

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



VoIP / VoTDM: OPTIMIZACION DEL ANCHO DE BANDA.

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

GUSTAVO WILLY BEUERMANN CANCINO

PROMOCIÓN
1972 - II

LIMA – PERÚ
2006

VoIP / VoTDM: OPTIMIZACION DEL ANCHO DE BANDA.

*Dedico este trabajo a:
Mi esposa Martha, mi compañera de siempre y a mis
hijos Diether, Cindy, Hans y Astrid,
Esperanza de superación.*

SUMARIO

Hace unos años, en la década de los 90, se comenzó a tener cada vez mas conocimiento de lo que significaba la Internet (IP) y como facilitaba la comunicación entre sus usuarios en tiempo real y mas barata que la tradicional comunicación hablada a través del hilo telefónico. El problema era que toda comunicación se hacía vía texto, es decir, se trataba de una transmisión de datos entre sus usuarios.

El tiempo ha pasado y las tecnologías actuales permiten que a través de la Internet no solo se transmita datos en si, sino que la voz y video transformados a datos, también pasen por esta red para comunicar ó dar servicios a sus usuarios.

Este Informe de Suficiencia se enfoca a entender sobre el aporte que se pueda lograr usando los MEDIA GATEWAY en las actuales REDES TDM SATELITALES para lograr una mayor eficiencia en el uso de los recursos (ancho de banda) por parte de las Empresas de Telecomunicaciones, sin perjudicar la calidad del servicio de voz, fax y modem, es decir, mantener Tool Quality.

Al final de este Informe de Suficiencia se podrá observar que con los MEDIA GATEWAY es posible lograr niveles de compresión que ocasionan ahorro sustancial en el ancho de banda satelital, lo cual a su vez justifica y alienta a las Empresas de Telecomunicaciones en migrar hacia las REDES VoIP con MEDIA GATEWAY, inicialmente en una configuración Estática, para tenerla lista hacia una configuración Dinámica con el uso de SOFTSWITCHES.

Usar el medio IP para el transporte es una realidad en la actualidad con grandes beneficios para las Empresas de Telecomunicaciones.

INDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I.

VoIP: CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO	3
1.1.-Introducción	3
1.2.-Generalidades de VoIP	4
1.3.- Estimación de la capacidad	6
1.3.1.- Velocidad de Paquete	6
1.3.2.- Ancho de Banda de Transporte	7
a.- Requerimiento de Ancho de Banda en Líneas Seriales	8
b.- Requerimiento de Ancho de Banda en Redes de Area local Ethernet	9
c.- Multiplexación RTP (RTP MUX)	10
d.- Interpolación Digital de la Voz (DSI: Digital Speech Interpolation)	12
e.- Ancho de Banda consumido por la Paquetización	14
f.- Ancho de Banda SIN RTP MUX	16
g.- Ancho de Banda con RTP MUX	16
h.- Encubrimiento de Pérdida de Paquetes	20
i.- Selección de Prioridad de Paquetes	21
1.3.3.- Trafico RTCP	22
1.3.4.- Señalización de Trafico	23
a.- Protocolo H.323	23
b.- Protocolo SIP.	28
c.- Intereoperabilidad entre Redes H.323 y Redes SIP	33
d.- Protocolo MGCP	36
e.- Protocolo MeGaCo (H.248)	41
* Arquitectura MeGaCo	43

* Modelo de Conexión	43
* Mecanismo de Mensajes en MeGaCo	44
* Comandos en MeGaCo	46
f.- SS7	47
g- SIGTRAN	47
h- Protocolos de Señalización Softswitch	48
1.3.5.- Calculo de ancho de banda total	48
1.4.- Estimación de Retardo	48

CAPÍTULO II.

INFRAESTRUCTURA DE CONMUTACION DE VOZ DE NUEVA

GENERACION	51
2.1.- Descripción Técnica de la Red NGN	51
2.1.1.- Arquitectura de la Red NGN	52
2.1.2.- Elementos de la Red NGN	54
2.2.- Los MGWs en las NGNs	57
2.2.1.- Rendimiento del MGW	59
2.2.2.- Arquitectura de la Plataforma y Características de los MGW	61
2.2.3.- Aplicaciones de los MGW	62
2.2.4.- Arquitectura y Flujo de Tráfico en el MGW	69

CAPÍTULO III.

APLICACIÓN DE LOS MGW EN RED TDM NACIONAL	73
3.1.- Red TDM Nacional	73
3.1.1.- Descripción General	73
3.1.2 Elementos de la RTDMN	75
3.2.- Propuesta Técnica MGW	77
3.2.1.- Red VoIP	77
3.2.2.- Calculo de la Relación de Comprensión	80
3.2.3.- Ingeniería Básica	83
3.2.4.- Trunking VoIP	85
3.2.5.- VoIP Via Satélite	87
3.2.6.- Modulación de la Estación Terrena	88

a.- TCM	89
b.- Turbo	89
c.- Escenarios de Aplicación	90
3.3.- Análisis Economico	90
3.3.1.- Ahorro de Ancho de Banda	91
3.3.2.- Costo del Equipamiento y Otros	97
3.3.3.- Inversión a realizar en el equipamiento	97
3.3.4.- Pay Back	99
Conclusiones	101
Anexo A: Glosario	103
Anexo B: Índice de Figuras	110
Anexo C: Índice de Gráficos	113
Anexo D: Índice de Tablas	115
Bibliografía	117

PRÓLOGO

Con el transcurrir de los años los equipos que conforman las estaciones terrenas que permiten el uso del satélite para el transporte de la información han tenido avances extraordinarios que permiten ahorros sustanciales en costos para los servicios proporcionados por las Empresas de Telecomunicaciones. Estos componentes de las Estaciones Terrenas son los transpondedores (Txp), antenas, modems, etc.

A pesar de todo ello, el costo de alquiler de ancho de banda satelital todavía es bastante caro, razón por la cual las Empresas de Telecomunicaciones buscan la manera de minimizar estos costos haciendo mas eficiente el uso de la facilidad satelital, es decir, tratando de usar menos ancho de banda para transportar la misma cantidad de información. Parte de este objetivo se logra con el uso de modems satelitales con modulaciones mas modernas (por ejemplo: 16QSPK), pero también es posible lograr muy buenos resultados con el uso de las tecnologías de la compresión con algoritmos de paquetización implementados en los Media Gateway (MGW), siempre conservando los niveles óptimos de calidad para las comunicaciones.

Se conoce claramente que la tendencia al futuro de los servicios esta enfocada hacia la implementación de Redes de Nueva Generación (NGN: New Generation Networks), usando las nubes IP para converger en ellas voz, data y video.

Este Informe de Suficiencia se enfoca al caso de la voz a través de la nube IP (VoIP) para aprovechar al máximo las ventajas que esta proporciona. En un futuro muy cercano las NGN con el uso de las tecnologías que ya sean estandarizadas por las correspondientes instituciones rectoras de las normas en telecomunicaciones, permitirá la tan esperada convergencia.

En el Capítulo I se describe en general lo que significa VoIP, requerimientos de ancho de banda, el concepto de la Multiplexación RTP, ancho de banda consumido por la paquetización, encubrimiento de pérdida de paquetes, las diferentes señalizaciones de tráfico, protocolo de señalización del softswitch y la estimación del retardo, entre los temas mas importantes y con los cuales podemos ingresar al ambiente VoIP.

En el Capítulo II se comenta sobre la Infraestructura de Conmutación de Voz de Nueva Generación (NGN), desde el punto de vista de su arquitectura y sus elementos, enfocando con especial interés los MEDIA GATEWAY (MGW) en estas plataformas, su rendimiento, diferentes tipos de aplicaciones y su arquitectura, así como el flujo de tráfico a través de ellos.

En el Capítulo III se trata directamente sobre la aplicación del MGW en la RED TDM NACIONAL de una de las Empresas de Telecomunicaciones que actualmente opera en el Perú. El uso de los MGW IGate-4000 para lograr una RED VoIP con la comunicación entre los MGWs en condiciones de Trunking Estático es una gran oportunidad para hacer mucho más rentable esta RED TDM NACIONAL por el simple hecho de ahorrar un considerable ancho de banda satelital. Se incluye también los comentarios sobre lo que adicionalmente se pudiera lograr si también se usan módems satelitales con técnicas de modulación actualmente vigentes y disponibles, terminando con la evaluación económica de la aplicación y la recomendación para su implementación.

CAPÍTULO I

VoIP: CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO.

1.1.-Introducción

El protocolo IP (Internet Protocol: Protocolo Internet) se ha convertido rápidamente en uno de los mecanismos más importantes de transporte para los sistemas de voz paquetizada de nueva generación. Voz sobre IP (VoIP) proporciona muchas ventajas a los operadores, tal como es el uso de componentes comerciales (COTS: Comercial Off-the-Shelf), lo cual reduce el costo de compra inicial y tiene la ventaja de usar tecnologías existentes. Entre otros temas, con un sistema de equipos altamente interoperables y que cumplen con los estándares se pueden evitar regulaciones internacionales que limitan el transporte tradicional de voz conmutada. Para el Operador de la Red, esto significa mantener una única infraestructura para voz y datos, lo que resulta en una sustancial reducción de costos, incremento de la eficiencia de la red, y finalmente, mayores márgenes de utilidad.

La tecnología de telefonía basada en VoIP está siendo adoptada por los operadores de telecomunicaciones rápidamente, convirtiéndose en uno de los pilares de la última revolución en el mundo de las telecomunicaciones. La infraestructura de VoIP ha fomentado la rentabilidad en constituir y operar el negocio de telecomunicaciones, facilitando el cambio de paradigma en telecomunicaciones, al permitir la convergencia de las capacidades de las telecomunicaciones en una única capa digital que puede transportar simultáneamente, con incomparable fidelidad y rendimiento, toda la información multimedia (voz, datos, video). El uso exitoso del potencial inherente a una arquitectura de red única para reducir significativamente los costos de operación y transmisión, y para permitir la creación de ambientes abiertos para ofrecer servicios innovadores, dependen, en gran medida, de la consistencia del transporte de los servicios de voz de alta calidad sobre

la infraestructura IP. Como un componente crítico de cualquier solución en telecomunicaciones, los servicios de voz deben ser manejados por la nueva infraestructura de red, garantizando la más alta calidad de servicio junto con la mínima utilización de los recursos de la red. Este Informe de Suficiencia (IS) está dirigido a revisar las principales características de los MGW (Media Gateway), los cuales deben garantizar, simultáneamente, una alta tasa de compresión y una incomparable calidad de voz.

Un de los objetivos que se busca en todos los sistemas de VoIP es la reducción del consumo del ancho de banda. Esto se logra con el uso de algoritmos de compresión y la naturaleza intrínseca de multiplexación estadística de las redes de paquetes. En este IS se señalan las ventajas de utilizar la compresión en VoIP y las diferencias entre varios CODECs.

Para que la VoIP sea un competidor o reemplazo de los sistemas de voz tradicionales, ésta debe ser capaz de ofrecer una calidad similar o mejor que los ofrecidos por aquellos. Uno de los principales criterios de diseño es la latencia. Debido a la naturaleza de las redes IP, los paquetes de datos son propensos al retardo y a la variación del retardo, que también se analiza en este IS.

1.2.-Generalidades de VoIP

El transporte del tráfico de VoIP ha sido tratado por varias organizaciones de estándares. En particular el IETF (Internet Engineering Task Force) y la ITU-T (International Telecommunications Union - Sección de Estandarización). Estos organismos son responsables de establecer y emitir estándares para este medio, entre los cuales, los mas importantes son: H.323 (Sistemas de Comunicación Multimedia basados en Paquetes), RTP (Real Time Transfer Protocol: Protocolo de Transporte para Aplicaciones en Tiempo Real), MGCP (Media Gateway Control Protocol: Protocolo de Control de Media Gateway), MEGACO y SIP (Session Initialize Protocol: Protocolo de Inicio de Sesión).

La voz requiere de dos funciones básicas: transporte y señalización. El transporte se inicia convirtiendo linealmente los grupos de la Modulación Codificada de Pulsos (PCM) en muestras temporizadas. Las muestras luego se comprimen usando uno de varios algoritmos (G.723, G.729, G.728 ó algoritmos de compresión propietarios). El tamaño de las tramas de voz resultantes depende del algoritmo usado. Luego las tramas comprimidas resultantes

se encapsulan en una cabecera RTP, una cabecera UDP (Universal Data Protocol), una cabecera IP, y finalmente en una cabecera de Capa 2 (Ethernet, HDLC, Frame Relay, ATM ó PPP). Debe considerarse que varias muestras o tramas pueden insertarse en la carga útil del paquete de transporte. La estructura del paquete resultante se muestra en la siguiente Fig. 1.1.

