a una indicación del carácter y la longitud de la repetición.

Se ha incluido al RLE dentro de los compresores basados en diccionario porque se puede considerar que utiliza un diccionario deslizante de tamaño 1 byte para predecir el siguiente carácter a la entrada, aunque así también podría ser clasificado de predictivo; pero la cuestión importante no es su clasificación, sino su estudio.

Aunque el algoritmo parte de una idea sencilla y es fácil de comprender su modo de operación, su implementación no siempre está libre de trampas. En primer lugar, el primer carácter no tiene predecesor. También debemos llevar un carácter de adelanto ó *lookahead* para compararlo con el actual. Si son iguales, es el comienzo de una cadena de repeticiones; si no, la salida debe ser el

carácter actual y el *lookahead* pasa ahora a ser el actual. El manejo de un carácter de adelanto requiere entonces que el último carácter se procese de forma especial, al no haber más posibilidad de adelanto.

Existe, además, más de una manera de implementarlo, y todas ellas están patentadas, así que ¡cuidado!

La primera forma, más ineficiente, es utilizar un carácter, llamado comúnmente *DLE*, que sirva para indicar que se ha producido una repetición de un carácter. Para indicar que el carácter es realmente DLE, se puede indicar con la secuencia DLE,0 (cero).

Ejemplo:

Supongamos que utilizamos la codificación: *DLE, número de repeticiones, carácter repetido*; para indicar una repetición y *DLE, 0 (cero)* para indicar que se está transmitiendo efectivamente el carácter correspondiente a DLE. Véase cómo "número de repeticiones" debe ser mayor o igual que 3 para que la sustitución tenga el efecto de reducir el número de mensajes a la salida. Con esta codificación podemos representar repeticiones desde 3 hasta 255 caracteres de longitud, dejando incluso libres las codificaciones DLE,0, DLE,1 y DLE,2 para otros cometidos (como representar el mismo DLE).

Supongamos además la siguiente entrada, la cual queremos comprimir usando RLE:

'1' '2' '4' '2' (char)DLE 'A' 'B' 'B' 'B' 'B' 'B' 'B' 'B' 'B' 'B' 'B' 'C' 'C' 'C' 'C'

(se utiliza notación C. Todos los símbolos representan caracteres ASCII, menos DLE, que representa al valor ASCII de un carácter elegido, bien al azar, bien con el propósito, por ejemplo, de sincronizar dos fuentes síncronas).

La codificación sería:

'1' '2' '4''2' (char)DLE (char)0 'A' (char)DLE (char)9 'B' (char)DLE (char)4 'C'

Este modo de codificación representa el problema de que se debe hacer "transparente" al carácter DLE añadiéndole el carácter ASCII de valor 0. Una entrada que contuviera muchos caracteres DLE se vería levemente afectada por la compresión debido a la sobrecarga introducida por este carácter.

Otra forma de aplicar RLE es utilizando el mismo método que las imágenes PCX estándar. En vez de utilizar un carácter de identificación de repetición utilizan un carácter de "centinela". Este carácter tiene un bit que informa si la siguiente información es acerca de una repetición o son datos sin repetición. Los restantes bits del byte pueden ser considerados como el número de caracteres siguientes a los que afecta el centinela. En caso de ser repetición, este número indicará el número de repeticiones (2 hasta 127), y será seguido del carácter que se repite. En caso de no repetición, indica la posición del siguiente centinela y que se tienen que copiar a la salida los siguientes bytes hasta el centinela. Si suponemos que el centinela utiliza su bit más significativo para indicar con un 0 que no hay repetición y con un 1 que sí la hay, la anterior secuencia queda ahora comprimida como sigue:

(char)6 '1' '2' '4' '2' (char)DLE 'A' (char)(0x80 + 9) 'B' (char)(0x80 + 4) 'C'

Donde se han subrayado los centinelas. El primero tiene su bit de repetición a 0. Los demás lo tienen a 1. Aparte de suprimir el enmascaramiento de DLE's, se ha disminuido la longitud mínima de la repetición a codificar a dos, en vez de tres, como antes.

1.1.2.2 LZ78: LZW

Los compresores basados en diccionario son, con mucho, los más utilizados. Normalmente se usan en combinación con compresores estadísticos en dos fases. Las dos familias más importantes de compresores basados en diccionario nacieron de los trabajos de dos matemáticos, Abraham Lempel y Jakob Ziv en los años 1977 y 1978; estas son LZ77 y LZ78. Actualmente se utilizan más los compresores derivados de LZ77, junto con un compresor estadístico a la salida. También, como veremos, pueden ser aplicadas técnicas estadísticas en los compresores LZ78.

LZ78: LZW el representante más famoso y sencillo de la familia. Terry A. Welch, de UNISYS, introdujo y patentó una variante de LZ78 llamada LZW.

El propósito del algoritmo es construir un diccionario en el que se guardan todas las cadenas que han aparecido en la entrada. A cada cadena se le asigna un identificador (un número) que la representa. Al ir codificando la entrada, si nos encontramos con una cadena que ya está en el diccionario, la salida del algoritmo será el código de la cadena en el diccionario. El descompresor debe ir construyendo el mismo diccionario que el compresor, pero éste no tiene que pasarse explícitamente, sino que está implícito en la codificación.

La codificación es sencilla (al menos la idea), y se puede resumir como sigue: al principio el compresor parte de un diccionario en el que se han introducido todas las cadenas de longitud 1, es decir, 256 cadenas que constan de un solo carácter.

Se va leyendo cada carácter de la entrada secuencialmente y se va construyendo la cadena que se buscará en el diccionario. Al principio, todas las cadenas de longitud 1 tienen asignado un identificador. Este se utiliza como representación de la cadena, y se corresponde con el código ASCII del carácter, pero con 9 bits inicialmente. Durante el proceso, se van añadiendo nuevas cadenas de longitud mayor. Al identificarse cadenas más largas con un número de varios bits, la compresión resulta bastante efectiva.

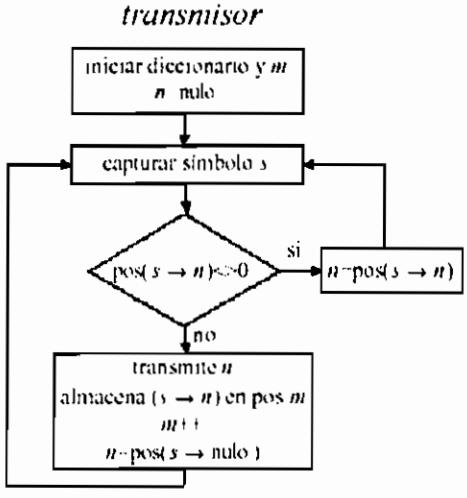


Figura a.1. Diagrama de flujo para el compresor LZW.

La descompresión es más sencilla, aunque tiene que construir el mismo árbol. Nótese sin embargo que el descompresor recibe inicialmente códigos de 9 bits que usará como índices en el diccionario. Mantendrá el diccionario actualizado a partir de esa información y al recibir. El algoritmo de descompresión contiene un caso especial. El compresor puede insertar el código de la cadena antes de que el descompresor pueda construirla. No obstante, el descompresor, al recibir un código que no existe en el diccionario, sabe que es el caso especial, por lo que la cadena de salida es la cadena de salida anterior junto con el primer carácter de esa misma

cadena, introduciendo la cadena aumentada al diccionario. En el caso normal, el algoritmo trabaja de forma inversa al anterior.

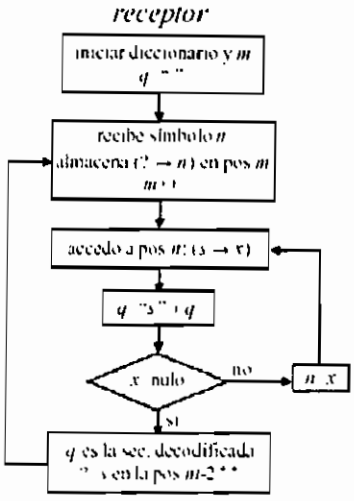


Figura a.2. Diagrama de flujo para el compresor LZW.

Hay varios aspectos que se pueden comentar del algoritmo que estarán relacionados tanto con su eficiencia como con su implementación. En primer lugar, se ha visto que el diccionario iba creciendo a medida que se iban insertando nuevas cadenas en él. Sin embargo, ningún ordenador tiene memoria infinita y debemos poner tope a esta inserción. Además, a medida que el diccionario vaya creciendo, se utilizarán más bits para identificar a cada cadena, con lo que para las cadenas cortas (que son también las más probables) se conseguirá una codificación pobre en el sentido de que ahorra pocos bits. Una vez que hemos puesto un tope (digamos de 12 a 14 bits, es decir, entre 4096 y 16384 cadenas), está claro que el diccionario se llenará y habrá que eliminar las cadenas que guarda. Se pueden ver alternativas en las diferentes implementaciones: unas vacían completamente el árbol, lo que resulta menos eficiente en términos de compresión; otras emiten códigos especiales para sincronizar al compresor y descompresor con los que indican que el árbol debe ser "limpiado", es decir, que se deben eliminar las cadenas menos utilizadas.

Otra de las cuestiones a tener en cuenta es la organización del diccionario. En el proceso de cada carácter, bien se hace un acceso al diccionario para leer, bien se hace para escribir, por lo que el diseño de esta estructura, que contiene a las cadenas, es un punto importantísimo. Teniendo en cuenta que el diccionario puede llegar a contener como mínimo 4096 cadenas de caracteres, un enfoque en el que para cada carácter se busque secuencialmente en todo el diccionario es prohibitivo en tiempo. También en espacio, ya que guardar tantas cadenas es impracticable.

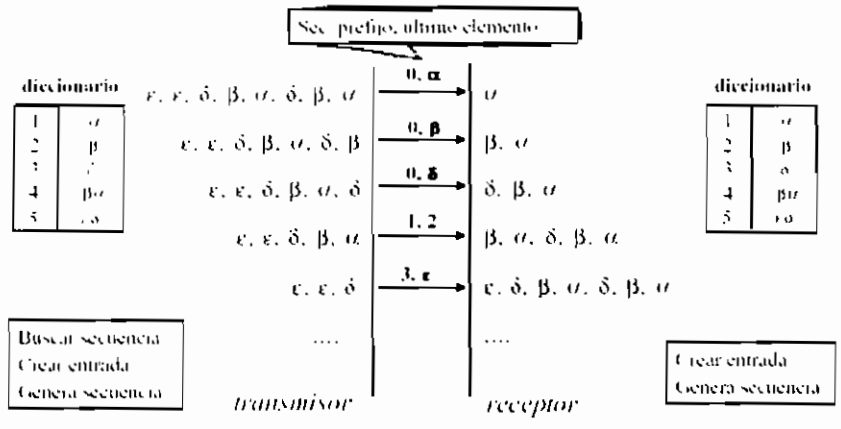


Figura a.3. Codificación LZW

Sin embargo, si nos fijamos en la manera en que se construyen las cadenas vemos que se unen, por un lado, una cadena en el diccionario (que puede ser representada por un índice de como máximo 16 bits) junto con un nuevo carácter a la entrada. Esto hace que una nueva cadena puede ser representada, como máximo, por un entero de 32 bits. El diccionario así queda como una tabla de 4096 entradas de enteros de 32 bits. Sin embargo, con esto sólo ahorramos espacio, no tiempo. Para ello, podemos usar un algoritmo de *hashing*, el cual asigna un número a cada cadena a través de una *función hash*. A través de este número podemos comprobar rápidamente (mirando en la tabla *hash*) si esta cadena ya ha aparecido (ya está en el diccionario).

Pero hay un problema con los algoritmos de *hashing*: dos cadenas pueden recibir el mismo código *hash*, lo que se llama una *colisión*. Este problema no es trivial ni insignificante, ya que una mala (lenta) gestión de las colisiones nos hace tener un algoritmo impracticable en tiempo.

Una posible mejora del algoritmo LZW consiste en considerar que los identificadores son representados por un número variable de bits. Teniendo esto en mente, podemos aplicar técnicas estadísticas que nos representen con más bits los identificadores que menos se van usando y con menos bits los que más se usan.

Tres algoritmos resultan de mejoras a LZW: AP (patentado por *Storer*), MW (de Miller y Wegman) e Y. MW, en vez de sólo añadir el último carácter, añade las dos últimas cadenas para formar una cadena más larga. Con esto se construyen cadenas más largas desde el principio que, en el ejemplo anterior habrían reducido a la mitad la salida. Por su parte, AP representa una mejora sutil del anterior. En que en vez de introducir sólo la cadena nueva al diccionario, se introducen todas las que resultan de unir la cadena que anteriormente coincidió con todos los prefijos de la cadena que ha coincidido ahora. Con ello se construyen más cadenas que posiblemente aparezcan después, ya que también son tomadas a partir de la entrada, es decir, también es adaptativo con la entrada, y que son más largas que las construidas por LZW.

Y es una mezcla de ambos. Para cada carácter de la entrada, construye una lista de "*matches*" o prefijos de coincidencia, a los que añade el carácter leído. Los de la lista que no estén en el diccionario son añadidos a este, y los que sí están continúan para el siguiente carácter. Así se añade más de una cadena al diccionario para cada carácter.

1.1.2.3 LZ77

En LZ77 es donde realmente se concentra el interés actual. Estos algoritmos tienen tantas decisiones de diseño que cada uno implementado es distinto a los demás. Esto hace que no se puedan patentar o que se puedan saltar de una forma u otra las patentes actuales. De ahí el interés.

Las variantes de LZ77 también mantienen un registro de los últimos caracteres procesados de la entrada, igual que las LZ78. Pero al contrario que estas, no construyen un diccionario explícito. En cada momento, el algoritmo se encuentra procesando en un punto de la entrada, los *n* caracteres anteriores forman la "historia" del algoritmo ó "ventana", lo que equivale al "diccionario". Los caracteres posteriores al punto actual forman lo que se denomina el "*lookahead buffer*" ó buffer de adelantamiento. En cada paso, la cadena que comienza en el punto actual de la entrada se busca hacia atrás en la "historia". Si se encuentra una coincidencia que sea lo suficientemente larga como para tenerla en cuenta, a la salida se sustituye la cadena coincidente por un par que indica el "desplazamiento hacia atrás" y la "longitud" de la coincidencia con la cadena hacia atrás. Como los pares (*desplazamiento*, *longitud*) ocupan menos que la cadena que coincidió, se obtiene compresión. Si no se encuentra una coincidencia, la salida es una copia *literal* de la entrada. Posteriormente se avanza la ventana (es decir, se avanza en la entrada) bien *longitud* si hubo coincidencia, bien un carácter si no la hubo.

El hecho de ir desplazando la ventana sobre la entrada hace que estos algoritmos sean llamados de "ventana deslizante".