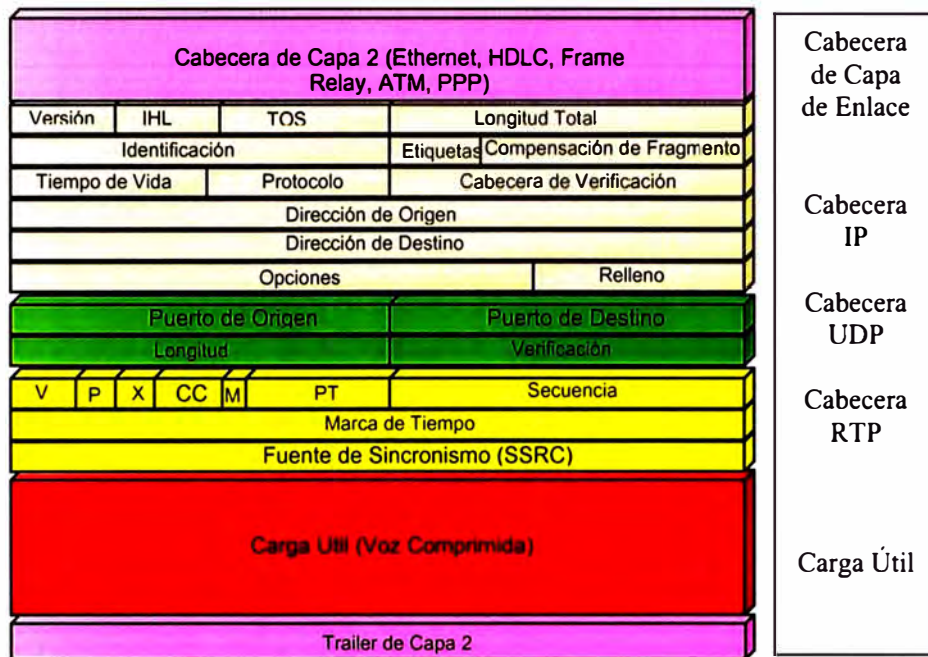


Figura 1.1: Composición del Paquete

La función de cada una de las cabeceras es la siguiente:

- La cabecera RTP proporciona los medios para dar una referencia de tiempo a las muestras de voz. También proporciona la secuencia para una reconstrucción ordenada de las tramas de voz en el lado receptor. En el modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), RTP puede compararse con la capa de Sesión (capa 5). El RTCP (Real Time Control Protocol: Protocolo de Control de Tiempo Real) acompaña al RTP, proporcionando capacidad de monitoreo.
- La cabecera UDP corresponde a la Capa de Transporte (capa 4) del modelo OSI. Tiene la función de proporcionar servicios sin conexión sobre la red IP. Proporciona los mecanismos de multiplexación necesarios para transportar varias llamadas telefónicas a través de la red. La abstracción de puerto permite esta función.

- La cabecera de IP proporciona las funciones de Capa de Red (capa 3) del modelo OSI. Esta capa transporta los paquetes de extremo a extremo sobre redes heterogéneas. Puede considerarse como la función de conmutación de una red conmutada de voz. Desde la perspectiva de telefonía, IP junto con la capa de Enlace de Datos reemplaza el procesamiento del Conmutador Central de una Central Telefónica Privada (PBX).
- La cabecera de la capa de Enlace de Datos permite a los paquetes desplazarse a través de los variados mecanismos de conectividad tales como Ethernet, líneas seriales, ATM (Asynchronous Transference Mode: Modo Asíncrono de Transferencia), F/R (Frame Relay: Relevamiento de Tramas) u otros medios.

El componente que establece las llamadas sobre la red de voz y otros servicios en los sistemas modernos de telefonía es la señalización. Debe considerarse su impacto en el ancho de banda para diseñar y dimensionar apropiadamente los equipos de la red. Cabe destacar que existen aplicaciones de transporte usando VoIP que no procesan o interpretan la señalización directamente, sino que sirven de transporte a esta, dejando que los elementos a cada extremo cumplan con esta función. Tal aplicación se clasifica como transporte estático. En otras aplicaciones los elementos de VoIP participan activamente en el proceso de señalización por lo que estas aplicaciones se clasifican como conmutadas. En este IS se tratará este concepto de gran importancia para el logro del gran objetivo: optimización del ancho de banda y calidad de voz, sea que se transmita por las redes IP (VoIP) ó por las tradicionales redes TDM (VoTDM).

1.3.- Estimación de la Capacidad

1.3.1.- Velocidad de paquete

Un parámetro muy importante del rendimiento que debe tenerse en cuenta en la conexión de MGW para VoIP a una red dorsal IP es la velocidad de paquetes. Muchas redes IP han sido diseñadas pensando solamente en datos, los cuales no son afectados de la misma manera que la voz por el ancho de banda, el retardo y el jitter. Además, los datos tienden a generar paquetes grandes por razones de eficiencia.

Por otro lado, la voz es una aplicación sensible al tiempo que genera muchos paquetes pequeños. Esto impone una exigencia inusual sobre los componentes de los equipos IP de una red IP. En consecuencia, es importante realizar un estimado completo del tráfico de paquetes y compararlo con las especificaciones de la dorsal IP. Un importante parámetro que pesa en la ecuación de diseño es que un ruteador puede quedarse sin capacidad de procesamiento de paquetes antes que quedarse sin ancho de banda.

Muchos MGW de VoIP proporcionan una manera de colocar varias tramas de voz en un paquete. Este método disminuye el número de paquetes generados por unidad de tiempo. El valor, usualmente denominado empaque de trama, depende bastante de cada implementación en particular. Debe considerarse que aumentando el empaque de tramas se afectará adversamente la latencia, ya que los paquetes grandes deben esperar un largo periodo para armarse y transportarse a través de la red IP. Esto incrementa la latencia de la red.

La TABLA 1.1 muestra las velocidades de paquete resultantes para varios algoritmos de compresión como una función del empaque de tramas.

TABLA 1.1: Velocidad de Paquetes para Diferentes Algoritmos de Compresión

Estándar	Veloc. (bps)	Algoritmo	Tamaño muestra (bytes)	Tamaño muestra (ms)	Tasa de paquete a distintos empaques de trama (pps)													
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
G.711 Ley A	64,000	PCM	80	10	100.0	50.0												
G.711 Ley μ	64,000	PCM	80	10	100.0	50.0												
G.723 Anexo-A (1)	5,300	CELP	20	30	33.3	16.7	11.1	8.3	6.7	5.6	4.8	4.2	3.7	3.3				
G.723 Anexo-A (2)	6,300	MP-MLQ	24	30	33.3	16.7	11.1	8.3	6.7	5.6	4.8	4.2	3.7					
G.723 (3)	5,300	CELP	20	30	33.3	16.7	11.1	8.3	6.7	5.6	4.8	4.2	3.7	3.3				
G.723 (4)	6,300	MP-MLQ	24	30	33.3	16.7	11.1	8.3	6.7	5.6	4.8	4.2	3.7					
G.726	16,000	ADPCM	20	10	100.0	50.0	33.3	25.0	20.0	16.7	14.3	12.5	11.1	10.0				
G.726	24,000	ADPCM	30	10	100.0	50.0	33.3	25.0	20.0	16.7	14.3							
G.726	32,000	ADPCM	40	10	100.0	50.0	33.3	25.0	20.0									
G.728	16,000	LD-CELP	10	5	200.0	100.0	66.7	50.0	40.0	33.3	28.6	25.0	22.2	20.0				
G.729	8,000	CS-ACELP	10	10	100.0	50.0	33.3	25.0	20.0	16.7	14.3	12.5	11.1	10.0				
G.729 Anexo-A	8,000	CS-ACELP	10	10	100.0	50.0	33.3	25.0	20.0	16.7	14.3	12.5	11.1	10.0				
G.729 Anexo-B	8,000	CS-ACELP	10	10	100.0	50.0	33.3	25.0	20.0	16.7	14.3	12.5	11.1	10.0				
G.729 Anexo-D	6,400	CS-ACELP	8	10	100.0	50.0	33.3	25.0	20.0	16.7	14.3	12.5	11.1	10.0				

1.3.2.- Ancho de Banda de Transporte.

Conforme las muestras de voz son paquetizadas para transportarse por la red, se añade una cabecera considerable. La Fig. 1.1 nos da una idea al respecto, sin embargo, sólo después de un análisis detallado de los protocolos involucrados se podrá observar un modelo más exacto sobre el ancho de banda y su impacto.

a.- Requerimiento de anchos de Banda en Líneas Seriales

La TABLA 1.2 muestra el ancho de banda requerido para los distintos algoritmos de compresión como una función del empaque de tramas en una línea serial con PPP (7 Bytes de cabecera). Alternativamente, puede utilizarse Frame Relay (FR), ATM o el Control de Enlace de Datos de Alto Nivel (HDLC) como protocolos de capa 2. Las cabeceras de PPP, HDLC y FR están compuestas como siguen:

- PPP: 2 Flags (1 byte), 1 campo de Dirección (1 byte), 1 campo de Control (1 byte), Protocolo (2 bytes), 1 Secuencia de Revisión de Trama ó CRC (2 bytes).
- HDLC: Flag (1 byte), campo de Dirección (1 byte), campo de Control (1 byte), Secuencia de Revisión de Trama ó CRC (2 bytes).

TABLA 1.2: Ancho de Banda requerido para Distintos Algoritmos de Compresión

Estándar	Cabecera Capa2 (bytes)	Cabecera IP/UDP/RTP (bytes)	Cabecera Total	Requerimientos de Ancho de Banda por Canal de Voz (FR-HDLC/IP) (Kbps)										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
G.711 Ley A	7	40	47	101.60	82.80									
G.711 Ley μ	7	40	47	101.60	82.80									
G.723 Anexo-A (1)	7	40	47	17.87	11.60	9.51	8.47	7.84	7.42	7.12	6.90	6.73	6.59	
G.723 Anexo-A (2)	7	40	47	18.93	12.67	10.58	6.53	8.91	8.49	8.19	7.97	7.79		
G.723 (3)	7	40	47	17.87	11.60	9.51	8.47	7.84	7.42	7.12	6.90	6.73	6.59	
G.723 (4)	7	40	47	18.93	12.67	10.58	6.53	8.91	8.49	8.19	7.97	7.79		
G.726	7	40	47	53.60	34.80	28.53	25.40	23.52	22.27	21.37	20.70	20.18	19.76	
G.726	7	40	47	61.60	42.80	36.53	33.40	31.52	30.27	29.37				
G.726	7	40	47	69.60	50.80	44.53	41.40	39.52						
G.728	7	40	47	91.20	53.60	41.07	34.80	31.04	28.53	26.74	25.40	24.36	23.52	
G.729	7	40	47	45.60	26.80	20.53	17.40	15.52	14.27	13.37	12.70	12.18	11.76	
G.729 Anexo-A	7	40	47	45.60	26.80	20.53	17.40	15.52	14.27	13.37	12.70	12.18	11.76	
G.729 Anexo-B	7	40	47	45.60	26.80	20.53	17.40	15.52	14.27	13.37	12.70	12.18	11.76	
G.729 Anexo-D	7	40	47	44.00	25.20	18.93	15.80	13.92	12.67	11.77	11.10	10.58	10.16	

- Frame Relay: Flags (1 byte), cabecera LAPF (2 bytes), Secuencia de Revisión de Trama ó CRC (2 bytes). Adicionalmente se requiere de 2 bytes para encapsular el protocolo (IETF RFC 2427).

TABLA 1.3: Tasas de Compresión con Cabecera

Estándar	Tasas de Compresión logradas sin CRTP ni VAD									
	(Kbps)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G.711 Ley A	0.63	0.77								
G.711 Ley μ	0.63	0.77								
G.723 Anexo-A (1)	3.58	5.52	6.73	7.56	8.16	8.62	8.98	9.28	9.52	9.72
G.723 Anexo-A (2)	3.38	5.05	6.05	6.71	7.19	7.54	7.81	8.03	8.21	
G.723 (3)	3.58	5.52	6.73	7.56	8.16	8.62	8.98	9.28	9.52	9.72
G.723 (4)	3.38	5.05	6.05	6.71	7.19	7.54	7.81	8.03	8.21	
G.726	1.19	1.84	2.24	2.52	2.72	2.87	2.99	3.09	3.17	3.24
G.726	1.04	1.50	1.75	1.92	2.03	2.11	2.18			
G.726	0.92	1.28	1.44	1.55	1.62					
G.728	0.70	1.19	1.56	1.84	2.06	2.24	2.39	2.52	2.63	2.72
G.729	1.40	2.39	3.12	3.68	4.12	4.49	4.79	5.04	5.26	5.44
G.729 Anexo-A	1.40	2.39	3.12	3.68	4.12	4.49	4.79	5.04	5.26	5.44
G.729 Anexo-B	1.40	2.39	3.12	3.68	4.12	4.49	4.79	5.04	5.26	5.44
G.729 Anexo-D	1.45	2.54	3.38	4.05	4.60	5.05	5.44	5.77	6.05	6.30

La tasa de compresión es la relación entre un canal de voz PCM estándar sin comprimir (64 Kbps) y el equivalente comprimido. La TABLA 1.3 muestra las tasas de compresión efectivas después de añadir las cabeceras.

b.- Requerimiento de ancho de Banda en redes de área local Ethernet.

Usualmente las Redes de Área Local (LANs) tienen ancho de banda en exceso y pérdidas de tasa de compresión. Sin embargo, cuando existen grandes concentraciones de MGW de VoIP, el tráfico generado puede exigir a los dispositivos de Ethernet (Hub o Switch) más allá de sus capacidades. Es ventajoso examinar las capacidades de los dispositivos LAN y compararlos con el tráfico generado. En general es recomendable utilizar switches Ethernet en vez de hubs, y configurar la conexión en modo de operación full dúplex para evitar colisiones y en consecuencia, una degradación del rendimiento.

La TABLA 1.4 muestra los requerimientos de ancho de banda para distintos algoritmos y empaque de tramas.

TABLA 1.4: Ancho de Banda en una LAN Ethernet

Estándar	Cabecera Capa2 (bytes)	Cabecera IP/UDP/RTP (bytes)	Cabecera Total	Requerimientos de Ancho de Banda por Canal de Voz (FR-HDLC/IP)										
				(Kbps)										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
G.711 Ley A	38	40	78	126.40	95.20									
G.711 Ley μ	38	40	78	126.40	95.20									
G.723 Anexo-A (1)	38	40	78	26.13	15.73	12.27	10.53	9.49	8.80	8.30	7.93	7.64	7.41	
G.723 Anexo-A (2)	38	40	78	27.20	16.80	13.33	11.60	10.56	9.87	9.37	9.00	8.71		
G.723 (3)	38	40	78	26.13	15.73	12.27	10.53	9.49	8.80	8.30	7.93	7.64	7.41	
G.723 (4)	38	40	78	27.20	16.80	13.33	11.60	10.56	9.87	9.37	9.00	8.71		
G.726	38	40	78	78.40	47.20	36.80	31.60	28.48	26.40	24.91	23.80	22.83	22.24	
G.726	38	40	78	86.40	55.20	44.80	39.60	36.48	34.40	32.91				
G.726	38	40	78	94.40	63.20	52.80	47.20	40.96	36.80	33.83	31.60	29.87	28.48	
G.728	38	40	78	140.80	78.40	57.60	47.20	40.96	36.80	33.83	31.60	29.87	28.48	
G.729	38	40	78	70.40	39.20	28.80	23.60	20.48	18.40	16.91	15.80	14.93	14.24	
G.729 Anexo-A	38	40	78	70.40	39.20	28.80	23.60	20.48	18.40	16.91	15.80	14.93	14.24	
G.729 Anexo-B	38	40	78	70.40	39.20	28.80	23.60	20.48	18.40	16.91	15.80	14.93	14.24	
G.729 Anexo-D	38	40	78	68.80	37.60	27.20	22.00	18.88	16.80	15.31	14.20	13.33	12.64	

c.- Multiplexación RTP (RTP MUX).

Usando IP como mecanismo de transmisión se agrega una carga pesada en el ancho de banda debido a las distintas cabeceras de protocolos. La solución inmediata es incrementar el número de tramas de voz por paquetes, de esa manera la carga útil se incrementa con respecto a las cabeceras creando una proporción más favorable para el ahorro de ancho de banda. Esta técnica tiene la desventaja que incrementa el tiempo de paquetización en proporción con el número de tramas de voz incluidos en un paquete IP, lo que a su vez induce retardos que llevan a disminuir la calidad de voz percibida. Mientras algunos compromisos son razonables de hacer y lograr aceptables relaciones de compresión (6:1 incluyendo VAD: Voice Activity Detection), algunas situaciones demandan un bajo retardo y tasas de compresión mayores. Esto es típico en enlaces internacionales satelitales, donde los retardos deben minimizarse y la compresión maximizarse a fin de conservar los costos de operación.

Se dispone de una técnica de multiplexación que permite lograr el objetivo de mínimo retardo y máxima compresión. El concepto detrás de esta idea es sencillo: las tramas de voz de llamadas múltiples son colocadas dentro de un único paquete IP. Debido a que el RTP es necesario en un esquema por llamada, copias múltiples de la cabecera RTP tendrán que compartir la misma cabecera IP/UDP. Encaramos ahora la necesidad de identificar las

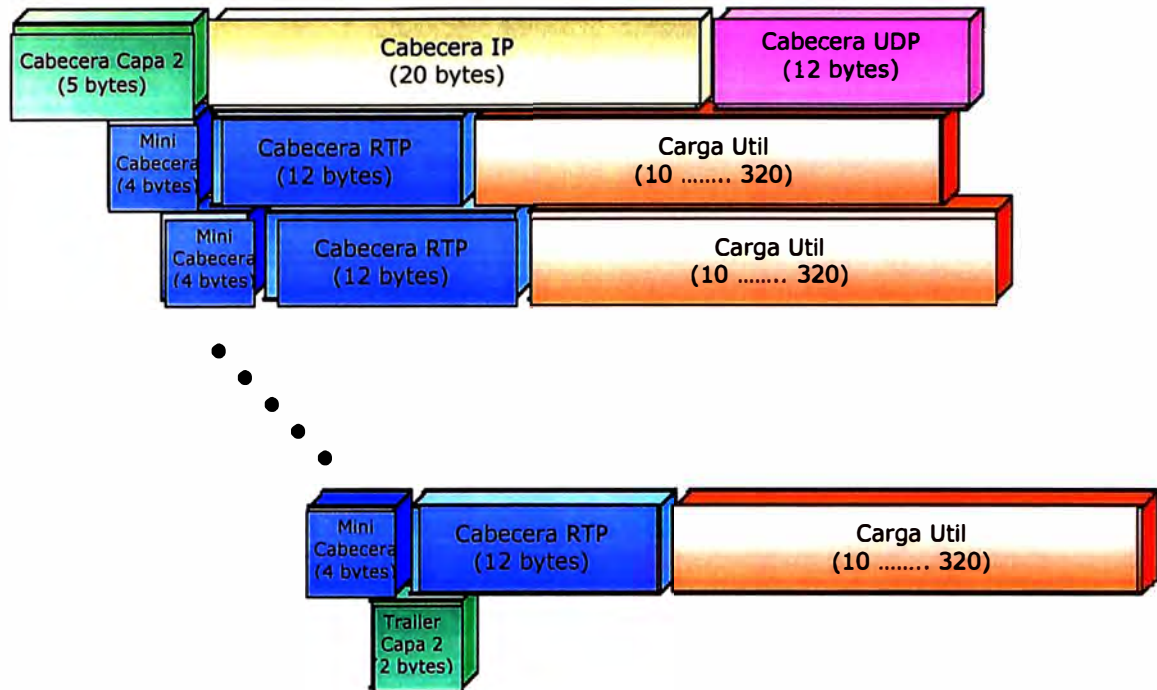


Fig. 1.2: Estructura de un paquete multiplexado por RTP

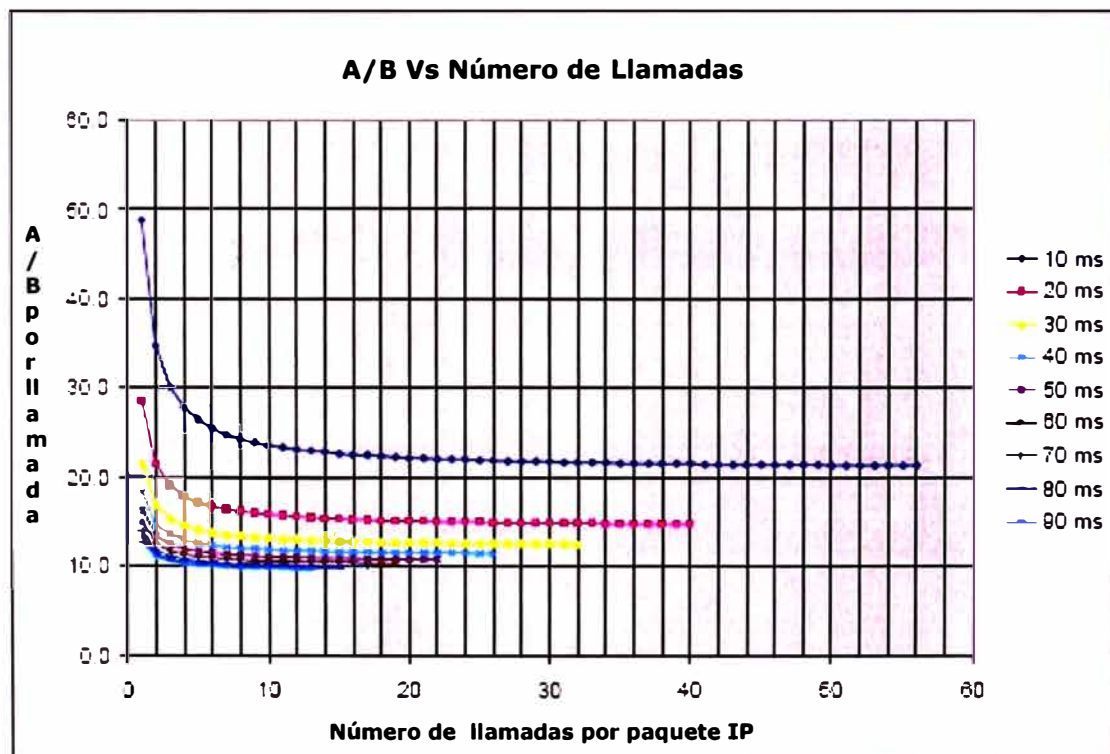


Fig. 1.3: Velocidad de paquete, tamaño de paquete y A/B Vs. Relación de Paquetización y Número de Llamadas para G.729.

llamadas dentro del paquete; esto se logra añadiendo una mini-cabecera frente a cada cabecera/carga útil RTP, tal como se muestra en la Fig. 1.2, donde la mini-cabecera indica la longitud de la carga útil y la identificación de multiplexación o identificación de puerto. Las tasas de compresión logradas por esta técnica llegan fácilmente a 9:1, lo que hace que los MGW para VoIP sean competitivos con los tradicionales equipos de compresión basados en TDM, conocidos como DCME. Otro efecto importante es la disminución de paquetes enviados a la red, reduciendo el requerimiento para manejo de paquetes en una red IP. Este concepto se ha propuesto a la ITU-T para que sea considerado un estándar.

La Fig. 1.2 ilustra este concepto, mientras que la Fig. 1.3 nos proporciona resultados de A/B (Ancho de Banda) Vs. Número de llamadas.

La TABLA. 1.5 muestra el efecto de la tasa de paquetización y la cantidad de llamadas por tamaño de paquete, velocidad de paquete y ancho de banda requerido por llamada para G.729.

La Fig. 1.3 muestra los efectos de la tasa de paquetización y la cantidad de llamadas sobre un ancho de banda requerido por llamada. Notamos que en general las curvas se allanan después de 10 llamadas. La razón de esto es que la cabecera predominante es RTP después de muchas llamadas. RTP permite la transmisión de señales en tiempo real sobre IP y es un elemento que no puede evitarse. El ancho de banda efectivo consumido en la red es también una función de la supresión de silencio o DSI, que se explica a continuación.

d.- Interpolación digital de la voz (DSI: DIGITAL SPEECH INTERPOLATION).