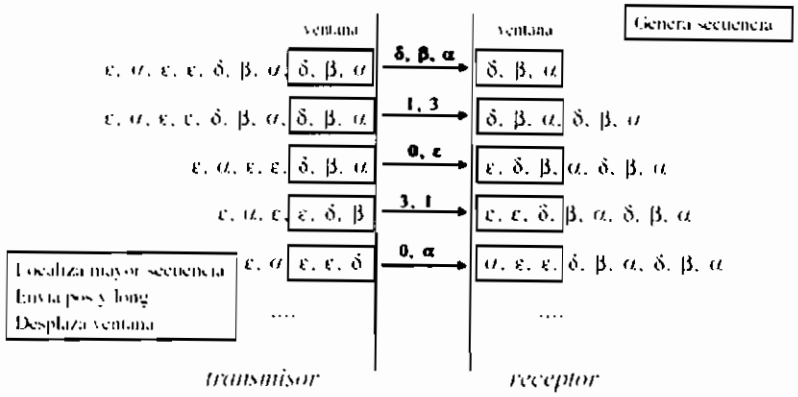


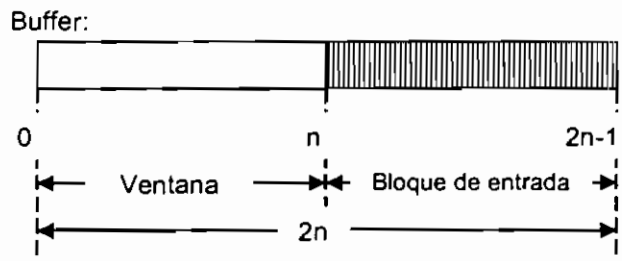
Figura a.4. Compresión LZ77

Esta idea tan sencilla, que posteriormente ha ido tomando cuerpo con otras mejoras, es la base de la mayoría de los compresores actuales más conocidos y potentes. El descompresor es sorprendentemente sencillo, ya que su "ventana" está formada por los datos que ha descomprimido anteriormente, y, cuando recibe un par (*desplazamiento, longitud*), sólo tiene que copiar a la salida *longitud* bytes que están *desplazamiento* bytes antes. En el caso de recibir un *literal*, este es copiado tal cual a la salida.

Al igual que ocurría con los compresores LZ78, en cada carácter de la entrada se tiene que buscar una coincidencia en la entrada anteriormente procesada. Esto nos hace pensar en un esquema parecido al que introdujimos, utilizando tablas *hash*. Pero aquí hay un problema adicional: la ventana se va desplazando en cada carácter procesado, por lo que las cadenas para las que utilizamos el *hash* cambian de posición en cada avance de la ventana, y una asociación (*valor_hash, posición*) no es posible. Este no es un problema sencillo. En [3] se ofrece una solución con *árboles de Patricia* que está patentada. La solución adoptada en [5] es la que comentaremos aquí.

En primer lugar, se considera la entrada dividida en bloques de longitud *n* (tamaño de la ventana). La entrada se mantiene fija con respecto a los límites de los buffers en la codificación de cada bloque de *n* bytes. Se mantiene además en el buffer al menos *n* caracteres que forman la historia. Para ello se puede utilizar un buffer de *2n* caracteres y comenzar a codificar por la posición *n*. Los caracteres [0, (n-1)] son la ventana o historia (inicialmente vacía) del algoritmo. Los [n,(2n-1)] son la entrada a procesar del bloque actual.

El algoritmo comienza a realizar su función sobre el inicio de la entrada que se encuentra en la posición *n* del buffer. El primer carácter, en la posición *n*, nunca puede ser coincidencia, pues la historia está vacía, luego la ventana avanza hacia [1,n]. La ventana ha avanzado, pero las posiciones relativas de las cadenas con respecto al buffer se mantienen durante la codificación del bloque del tamaño de la ventana. El siguiente dibujo esquematiza la organización:



Como sólo están permitidos valores para *desplazamiento* que caigan dentro de la ventana (*n* a lo sumo), a medida que ésta se va desplazando hacia la derecha, los caracteres que quedan a su izquierda no tienen ya valor para el algoritmo. Con esta organización está claro que cualquier

posición de la entrada ([n, (2n-1)]) tiene a su izquierda una historia o ventana de al menos *n* caracteres, como el algoritmo requiere. Cuando se ha codificado el primer bloque de tamaño *n*, este es copiado a las primeras *n* posiciones del buffer, con lo que pasan a ser la historia del siguiente bloque de *n* caracteres.

Hasta aquí hemos definido un marco sobre el que trabajar, ya que ahora las cadenas quedan en posiciones fijas con respecto a los límites del buffer durante la codificación de un bloque. El siguiente paso es idear unas estructuras de datos que nos permitan de forma rápida encontrar la cadena más larga en la ventana que coincida con la entrada pendiente de procesar en el *lookahead*.

La idea es construir listas enlazadas para las cadenas de caracteres de la ventana que posean el mismo valor *hash*. Este valor se calculará a partir de los primeros *k* caracteres de cada cadena, donde *k* corresponde a la longitud mínima de una posible coincidencia (una vez más hay que aclarar que después se comentará esta decisión). Así obtenemos una gran probabilidad de que se consiga al menos una coincidencia de longitud mínima (no es seguro ya que es posible que dos cadenas diferentes tengan el mismo *hash*, es decir, las funciones *hash* no son inyectivas en general). El proceso entonces será sencillo: se calculará el *hash* a la cadena inmediatamente siguiente en la entrada y se seguirá la lista enlazada de cadenas con el mismo valor hacia atrás comparando cada cadena con la que está en el punto actual de la entrada. Si se consigue una coincidencia, la cadena coincidente es sustituida a la salida por el par (*desplazamiento, longitud*) correspondiente. Si no, la salida es el literal a la entrada. En ambos casos se añade como cabeza de la lista de cadenas a la cadena actual y se avanza la ventana.

Para conseguir las listas, se usará un array de "cabeceras de listas", una cabecera para cada valor posible de la función *hash*. Los índices de este array serán los posibles valores de la función *hash*, y el valor asociado a cada índice será la posición en el buffer de la última cadena cuyo valor *hash* coincide con el índice. Las listas pueden ser mantenidas en un único array de longitud n. Esta es la parte más difícil de la implementación, ya que todas las listas correspondientes a las cadenas que poseen los mismos valores de la función *hash* se introducen en un único array.

Para ver esto un poco más claro, si estudiamos un poco las características de las listas, vemos que cada cadena comienza en una posición, luego una posición del buffer corresponde a una única lista enlazada. En el array de listas, cada índice, por ejemplo el *i*, guarda la posición de la cadena anterior cuyo valor *hash* coincide con la cadena que comienza en la posición *i* del buffer. Para ilustrar todo esto, supongamos que el array de cabeceras se llama *head*, que la cadena siguiente en la entrada está en el puntero *pInPos*, y que el array de listas se llama *prev*. La primera posición para comparar es la dada por la cabeza de la lista para las cadenas con el mismo *hash* que la que comienza en *pInPos*. Después se sigue la lista para obtener la coincidencia de mayor longitud.

En cada comparación se guarda la longitud de la coincidencia y la posición para la que se alcanzó. El resultado del código anterior son los valores de la coincidencia más larga y su posición. La condición de parada es que, bien se acabe la lista, o bien la posición a comparar salga de la ventana, con lo que pierde interés (recuérdese que la ventana se va desplazando hacia la derecha y muchas posiciones quedan obsoletas).

Si hay una correspondencia directa entre posiciones del array de listas y posiciones del buffer, sólo nos interesarán *n* posiciones del array de listas (las que caen dentro de una ventana y, por ende, los valores posibles para el *desplazamiento*).

Las listas se pueden ir construyendo a medida que avanza el algoritmo. Cada cadena en cada posición de la entrada debe ser registrada en el array de listas dependiendo de su valor *hash*. Para conseguir que las listas estén ordenadas por proximidad, la posición actual será la que se inserte en la cabecera de la lista.

Todos estos pasos nos llevarían a una codificación satisfactoria de un bloque de entrada de *n* caracteres. Sin embargo, al terminar el bloque actual, éste debe pasar a ser ahora la ventana (la parte izquierda del buffer) y otro bloque nuevo debe ocupar la posición de la derecha. Parte de la información en ambos arrays, es decir, en las listas de cadenas, será ahora inválida. En particular, las cadenas que comienzan en la parte izquierda del buffer. Además, ahora si se han movido realmente las cadenas hacia la izquierda. Hay que actualizar, pues, los arrays *head* y *prev*. A cada elemento debemos restar las posiciones que la ventana se ha deslizado, esto es, *n*. Los valores en ambos arrays que queden negativos serán eliminados. Con esto tendremos otra vez listos ambos arrays para comenzar la codificación de otro buffer.

El problema de esta implementación son los grandes espacios de caracteres idénticos. Todas las cadenas que comienzan en cada posición tendrán el mismo *hash* y provocarán que se comparen con la cadena actual, provocando una comparación de cadenas por cada byte del espacio formado por los caracteres idénticos. Esto lo hace muy lento, y es una situación que hay que evitar. Se suele hacer restringiendo el número de comparaciones por cada byte ó parando la búsqueda en el momento en el que la coincidencia más larga sea mayor que un cierto valor.

Otra mejora que se le añade a esta implementación es lo que se denomina "*lazy evaluation of matches*" o evaluación perezosa de las coincidencias. Se refiere a que una coincidencia no se produce si el siguiente carácter de la entrada produce una coincidencia que es más larga (al menos dos caracteres más) que la actual.

Existen multitud de implementaciones de la idea LZ77. La mayoría de los compresores más conocidos la utilizan (*ARJ*, *PK-ZIP*, *RAR*, *DoubleSpace/DriveSpace*, etc.). Cabe destacar una serie de algoritmos diseñados por Ross Williams. Estos son *LZRW1a* y *LZRW3a*. El primero es una solución parecida a la anterior que sólo utiliza el array *head*. Por ello, sólo dispone de una cadena cuyo *hash* coincidió con la actual. Dada su simplicidad, es muy rápido; y aún así, su efectividad es muy buena. El segundo utiliza un esquema más elaborado, pero en el fondo, una simplificación del visto anteriormente.

La "coincidencia de longitud mínima", está muy relacionada con otros, como son el tamaño de la ventana y la longitud máxima admitida en una coincidencia. Estos dos últimos parámetros es claro que delimitan el número de bits que deben ser utilizados para codificar los pares (*desplazamiento*, *longitud*). En primer lugar, y para aprovechar la codificación binaria, el tamaño de la ventana tiene que ser una potencia de dos. Así todos los posibles valores de *desplazamiento* serán posibles y no se desaprovecha ninguno.

Al considerar el tamaño de la ventana, es claro que cuanto más grande sea ésta, mayor será la compresión al ser mayor también la historia sobre la que se buscan posibles coincidencias, con más probabilidad de encontrar una coincidencia más larga. Sin embargo, un tamaño de ventana grande hace que para codificar los valores de *desplazamiento* utilicemos más bits. Además, las coincidencias más cortas (dos o tres caracteres) son las más probables, y una buena codificación debería ahorrar muchos bits en la codificación de los valores de *desplazamiento* y *longitud* de las coincidencias más probables. Esto restringe el tamaño de la ventana a uno tal que haga que *desplazamiento* quepa en pocos bits. Estos dos problemas enfrentados hacen que el tamaño de la ventana sea una consideración importante. Un tamaño típico es el que asigna 12 bits para el *desplazamiento* (ventana de 4096 bytes) y una *longitud* con un máximo de 4 bits, lo que hace un total de 16 bits para el par y una coincidencia mínima de 3 bytes.

Se pueden aplicar, además, codificaciones de longitud variable dependiendo de la longitud de la coincidencia y de su desplazamiento, pero que a su vez requieren bits adicionales. Estas codificaciones son tan importantes que pueden dar una diferencia notable entre dos compresores del mismo tipo. La mayor parte del esfuerzo de diseño se guía hacia este punto en los compresores en tiempo real que después veremos.

El siguiente paso es llevar la codificación de los desplazamientos, longitudes y literales hacia una eficiencia mayor aplicando técnicas estadísticas a la salida.

1.1.2.4 Compresores híbridos o de dos fases

Esta sección culminará la codificación LZ77 con la introducción de codificaciones adicionales a la salida de este tipo de algoritmos. Vimos que el modo de codificar los datos a la salida (bien pares (*desplazamiento, longitud*), bien *literales*) era de suma importancia. El último paso es llevar esa codificación usando de una forma modificada los algoritmos estadísticos que vimos anteriormente, tanto Huffman como Shannon-Fano como los compresores aritméticos. La operación consiste en llevar tres estadísticas de frecuencias separadas para cada uno de los datos a la salida del algoritmo LZ77: desplazamientos, longitudes y literales. Con estos datos estadísticos, podemos realizar la codificación independientemente para cada uno de estos tipos de valores.

Esto significa, según el tipo de compresor estadístico utilizado, tener un árbol para cada tipo de dato (Huffman ó Shannon-Fano) o una tabla de frecuencias en la compresión aritmética. La conveniencia de utilizar compresores estadísticos a la salida de un compresor LZ77, es casi tan eficiente que el uso de un compresor aritmético aunque mucho más rápido. También se prueban varias alternativas a la hora de construir los códigos para cada tipo de dato, como son árboles Huffman precalculados o considerar sólo los *k* bits altos del desplazamiento y los restantes *verbatim*. Otra alternativa es utilizar árboles de códigos adaptativos, como los "*splay trees*".

Ejemplos de compresores famosos de este estilo son:

- ARJ, LHA: LZ77 + Huffman estático a bloques
- ZIP 1.x: LZ77 + Shannon-Fano (Imploding), LZW (Shrinking)
- ZIP 2.x y gzip: LZ77 + Huffman dinámico ó Huffman estático a bloques (Deflate)
- HA: PPMC (Modelo de Markov de 4º orden, es decir, compresión aritmética)
- UC2: LZ77 + Huffman estático + lo que ellos llaman "*shared dictionaries among files*". Lo que significa sólo lo saben allí en *AIP Development*.

1.1.3 Compresores en tiempo real

Con el aumento de velocidad de los ordenadores la compresión se está aplicando cada vez más a entornos en tiempo real o de compresión transparente. En esta sección comentaremos las características y usos de este tipo de compresión.

En cuanto a los usos, tenemos los siguientes:

- Compresión de disco en tiempo real: Stacker, SuperStor, DoubleSpace / DriveSpace, sistema de ficheros de Windows NT, NTFS,
- Compresión transparente en comunicaciones (no muy aplicada, por cierto, ni en IPv6),
- Soporte de .ZIP y .GZ directo en Unix,
- Tratamiento, en algunos sistemas operativos, de los archivos comprimidos como directorios,
- Sistemas de ayuda comprimidos como los .HLP de Windows o los Portable Document Format (PDF) de Adobe Systems,
- Formatos de vídeo comprimidos (de forma *loss/ess*) para juegos, presentaciones, etc.

En cuanto a las características, se dirá que la compresión y descompresión debe ser muy rápida y con unas necesidades de memoria reducidas. Por eso aquí también los más utilizados son variantes de LZ77, como *LZRW1a* comentado anteriormente. Una característica importante de este tipo de algoritmos es que la descompresión es tanto más rápida cuanto más se haya comprimido el original.

1.1.4 El futuro de la compresión de datos

Una vez más: es difícil predecir. No obstante, al ir aumentando la velocidad de los ordenadores, algoritmos que antes no se podían considerar de tiempo real pueden ser utilizados en estos

entornos, dando una media superior de compresión. Los compresores basados en diccionario ya están bastante cerca de la cota de Shannon, pero son superados por los aritméticos, más lentos.

Sin embargo, el interés actual se desvía a los compresores *lossy* dado el auge que las técnicas multimedia han experimentado. Con la venida de la televisión digital, por ejemplo, la búsqueda de algoritmos de compresión de imágenes y sonido pasa a primer plano. En el siguiente punto se tratarán los compresores *lossy*. Ejemplos de los avances en este tipo de compresores son, por ejemplo, el estándar MPEG-2, usado actualmente por las compañías de televisión en sus enlaces por satélite, y lo que se denomina *MPEG layer 3*, utilizado en compresión de sonido de calidad CD, con una reducción normal de 8 a 1.

1.2 Compresión lossy

1.2.1 Introducción

Es obvio que transmitir material multimedia sin comprimir es impensable. La única esperanza es que la compresión masiva sea posible. Afortunadamente, un gran esfuerzo de investigación durante las pasadas décadas ha llevado a muchas técnicas y algoritmos que hacen la compresión multimedia posible.

Todos los sistemas de compresión requieren dos algoritmos, uno para comprimir los datos en el origen, y otro para descomprimirlos en el destino. En la literatura, estos algoritmos son referidos como algoritmos de codificación y decodificación, respectivamente.