La Interpolación Digital de Voz, también llamada Detección de Actividad de Voz (VAD: Voice Activity Detection) o supresión de silencio, consigue ganancias adicionales en ancho de banda al no enviar paquetes o enviando paquetes de ruido comfortable durante las pausas de la conversación. Para indicar la presencia de periodos de silencio en el extremo remoto, un paquete RTP especial, llamado Trazador de Inserción de Silencio (SID: Silence Insertion Descriptor) es enviado por cada periodo de silencio (la carga útil del paquete SID es de 1 byte para G.711, 2 bytes para G.729.A y 4 bytes para G.723). El paquete SID contiene información acerca del nivel de ruido que será usado en el extremo receptor para inyectar ruido comfortable (CNG: Comfort Noise Generation). Los ahorros resultantes de

TABLA 1.5: Velocidad de paquete, tamaño de paquete y A/B vs tasa de empaquetamiento y número de llamadas para G.729

		Velocidad de Trama a diferentes Tasas de Empaquetamiento (pps)																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9								
Cantidad	Tamaño de Paquete (bytes)									Ancho de Banda por circuitos (Kbps)								
Llamadas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	61	71	81	91	101	111	121	131	141	48.8	28.4	21.6	18.2	16.2	14.8	13.8	13.1	12.5
2	87	107	127	147	167	187	207	227	247	34.8	21.4	16.9	14.7	13.4	12.5	11.8	11.4	11.0
3	113	143	173	203	233	263	293	323	353	30.1	19.1	15.4	13.5	12.4	11.7	11.2	10.8	10.5
4	139	179	219	259	299	339	379	419	459	27.8	17.9	14.6	13.0	12.0	11.3	10.8	10.5	10.2
5	165	215	265	315	365	415	465	515	565	26.4	17.2	14.1	12.6	11.7	11.1	10.6	10.3	10.0
6	191	251	311	371	431	491	551	611	671	25.5	16.7	13.8	12.4	11.5	10.9	10.5	10.2	9.9
7	217	287	357	427	497	567	637	707	777	24.8	16.4	13.6	12.2	11.4	10.8	10.4	10.1	9.9
8	243	323	403	483	563	643	723	803	883	24.3	16.2	13.4	12.1	11.3	10.7	10.3	10.0	9.8
9	269	359	449	539	629	719	809	899	989	23.9	16.0	13.3	12.0	11.2	10.7	10.3	10.0	9.8
10	295	392	492	595	695	795	895	995	1095	23.6	15.8	13.2	11.9	11.1	10.6	10.2	10.0	9.7
11	321	431	541	651	761	871	981	1091	1201	23.3	15.7	13.1	11.8	11.1	10.6	10.2	9.9	9.7
12	347	467	584	707	827	947	1067	1187	1307	23.1	15.6	13.0	11.8	11.0	10.5	10.2	9.9	9.7
13	373	503	633	763	893	1023	1153	1283	1413	23.0	15.5	13.0	11.7	11.0	10.5	10.2	9.9	9.7
14	399	539	679	819	959	1099	1239	1379		22.8	15.4	12.9	11.7	11.0	10.5	10.1	9.9	
15	425	575	725	875	1025	1175	1325	1475		22.7	15.3	12.9	11.7	10.9	10.4	10.1	9.8	
16	451	611	771	931	1091	1251	1411			22.6	15.3	12.9	11.6	10.9	10.4	10.1		
17	477	647	817	987	1157	1327	1497			22.4	15.2	12.8	11.6	10.9	10.4	10.1		
18	503	683	863	1043	1223	1403				22.4	15.2	12.8	11.6	10.9	10.4			
19	529	719	909	1099	1289	1479				22.3	15.1	12.8	11.6	10.9	10.4			
20	555	755	955	1155	1355					22.2	15.1	12.7	11.6	10.8				
21	581	791	1001	1211	1421					22.2	15.1	12.7	11.5	10.8				
22	607	827	1047	1267	1487					22.2	15.1	12.7	11.5	10.8				
23	633	863	1093	1323						22.0	15.1	12.7	11.5					
24	659	899	1139	1379						22.0	15.1	12.7	11.5					
25	685	935	1185	1435						21.9	15.0	12.6	11.5					
26	711	971	1231	1491						21.9	14.9	12.6	11.5					
27	737	1007	1277							21.8	14.9	12.6						
28	763	1043	1323							21.8	14.9	12.6						
29	7889	1079	1369							21.8	14.9	12.6						
30	815	1115	1415							21.7	14.9	12.6						
31	841	1151	1461							21.7	14.9	12.6						
32	867	1187	1507							21.7	14.8	12.6						
33	893	1223								21.6	14.8							
34	919	1259								21.6	14.8							
35	945	1295								21.6	14.8							
36	971	1331								21.6	14.8							
37	997	1367								21.6	14.8							
38	1023	1403								21.5	14.8							

ancho de banda son muy estadísticos en naturaleza y dependen principalmente de la ausencia acústica de ruido en el ambiente de la conversación del usuario. SID es también dependiente de la implementación por lo que no es posible asignar una figura determinística a su rendimiento. Los ahorros son normalmente del 30% al 60%.

Para ser conservadores, los cálculos iniciales pueden basarse en la figura más baja y validarse durante la operación para un valor más determinístico.

Esta figura puede obtenerse midiendo el tráfico real de la red. Otra aproximación es medir la red con el máximo de ganancia y luego reducirla hasta un punto en que la red es sub-utilizada. La Fig. 1.4 ilustra el principio básico bajo el cual opera SID.

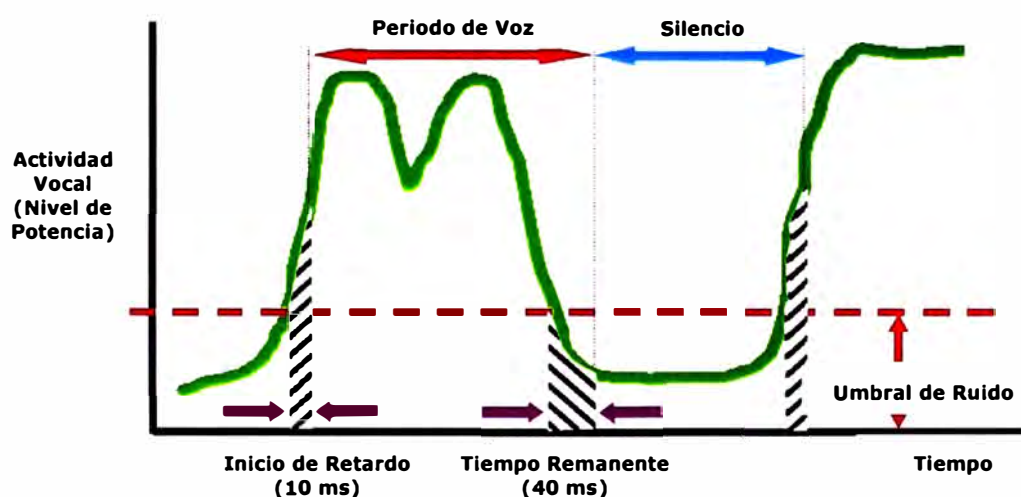


Fig. 1.4: Representación gráfica de SID

e.- Ancho de banda consumido por la paquetización

Cuando la voz se paquetiza desde la señal PCM, el solo hecho de la paquetización ya consume un ancho de banda, el cual se puede calcular de acuerdo a lo mostrado en la Fig. 1.5.

La carga útil que se genera desde la señal PCM en una muestra de 20 mseg. es de 160 bytes, los que luego de pasar por el CODEC G.729 se convierten en 20 bytes.

La cabecera para el paquete hace un total de 78 bytes:

- 38 bytes para la Capa 2 (Ethernet).
- 20 bytes para dirección IP (origen y destino).
- 8 bytes para protocolo UDP (origen y destino).
- 12 bytes para protocolo RTP.

De acuerdo a lo mencionado, el ancho de banda (A/B) consumido por el proceso de paquetización de la voz en un periodo de 20mseg. es de 39 Kbps.

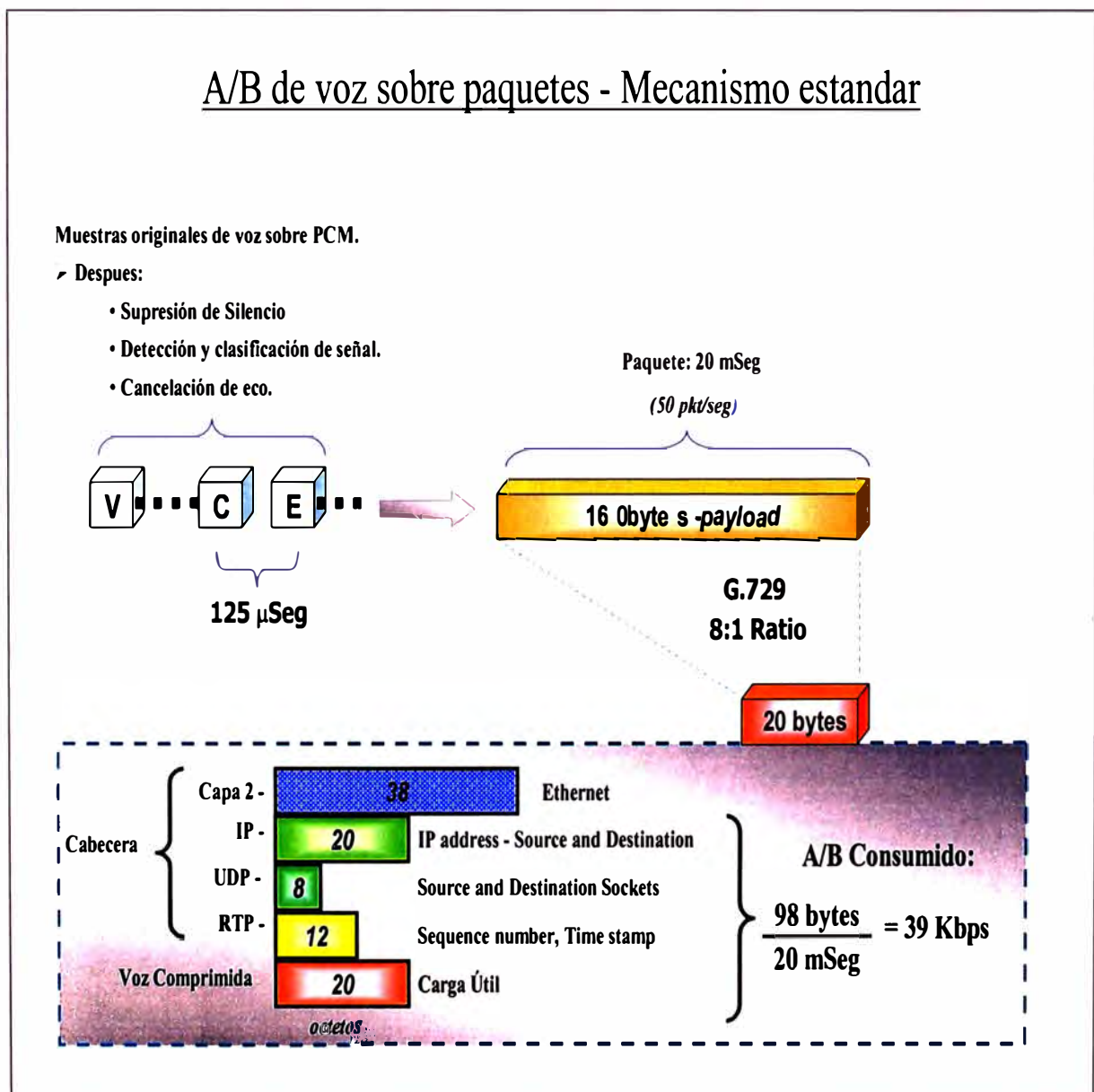


Fig. 1.5: Consumo de Ancho de Banda en la paquetización.

f.- Ancho de Banda sin RTP MUX.

Para hacer este cálculo se asume lo siguiente:

- Codec: G.729A.
- Paquetización: 40 mseg.
- Actividad de Voz: 45%.
- Factor SID (Silence Indicador): 1.1.

Con estos datos obtenemos lo siguiente:

Carga Útil de Voz: 40 bytes.

Cabecera: $12 + 8 + 20 + 38 = 78$ bytes.

A/B sin VAD: $(8\text{Kb/s}) * (78 + 40) / 40 = 23.6$ Kb/s.

- Relación de Compresión: $(64 \text{ Kb/s}) / (23.6 \text{ Kb/s}) = 2.7:1$

A/B con VAD: $(23.6 \text{ Kb/s}) * (0.45) * (1.1) = 11.68$ Kb/s.

- Relación de Compresión: $(64 \text{ Kb/s}) / (11.68 \text{ Kb/s}) = 5.5:1$

g.- Ancho de Banda con RTP MUX.

Para hacer este cálculo se asume lo siguiente:

- Codec: G.729A.
- Paquetización: 40 mseg.
- Actividad de Voz: 45%.
- Factor SID (Silence Indicador): 1.1.

Con estos datos obtenemos lo siguiente:

Carga Útil de Voz: 40 bytes.

Cabecera para el gran paquete: $12 + 8 + 20 + 10 = 50$ bytes. (Capa 2 es PPP).

Cabecera para el minipaquete: $3 + 3 = 6$ bytes.

El mecanismo RTP MUX es generando un paquete cada 10 mseg.

Si se consideran 240 canales en el mismo mux y el tiempo de paquetización es de 40 mseg., se tendrán 60 minipaquetes en 10 mseg. si no hay VAD y aproximadamente 30 minipaquetes si hay VAD (15 para 120 canales).

Cabecera para 240 canales sobre los 40 bytes de Carga Útil: $6 + 50 / 30 = 7.6$ bytes.

Cabecera para 120 canales sobre los 40 bytes de Carga Útil: $6 + 50 / 15 = 9.2$ bytes.

A/B para 240 canales: $(8\text{Kb/s}) * (7.6 + 40) / 40 = 9.52$ Kb/s.

A/B para 120 canales: $(8\text{Kb/s}) \cdot (9.2+40)/40 = 9.84\text{Kb/s}$.

A/B con VAD para 240 canales: $(9.52\text{kb/s}) \cdot (0.45) \cdot (1.1) = 4.71\text{Kb/s}$.

A/B con VAD para 120 canales: $(9.84\text{kb/s}) \cdot (0.45) \cdot (1.1) = 4.87\text{Kb/s}$.

- Relación de compresión para 240 canales: $64\text{Kb/s} / 4.71\text{Kb/s} = 13.6:1$.
- Relación de compresión para 120 canales: $64\text{Kb/s} / 4.87\text{Kb/s} = 13.1:1$.

El método del RTP MUX es eficiente para transferir paquetes RTP, RTCP y T.38 entre MGWs. RTP MUX minimiza la cabecera C2//IP/UDP del tráfico de paquetes VoIP UDP (RTP, RTCP y T.38) enlazando todo el tráfico de paquetes que tienen el mismo destino (la misma dirección IP) y que están listos para transmisión al mismo tiempo, hacia un mismo paquete combinado UDP.

Las grandes ventajas del RTP MUX se resumen en una alta relación de compresión, reducción de la velocidad de paquetes (lo cual a su vez reduce los requerimientos en los ruteadores), disminución de la situación de congestión mejorando la calidad de servicio (QoS).

Los Gráficos 1.1 y 1.2 resaltan los beneficios de RTP MUX. Los gráficos muestran el Consumo de Ancho de Banda (Mbps), la carga de Paquetes por Segundo, y la calidad de la voz (en valores PESQ) de la carga de tráfico VoIP de 240 llamadas con diferentes combinaciones de los siguientes algoritmos de compresión:

- CODEC: G.711 o G.729A.
- Con Supresión de Silencio: VAD activado.
- Sin Supresión de silencio: VAD desactivado
- Con RTP MUX: MUX activado.
- Sin RTP MUX: MUX desactivado.

Cada grupo de gráficos incluye los tres gráficos siguientes:

- Gráfico Superior: Consumo de Ancho de Banda en Mbps.
- Gráfico Central: Paquetes por Segundo (x 1,000).
- Gráfico Inferior: Calidad de Voz en PESQ

Cada gráfico muestra la información del tráfico de voz de acuerdo a las siguientes técnicas de compresión:

- Columna Azul: G.711. VAD desactivado y MUX desactivado.
- Columna Celeste: G.711. VAD activado y MUX desactivado.
- Columna Verde: G.711. VAD activado y MUX activado.
- Columna Púrpura: G.729A. VAD activado y MUX desactivado.
- Columna Roja: G.729A. VAD activado y MUX activado

El texto al lado del primer juego de gráficos resaltan los ahorros en ancho de banda, paquetes por segundo y el impacto en la calidad de voz para llamadas con G.711. VAD activado y MUX activado. El texto al lado del segundo juego de gráficos resaltan los ahorros de ancho de banda, paquetes por segundo y el impacto en la calidad de la voz para llamadas con G.729A. DAV activado y MUX activado. La TABLA 1.6 resume los resultados:

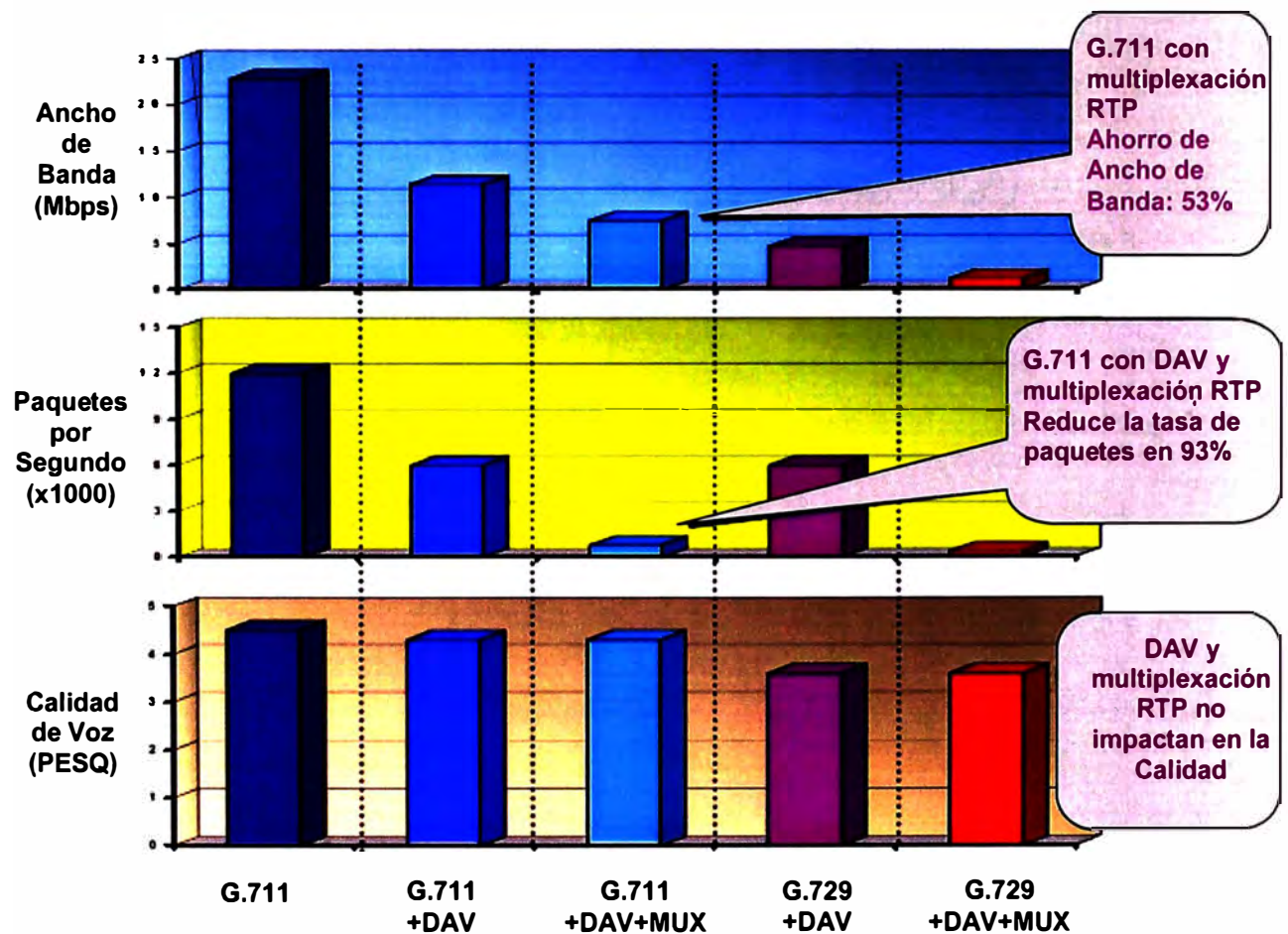


Grafico 1.1: RTP MUX – G.711

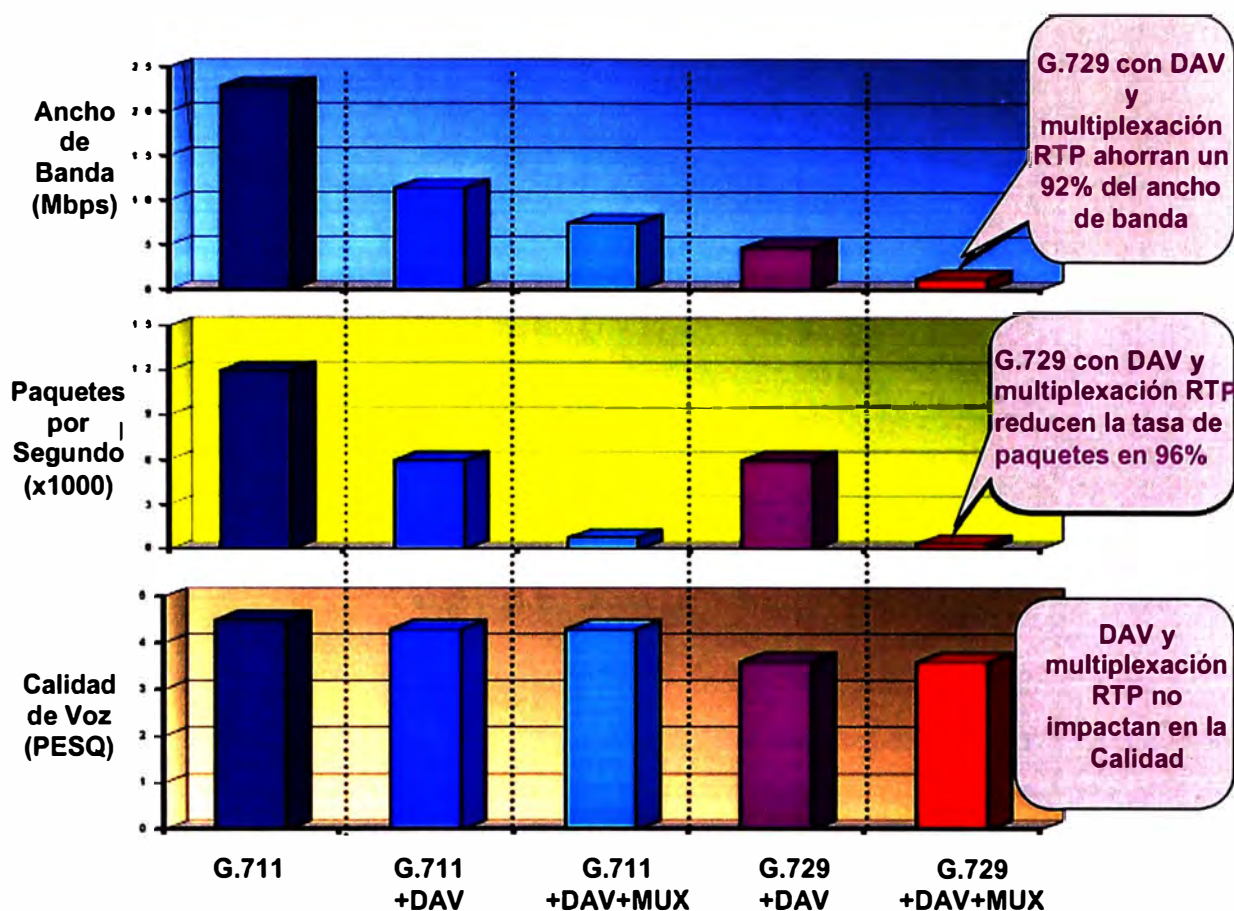


Grafico 1.2: RTP MUX – G.729A

TABLA 1.6: Resumen de resultados.

A/B: Ancho de Banda. PPS: Paquetes/Segundo CV: Calidad de Voz	Usando G.711 – VAD activado y MUX activado	Usando G.729A – VAD activado y MUX activado
Ahorro de A/B.	53%	92%
Ahorro en PPS.	93%	96%
Impacto en la CV.	0 (sin degradación de calidad)	0 (sin degradación de calidad)

Los resultados anteriores demuestran que el uso de la técnica RTP MUX, independiente del ruteador, beneficia al operador con ahorros significativos debido a la gran reducción tanto de los costos de ancho de banda como de los costos de infraestructura de una red de paquetes.

h.- Encubrimiento de Pérdida de Paquetes

Otra de las características que se encuentran en los MGW es la implementación del algoritmo denominado Encubrimiento Inteligente de Pérdida de Paquetes (EIPP).

La pérdida de paquetes es normal en redes IP. En las redes IP, los paquetes se pierden debido a condiciones de congestión en la ruta, sobrecarga de los buffers del ruteador, y el descarte de paquetes debido a la detección de errores o demora en su llegada.