Estos algoritmos tienen ciertas asimetrías que son importantes de comprender. Primeramente, para muchas aplicaciones, un documento multimedia, por ejemplo, una película, será codificada sólo una vez (cuando es guardada en el servidor multimedia) pero será decodificada miles de veces (cuando es vista por los clientes). Esta asimetría significa que es aceptable para el algoritmo de codificación el ser lento y requerir hardware caro siempre que el algoritmo de decodificación sea rápido y no requiera hardware caro. Después de todo, el operador de un servidor multimedia puede alquilar un superordenador paralelo por un par de semanas para codificar su biblioteca de vídeo entera, pero hacer que los consumidores alquilen un superordenador por dos horas para ver un vídeo no es muy buena idea. Muchos sistemas de compresión llegan a hacer la decodificación rápida y simple, incluso al precio de hacer la codificación lenta y complicada.

Por otro lado, para multimedia en tiempo real, como videoconferencia, la codificación lenta es inaceptable. La codificación debe ocurrir al instante, en tiempo real. Consecuentemente, en multimedia en tiempo real se usan diferentes algoritmos o parámetros que al almacenar vídeos en disco, a menudo con apreciablemente menor compresión.

Una segunda asimetría es que el proceso de codificación/decodificación no necesita ser reversible. Esto es, cuando se comprime un fichero, se transmite, y cuando de descomprime, el usuario espera conseguir el original, igual hasta el último bit. En multimedia, este requerimiento no existe. Es usualmente aceptable que la señal de vídeo sea ligeramente diferente de la original. Cuando la salida decodificada no es exactamente igual a la entrada original, el sistema se llama "con pérdidas" (lossy). Si la entrada y la salida son idénticas, el sistema es "sin pérdidas" (lossless). Los sistemas con pérdidas son importantes porque aceptar una pequeña cantidad de pérdida de información puede dar una enorme ganancia en términos de posibilidad de ratio de compresión.

1.2.2 Codificación por entropía

La codificación por entropía sólo manipula las cadenas de bits sin saber lo que significan los bits. Es una técnica totalmente reversible, sin pérdidas y general, aplicable a todos los datos. Se dan tres ejemplos

El primer ejemplo de codificación por entropía es RLE (Run Length Encoding). En muchos tipos de datos, son comunes las cadenas de símbolos repetidos (bits, números, etc.). Éstos pueden ser reemplazados por un marcador especial no permitido de otra forma en los datos, seguido por un símbolo que indica la repetición, y seguido por cuántas veces ha ocurrido. Si el mismo marcador especial sale en los datos, se duplica (como en relleno de carácter (character stuffing).

Por ejemplo, si se considera la siguiente cadena de dígitos decimales:

315000000000000845871111111111111635467400000000000000000000065

Si ahora se introduce A como el marcador y se usan números de dos dígitos para la cuenta de repeticiones, se puede codificar la cadena de dígitos de arriba como:

315A01284587A11316354674A02265

Aquí el RLE ha acortado la cadena de datos a la mitad.

Las repeticiones son comunes en multimedia. En audio, el silencio es a menudo representado por repeticiones de ceros. En vídeo, las repeticiones del mismo color ocurren en enfoques al cielo, muros, y muchas otras superficies planas. Todas estas repeticiones se pueden comprimir mucho.

El segundo ejemplo de codificación por entropía es la codificación estadística. Por esto se entiende usar un código corto para representar símbolos comunes y largo para representar los infrecuentes. El código Morse usa este principio, siendo la E (·) y la Q (--·-) y así sucesivamente.

El tercer ejemplo de la codificación por entropía es codificación CLUT (Color Look Up Table). Considerar una imagen usando codificación RGB con 3 bytes por pixel. En teoría, la imagen puede contener hasta 2^{24} diferentes valores de color. En la práctica contendrá normalmente muchos menos valores, especialmente si la imagen es un dibujo animado o generado por ordenador, más que una fotografía. Se supone que sólo 256 valores de color son usados actualmente. Un factor de compresión de casi tres puede ser alcanzado construyendo una tabla de 768 bytes listando los valores RGB de los 256 colores usados actualmente, y después representando cada pixel por el índice de su valor RGB en la tabla. Aquí se ve un ejemplo claro donde la codificación es más lenta que la decodificación porque codificar requiere buscar en la tabla mientras que se puede decodificar con una sola operación de indexación.

1.2.3 Codificación de la fuente

La codificación de la fuente se beneficia de las propiedades de los datos para producir más (usualmente con perdidas) compresión. Aquí también se ilustra la idea con tres ejemplos. El primer ejemplo es la codificación diferencial, en la cual una secuencia de valores (p.e., samples de audio) son codificados representando cada uno de los valores como la diferencia respecto a un valor previo. La modulación diferencial por pulsos (Differential Pulse Code Modulation) es un ejemplo de esta técnica. Es con perdidas porque la señal puede saltar tanto entre dos valores consecutivos que la diferencia no cabe en el campo proporcionado para expresar las diferencias, así que al menos un valor incorrecto será grabado y alguna información se perderá.

La codificación diferencial es un tipo de codificación de la fuente porque se aprovecha la propiedad de que saltos grandes entre datos consecutivos son improbables. No todas las secuencias de números tienen esta propiedad. Un ejemplo de carencia de esta propiedad es una lista generada por ordenador de números de teléfono aleatorios usada por los publicistas para molestar a la gente durante la cena. Las diferencias entre números de teléfono consecutivos en la lista usarán tantos bits como para representar los números de teléfono.

Un caso particular de la codificación diferencial es la Modulación Delta, en la que se requiere que cada valor sampleado difiera de su predecesor en +1 ó –1:

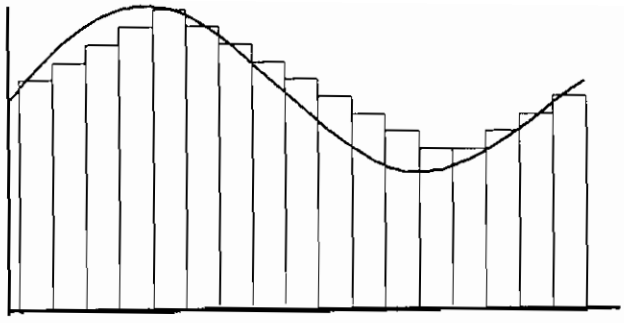


Figura a.5. Modulación delta.

El segundo ejemplo de codificación de la fuente consiste en transformaciones. Transformando las señales de un dominio a otro, la compresión puede hacerse mucho más fácil. Considérese, por ejemplo, una transformada de Fourier. Una función del tiempo es representada como una lista de amplitudes. Dados los valores exactos de todas las amplitudes, la función original puede ser reconstruida perfectamente. De cualquier modo, dando sólo los valores de las primeras, por ejemplo, ocho amplitudes redondeadas a dos decimales, puede todavía ser posible reconstruir la señal de forma que el que escucha no pueda decir si se ha perdido alguna información. La ganancia es que transmitir ocho amplitudes requiere muchos menos bits que transmitir la onda sampleada.

Las transformaciones son también aplicables a datos de imágenes bidimensionales. Suponer que la matriz de 4x4 de la figura representa los valores de escala de grises de una imagen monocroma. Se puede transformar esos datos restando el valor de la esquina superior izquierda a todos los elementos excepto a él mismo, como en la otra figura. Esta transformación podría ser útil si se usa codificación de longitud variable. Por ejemplo, los valores entre –7 y +7 podrían ser codificados con números de 4 bits y los valores entre 0 y 255 podrían ser codificados con un código especial de 4 bits (–8) seguido por un número de 8 bits.

160	160	161	160
161	165	166	156
160	167	165	161
159	160	160	160

160	0	1	0
1	5	6	-2
0	7	5	1
-1	0	1	0

Figura a.6. Representación de una imagen monocroma.

Aunque esta simple transformación es sin pérdidas, otras, más útiles, no. Una transformación espacial bidimensional especialmente importante es la DCT (Discrete Cosine Transformation). Esta transformación tiene la propiedad de que para imágenes sin discontinuidades muy pronunciadas, casi todo el espectro de potencia está en los primeros términos, permitiendo ignorar los últimos sin mucha pérdida de información. Se volverá al DCT dentro de poco.

El tercer ejemplo de codificación de la fuente es la cuantización de vectores (*vector quantization*), que es también directamente aplicable a datos de imágenes. Aquí la imagen se divide en rectángulos de tamaño fijo. Además de la imagen misma, también se necesita una tabla de rectángulos del mismo tamaño que los rectángulos de la imagen (posiblemente construidos a partir de la imagen). Esta tabla se llama libro de códigos (*code book*). Cada rectángulo es transmitido buscándolo en el libro de códigos y mandando el índice en vez del rectángulo. Si el libro de códigos es creado dinámicamente (a partir de la imagen), debe ser transmitido también. Claramente, si un pequeño número de rectángulos domina la imagen, grandes ahorros en ancho de banda serán posibles aquí.

Un ejemplo de cuantización de vectores se enseña en las siguientes figuras. En la primera se tiene una rejilla de rectángulos de tamaño sin especificar. En la segunda se tiene el libro de códigos. La salida es sólo la lista de enteros 001022032200400 de la tercera figura. Cada uno representa una entrada del libro de códigos.

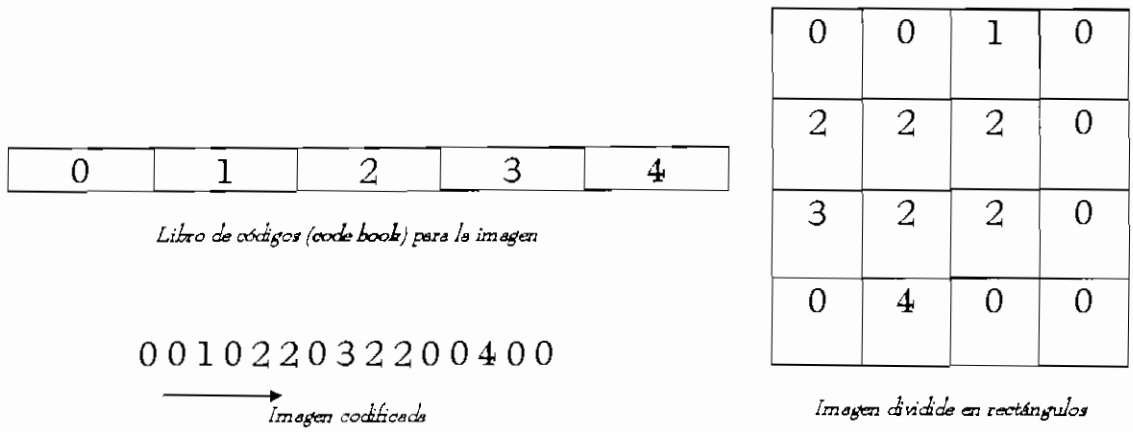


Figura a.7. Cuantización de vectores

Se podría pensar que la cuantización de vectores es sólo una generalización bidimensional de CLUT. Pero la diferencia real es lo que pasa si no se encuentran coincidencias. Tres estrategias son posibles. La primera es sólo usar la mejor coincidencia. La segunda es usar la mejor coincidencia, y añadir alguna información sobre cómo mejorar la coincidencia (p.e. añadir el valor medio). El tercero es usar la mejor coincidencia y añadir todo aquello que sea necesario para permitir al decodificador reconstruir los datos exactamente. Las primeras estrategias son con pérdidas pero se alcanza mucha compresión. La tercera es sin pérdidas pero menos efectiva como algoritmo de compresión. Otra vez, se ve que codificar (coincidencia de patrones) consume mucho más que decodificar (indexar en una tabla).

ANEXO B.

1 Normas de encolamiento.

Las normas de encolamiento se han desarrollado para dirigir dos temas principales:

- Proporcionar solicitudes QoS para aplicaciones identificadas.
- Proporcionar una distribución equitativa de los recursos de ancho de banda.

El primer objetivo es enfocar el retraso de la administración y la variación del retraso en las aplicaciones que se han seleccionado. El segundo es enfocar la racionabilidad total en las aplicaciones que comparten el ancho de banda. Estos objetivos de diseño no son complementarios.

Los algoritmos de encolamiento han dirigido los problemas desde dos perspectivas técnicas:

- Administrar la profundidad de la cola.
- Programar el orden efectivo de los paquetes.

En esta sección analizaremos las siguientes técnicas de encolamiento:

- Cola FIFO.
- Cola de prioridad.
- Cola personalizada.
- WFQ
- WRED
- CB-WFQ.

A excepción de WRED, las técnicas analizadas a continuación se califican como planificadoras de paquetes, pues controlan el orden en el cual los paquetes dejan el interfaz basándose en normas definidas administrativamente.

1.1 Cola FIFO.

Se constituye en la técnica básica. Una cola FIFO es un búfer sencillo que retiene los paquetes salientes hasta que la interfaz de transmisión pueda enviarlos. Los paquetes se envían afuera de la interfaz en el mismo orden en el que llegaron al búfer.

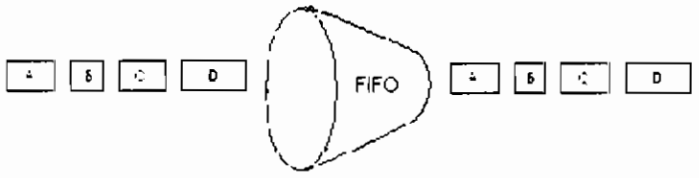


Figura b.1. Cola FIFO

Esta técnica de encolamiento no proporciona ninguna QoS para el flujo, ni distribuye un ancho de banda equitativo entre flujos que compartan un enlace. Durante los periodos de congestión, se llena el búfer y los paquetes se descartan sin importar el tipo de paquete o las solicitudes de la aplicación asociada. Las colas FIFO no tratan igual a todo el flujo de tráfico, aunque descarten paquetes sin importar sus características.

Supongamos que N paquetes se descartan del final de una cola durante un periodo de tiempo. El problema es que algún flujo puede contener sólo N paquetes en esa ventana de tiempo, por lo que

el flujo completo se podría destruir. Puede que N paquetes representen sólo 1% de flujo durante esa misma ventana de tiempo. Por eso, las colas FIFO están predispuestas contra flujos con pequeñas u ocasionales peticiones de ancho de banda.

1.2 Cola de Prioridad

La cola de prioridad es un sencillo enfoque para ofrecer un tratamiento preferencial a los paquetes identificados. Éste es el método "por la fuerza" de asegurara que los paquetes dsignados reciban el mejor tratamiento posible. Los paquetes que llegan a la interfaz por transmisión se separan en cuatro colas: baja, normal, media, alta prioridad. La salida de estas cuatro colas alimenta un búfer de transmisión de la interfaz.

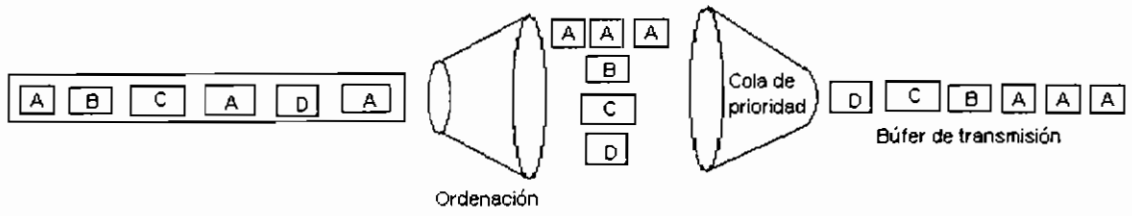


Figura b.1. Cuatro niveles de tráfico con prioridad alimentan al búfer de transmisión.

Los paquetes siempre se sirven desde las primeras colas de alta prioridad. Si los paquetes están esperando en dichas colas, se envían al búfer de transmisión. Si la cola de alta prioridad está vacía, se envía cualquier paquete de prioridad media. Si las colas de alta y media prioridad están vacías, se envían los paquetes de la cola normal, y así sucesivamente.

La cola de prioridad consigue los requisitos QoS de VoIP, pero no proporciona una distribución de ancho de banda equitativo para el resto de tráfico. Normalmente no se recomienda para VoIP, pero es útil cuando debe tratar varios tipos de tráfico de alta prioridad.

1.3 Cola Personalizada

Es un algoritmo de encolamiento configurado equitativamente. El tráfico se clasifica en dos colas separadas, y cada cola se sirve al estilo round-robin para asegurarse de que ninguna está desocupada.

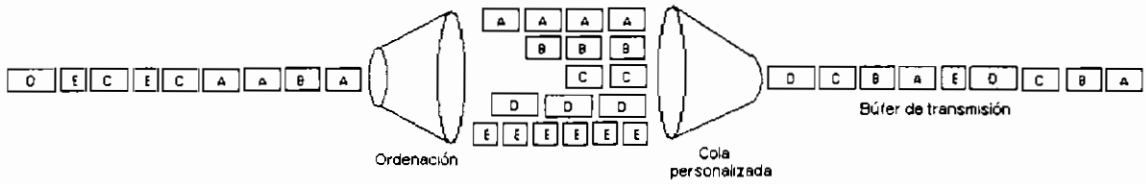


Figura b.3. Cola personalizada.

Debe configurarse manualmente:

- Qué tráfico se asocia a cada cola.
- Cuántos paquetes pueden esperara en cada cola.
- Qué cantidad de ancho de banda se destina a cada cola.

Puede ser difícil configurar la distribución del ancho de banda para cada una de las colas. En lugar de configurar directamente el ancho de banda, puede definirse el número de bytes que van a ser

transmitidos desde cada cola cuando estén en servicio. El número relativo de bytes que se asignan a cada cola identifica el porcentaje de ancho de banda que se asigna a esa cola.

La cola personalizada afronta el tema del ancho de banda equitativo, pero no se ajusta bien para proporcionar QoS a flujos de tráfico específico. Como cada una de las colas se sirve del estilo round-robin, no hay una cola que tenga una prioridad mayor que la otra. Algunas pueden tener un mayor rendimiento que otras, pero ninguna tiene un tratamiento especial con respecto a la latencia de fluctuaciones de fase.

1.4 Encolamiento Weighted Fair (WFQ).

Conceptualmente, es muy similar a la cola personalizada, salvo en que no necesita ninguna configuración. WFQ crea una cola separada para cada tipo de tráfico y utiliza un valor predeterminado razonable para la profundidad de la cola. Tiene la opción de configurar la profundidad de la cola que se aplica a cada flujo.

La parte weighted de WFQ entra en juego cuando se utilizan los bits de precedencia IP y el protocolo de reserva de recursos (RSVP). Con la ausencia de RSVP o de la precedencia IP, WFQ proporciona un ancho de banda equitativo a todos los flujos. Éste es un caso especial de la regla por la que WFQ proporciona una cantidad igual de ancho de banda a todos los flujos con la misma precedencia IP o estado RSVP.

Entre los flujos de diferentes niveles prioritarios, WFQ distribuye el ancho de banda basndose en el ancho de banda relacionado con el flujo. WFQ usa la siguiente fórmula para asignar anchos de banda a flujos con diferentes valores de bits de precedencia IP.

$$ancho = \frac{4096}{1 + precedencia_IP}$$

Para los paquetes con reservas activas de RSVP, WFQ utiliza la fórmula:

$$ancho = \frac{reserva_ancho\ banda_\sup erior}{reserva_ancho\ banda_para_este_flujo}$$

WFQ permite que el tráfico de alta prioridad tenga una asignación de gran ancho de banda, y se configura automáticamente en la mayoria de los casos. WFQ suministra mucho mejor servicio para los flujos con ancho de banda bajo que las cola FIFO. Si están presentes muchos flujos, el encolamiento fair no sirve a ningún flujo lo suficientemente rápido para mantener la baja latencia y fluctuación de fase que pide VoIP. Se puede complementar con la Prioridad IP RTP para proporcionar el tratamiento de QoS necesario para el tráfico de voz.

1.5 Detección Anticipada Aleatoria (RED).

RED es una forma de administración activa de la cola. En lugar de esperar pasivamente hasta que los búferes descarten el tráfico, RED descarta progresivamente paquetes en cuanto los búferes comienzan a llenarlo. El nombre de detección anticipada aleatoria refleja que los paquetes de un búfer están basados en un descarte aleatorio de la pronta detección de la congestión. Ningún paquete se descartará por debajo del umbral mínimo del búfer. Por encima del umbral máximo, se descarta todos los paquetes. Entre el mínimo y el máximo, la probabilidad de que un paquete se descarte aumenta linealmente del 0 al 100%. Si la cola, se ha llenado por un momento, es más probable que los paquetes se descarten que si hubiera estado vacía y de repente hubiera recibido un estallido de tráfico.

El tráfico se clasifica por el valorprecedente de IP, y después se asigna un umbral mínimo de búfer a cada clase de tráfico. El tráfico con una reserva RSVP es tratado por encima del valor más alto de prioridad IP. El valor predeterminado para el umbral mínimo del búfer aumenta cuando lo hace la prioridad IP, de modo que los paquetes con mayor prioridad no se descartan con tanta frecuencia como aquellos de menor prioridad.

1.5.1 WRED

WRED basada en el flujo, usa direcciones IP de origen-destino y números de puerto TCP/UDP para diferenciar el tráfico. La idea es igualar los flujos de forma parecida a WFQ. En WRED normales, los paquetes se descartan independientemente de si provienen o no de una conversación de ancho de banda alto o bajo. Como resultado, un gran porcentaje del tráfico procedente de las conversaciones de ancho de banda bajo puede ser descartado por la WRED. Las WRED basadas en el flujo proporcionan un tratamiento más equitativo a cada flujo, de modo que los flujos de ancho de banda bajo tienen mayor rendimiento.

Al igual que ocurre con RED, que administra la profundidad de la cola, WRED también tiene algunas de las características de un algoritmo de programación. En lugar de seleccionar que paquetes serán los siguiente WRED selecciona los que no lo serán. WRED comienza a ordenar los paquetes aleatoriamente, y los elimina según el orden aproximado. Este proceso de sustracción ofrece una funcionalidad de programación muy limitada.

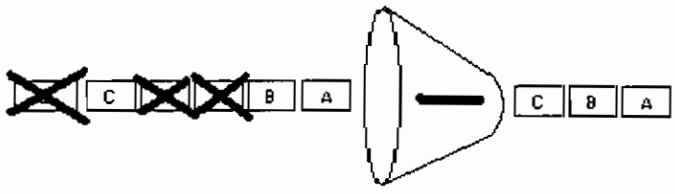


Figura b.4. Encolamiento WRED.

Teniendo en cuenta que el mecanismo de orden de suma debe mover cada paquete activamente a un nuevo búfer reordenado, el mecanismo de sustracción simplemente descarta los paquetes que violan las rglas de ordenación. Cada paquete requiere menos proceso y menos recursos de búfer cuando usa un mecanismo de sustracción. WRED es la técnica primaria de encolamiento para las interfaces de ancho de banda alto (mayor que T1/E1).

1.6 Encolamiento Class-Based Weighted Fair (CB-WFQ)

CB-WFQ incorpora ideas de las colas personalizadas al formato de encolamiento WFQ. Se han introducido considerables mejoras respecto a las técnicas de encolamiento más antiguas. El número máximo de las colas personalizadas (denominadas clases) ha aumentado de 16 a 64. Sigue existiendo mucha flexibilidad a la hora de asignar el tráfico a cada clase. Cada una de ellas puede usar el método tail-drop de administración de la profundidad de la cola, o bien WRED puede configurarse para cada clase independiente. Con CB-WFQ, se puede especificar directamente la cantidad de ancho de banda que se destinará a cada clase, y CB-WFQ ajustará los parámetros internos para que esto ocurra.

ANEXO C.

1 COMPRESIÓN DE CABECERA.

La Compresión de cabecera se reduce al ancho de banda que se utiliza para el empaquetamiento e incrementar la cantidad del ancho de banda disponible para los datos actuales. Las técnicas de compresión de cabecera son protocolos de la capa de enlace, se utilizan normalmente entre las interfaces WAN de los routers.

Las cabeceras de los paquetes pueden consumir una gran cantidad de ancho de banda, lo que reduce el rendimiento de los datos para el enlace, la figura c.1 muestra un paquete Telnet típico sin compresión de cabecera.

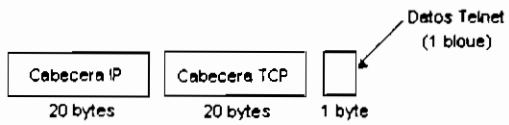


Figura c.1 Paquete Telnet con 1 byte de datos y 40 bytes adicionales.

Los routers Cisco utilizan dos tipos de Compresión de cabecera:

- Compresión de Cabecera TCP/IP
- Protocolo de Transporte en Tiempo Real Comprimido (CRTP).

1.1 Compresión de Cabecera TCP/IP.

El RFC 1144, estudia la Compresión de Cabecera TCP/IP para reducir la cantidad de ancho de banda distribuidas a las cabeceras TCP/IP en los paquetes pequeños. La figura c.2 muestra un paquete Telnet típico cuando se utiliza compresión de cabecera.

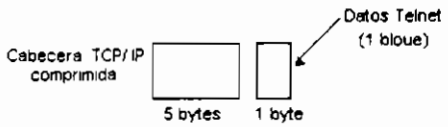


Figura c.2 Paquete Telnet con Compresión de Cabecera TCP/IP.

Como podemos ver en la figura anterior con la compresión de cabecera TCP/IP, los datos adicionales del paquete se reducen drásticamente, esto es posible por los 3 puntos siguientes:

- Casi la mitad de la cabecera TCP/IP se mantiene constante durante la existencia de una conexión.
- Algunos campos que cambian durante la vida de la conexión, no cambian a menudo.
- Algunos campos largos que cambian en cada paquete, cambian poco o de una manera predecible.

La clave de la compresión de cabecera es que el receptor recuerda el estado de cada conexión TCP activa. Si el receptor almacena en la memoria caché los campos que no cambian, el emisor sólo necesita transmitir los campos que cambian. El receptor puede determinar el campo de longitud total de IP examinando la cabecera de la capa de enlace, por lo que el emisor no necesita enviar este campo. El emisor omite las sumas de comprobación y deja que el receptor lo vuelva a calcular. Estos pasos han reducido las cabeceras de 40 a 16 bytes. Algunos de los campos restantes no cambian frecuentemente durante la sesión. Estos campos se pueden identificar con una máscara de bytes (una porción adicional de información de control del emisor al receptor) en

un base de paquete a paquete, y sólo se necesitan enviar los valores que cambien. Este proceso ahorra un porcentaje de 6 bytes adicionales por paquete.

Algunos de los campos que quedan cambian con cada paquete, pero estos cambios son autocorrelativos. Es decir, el valor de un campo en un paquete es cercano al valor de ese mismo campo en el paquete anterior o posterior. Sólo se envían las diferencias entre los paquetes adyacentes de este tipo, porque dichas diferencias son más pequeñas que los valores actuales de los campos.

El receptor puede determinar los valores actuales almacenando en la memoria caché los valores anteriores de los campos y añadiendo la diferencia desde la transmisión actual.

Por ejemplo, la secuencia de 32 bits en la cabecera TCP aumenta sólo por el tamaño de la sobrecarga del paquete anterior. Cómo máximo, puede ser de 16 bits (es decir un paquete de 64.000 bytes), pero normalmente este valor puede cambiar en no más de 11 bits (es decir, un paquete de 1500 bytes). Si el emisor codifica la diferencia en un campo de 16 bits en lugar del valor actual en un campo de 32 bits, se ahorran 2 bytes en este campo.

1.2 Protocolo de Transporte en Tiempo Real Comprimido (CRTP)

Este protocolo aprovecha muchas de la técnicas que se utilizan en la compresión TCP/IP. El receptor almacena en la memoria caché los campos constantes y el estado de los campos que cambian, por lo que el emisor sólo necesita transmitir los campos que cambian o sus diferencias. El emisor añade una mezcla de la información de origen-destino en las cabeceras IP, UDP y RTP, y a partir de esto crea el campo identificador del contexto. Este campo permite al receptor asociar con el flujo IP/UDP/RTP adecuado. La figura c.3 muestra un paquete VoIP sin comprimir.

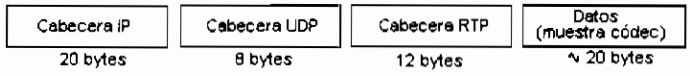


Figura c.3 Un Paquete VoIP con sobrecarga de datos codec y cabecera RTP, UDP, e IP.

La figura c.4 muestra un Paquete VoIP que utiliza CRTP.

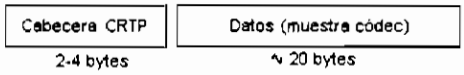


Figura c.4 Paquete VoIP después de CRTP.

Para crear distribuciones de ancho de banda precisas, el router debe utilizar CRTP antes del proceso de encolamiento. De esa manera, las reservas RSVP (Protocolo de Reserva de Recursos) para VoIP reflejan la cantidad actual de ancho de banda solicitada, y la prioridad RTP puede ajustar con precisión el máximo del ancho de banda permitido para VoIP a través de la cola de prioridad. Sin embargo en las cabeceras IP/UDP/RTP de un paquete VoIP se reduce mayormente a un identificador de contexto CRTP, quien identifica el flujo para la prioridad RTP, WFQ, o RSVP.

RSVP es un caso más complejo, ya que no todos los routers de una ruta pueden implementar RSVP, y tampoco todos los enlaces pueden utilizar CRTP. Ver figura c.5 El router A reserva 10 Kbps para una llamada VoIP al router C, basado en un codec G.729 y CRTP. El router B no comprende a RSVP, por lo que el router C se convierte en el siguiente salto RSVP. El enlace entre B y C no utiliza CRTP. Cada llamada de A a C necesita ahora todos los 24Kbps (codec G.729 sin CRTP), pero la reserva es sólo de 10 Kbps. En los casos más generales, donde los receptores (no los routers) solicitan una reserva de ancho de banda, no se pueden hacer conjeturas sobre CRTP en cada enlace intermedio. La solución a este caso podría ser que los routers distribuyesen menos ancho de banda que lo que dictan las reservas y utilizar CRTP en el enlace.

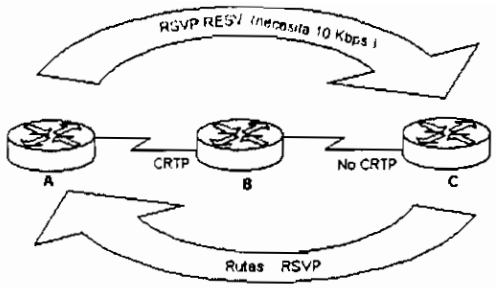


Figura c.5 La reserva RSVP no aloja el ancho de banda que necesita la llamada VoIP.

La función CRTP se implementa normalmente después de la cola de interfaz en los routers Cisco. Por lo que se debe tener cuidado con las siguientes funciones cuando se use CRTP:

- RSVP.
- Prioridad IP RTP.

Cuando RSVP crea reservas de ancho de banda para VoIP no se puede ajustar para las solicitudes de ancho de banda menores de CRTP. En la práctica, se reservan 24 Kbps para una conversación G.729 (datos 8 kbps, cabeceras 16 Kbps). Si dos conversaciones G.729 que utilicen CRTP (cada conversación sólo necesita 9,6 Kbps) no pueden compartir la reserva de 24 Kbps.