El Gráfico 1.3 muestra el impacto de la pérdida de paquetes en la calidad de voz. Para paquetes de baja velocidad, hay una degradación gradual en la calidad de las señales de voz. Arriba de un límite de pérdida de paquetes, la calidad se degrada significativamente (Efecto Pendiente) y se torna inaceptable.

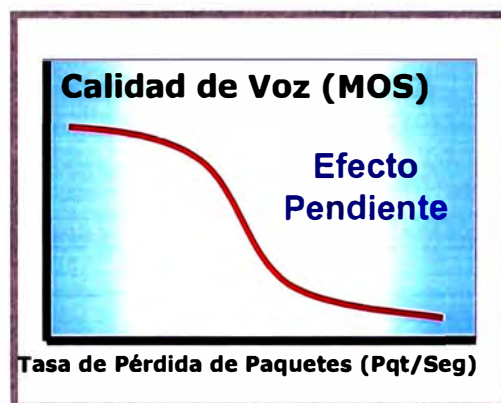


Gráfico 1.3: Efecto Pendiente

Para paquetes que transportan señales de audio o voz, los algoritmos EIPP están diseñados para minimizar el impacto de la pérdida de paquetes en la calidad percibida y en la señal recibida. Cuando se detecta una condición de pérdida de paquetes, los algoritmos EIPP generan señales que sustituyen las señales perdidas.

Un algoritmo EIPP bien diseñado debe generar señales sustitutas con el mismo timbre y perfil espectral que las señales perdidas.

El MGW emplea un algoritmo EIPP que explota las características de la voz y oído humanos y genera señales sustitutas óptimas, haciendo casi imperceptibles las pérdidas.

Algunos codificadores estándares de voz, tales como los CODECs G.723.1 y G.729A, tienen incorporados algoritmos EIPP. Para señales de voz el MGW utiliza un algoritmo EIPP, basado en la ITU Rec.G.711 Appendix I, pudiendo incluir mejoras al estándar para garantizar la sustitución óptima de las señales de los paquetes perdidos de cualquier punto de una trama de la señal de voz.

Las señales de voz humanas se caracterizan por parámetros que cambian de manera continua. La mayor parte del tiempo, se llevan a cabo cambios perceptibles a una baja velocidad, en comparación con las tramas o intervalos de paquetización PCM. Para estas señales y para condiciones de pérdida de paquetes de baja velocidad, las señales sustitutas pueden sintetizarse basadas en las características de las señales previas (no perdidas).

Cuando las señales perdidas corresponden a un intervalo de tramas de voz caracterizado por cambios rápidos o intensos, como cuando sucede después de un silencio o bajo una tasa de pérdida de paquetes alta, se requiere de un algoritmo EIPP altamente elaborado para garantizar que no se crearán situaciones artificiales para sustituir las señales perdidas.

El EIPP del MGW combina la determinación de señales perdidas predecibles basada en las características de la voz y el estimado de señales impredecibles usando métodos que toman en cuenta las características de la audición humana.

i.- Selección de Prioridad de Paquetes.

Los MGW deben poder soportar la técnica de Selección de Prioridad de Paquetes (SPP) dinámica e inteligente, desarrollada para reducir significativamente el tráfico de salida sin una degradación perceptible de la calidad de las llamadas cuando existe sobrecarga temporal de tráfico, reducción del ancho de banda o condiciones de congestión de la red, las cuales siempre se presentan en escenarios reales.

Durante el procesamiento de las señales de las llamadas, el MGW etiqueta las muestras de voz de acuerdo a su prioridad: muestras que pueden regenerarse fácilmente por el proceso de Encubrimiento Inteligente de Pérdida de Paquetes (EIPP) en el lado receptor se asignan con prioridad baja, mientras que las muestras que pueden ser regeneradas con dificultad por el proceso EIPP en el lado receptor se asignan con una prioridad más alta.

En caso de congestión, sólo se descartan las muestras de baja prioridad, limitando la degradación de la calidad de voz. Por ejemplo, en el Grafico 1.4 se muestra el efecto del descarte de trama (pérdida de paquete) en una llamada codificada en G.729A para dos condiciones diferentes: usando SPP y sin usar SPP.

El gráfico contiene dos líneas:

- Línea azul superior: Rendimiento de calidad de voz PESQ del MGW usando el mecanismo SPP
- Línea roja inferior: Rendimiento de calidad de voz PESQ sin usar el mecanismo SPP.

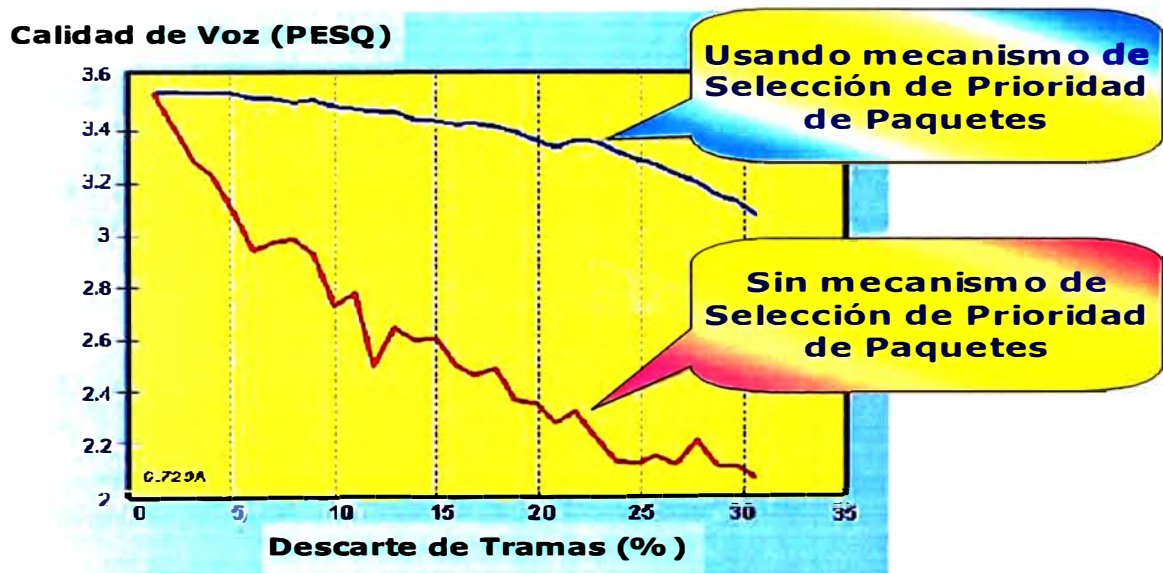


Grafico 1.4: Pérdida de paquetes y calidad de voz usando CODEC G.729

Los resultados anteriores, gracias al mecanismo de EIPP, demuestran la mejora en el rendimiento de la calidad de voz proporcionada por el MGW, a pesar de las extremas condiciones adversas de la red.

1.3.3.- Tráfico RTCP

RFC 1889 define un protocolo acompañante de RTP; Protocolo de Control en Tiempo Real (RTCP: Real Time Control Protocol). Su finalidad es transportar la información sobre la calidad de la(s) sesión(es) de cada participante o abonado. Proporciona un mecanismo para

monitorear variables tales como el retardo, jitter y paquetes recibidos/perdidos. Es una herramienta valiosa para monitorear llamadas en un mundo sin conexión. El documento inicial *draft-ietf-avt-rtp-new-08.txt* del IETF, recomienda que la fracción del ancho de banda de la sesión para ubicar RTCP sea de un 5% fijo. Generalmente los paquetes RTCP se envían cada 5 segundos cuando hay tráfico RTP. Con un tamaño promedio de 68 bytes el ancho de banda consumido es tan insignificante como de 153.6 bps., incluyendo las cabeceras IP y UDP (28 bytes). Debe tenerse en cuenta que RTCP puede no estar presente en algunas implementaciones.

1.3.4.- Señalización de Tráfico

a.- Protocolo H.323.

El protocolo H.323 es una recomendación ITU-T, que especifica como el tráfico multimedia es transportado sobre una red de paquetes (ver Fig. 1.6). H.323 utiliza algunos protocolos existentes para lograr estas funciones (por ejemplo Q.931), es un protocolo completo, que no fue creado para desarrollos simples de aplicaciones, sino mas bien fue creado para habilitar aplicaciones multimedia sobre redes de datos muchas veces irrealizables, por tanto es un protocolo de cierta complejidad. La aplicación de voz es solo una de las diversas aplicaciones que puede brindar H.323,

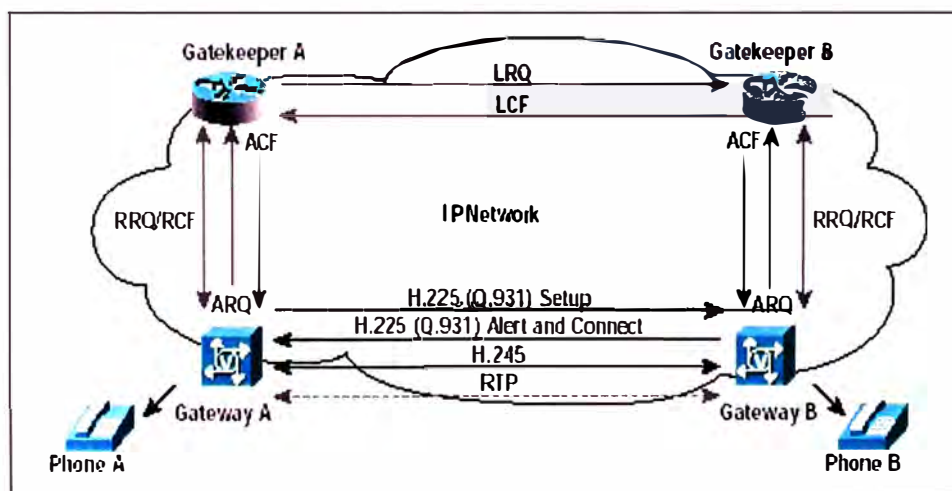


Fig. 1.6: Red H.323

* Elementos de la Red H.323

Tal como se muestra en las Fig. 1.6 y Fig. 1.7, los elementos que forman el sistema H323 son:

Terminales: Equipos utilizados por los usuarios, que incluyen funciones de tratamiento de audio, vídeo y funciones de señalización según los protocolos de control de sesiones multimedia. Pueden ser teléfonos IP, softphones o concentradores telefónicos.

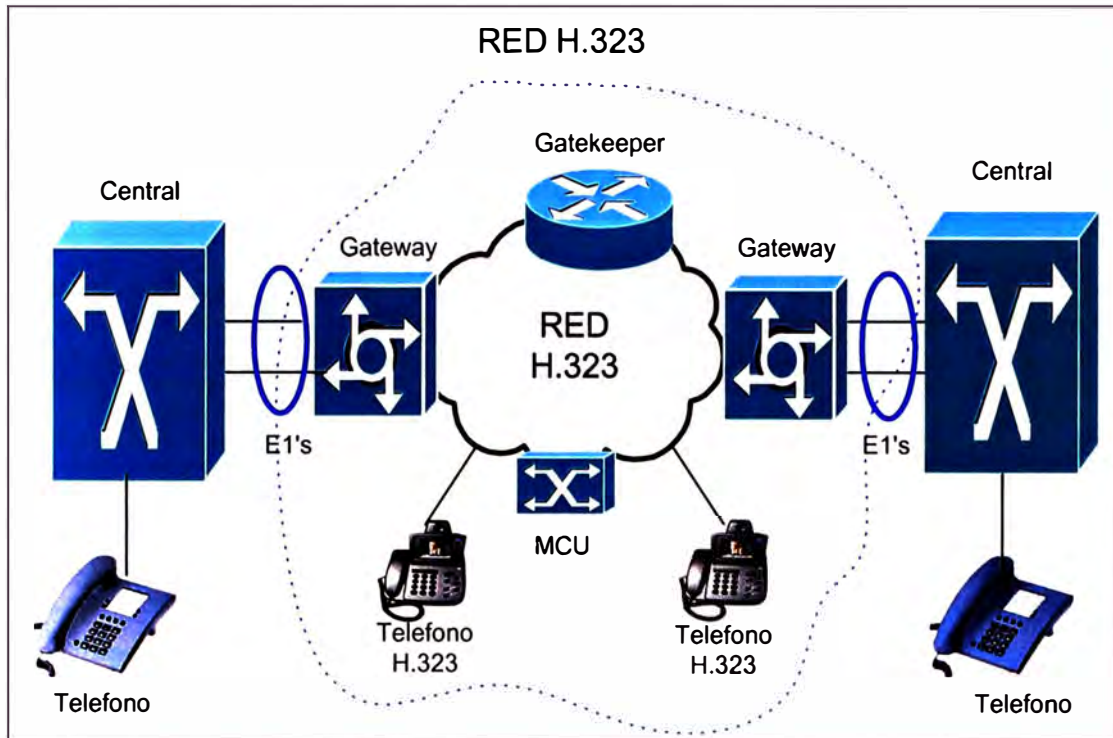


Fig. 1.7: Red H.323 Interconectada con la PSTN

GW (Gateway): El Gateway está compuesto de un MGC (Media Gateway Controller) y un MGW (Media Gateway), los cuales pueden coexistir o existir separadamente, el MGC maneja el control de la señalización y otras funciones “non-media”. El MGW maneja la funcionalidad “media conversion”. Los Gateways son la interfase de la red H.323 a otras redes como la PSTN, su interconexión con la red PSTN puede ser a través de interfaces E1's usando señalización SS7, R2, PRI, etc., siendo la más usada la SS7.