RSVP creará reservas separadas para cada conversación, por lo que se reservaran 48 Kbps para las dos conversaciones. El ancho de banda que no se ha usado se distribuye entre los flujos restantes de acuerdo con los valores de anchura, pero las reservas RSVP adicionales se pueden rechazar aunque éste disponible el ancho de banda. La solución es incrementar el estado del ancho de banda configurado en la interfaz o subinterfaz del router. Por ejemplo, si se tiene un enlace de 64 Kbps y quiere reservar ancho de banda para las llamadas VoIP, debe configurar el ancho de banda de la interfaz a 120 Kbps. de esta manera, puede crear sus reservas RSVP por un total de 96 Kbps, lo que deja 24 Kbps para otros datos en el esquema de una cola fair. Esto tiene el mismo efecto que si RSVP considera CRTP y reserva aproximadamente 40 Kbps, dejando 24 Kbps para los otros flujos.

El comando de prioridad IP RTP es muy estricto respecto a la distribución del ancho de banda. Si intenta enviar más tráfico prioritario del que tiene distribuido para la prioridad IP RTP, se descartarán los paquetes. Cuando configura la prioridad RTP se debe distribuir al ancho de banda para VoIP como si no se usase CRTP. Esto es una trampa cuando quiere tener diez llamadas VoIP a través de enlaces de 128 Kbps. Sin la compresión de cabecera, necesitaría 160 Kbps para esas llamadas. No se puede configurar la prioridad RTP con un exceso del ancho de banda de la interfaz, la solución es incrementar el ancho de banda configurado en la interfaz.

1.3 Fragmentación e Intercalado.

A los paquetes VoIP se les debe permitir que se transmitan entre los fragmentos de los paquetes más grandes para que nunca provoquen la espera de un paquete VoIP durante más tiempo del predefinido.

La fragmentación y el intercalado se pueden realizar en múltiples niveles:

- Fragmentación-intercalado de la capa de red (NFI).
- Fragmentación-intercalado de la capa de enlace (LFI).

LA CAPA ENLACE FRENTE A FRAGMENTACIÓN-INTERCALADO DE LA CAPA DE RED.

Cuando fragmenta un paquete en una capa de protocolo, las cabeceras asociadas con dicha capa de protocolo se deben replicar en cada fragmento. Para Frame Relay o para Protocolo punto a punto, significa que se deben transmitir unos bytes adicionales por cada fragmento. Si reduce la unidad de transmisión máxima (MTU) de IP para provocar la fragmentación IP, cada fragmento debe tener una cabecera IP añadida de 20 bytes. Además, cada fragmento tendrá todavía una cabecera de capa enlace.

Antes de que FRF.12 proporcionara el método de fragmentación estándar Frame Relay, reducir IP MTU era la única opción para aumentar la calidad de voz en los enlaces lentos de Frame Relay, por lo que el rendimiento de los datos sufría enormemente.

OPCIONES DE FRAGMENTACIÓN-INTERCALADO DE LA CAPA DE ENLACE.

La opción LFI depende del tipo del enlace WAN que tenga la red IP. Las dos opciones básicas para VoIP son:

- Frame Relay FRF.12.
- Multienlace PPP.

Frame Relay FRF.12.

Cuando se tiene circuitos Frame Relay se debe utilizar la fragmentación-intercalado extremo a extremo FRF.12. Cisco también soporta el Anexo C de FRF.11 y otras opciones propietarias, éstas se diseñan para VoFR y no preservan la QoS para los paquetes VoIP a través del enlace.

El tamaño de fragmentación de la trama se basa en la velocidad de temporalización de la interfaz física. La velocidad de temporalización de una interfaz, no la CIR, es la que regula el retraso de la señalización. El tamaño del fragmento de Frame Relay deberá reflejar la velocidad de acceso más pequeña de cualquier parte de la ruta física que sigue el PVC.

MULTIENLACE PPP (ML-PPP).

Normalmente PPP se usa sobre un circuito permanente multiplexado por división de tiempo (TDM) o en un circuito RDSI conmutado. Este tipo de circuitos tiene una distribución del ancho de banda uniforme a lo largo de toda la ruta física, por lo cual lo q se ve en su interfaz local es lo que se obtiene, de extremo a extremo.

Para permitir la fragmentación-intercalado en los enlaces PPP, Cisco ha modificado la función de fragmentación de la RFC 1990 ML-PPP. ML-PPP proporciona fragmentación en el emisor final, y búferes en el receptor final, para reensamblar los fragmentos. El concepto original era facilitar la unión de PPP mediante varios enlaces físicos. Cuando estos enlaces se unían en una conexión ML-PPP, los fragmentos de los enlaces físicos más lentos llegaban más tarde que los fragmentos de los enlaces físicos más rápidos. Los búferes de reensamblaje permitían al receptor esperar a los fragmentos que llegaban sin orden. Cisco ha aumentado esta función para permitir a los paquetes VoIP intercalarse entre los fragmentos del emisor final. Sin considerar que un enlace físico lento motiva que algunos fragmentos de un canal unido lleguen tarde, los paquetes VoIP pueden ser el motivo de que algunos fragmentos también lo hagan. En este punto, reensamblar y procesar está de acuerdo con el estándar ML-PPP.

ANEXO D

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS SELECCIONADOS.

Release Notes for Cisco IOS Release 12.3(2)XA on the Cisco ICS 7750

August 11, 2003

These release notes describe features and functionality of Cisco IOS Release 12.3(2)XA on the Cisco Integrated Communications System (ICS) 7750.

Caution Software upgrades for the Cisco ICS 7750 are delivered in packaged system software bundles that are distributed on Cisco.com and/or on CD-ROM. Each Cisco ICS 7750 system software bundle is certified with a specific Cisco IOS release. Appropriate consideration must be given to the other software in the bundle when installing Cisco IOS software in the Cisco ICS 7750. Contact your sales representative for ordering instructions.

These release notes are updated as needed to describe new memory requirements, new features, new hardware support, software platform deferrals, microcode changes, related document changes, and any other important changes. Use these release notes with the *Cross-Platform Release Notes for Cisco IOS Release 12.3* located on Cisco.com and the Documentation CD-ROM.

Contents

These release notes discuss the following topics:

- System Requirements, page 2
- New and Changed Information, page 10
- Important Notes, page 13
- Caveats, page 13
- Related Documentation, page 15
- Obtaining Documentation, page 20
- Obtaining Technical Assistance, page 22
- Obtaining Additional Publications and Information, page 23

Corporate Headquarters:
Cisco Systems, Inc., 170 West Tasman Drive, San Jose, CA 95134-1706 USA

Copyright © 2003 Cisco Systems, Inc. All rights reserved.

System Requirements

This section describes the system requirements for Release 12.3(2)XA on the Cisco ICS 7750. It includes the following sections:

- Memory Requirements, page 2
- Hardware Supported, page 3
- Determining Your Software Release, page 9
- Feature Set Tables, page 10

Memory Requirements

Table 1 describes the memory requirements for the Cisco IOS feature sets supported by Cisco IOS Release 12.3(2)XA on analog station interface cards (ASIs) and multiservice route processor cards (MRPs) in a Cisco ICS 7750.

Note If you intend to use Survivable Remote Site Telephony (SRST) and if you expect the amount of voice traffic to reach two full T1s (48 channels) on an MRP300, the amount of DRAM that is required on the MRP300 increases to 96 MB. Refer to *Installing Memory, PVDM, and VPN Modules in ASI Cards, MRP Cards, and SPE Cards in the Cisco ICS 7750* for memory upgrade instruetions.

Table 1 Available Software Images and Memory Requirements for ASIs and MRPs

Platform	Image Name	Image	Software Bundles	Required Flash Memory for the MRP300, MRP3-8FXS[1], MRP3-16FXS	Required Flash Memory for the MRP200, ASI81, ASI160[2]	Required DRAM Memory[3]	Runs From
Cisco ICS 7750	IP/Voice Plus	ics7700-sv3y-mz	S77a-x.x.x	16MB	Not applicable	64 MB	RAM
	IP/FW/Voice Plus IPSec 56	ics7700-k8o3sv3y-mz	S77b-k8-x.x.x	16MB	Not applicable	64MB	RAM
	IP/FW/Voice Plus IPSec 3DES	ics7700-k9o3sv3y-mz	S77c-k9-x.x.x	16MB	Not applicable	64MB	RAM
	IP/IPX/AT/ IBM/ Voice, Plus	ics7700-bnr2sv3y-mz	S77d-x.x.x	16MB	Not applicable	64MB	RAM
	IP/IPX/AT/IB M/FW/ Voice, Plus IPSec 56	ics7700-bk8no3r2sv3y-mz	S77e-k8-x.x.x	16MB	Not applicable	64MB	RAM

Table 1 Available Software Images and Memory Requirements for ASIs and MRPs (continued)

Platform	Image Name	Image	Software Bundles	Required Flash Memory for the MRP300, MRP3-8FXS[1], MRP3-16FXS	Required Flash Memory for the MRP200, ASI81, ASI160[2]	Required DRAM Memory[3]	Runs From
	IP/IPX/AT/IBM/FW/ Voice, Plus IPSec 3DES	ics7700-bk9no3r2sv3y-mz	S77f-k9-x.x.x	16MB	Not applicable	64 MB	RAM
	Reduced-IP/ Analog Voice Plus[4]	ics7700-sv12y10-mz	ICS-7750-AV	16MB	Not applicable	64 MB	RAM
	Reduced-IP/ Voice Plus[4]	ics7700-sv3y10-mz	ICS-7750-DV	16MB	Not applicable	64 MB	RAM

1. FXS = Foreign Exchange Station.
2. Flash memory is not used for the Cisco IOS image on ASIs and MRP200s. Since onboard flash is not available on ASIs and MRP200s, a Cisco IOS compressed image resides on the system processing engine (SPE) and is downloaded to the RAM of each ASI or MRP200 before image decompression.
3. You can upgrade ASI or MRP card memory to 80 MB, 96 MB, or 128MB by installing a dual in-line memory module (DIMM) in the card DIMM slot. For memory upgrade instructions, refer to *Installing Memory, PVDM, and VPN Modules in ASI Cards, MRP Cards, and SPE Cards in the Cisco ICS 7750.*
4. This image comprises one of the voice-only packages, and does not include data networking support.

Hardware Supported

Cisco IOS Release 12.3(2)XA supports ASIs and MRPs in a Cisco ICS 7750. See Table 2 for a description of the processor cards which are supported in the Cisco ICS 7750.

Processor Cards

Table 2 lists the processor cards that can be used in the Cisco ICS 7750.

Table 2 Cisco ICS 7750 Processor Cards

Card	Card Description	Port Description
SPE	A single-board computer that runs system software applications such as ICS System Manager and Cisco CallManager.	• SPE200[1]: No front-panel ports. • SPE310: Front-panel ports for video, keyboard, and universal serial bus (USB).

Table 2 Cisco ICS 7750 Processor Cards (continued)

Card	Card Description	Port Description
MRP200 MRP300	A voice-and-data-capable router that can carry voice traffic over an IP network and can link remote Ethernet LANs to central offices over WAN links. The multiservice route processor has two slots that support combinations of WAN interface cards (WICs), voice WAN interface cards (VWICs), and Voice interface cards (VICs). It also has two slots to support Packet Voice Data modules (PVDMs). Five versions of PVDMs are available. The MRP 300 has onboard flash memory.	Supports the data and voice interface port types listed in Table 5.
ASI 81 MRP3-8FXS	A voice-and-data-capable router that can carry voice traffic over an IP network and can link small-to- medium-size remote Ethernet LANs to central offices over WAN links (depending on the type of card installed in its WIC/VIC/VWIC slot) and can support connections to analog telephones, fax machines, and polycoms. It also has two PVDM slots. The MRP3-8FXS has onboard flash memory.	• Eight FXS ports • One slot that supports the data and voice interface port types listed in Table 5
MRP3-8FXOM1	A voice-and-data-capable router that can carry voice traffic over an IP network and can link small-to- medium-size remote Ethernet LANs to central offices over WAN links (depending on the type of card installed in its WIC/VIC/VWIC slot) and can support connections to analog trunks between a Central Office (CO) and an IP telephony system. It also has two PVDM slots and onboard flash memory.	• Eight FXO[2] ports • One slot that supports the data and voice interface port types listed in Table 5
ASI 160 MRP3-16FXS	An analog gateway that supports connections to telephones, fax machines, and polycoms. It also has two PVDM slots. The MRP3-16FXS has onboard flash memory.	Sixteen FXS ports
System alarm processor (SAP)	A module that monitors the status of the chassis, power supply modules, and fans, and feeds real-time data to the system processing engines. The SAP card delivers its data to the SPE running System Manager.	• Two COM ports • One console port
System switch processor (SSP)	An Ethernet switch that passes data between all system cards and to any other Ethernet switches connected to the system.	Two Ethernet 10/100 ports

1 System software release 2.1.0 or later is supported only on SPE 310s.

2. FXO = Foreign Exchange Office

Table 3 lists the number of processor cards supported by a Cisco ICS 7750.

Table 3 Number of Cards Supported in a Cisco ICS 7750 Chassis

Card	Minimum Required	Maximum Allowed
SAP	1	1
SSP	1	1
MRP	0	5
ASI	0	5
SPE310	1	5
200W power supply module	1	2

MRP and ASI Card Upgrades

You can upgrade MRP and ASI cards as follows:

- Memory. MRP and ASI cards ship with 64 MB of dynamic RAM (DRAM). You can upgrade MRP and ASI card memory to 80 MB, 96, or 128 MB by installing a dual in-line memory module (DIMM) in the card DIMM slot.
- Voice and data processing power. VICs, VWICs, and FXS modules installed in MRP or ASI cards might require additional digital signal processors (DSPs) for processing heavier volumes of voice traffic. You can install Packet Voice/Data Modules (PVDMs) in one or both of the card PVDM slots to give MRP and ASI cards more processing power.

Note Refer to *Installing Memory, PVDM, and VPN Modules in ASI Cards, MRP Cards, and SPE Cards in the Cisco ICS 7750* for instructions on how to upgrade ASI and MRP cards.

Table 4 provides information about the modules that you can install in ASI and MRP cards

Table 4 Cisco ASI and MRP Card Replacement DIMMs and PVDMs

Description	Cisco Part Number
16-MB SDRAM DIMM	MEM-MRP-16D=
32-MB SDRAM DIMM	MEM-MRP-32D=
64-MB SDRAM DIMM	MEM-MRP-64D=
4-channel packet voice/fax data DSP module	PVDM-256K-4=
8-channel packet voice/fax data DSP module	PVDM-256K-8=
12-channel packet voice/fax data DSP module	PVDM-256K-12=
16-channel packet voice/fax data DSP module	PVDM-256K-16=
20-channel packet voice/fax data DSP module	PVDM-256K-20=

Wide Area Network Interface Cards, Voice Interface Cards, and Voice WAN Interface Cards

Table 5 lists the WICs, VICs, and VWICs that you can order in Cisco ICS 7750 MRP and ASI 81 cards. Refer to the *Cisco ICS 7750 Installation and Configuration Guide* and the ICS System Manager online help for configuration instructions.

Table 5 Supported WICs, VICs and VWICs

Card Description	Abbreviated Name	Support in MGCP[1] Mode
2-port FXS voice/fax interface card	VIC-2FXS	Yes
2-port FXO voice/fax interface card	VIC-2FXO	Yes
4-port FXO voice/fax interface card with battery reversal detection and caller ID support (for the United States, Europe, and Australia) [Replaces the VIC-4FXO-M1, VIC-2FXO-M1, VIC-2FXO-M2, and VIC-2FXO-M3]	VIC2-4FXO	No MGCP support if Caller ID or battery reversal detection enabled
4-port FXO voice/fax interface card with battery reversal detection and caller ID support (for the United States)	VIC-4FXO-M1	No MGCP support if Caller ID or battery reversal detection enabled

Table 5 Supported WICs, VICs and VWICs (continued)

Card Description	Abbreviated Name	Support in MGCP[1] Mode
2-port FXO voice/fax interface card with battery reversal detection and caller ID support (for the United States)	VIC-2FXO-M1	No MGCP support if Caller ID or battery reversal detection enabled
2-port FXO voice/fax interface eard with battery reversal detection and caller ID support (for Europe)	VIC-2FXO-M2	No MGCP support if Caller ID or battery reversal detection enabled
2-port FXO voice/fax interface card with battery reversal deteetion (for Australia)	VIC-2FXO-M3	No MGCP support if Caller ID or battery reversal detection enabled
2-port E&M[2] voice/fax interface card	VIC2-2E/M	No
2-port E&M voice/fax interface card	VIC-2E/M	No
2-port analog DID[3] voice/fax interface card	VIC-2DID	FXS mode only
4-port analog FXS/DID voice/fax interface card	VIC-4FXS/DID	FXS mode only
2-port ISDN BRI voice/fax interface card (network and terminal side) [Replaces the VIC-2BRI-NT/TE]	VIC2-2BRI-NT/TE	Yes
2-port ISDN BRI voice/fax interface card (network and terminal side)	VIC-2BRI-NT/TE	Yes
1-port T1/fractional T1 multiflex trunk with CSU/DSU	VWIC-1MFT-T1	Yes
2-port T1/fractional T1 multiflex trunk with CSU/DSU	VWIC-2MFT-T1	Yes
1-port E1/fractional E1 multiflex trunk with CSU/DSU	VWIC-1MFT-E1	Yes
2-port E1/fractional E1 multiflex trunk with CSU/DSU	VWIC-2MFT-E1	Yes
1-port serial, asynchronous and synchronous (T1/E1)	WIC-1T	Not applicable
2-port serial, asynchronous and synchronous (T1/E1)	WIC-2T	Not applicable
2-port serial, low speed (up to 128 kbps), asynchronous and synchronous	WIC-2A/S	Not applicable
1-port ISDN[4] BRI[5] (S/T interface)	WIC-1B-ST	Not applicable
1-port ISDN BRI with integrated NT1 (U interface)	WIC-1B-U	Not applicable
1-port, four-wire 56-kbps CSU/DSU[6]	WIC-1DSU-56K4	Not applicable
1-port, T1/fractional T1 CSU/DSU	WIC-1DSU-T1	Not applicable

1. MGCP = Media Gateway Control Protocol
2. E&M = Ear and Mouth
3. DID = Direct Inward Dial
4. ISDN = Integrated Services Digital Network
5. BRI = Basic Rate Interface
6. CSU/DSU = channel services unit/data services unit

Table 6 lists the combinations of WICs, VICs, and VWICs that are supported on MRP300s, MRP3-8FXOM1s, and MRP3-8FXSs, where the left column of the table shows that a T1, E1, 8-port FXO-M1, or 8-port FXS module is installed in Slot 0, and where the remaining columns of the table show the types of modules that could be installed in Slot 1 of a given type of MRP.

Data Sheet

Cisco 3700 Series
Multiservice Access Routers

Access Platform Optimized for the Modular Integration and Consolidation of Branch Office Applications and Services

Introduction

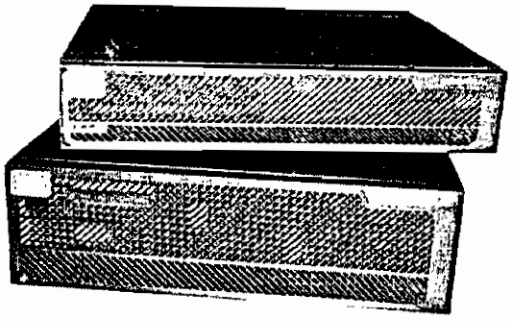
The Cisco 3700 Series Multiservice Access Routers are a new family of modular routers that enable flexible and scalable deployment of new e-business applications in an integrated branch office access platform. For customers planning to migrate services from legacy infrastructure and to distribute new applications from the core to the edge of the enterprise, the Cisco 3700 Series offers a powerful new solution for remote office access. Deploying the Cisco 3700 Series accelerates customers' cost reduction benefits of e-business applications, reduces total cost of ownership of customers' infrastructure, and improves competitive leverage of the network. The Cisco 3700 series supports the Cisco AVVID (Architecture for Voice, Video and Integrated Data), which is the enterprise-wide, standards-based network architecture that provides the roadmap for combining business and technology strategies into one cohesive model.

Complementing the existing Cisco 1700/2600/3600 modular multiservice routers, which are optimized to support the broadest array of connectivity options, the Cisco 3700 Series is ideal for sites and solutions requiring the highest levels of integration at the edge, such as:

- Integration of flexible routing and low density switching
- Single platform solution for Branch Office IP Telephony and Voice Gateway allowing flexible, incremental migration and service integration
- Consolidation of service infrastructure and high service density in a compact form factor

The Cisco 3700 Series delivers an access platform optimized for the modular integration and consolidation of branch applications and services.

Figure 1
The Cisco 3700 Series Multiservice Access Routers



Cisco 3700 Multiservice Access Router Overview

The modular Cisco 3700 Series Multiservice Access Routers leverage select network modules (NMs), WAN Interface Cards (WICs), and Advanced Integration Modules (AIMs) from the Cisco 1700, 2600 and 3600 Series Routers for WAN

Cisco Systems, Inc.
All contents are Copyright © 1992–2002 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Important Notices and Privacy Statement.

Access, Voice Gateway, and Dial applications. In addition, the two Cisco 3700 platforms, the Cisco 3725 and Cisco 3745, introduce a new, wider interface form factor, a high density services module (HDSM). The 4 NM-slot Cisco 3745 router can accept two HDSMs in place of four NMs by removing the center guides between each pair of adjacent NM slots. The 2 NM-slot Cisco 3725 router can accept an HDSM in one of its two NM slots and still accept an NM in the remaining slot. By utilizing the new HDSM the Cisco 3700 Series routers are able to integrate higher port density and new, high performance services.

Figure 2
Cisco 3745 Multiservice Access Router (shown with optional interfaces)

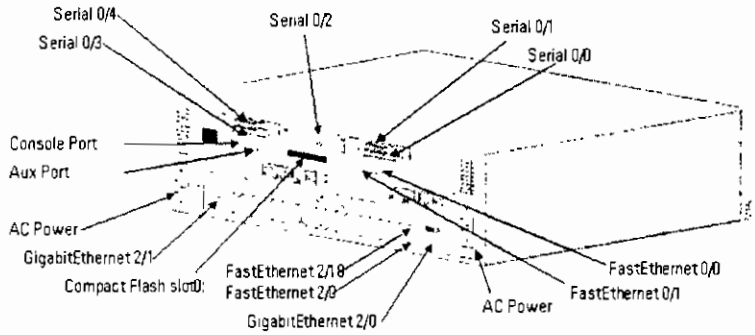
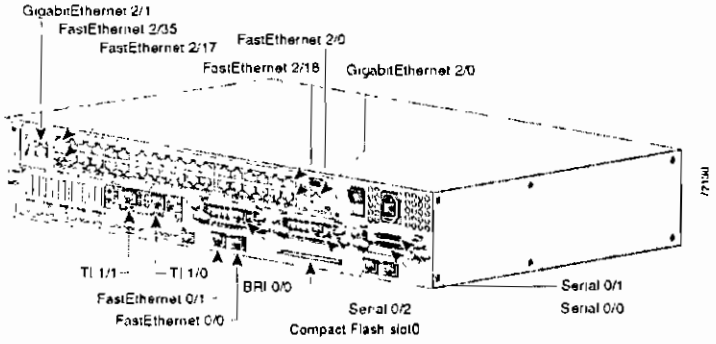


Figure 3
Cisco 3725 Application Series Router (shown with optional interfaces)



Also new in the Cisco 3700 Series is the ability to support integrated In-Line Power on optional 10/100 switching modules for IP Telephony and/or Aironet Wireless LAN applications. By integrating the connectivity slots and ports on the base chassis, the Cisco 3700 Series enables the NM slots to integrate additional services in a small footprint. Both Cisco 3700 platforms offer increased Flash and DRAM default memory to accelerate and simplify future service and feature additions. In addition, the Cisco 3745 router offers additional availability features that may be required in high density, multiple services configurations.

All contents are Copyright © 1992–2002 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Important Notices and Privacy Statement.

Key features for the Cisco 3725 and 3745:

- Two Integrated 10/100 LAN ports
- Two Integrated Advanced Integration Modules (AIM) slots
- Three Integrated WAN Interface Card (WIC) slots
- Two (Cisco 3725) or four (Cisco 3745) Network Module (NM) slots
- One (Cisco 3725) or two (Cisco 3745) High Density Service Module (HDSM)-capable slots
- 32MB Compact Flash/ 128MB DRAM (default, single 128MB DIMM/SODIMM)
- The 3725 has a single 128MB SDRAM DIMM module and a single 32MB Compact Flash module by default
- Optional In-Line Power for 16-port EtherSwitch NM and 36-port EtherSwitch HDSM
- Support for all major WAN protocols and media: LL, FR, ISDN, X.25, ATM, fractional T1/E1, T1/E1, xDSL, T3/E3, HSSI
- Support for selected NMs, WICs and AIMs from the Cisco 1700, 2600 and 3600 Series
- 2 RU (Cisco 3725) or 3 RU (Cisco 3745) Rack-mountable chassis

Additional Key Features for the Cisco 3745:

- Field-replaceable motherboard, I/O board and fan tray
- Passive backplane
- Optional internal redundant power supplies (RPS—system and inline power)
- Online Insertion and Removal (OIR) of NMs and RPSs:

Table 1 Cisco 3700 Series Key Features and Benefits

Feature	Benefit
Investment Protection	
Modular platform which shares interfaces with Cisco 1700, 2600, 3600	• Network interfaces are field-upgradable to accommodate future technologies • Additional services can be added on an "integrate as you grow" basis • Leverages the large existing portfolio of WICs, VICs, NMs and AIMs to reduce sparing, training, configuration and installation and maintenance costs
LAN/WAN Connectivity integrated into chassis	• More NM and HDSM slots available to add services in the future • Combination of AIMs and WICs along with NMs/HDSMs gives greater flexibility to create new configurations as requirements change
Flexible voice gateway and IP Telephony configurations	• Incremental migration from legacy infrastructure to IP Telephony • Supports numerous standards-based analog and digital interfaces to PBXs and the PSTN • Sliding scale options for higher density mixed analog and digital voice gateway configurations
Cisco IOS software	• Supports Cisco IOS feature sets common with the Cisco 2600 and 3600 routers • New releases of Cisco IOS add support for new services and applications • Enables end to end solutions with full support for Cisco IOS-based QoS, bandwidth management and Security mechanisms

All contents are Copyright © 1992–2002 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Important Notices and Privacy Statement.

Cisco Systems

Data Sheet

Cisco **827-4V** ADSL Router
Voice-Enabled Business-Class **ADSL Access** through the Power of **Cisco IOS®** Technology

The Cisco 827-4V business-class ADSL routers provide business-class functionality for small businesses, small remote offices and corporate teleworkers through the power of Cisco IOS technology. It enables service providers and resellers to increase service revenue by supporting features for business-class security, integrated toll-quality voice/data, differentiated classes of service, and managed network access. These value-added features, along with the manageability and proven reliability of Cisco IOS technology, provide the mission-critical networking that businesses require.

The Cisco 827-4V router is a member of the award-winning Cisco 800 series. With the software upgradeable platform of the Cisco 827-4V router is a memeber of the award-winning Cisco 800 series. With the software upgradeable platform of the Cisco 827-4V router, service providers and resellers can increase revenue by offering DSL services today and provide value-added services as customer technology needs grow. (See Figure 1.)

Value-Added Services

The Cisco 827-4V router is ideal for up to 20 users in a small business, remote offices or as an enterprise telecommuting solution, supporting scalable:

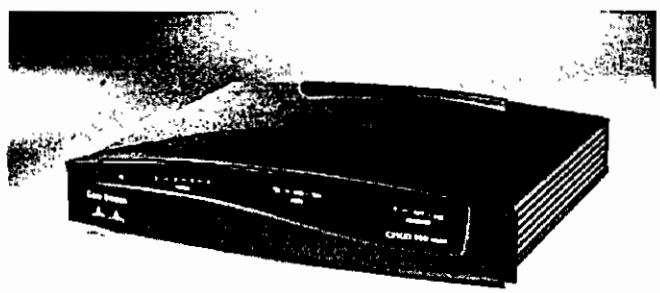
- Business-class security
- Intranet toll-quality voice
- Differentiated classes of service
- Reliability and manageability using Cisco IOS Software

Reduced Cost of Operations

Because the Cisco 827-4V router is based on Cisco IOS technology, service providers and resellers can take advantage of their training and investments in Cisco IOS Software to reduce their overall costs of doing business. With key management and troubleshooting features, service providers and resellers can cost-effectively deploy and manage the Cisco 827-4V router at the business customers' premise, thanks to the following advantages:

- Cisco IOS manageability, including interactive diagnostics/debug features
- Familiar Cisco IOS command-line interface (CLI)
- Proven reliability

Figure 1:
Cisco 827-4V ADSL Router



Cisco Systems, Inc.
All contents are Copyright © 1992-2002 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Important Notices and Privacy Statement.

Table 2 Model Matrix

Hardware Specifications	Cisco 827-4V
Processor	MPC 855T RISC
Processor Speed	50 MHz
Default DRAM[1] Memory	8 MB
Maximum DRAM Memory	16 MB
Default Flash[2] Memory	8 MB
Maximum Flash Memory	8 MB
Analog Telephone Ports[3]	4
REN	5 REN/port
Ethernet	10 Mbps
Console	RJ-45
LEDs	11
Support for Kensington-Style Physical Lock	Yes
Stackable	Yes
Crossover Hub Switch	Yes
Power Supply	Universal 100 - 240 VAC

1. DRAM must be obtained from Cisco Systems
2. Additional Flash memory is Intel "Mini-card" technology
3. Supports VoATM

Table 3 Memory Requirements and Software Feature Sets of Cisco 827-4V

Cisco IOS® Feature Sets	Requirements	
	Flash	DRAM
IP	8 MB	16 MB
IP Firewall	8 MB	16 MB
IP Plus	8 MB	16 MB
IP/IPX Firewall Plus IPSec 3DES	8 MB	24 MB
IP/ Voice	8 MB	24 MB
IP Firewall Voice Plus IPSec 3DES	8 MB	24 MB

All contents are Copyright © 1992–2002 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Important Notices and Privacy Statement.

Regulatory and Standards Compliance

The Cisco 827-4V business-class ADSL routers are available for worldwide deployment.

Safety

- UL 1950/ CSA 950-95, Third Edition
- IEC 950: Second Edition with Amendments 1, 2, 3, and 4
- EN60950:1992 with Amendments 1, 2, 3, and 4
- CSO3, Canadian Telecom requirements
- AS/NZS 3260: 1996 with Amendments 1, 2, 3, and 4
- ETSI 300-047
- TS 001 with Amendment 1
- EMI
- AS/NRZ 3548:1992 Class B
- CFR 47 Part 15 Class B
- EN60555-2 Class B
- EN55022 Class B
- VCCI Class II
- ICES-003, Issue 2, Class B, April 1997S
- IEC 1000-3-2

Immunity

- IEC 1000-4-2 (EN61000-4-2)
- IEC 1000-4-3 (ENV50140)
- IEC 1000-4-4 (EN61000-4-4)

ADSL Specifications

Alcatel DynaMiTe ADSL Chipset

- T1.413 ANSI ADSL DMT issue 2
- G.992.1 ITU G.DMT support
- G.992.2 ITU G.Lite support
- G.992.3 ITU G.hs ADSL type negotiation

The chipset does not provide interoperability with carrierless amplitude modulation/phase modulation (CAP)-based ADSL lines.