GK (Gatekeeper): Son elementos opcionales que definen zonas de comunicación, su principal función es el enrutamiento de las llamadas (call routing), básicamente el GK decide que llamadas envía a determinado GW que pertenecen a su zona y en el caso de existir, es obligatorio que los terminales lo utilicen. Sus funciones incluyen la gestión de la zona, el control de admisión, la gestión del ancho de banda y la traducción de direcciones (IP a números de teléfono y viceversa)

Unidades Multiconferencia (MCU): Necesarios para comunicaciones con más de dos participantes. Son las responsables de efectuar las mezclas de audio, vídeo y la distribución de los flujos hacia los participantes.

* Arquitectura H.323

La arquitectura H.323 no sólo afecta a los componentes del sistema, sino que además define la arquitectura de protocolos. En la Fig. 1.8 se muestra el caso más frecuente de una arquitectura H.323 sobre red IP, situando los diferentes estándares que incluye H.323 con los niveles OSI.

Según se aprecia en la Fig. 1.8, H323 es más que un estándar, es una cubierta que especifica las normas a seguir para los distintos aspectos que conforman un sistema de comunicaciones multimedia sobre una red de paquetes. En el nivel de aplicación, se sitúan los CODECs de voz (recomendaciones G.7xx), los CODECs de vídeo (recomendaciones H.26x) y las aplicaciones de datos (recomendaciones T.12x)

En el nivel de transporte H.323, se remite a los protocolos RTP/ RTCP de IETF para transporte de flujos de audio o vídeo (y a las recomendaciones T.12x para datos). En este nivel se sitúan los servicios suplementarios como transferencia o desvío de llamadas (recomendaciones H.450.x) y la recomendación H.235 que aporta el estándar de seguridad (autenticación y encriptación de sistemas y terminales).

También se encuentran en el nivel de transporte los protocolos de señalización recogidos en las recomendaciones H.225.0 (señalización de la transmisión) y H.245 (procedimientos de comunicación).

Los principales protocolos que están incluidos en el Stack H.323 son los siguientes:

Protocolo RAS (Registration, Admission and Status): Esta especificado en la recomendación H.225.0 y se desarrolla entre los terminales H.323 y el GK (Gatekeeper) de la zona a la que pertenecen (sólo se utiliza si hay GK). Regulan la autenticación del terminal, el registro en la zona y la solicitud al GK del permiso de participación en una sesión. El canal de señalización RAS se apertura antes de establecer la conexión entre terminales.

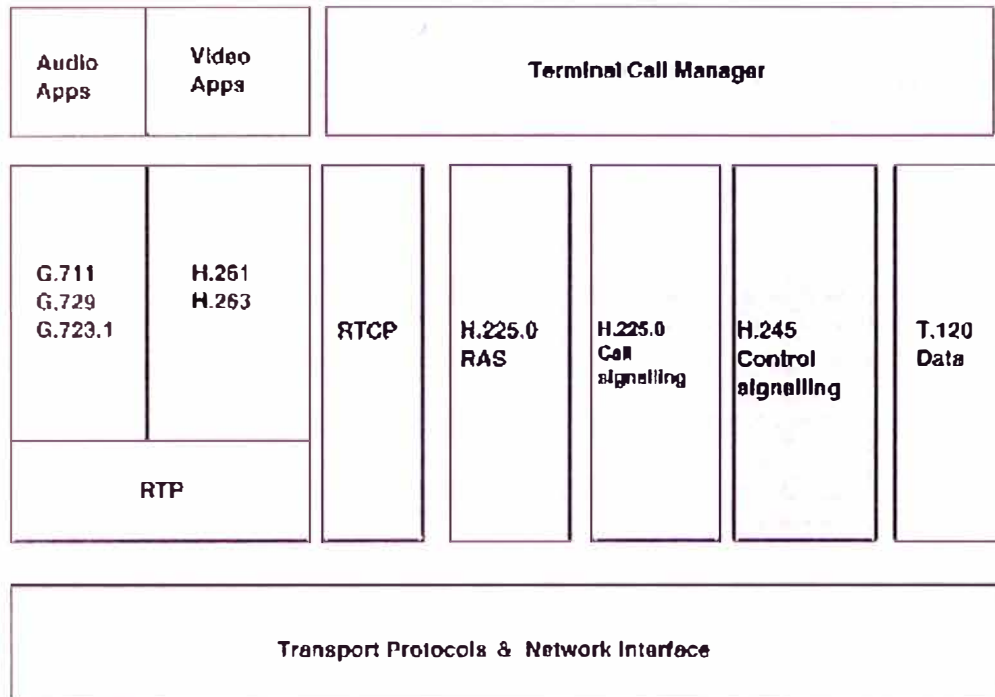


Fig. 1.8: Protocolos para H.323

Protocolo Q.931: El protocolo Q.931 también se define dentro de la recomendación H.225 pero se refiere al establecimiento de una conexión de señalización entre dos terminales. Especifica el protocolo para los procedimientos de control de llamada (establecimiento y liberación) y el soporte de servicios suplementarios. H.323 permite el intercambio de señalización Q.931 entre terminales o a través del GK. Este segundo modo permite el seguimiento detallado de las llamadas y facilita la facturación.

Protocolo H.245: Es un protocolo de control que gobierna la comunicación multimedia H323. Incluye: negociación de características (media capability negotiation), apertura y cierre de canales lógicos, requerimientos en modo preferente, mensajes de control de flujo, comandos e indicaciones generales.

Según lo expuesto en los puntos anteriores, para cada llamada, en el nivel de transporte, se establecen dos canales de señalización, uno entre el terminal y el GK (canal de señalización RAS) y otro entre los terminales (señalización Q. 931) y un único canal lógico de control entre extremos (recomendación H.245).

Todos los datos que se pasan de la capa de transporte a la de red (datos, audio, video y señales de control), tienen que llevar el formato que establece la recomendación H.225.0. Para el transporte de RTP (audio y video), RTCP y del protocolo de señalización RAS se emplea UDP, mientras que el protocolo de señalización de llamada Q.931 y el protocolo de control de sesión H.245, utilizan TCP.

* Llamada en H.323.

Lo antes mencionado se entenderá mejor con la descripción de los pasos que se siguen durante una llamada H.323. En este caso no se está usando un GK, equipo no es esencial en una red H.323. Será necesario introducir este equipo solo para una mejor zonificación de la red H.323 cuando la misma crezca.

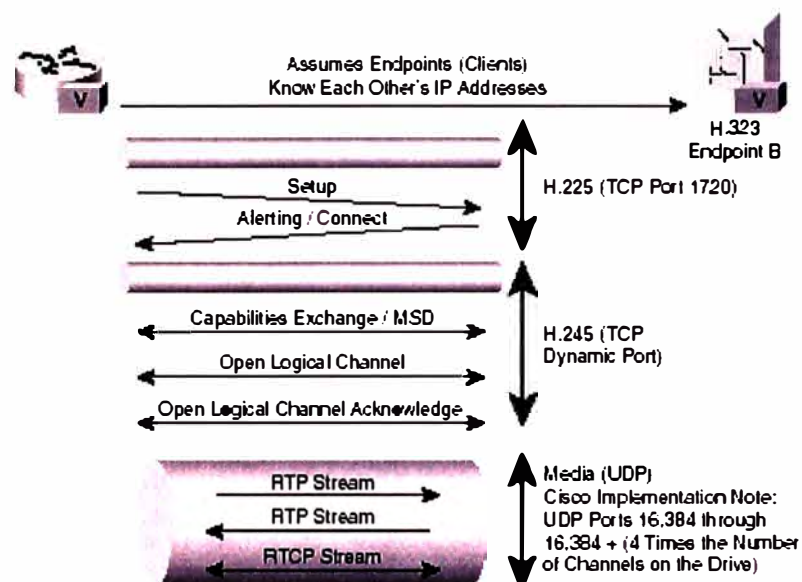


Fig. 1.9: Flujo de mensajes para una llamada en H.323

De acuerdo a la Fig. 1.9, los terminales tienen la información de la dirección IP del otro extremo.

- 1.- El Terminal A envía un mensaje SETUP al Terminal B sobre el puerto TCP 1720.
- 2.- El Terminal B responde al mensaje SETUP con un mensaje ALERTING y un número de puerto para empezar la negociación H.245.

- 3.- La negociación H.245 incluye tipos de CODECs (G.729 y G.723.1), números de puertos para el flujo RTP, y notificaciones de otras capacidades que el Terminal puede tener.
- 4.- Los canales lógicos para el tráfico UDP son entonces negociados, aperturados y reconocidos.
- 5.- La voz es transportada sobre los flujos RTP.
- 6.- RTCP (Real Time Control Protocol) es usado para transmitir a ambos extremos la información acerca de los paquetes RTP.

En el caso de la Fig. 1.9 se observa que los procesos de establecimiento de llamada de una comunicación son lentos. El número de mensajes intercambiados es elevado y además, como los procedimientos previstos incluyen la respuesta de aceptación del interlocutor, en el tiempo de establecimiento de llamada ha de incluirse el retardo de ida y vuelta.

En las versiones más recientes del estándar (la última versión V4, es de Noviembre de 2000) se introducen mejoras que simplifican el proceso de establecimiento de llamada. Entre ellas destacan el tunelado de H.245 dentro de los mensajes Q.931, la reutilización de conexiones TCP y el envío de señalización sobre UDP. Estas variaciones suponen una reducción en el número de mensajes de señalización y por tanto en el tiempo de establecimiento de llamadas. A pesar de todo el procedimiento sigue siendo lento, sobre todo si se compara con las soluciones que aporta el protocolo SIP del IETF.

b.- Protocolo SIP.

SIP (Session Initiation Protocol), es un estándar de la IETF (Internet Engineering Task Force) para comunicaciones multimedia sobre redes IP. SIP es un protocolo de control de la capa de aplicación basado en ASCII (definido en la RFC 2543), que puede ser usado para establecer, mantener y terminar llamadas entre dos o más puntos.

Como otros protocolos de VoIP, SIP es diseñado para direccionar las funciones de señalización y administración de la sesión dentro de una red de paquetes. La señalización permite que la información de la llamada sea enviada dentro del entorno de la red. La administración de la sesión provee la habilidad de controlar los atributos de una llamada de extremo a extremo.

SIP provee las siguientes funciones:

- Determina la ubicación del destino llamado, SIP soporta Resolución de Direcciones (ARP: Address Resolution Protocol), mapeo de nombres (name mapping) y redirección de llamada.
- Determina las capacidades de la media del destino llamado, vía SDP (Session Description Protocol). SIP determina el menor nivel de servicios comunes entre los dos puntos. La llamada será establecida usando solo las capacidades de la media que son soportados por todos los puntos finales.
- Determina la disponibilidad del destino llamado. SIP determina si la parte llamada esta lista en el teléfono, o no responderá luego de un numero de timbrados determinados, entonces retorna un mensaje indicando porque el destino llamado esta indisponible.
- Establece una sesión entre el origen y el destino llamado, si la llamada es completada SIP establece una sesión entre los dos puntos. SIP además soporta cambios en el transcurso de la llamada, tales como la adición de otro punto destino para una conferencia, o el cambio de características de la media o cambio del Codec usado.
- Maneja la transferencia y la terminación de las llamadas. SIP soporta la transferencia de las llamadas de un punto a otro. Durante la transferencia de una llamada, SIP simplemente establece una sesión entre el destino inicial y el nuevo destino (especificado por la parte de transferencia), y termina la sesión entre el origen y el destino inicial. Al final de la llamada, SIP termina la sesión entre todas las partes. Las conferencias puede consistir de dos o mas usuarios y pueden ser establecidas usando sesiones multicast o múltiples sesiones unicast.