Physical Specifications

Dimensions and Weight Specifications

- Dimensions (H x W x D): 2.0 x 9.7 x 8.5 in. (5.1 x 24.6 x 21.6 cm)
- Weight: 1.5 lb (0.67/0.68 kg)

Environmental Operating Ranges

- Nonoperating temperature: -4 to 149° F (-20 to 65° C)
- Nonoperating humidity: 5 to 95%, relative humidity (noncondensing)
- Nonoperating altitude: 0 to 15,000 ft (0 to 4570m)
- Operating temperature: 32 to 104° F (0 to 40° C)
- Operating humidity: 10 to 85%, relative humidity (noncondensing)
- Nonoperating altitude: 0 to 10,000 ft (0 to 3000m)

Router Power

- AC input voltage: 100 to 250 VAC, 50 to 60 Hz
- Power consumption: 6 to 23W (idle-maximum consumption)
- Power supply rating: 29W

Telephone Port Power

- Voltages: -24V and -71V

Pinout ADSL Port

- Tip and Ring: Pins 3 and 4

All contents are Copyright © 1992–2002 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Important Notices and Privacy Statement.

Cisco Systems

Data Sheet

Cisco **1751** Modular Access Router

Cisco 1751 Modular Access Router is ideally suited to help you evolve your organization into an e-Business. It supports e-Business features such as VPNs; secure Internet, intranet, and extranet access with optional firewall technology; broadband DSL and cable connectivity; and multiservice voice/video/data/fax integration. The Cisco 1751 Modular Access Router offers:

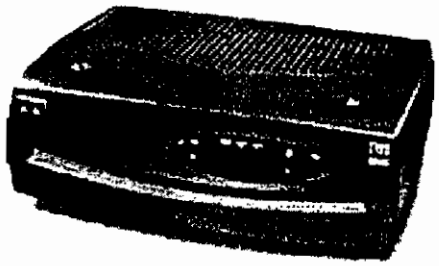
- Flexibility to adapt to changing requirements
- Modularity that allows you to individually configure the system to meet specific business needs
- Investment protection with features and performance to support new WAN services such as broadband DSL and cable access, multiservice voice/data integration, and VPNs
- Integration of multiple network functions, including an optional firewall VPN, and data service unit/channel service unit (DSU/CSU) to simplify deployment and management

The Cisco 1751 Router delivers these capabilities with the power of Cisco IOS Software in a modular integrated access solution. The Cisco 1751 Router provides a cost-effective solution to support e-Business applications through a comprehensive feature set including support for:

- Multiservice voice/fax/data integration
- Secure Internet, intranet, and extranet access with VPN and firewall
- Integrated broadband DSL connectivity
- VLAN support (IEEE 802.1Q)

The Cisco 1751 Router, a member of the Cisco 1700 Family, features a modular architecture that enables cost-effective upgrades and additions of WAN and voice interfaces. Integrated network services and functions, such as optional firewall, DSU/CSU, and VPN features, reduce the complexity of deploying and managing e-Business solutions. The Cisco 1751 Router offers investment protection when your business needs it, with a RISC architecture and features to support new technologies and applications such as voice/video/data/fax integration and VPNs. See Figure 2.

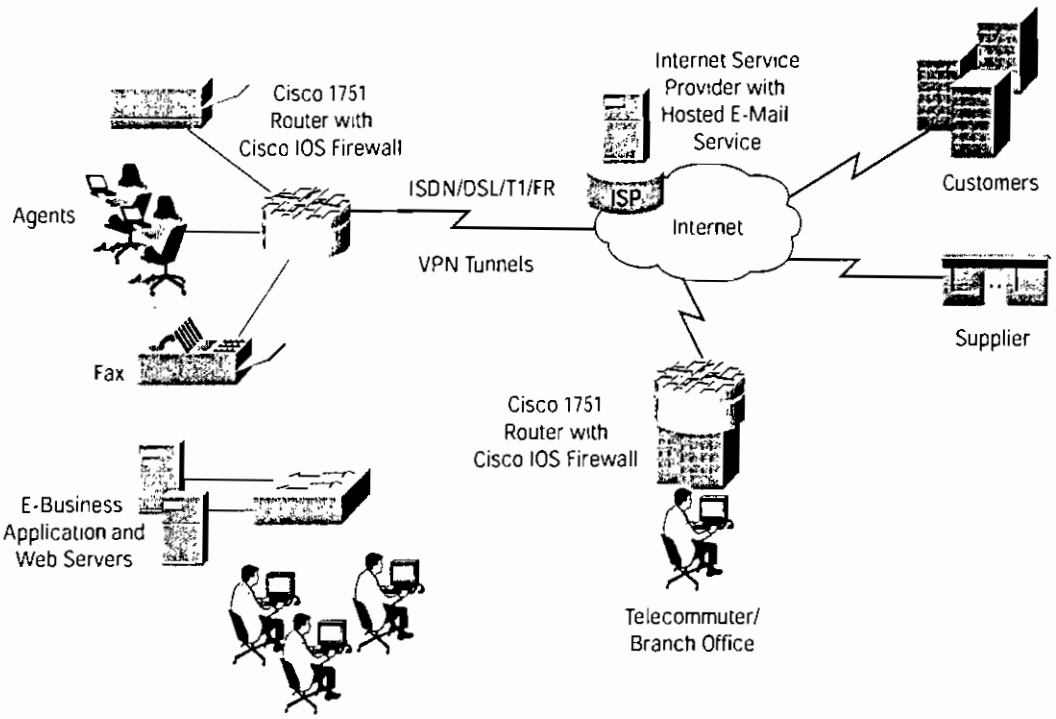
Figure 1
The Cisco 1751 Router delivers a versatile e-Business WAN access solution



Cisco Systems, Inc.
All contents are Copyright © 1992–2003 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Important Notices and Privacy Statement

Figure 2

Cisco 1751 Routers provide all necessary capabilities to connect to the Internet and communicate with vendors, customers, and other employees and offices



The Cisco 1751 Router is available in two models that enable you to easily tailor an access solution to suit your e-Business requirements today and in the future. See Table 1.

Table 1 The Cisco 1751 Modular Access Router

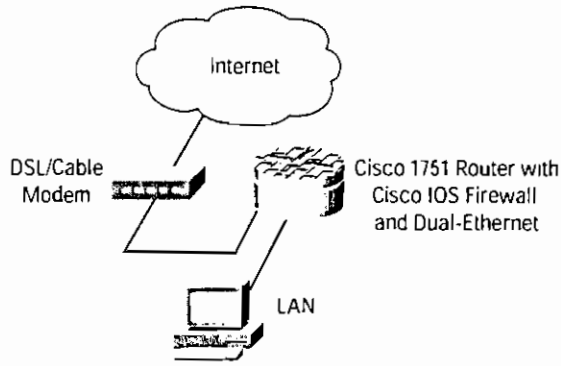
Cisco 1751 Base Model	Includes everything an office needs for data networking now (32 MB Flash, 64 MB DRAM, and Cisco IOS IP software feature set), with a simple upgrade path to full voice functionality. WAN interface cards are available separately.
Cisco 1751-V Multiservice Model	Includes all the features needed for immediate integration of data and voice services with support for up to two voice channels (32 MB Flash and 96 MB DRAM, one DSP (PVDM-256K-4), and Cisco IOS IP Plus Voice feature set). Voice and WAN interface cards are available separately.

All Cisco 1751 models offer three modular slots for voice and data interface cards, an autosensing 10/100BaseT Fast Ethernet LAN port supporting standards-based IEEE 802.1Q VLAN, a console port, and an auxiliary port. The Cisco 1751 Router supports the same WAN interface cards as the Cisco 1600, 1700, 2600, and 3600 Series routers, and the same voice interface cards and voice-over-IP (VoIP) technology as the Cisco 1700, 2600, and 3600 Series routers. This simplifies support requirements. The WAN interface cards support a wide range of services, including synchronous and asynchronous serial, Integrated Services Digital Network Basic Rate Interface (ISDN BRI), ADSL,

All contents are Copyright © 1992–2003 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Important Notices and Privacy Statement.

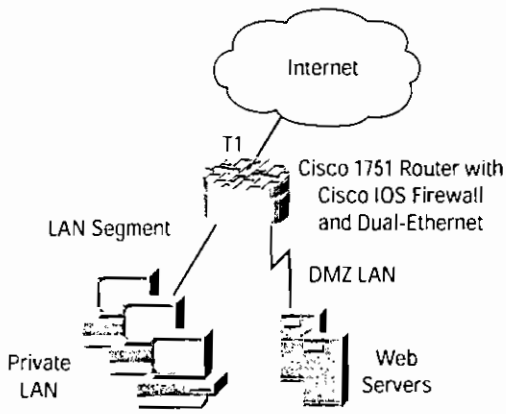
and serial with DSU/CSU options for primary and backup WAN connectivity. The voice interface cards support Foreign Exchange Office (FXO), Foreign Exchange Station (FXS), Network and User Side Voice BRI (ISDN BRI NT/TE), Ear & Mouth (E&M), direct inward dial (DID), and T1/E1 Multiflex VWICs. Additionally, an Ethernet interface card provides the Cisco 1751 Router with dual-Ethernet capability to support the external broadband modem devices. See Figure 3.

Figure 3
Cisco 1751 Router Incorporating Ethernet WAN Interface Card (WIC) Deployed with Broadband Modem



In addition, dual-Ethernet capability on the Cisco 1751 Router enables the creation of perimeter/DMZ (demilitarized zone) LANs to enhance security by physically separating private and public data. See Figure 4.

Figure 4
Cisco 1751 Router Incorporating Ethernet WIC to Deploy Perimeter/DMZ LAN



Combined, these interfaces support a comprehensive set of applications, including multiservice voice/video/data/fax integration, Frame Relay, ISDN BRI, SMDS, X.25, broadband DSL and cable services, and VPNs.

All contents are Copyright © 1992-2003 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Important Notices and Privacy Statement.

Table 5 WAN Interface Cards for the Cisco 1751 Router

Module	Description
WIC-1T	One serial, async, and sync (T1/E1)
WIC-2T	Two serial, async, and sync (T1/E1)
WIC-2A/S	Two low-speed serial (up to 128 kbps), async, and sync
WIC-1B-S/T	One ISDN BRI S/T
WIC-1B-U	One ISDN BUI U with integrated NT1
WIC-1DSU-56K4	One integrated 56/64-kbps, four-wire DSU/CSU
WIC-1DSU-T1	One integrated T1/fractional T1 DSU/CSU
WIC-1ADSL	One-port ADSL interface
WIC-1ENET	One-port 10BaseT Ethernet Interface
WIC-1SHDSL	One-port G.SHDSL interface
WIC-1AM	One-port V.90 analog modem WIC
WIC-2AM	Two-portV.90 analog modem WIC
WIC-1ADSL-I-DG	1-port ADSLoISDN Wan Interface Card
WIC-1ADSL-DG	1-port ADSLoPOTS WIC with Dying Gasp
WIC-1B-U-V2	1-Port ISDN BRI NT-1 WIC for 1700, 2600, 3600 and 3700 series

Table 6 Voice Interface Cards for the Cisco 1751

VIC-2FXS	Two-port FXS voice/fax interface card for voice/fax network module
VIC-2DID	Two-port DID (direct inward dial) voice/fax interface card
VIC-2FXO	Two-port FXO voice/fax interface card for voice/fax network module
VIC-2FXO-EU	Two-port FXO voice/fax interface card for Europe
VIC-2FXO-M1	Two-port FXO voice/fax interface card with battery reversal detection and Caller ID support (for US, Canada, and others) [enhanced version of the VIC-2FXO]
VIC-2FXO-M2	Two-port FXO voice/fax interface card with battery reversal detection and Caller ID support (for Europe) [enhanced version of the VIC-2FXO-EU]
VIC-2FXO-M3	Two-port FXO voice/fax interface card for Australia
VIC-2E/M	Two-port E&M voice/fax interface card for voice/fax network module
VIC-2BRI-NT/TE	Two-port network Side ISDN BRI interface
VIC-4FXS/DID[1]	Four-port FXS and DID voice/fax interface card
VWIC-1MFT-T1	One-port RJ-48 multiflex trunk - T1
VWIC-2MFT-T1	Two-port RJ-48 multiflex trunk - T1

All contents are Copyright © 1992–2003 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Important Notices and Privacy Statement.

Table 6 Voice Interface Cards for the Cisco 1751

VWIC-2MFT-T1-DI	Two-port RJ-48 multiflex trunk - T1 with drop and insert
VWIC-1MFT-E1	One-port RJ-48 multiflex trunk - E1
VWIC-2MFT-E1	Two-port RJ-48 multiflex trunk - E1
VWIC-2MFT-E1-DI	Two-port RJ-48 multiflex trunk - E1 with drop and insert
VWIC-1MFT-G703	One-port RJ-48 multiflex trunk - E1 G.703
VWIC-2MFT-G703	Two-port RJ-48 multiflex trunk - E1 G.703
VIC2-2FXS	Two-port Voice Interface Card - FXS
VIC2-2FXO	Two-port Voice Interface Card - FXO (Universal)
VIC2-4FXO	Four-port Voice Interface Card - FXO (Universal)
VIC2-2E/M	Two-port Voice Interface Card - E and M
VIC2-2BRI-NT/TE	Two-port Voice Interface Card - BRI (NT and TE)

1 The Cisco 1751 can support three VIC-4FXS/DID cards with a maximum of four ports in DID mode

Voice Implementation Requirements

The Cisco 1751 Modular Access Router supports FXO, FXS, E&M, ISDN BRI VICs, and T1/E1 multiflex V/WICs.

The FXO interface allows an analog connection to the central office of the Public Switched Telephone Network (PSTN). The FXS interface connects basic telephone service phones (home phones), fax machines, key sets, and PBXs through ring voltage and dial tone. The E&M interface allows connection for PBX trunk lines (tie lines). The ISDN-BRI NT/TE VIC is used to connect to the PSTN or a PBX/KTS, whereas the T1/E1 multiflex V/WIC (multiflex V/WIC) supports both data and voice services. The multiservice-ready Cisco 1751-V router version includes all the features needed for immediate integration of data and voice services:

- One DSP—(PVDM-256K-4)
- 32-MB Flash memory
- 96-MB DRAM
- Cisco IOS IP/VOX Plus feature set

VICs and WICs are available separately.

The Cisco 1751 and Cisco 1751-V routers have two DSP module slots on the motherboard and a maximum of eight DSPs are supported per router.

All contents are Copyright © 1992–2003 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Important Notices and Privacy Statement

Technical Specifications

Dimensions

- Width: 11.2 in. (28.4 cm)
- Height: 4.0 in. (10.0 cm)
- Depth: 8.7 in. (22.1 cm)
- Weight (minimum): 3.0 lb (1.36 kg)
- Weight (maximum): 3.5 lb (1.59 kg)

Power

- Locking connector on power socket
- External Power Brick
- AC Input Voltage: 100 to 240 VAC
- Frequency: 50 - 60 Hz
- AC Input Current: rated 1 A, measured 0.5 A
- Power Dissipation: 20W (maximum)

Environmental

- Operating Temperature: 32 to 104 F (0 to 40 C)
- Nonoperating Temperature: -4 to 149 F (-20 to 65 C)
- Relative Humidity: 10 to 85% noncondensing operating; 5 to 95% noncondensing, nonoperating

Safety

- Regulatory Approvals
  - UL 1950, 3rd Edition
  - CSA 22.2 No 950-95, 3rd Edition
  - EN60950 with A1 through A4 and A11
  - EN41003
  - TCA TS001-1997
  - AS/NZS 3260 with A1 through A4
- IEC 60950 with A1 through A4 and all country deviations
- NOM-019-SCFI
- GB4943
  - ETSI 300-047
  - BS 6301 (power supply) EMI
  - AS/NRZ 3548 Class B
- CNS-13438
  - FCC Part 15 Class B
  - EN60555-2 Class B

All contents are Copyright © 1992-2003 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Important Notices and Privacy Statement.

  - EN55022 Class B
  - VCCI Class II
  - CISPR-22 Class B
- EN55024 comprised of:
  - IEC 1000-4-2 (EN61000-4-2)
  - IEC 1000-4-3 (ENV50140)
  - IEC 1000-4-4 (EN61000-4-4)
  - IEC 1000-4-5 (EN61000-4-5)
  - IEC 1000-4-6 (ENV50141)
  - IEC 1000-4-11
  - IEC 1000-3-2 Network Homologation
- Europe: CTR2, CTR3, TBR21
- Canada: CS-03
- United States: FCC Part 68
- Japan: Jate NTT
- Australia/New Zealand: TS013/TS-031, TS002, TS003
- Hong Kong: CR22

Service and Support

Leading-edge technology deserves leading-edge support. Service and support for the Cisco 1751 is available on a one-time or an annual contract basis. Support options range from help desk assistance to proactive, onsite consultation. All support contracts include:

- Major Cisco IOS Software updates in protocol, security, bandwidth, and feature improvements
- Full access to Cisco.com for technical assistance, electronic commerce, and product information
- 24-hour-a-day access to the industry's largest dedicated technical support staff

A support contract maximizes the value of your technology investment throughout its lifecycle, ensuring optimum performance and availability. Augment your internal staff's capabilities by taking full advantage of Cisco expertise.

Contact your local sales office for further information.

Corporate Headquarters
Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, CA 95134-1706
USA
www.cisco.com
Tel. 408 526-4000
800 553-NETS (6387)
Fax: 408 526-4100

European Headquarters
Cisco Systems International BV
Haarlerbergpark
Haarlerbergweg 13-19
1101 CH Amsterdam
The Netherlands
www-europe.cisco.com
Tel: 31 0 20 357 1000
Fax: 31 0 20 357 1100

Americas Headquarters
Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, CA 95134-1706
USA
www.cisco.com
Tel. 408 526-7660
Fax: 408 527-0883

Asia Pacific Headquarters
Cisco Systems, Inc.
Capital Tower
168 Robinson Road
#22-01 to #29-01
Singapore 068912
www.cisco.com
Tel: +65 6317 7777
Fax: +65 6317 7799

Cisco Systems has more than 200 offices in the following countries and regions. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the **Cisco Web site at www.cisco.com/go/offices**

Argentina • Australia • Austria • Belgium • Brazil • Bulgaria • Canada • Chile • China PRC • Colombia • Costa Rica • Croatia Czech Republic • Denmark • Dubai, UAE • Finland • France • Germany • Greece • Hong Kong SAR • Hungary • India • Indonesia • Ireland Israel • Italy • Japan • Korea • Luxembourg • Malaysia • Mexico • The Netherlands • New Zealand • Norway • Peru • Philippines • Poland Portugal • Puerto Rico • Romania • Russia • Saudi Arabia • Scotland • Singapore • Slovakia • Slovenia • South Africa • Spain • Sweden Switzerland • Taiwan • Thailand • Turkey • Ukraine • United Kingdom • United States • Venezuela • Vietnam • Zimbabwe

All contents are Copyright © 1992-2003 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. CCIP, CCSP, the Cisco Arrow logo, the Cisco *Powered* Network mark, Cisco Unity, Follow Me Browsing, FormShare, and StackWise are trademarks of Cisco Systems, Inc. Changing the Way We Work, Live, Play, and Learn, and iQuick Study are service marks of Cisco Systems, Inc.; and Aironet, ASIST, BPX, Catalyst, CCDA, CCDP, CCIE, CCNA, CCNP, Cisco, the Cisco Certified Internetwork Expert logo, Cisco IOS, the Cisco IOS logo, Cisco Press, Cisco Systems, Cisco Systems Capital, the Cisco Systems logo, Empowering the Internet Generation, Enterprise/Solver, EtherChannel, EtherSwitch, Fast Step, GigaStack, Internet Quotient, IOS, IP/TV, iQ Expertise, the iQ logo, iQ Net Readiness Scorecard, LightStream, MGX, MICA, the Networkers logo, Networking Academy, Network Registrar, Packet, PIX, Post-Routing, Pre-Routing, RateMUX, Registrar, ScriptShare, SlideCast, SMARTnet, StrataView Plus, Stratm, SwitchProbe, TeleRouter, The Fastest Way to Increase Your Internet Quotient, TransPath, and VCO are registered trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the U.S. and certain other countries.

All other trademarks mentioned in this document or Web site are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (0304R)

ETMG 203078—MS 07/03

Teléfono **IP** Cisco **7940**

Los teléfonos IP de segunda generación de Cisco traen la tecnología más innovadora a los productos de comunicación de voz. Cisco Systems, líder mundial de redes para Internet, ofrece ahora nuevas oportunidades para la rápida instalación de aplicaciones de voz clásicas y del Nuevo Mundo al presentar instrumentos de voz de alta calidad que utilizan la tecnología de transporte IP. A través de ellos se consigue la integración de voz y datos en una sola infraestructura de red que incluye una sola planta de cable, un solo tejido de conmutación Ethernet para oficinas centrales o sucursales y sistemas unificados para el funcionamiento, la administración y la gestión (OAM) de datos y voz.

El teléfono IP de Cisco es un dispositivo de comunicaciones basado en estándares. El modelo Cisco 7940 es un teléfono IP de segunda generación con todo tipo de características para usuarios con un tráfico de nivel bajo a mediano que necesitan un mínimo de números de directorios. Proporciona dos botones de línea y característica programables capaces de realizar cuatro llamadas simultáneas y cuatro teclas de software interactivas que guían al usuario a través de las características y funciones de las llamadas. También cuenta con una gran pantalla LCD basada en pixeles. Esta pantalla muestra la fecha y la hora, el nombre y el número de la persona que realiza la llamada y los dígitos marcados. La capacidad gráfica de la pantalla permite la inclusión de las características actuales y futuras.

Ilustración 1 Teléfono IP Cisco 7940

Copyright © 2000 Cisco Systems, Inc. Reservados todos los derechos.

Características

El modelo Cisco 7940 es dinámico y está diseñado para crecer junto con las capacidades del sistema. Las características se mantendrán al día con los nuevos cambios a través de actualizaciones de software en la memoria Flash del teléfono. Éste proporciona varios métodos distintos de accesibilidad en función de las preferencias del usuario. Los distintos métodos y rutas incluyen botones, teclas de software, una tecla de desplazamiento y acceso directo con el uso de los dígitos correspondientes. Cada una de las siguientes características podrá ampliar sus capacidades en el futuro.

- *Mensajes*: el teléfono IP Cisco 7940 identifica los mensajes entrantes y los ordena por categorías de usuarios en la pantalla. Esto permite a los usuarios devolver las llamadas rápida y eficazmente utilizando la opción de devolución de llamada directa.
- *Directorios*: el directorio empresarial se integra con el directorio LDAP3 (Lightweight Directory Access Protocol 3) estándar.
- *Parámetros*: la tecla de funciones permite a los usuarios ajustar el contraste de la pantalla y seleccionar el tono del timbre y los parámetros de volumen para todo el audio, como por ejemplo el timbre, el auricular, los cascos y el altavoz. También es posible establecer preferencias de configuración de la red. La configuración de la red suele definirla el administrador del sistema. La configuración puede definirse de forma automática o manual mediante Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP), Trivial File Transfer Protocol (TFTP), Cisco CallManager y CallManagers de respaldo.
- *Servicios*: el modelo Cisco 7940 permite a los usuarios tener acceso rápido a información diversa, como las previsiones meteorológicas, los precios de los valores bursátiles o cualquier otro servicio de información basada en Web que configure el administrador del sistema. Mediante el uso de estándares, como XML (Extensible Markup Language), el teléfono IP Cisco 7940 proporciona un portal a un mundo de características y destinos de información en constante crecimiento, que aparecen en su gran pantalla.
- *Ayuda*: la ayuda en línea proporciona a los usuarios información acerca de las teclas, los botones y las características del teléfono. La pantalla de pixeles permite una mayor flexibilidad de las funciones y aumenta de manera significativa la información que se visualiza cuando se utilizan características como Servicios, Información, Mensajes y Directorio. Por ejemplo, el botón Directorio puede mostrar información sobre directorios locales o basados en un servidor.

Los teléfonos IP de Cisco ofrecen tecnología de altavoces Polycom de gran calidad a dúplex completo. También incluyen un botón de fácil manejo para conectar y desconectar los altavoces y un botón para silenciar el micrófono. Cuando están activos, estos botones se encuentran encendidos.

El switch Ethernet de dos puertos de los teléfonos IP de Cisco permite realizar conexiones directas con redes Ethernet 10/100BaseT a través de una interfaz RJ-45 para una sencilla conexión LAN tanto del teléfono como de un PC en coubicación. El administrador del sistema puede designar redes LAN virtuales independientes (VLAN) (802.1Q) para el PC y los teléfonos IP de Cisco.

Un puerto de auriculares dedicado elimina la necesidad de un amplificador independiente cuando se utilizan auriculares. Esto permite que el auricular permanezca en su horquilla para hacer más sencillo el uso de los cascos. El práctico botón de control del volumen del teléfono IP Cisco 7940 ofrece ajustes rápidos del nivel de decibelios del altavoz, el auricular, los cascos y el timbre.

La base del teléfono IP Cisco 7940 se puede ajustar desde una posición totalmente plana hasta los 60 grados a fin de proporcionar una visión óptima de la pantalla y un cómodo uso de todos los botones y las teclas.

El teléfono IP Cisco 7940 también puede alimentarse desde la LAN a través de cualquiera de los nuevos módulos y accesorios con capacidad de alimentación en línea de Cisco.

La ocultación de los tonos de marcación multifrecuencia (DTMF) en modo altavoz proporciona una mayor seguridad.

Copyright © 2001 Cisco Systems, Inc. Reservados todos los derechos.

Teléfono **IP** Cisco **7960**

Los teléfonos IP de segunda generación de Cisco ofrecen la más innovadora tecnología a las soluciones de comunicación de voz. Cisco Systems, líder mundial de redes para Internet, ofrece ahora nuevas oportunidades para la rápida instalación de aplicaciones de voz clásicas y de nueva generación al presentar instrumentos de voz de alta calidad que utilizan la tecnología de transporte IP. A través de ellos se consigue la integración de voz y datos en una sola infraestructura de red que incluye una sola planta de cable, un único tejido de conmutación Ethernet para oficinas centrales o sucursales y sistemas unificados para el funcionamiento, la administración y la gestión de datos y voz.

La serie de teléfonos IP de Cisco se compone de dispositivos de comunicaciones basados en estándares. Los teléfonos IP de Cisco pueden interoperar con los sistemas de telefonía IP basados en la tecnología[1] Cisco CallManager, H.323 o el protocolo Session Initiated Protocol (SIP) y, en el futuro, el protocolo Media Gateway Control Protocol (MGCP), con actualizaciones de software iniciadas en el sistema. Esta capacidad multiprotocolo es una primicia en la industria y proporciona protección de la inversión y capacidad de migración.

El modelo Cisco 7960 es un teléfono IP de segunda generación con todo tipo de características orientado principalmente a satisfacer las necesidades de directores y ejecutivos. Ofrece seis botones programables de línea/característica y cuatro teclas de software que guían al usuario a través de las diferentes características y funciones de las llamadas. También cuenta con una gran pantalla de cristal líquido basada en píxeles. Dicha pantalla muestra la fecha y la hora, el nombre y el número de la persona que realiza la llamada, y los dígitos marcados. La capacidad gráfica de la pantalla permite la inclusión de características actuales y futuras.

Ilustración 1 Teléfono IP Cisco 7960

1 Se necesita la versión 3.0 o superior

Copyright © 2000 Cisco Systems, Inc. Reservados todos los derechos.

Características

El modelo Cisco 7960 es dinámico y está diseñado para crecer junto con las capacidades del sistema. Las características se mantendrán al día con los nuevos cambios a través de actualizaciones de software en la memoria Flash del teléfono. Éste proporciona muchos métodos de acceso en función de las preferencias del usuario. Los distintos métodos y rutas incluyen botones, teclas de software, una tecla de desplazamiento y acceso directo con el uso de los dígitos correspondientes. Cada una de las características siguientes podrá ampliar sus capacidades en el futuro.

- *Mensajes*: el teléfono IP Cisco 7960 identifica los mensajes entrantes y los ordena en categorías por usuarios en la pantalla. Esto permite a los usuarios devolver las llamadas rápida y eficazmente utilizando la opción de devolución de llamada directa.
- *Directorios*: el directorio empresarial se integra con el directorio Lightweight Directory Access Protocol (LDAP3) estándar.
- *Configuración*: la característica Configuración (Settings) permite al usuario ajustar el contraste de la pantalla y seleccionar el tono del timbre y los parámetros de volumen para todo el audio, como por ejemplo el timbre, el auricular, los cascos y el altavoz. También es posible establecer preferencias de configuración de la red. La configuración de la red suele definirla el administrador del sistema. La configuración puede definirse de forma automática o manual para DHCP (Dynamic Host Control Protocol), TFTP (Trivial File Transfer Protocol), CallManager y CallManagers de respaldo.
- *Servicios*: el modelo Cisco 7960 permite a los usuarios acceder rápidamente a información diversa, como el tiempo, los valores bursátiles, la cita del día o cualquier otra información basada en Web utilizando XML para proporcionar un portal a un mundo de características e información en constante crecimiento.
- *Ayuda*: la ayuda en línea ofrece a los usuarios información acerca de las teclas, los botones y las características del teléfono. La pantalla de píxeles permite una mayor flexibilidad de las funciones y aumenta de manera significativa la información que se visualiza cuando se utilizan características como Servicios, Información, Mensajes y Directorio. Por ejemplo, el botón Directorio puede mostrar información sobre directorios locales o basados en un servidor.

El teléfono IP Cisco 7960 ofrece tecnología de altavoces Polycom de gran calidad a dúplex completo. También incluye un botón de fácil manejo para conectar/desconectar los altavoces y botones de silencio para el micrófono. Cuando están activos, estos botones se encuentran encendidos.

El switch interno Ethernet de dos puertos de Cisco permite realizar conexiones directas con redes Ethernet 10/100BaseTx a través de una interfaz RJ-45 con conexión LAN tanto para el teléfono como para un PC en la misma ubicación. El administrador del sistema puede designar LAN virtuales independiente (VLAN) (802.1Q) para el PC y los teléfonos IP de Cisco.

Un puerto dedicado de auriculares elimina la necesidad de un amplificador independiente cuando se utilizan auriculares. Esto permite que el auricular permanezca en su horquilla para hacer más sencillo el uso de los cascos. El práctico botón de control del volumen del teléfono IP de Cisco ofrece fáciles ajustes del nivel de decibelios del altavoz, el auricular, los cascos y el timbre.

La base del teléfono IP Cisco 7960 se puede ajustar desde una posición totalmente plana hasta los 60 grados a fin de proporcionar una visión óptima de la pantalla y un cómodo uso de todos los botones y las teclas. El teléfono IP Cisco 7960 también puede alimentarse desde la LAN a través de cualquiera de los nuevos módulos y accesorios con capacidad de alimentación en línea de Cisco.

Para ofrecer más seguridad, los tonos de marcación multifrecuencia audibles están ocultos cuando se utiliza el modo altavoz.

Otras características del teléfono IP Cisco 7960:

- Más de 24 tonos de timbre configurables por el usuario
- Un auricular que mejora la audición (cumple con los requisitos del American Disabilities Act [ADA])
- Compresión de sonido G.711 y G.729a
- Compatibilidad con H.323 y Microsoft NetMeeting
- Una asignación de dirección IP: configurado por cliente DHCP o de modo estático

Copyright © 2000 Cisco Systems, Inc. Reservados todos los derechos.