SIP es un protocolo Peer-to-Peer, el peer en una sesión es llamado UA (User Agent). Un UA puede trabajar en modo cliente o servidor. La Fig. 1.10 muestra los elementos de una RED SIP.

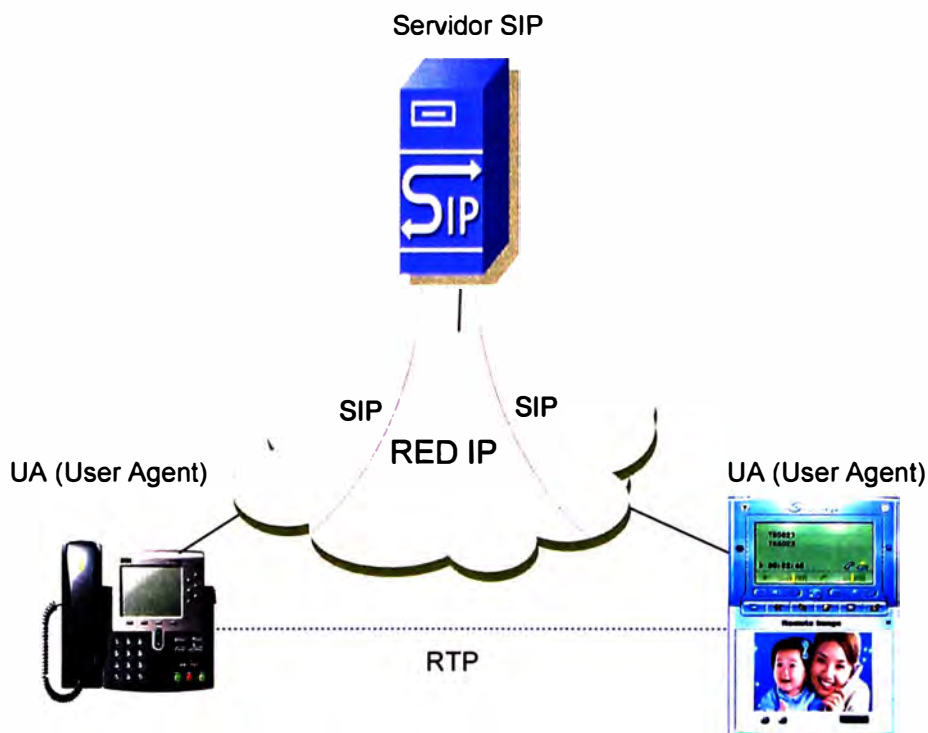


Fig. 1.10: Red SIP

Los modos de operación se detallan a continuación:

- UAC (User Agent Client): Una Aplicación Cliente que inicia la solicitud SIP.
- UAS (User Agent Server): Una Aplicación Servidor que contacta a un usuario cuando recibe una solicitud SIP y retorna una respuesta SIP.

Normalmente, un usuario SIP puede funcionar tanto como un UAC como un UAS, pero funcionalmente puede trabajar en un solo modo por transacción, el usuario trabajara como UAC o UAS dependiendo cual UA inicia la solicitud.

Cientes SIP: Los clientes SIP pueden ser:

- Teléfonos: Actuando como UAS o UAC, SoftPhones (PC's instalados con capacidades para trabajar como teléfonos).
- Gateways: Proveen control de la llamada. Los Gateways proveen muchos servicios, el más común es la transferencia de funciones entre terminales SIP y otros tipos de terminales. Estas funciones incluyen interfaces entre los formatos de transmisión y

entre los procedimientos de comunicación. Adicionalmente el Gateway realiza la traslación de protocolos de la PSTN a la red IP.

Servidores SIP: Los servidores SIP pueden ser:

- **Servidor Proxy:** Es un dispositivo intermedio que recibe las solicitudes SIP de un cliente y luego retransmite esta solicitud al otro cliente. Básicamente, el servidor Proxy recibe el mensaje SIP y la retransmite al siguiente servidor SIP de la red. Este servidor puede proveer funciones tales como autenticación, control de acceso a la red, ruteo, retransmisión de solicitudes en forma segura y seguridad.
- **Servidor de Redirección:** Provee al cliente con información acerca del siguiente salto o saltos que el mensaje debería tomar, el cliente al recibir esta información contacta al siguiente servidor o al UAS directamente.
- **Servidor de Registro:** Procesa solicitudes de los UACs para el registro de su ubicación actual. Estos servidores a menudo son instalados con un servidor de Redirección o con un servidor Proxy.

SIP es un protocolo simple, que usa solicitudes y respuestas para establecer una comunicación entre varios componentes de la red. Los usuarios en una red SIP, son identificados con una única dirección SIP. La dirección SIP es similar a una dirección de correo electrónico de acuerdo al formato userID@gateway.com. El userID puede ser el nombre de usuario o una dirección E.164.

Los usuarios se registran con servidores llamados Servidores de Registro (Registration Server) usando su número SIP asignado. El Servidor de Registro provee esta información al Servidor Proxy o de Redirección bajo una solicitud de comunicación.

Cuando un usuario inicia una llamada, una solicitud SIP es enviada al Servidor SIP (Servidor Proxy o de Redirección). La solicitud incluye la dirección del que llama (en el campo From), y la dirección del destino (en el campo To).

SIP utiliza seis tipos de solicitudes:

- **INVITE:** Indica a un usuario o servicio que esta siendo invitado a participar en una sesión de llamada. Una invitación ocurre cuando un cliente SIP (Usuario A) “invita” a otro cliente SIP (Usuario B) para realizar una llamada. Durante este proceso, el Usuario A envía un mensaje INVITE solicitando al Usuario B realizar una conferencia particular o una conversación entre las dos partes. Si el Usuario B acepta ingresar en la conversación o conferencia, envía una respuesta afirmativa (SIP 2xx). De otra manera, este envía una respuesta de falla (SIP 4xx). Una vez recibida la respuesta, el Usuario A hace de conocimiento esta recepción con un mensaje ACK. Si el Usuario A no requiere establecer comunicación este envía un mensaje BYE en vez de un mensaje ACK.
- **ACK:** Confirma que el cliente ha recibido una respuesta final a una solicitud INVITE.
- **BYE:** Termina una llamada y puede ser enviado por el origen o destino de una comunicación.
- **CANCEL:** Cancela cualquier búsqueda pendiente pero no termina una llamada que actualmente esta en progreso.
- **OPTIONS:** Consultas sobre la capacidad de los servidores.
- **REGISTER:** registra la dirección indicada en el campo To con un servidor SIP. Usualmente, los Gateways no soportan el mensaje REGISTER. Un registro ocurre cuando un cliente necesita informar a un servidor (Proxy o de Redirección) de su localización. Durante este proceso, el cliente envía una solicitud REGISTER al servidor e incluye la dirección (o direcciones) en el cual puede ser ubicado.

Para las respuestas a las solicitudes, SIP usa las siguientes categorías de respuestas:

- 1xx Mensajes de Información.
- 2xx Respuestas Satisfactorias.
- 3xx Respuestas de Redirección.
- 4xx Respuestas de Falla de Solicitud.
- 5xx Respuestas de Falla de Servidor.

- 6xx Respuestas de Falla General.

c.- Intereoperabilidad entre Redes H.323 y Redes SIP.

En Mayo de 1996 con la ratificación del protocolo H.323 (ITU-T), se introdujo el primer estándar basado en tecnología de VoIP. Este protocolo no fue creado solo para voz sino también para el envío de video y datos, es decir, se creó un protocolo multiservicio sobre IP.

En 1998 con el release de H.323 versión 2, muchos proveedores desarrollaron equipos que interoperaban entre sí independientemente del suministrador. La popularidad del protocolo H.323 se incrementó y diversos operadores a nivel mundial fueron implementando redes H.323. Esta tecnología siguió creciendo y evolucionando a la versión 3 en 1999 y la versión 4 en Noviembre del 2000.

El protocolo SIP (IETF Protocol RFC 2543) entró al mercado posteriormente. Durante 1999 empezó favorablemente la introducción de redes SIP. Su aparente simplicidad y su orientación a Internet resultaron en una aceptación rápida y su crecimiento entre suministradores y operadores que empezaron a implementar redes SIP.

Ambos protocolos están ampliamente desarrollados e implementados en todo el mundo (aunque está claro que las redes H.323 son más maduras que las redes SIP), por lo que es sumamente necesario la interacción entre estas dos redes.

La interoperatividad entre SIP y H.323 inicialmente no debería ser complicada puesto que ambos protocolos operan sobre IP (Internet Protocol) y utilizan el protocolo RTP (Real Time Protocol) para el envío de la "media" (información de voz, audio y video), reduciendo el trabajo de interoperatividad al traslado de la señalización y a la descripción de sesiones. Para este fin, se ha creado la entidad lógica SIP-H.323 Signalling Gateway (SG), con lo que, gracias a esta entidad lógica se lograría que una entidad SIP pueda hablar con una entidad H.323. La TABLA 1.7 muestra una comparación entre protocolos H.323 y SIP.

**TABLA 1.7: Cuadro comparativo entre
los Protocolos H.323 y SIP.**

Descripción	H.323	SIP
Arquitectura	H.323 cubre casi todos los servicios, tales como intercambio de capacidades, control de conferencia, señalización básica, calidad de servicio (QoS), registro, y otros mas.	SIP es modular debido a que cubre una señalización básica para la llamada, localización de usuario y Registro. Otras características están en otros protocolos ortogonales separadamente.
Componentes	Terminal/Gateway	UA (User Agent)
	Gatekeeper	Servidores
Protocolos	RAS/Q.931	SIP
	H.245	SDP
Funcionalidad de Control de la Llamada		
Transf. de Llamada	Si	Si
Llamada en espera	Si	Si
ID. de nombre	Si	No
Llamada completada sobre un abonado ocupado.	Si	Si
Intrusión de llamada	Si	No
Características Avanzadas		
Señalización Multi-casting	Si, LRQ (Location Req.) y GKR (gatekeeper discov.)	Si, Ejemplo: envió de grupo de mensajes INVITES.
Control de la llamada por un tercer ente	Si	Si
Conferencia	Si	Si
Click to Dial	Si	Si

Escalabilidad		
Números de Dominios	H.323 fue creado para trabajar en redes LAN, sin embargo se realizó un artificio para trabajar en redes WAN creando Zonas. No es muy escalable	SIP inherentemente trabaja en Redes WAN, mayor escalabilidad.
Cantidad de Llamadas	El control de la llamada en H.323 puede ser implementada en una configuración Stateless. Un GW puede ser usado para asistir al GK mejorando el balanceo de la llamada entre los Gateways.	El control de la llamada también puede ser realizada en modo Stateless. SIP toma menos ciclos de CPU para generar los mensajes de señalización, por lo tanto teóricamente puede manejar más transacciones.
Estado de la Conexión	Stateful o Stateless.	Stateful or Stateless.
Internacionalización	Si. H.323 usa un formato de código único (BMPString / ASN.1).	Si. SIP usa un formato de código único (ISO 10646-1).
Seguridad	Define mecanismos de seguridad y negociación de facilidades vía H.235, puede además usar SSL para la seguridad de la capa de transporte.	SIP soporta autenticación del llamado y llamante vía mecanismos http.
Interoperabilidad entre versiones.	Completamente.	Una nueva versión en SIP descarta algunas funcionalidades anteriores que no se requieren más. Esto es importante porque hace más simple al protocolo pero pierde compatibilidad entre diferentes versiones.
CODECs	H323 soporta cualquier CODEC sea o no ITU-T.	SIP soporta cualquier CODEC registrado en la IANA.
Call Forking	El Gatekeeper H.323 puede controlar la señalización de la llamada y puede enviar el mensaje a cualquier número de dispositivos simultánea-	El servidor Proxy SIP puede realizar el control de la señalización de la llamada y puede enviar el mensaje a cualquier número de dispositivos

	mente.	simultáneamente.
Protocolo de Transporte	TCP o UDP. La mayoría de entidades en H.323 utiliza TCP para el transporte de la señalización.	TCP o UDP. La mayoría de entidades SIP utiliza UDP para el transporte de la señalización.
Codificación de los mensajes	H.323 codifica los mensajes en un formato compacto binario.	Los mensajes SIP son codificados en un formato de texto ASCII.
Direccionamiento	Mecanismo de direccionamiento flexible incluyendo URL's y numeración E.164.	SIP solamente entiende direccionamiento de estilo URL.
Interworking con la PSTN	H.323 puede integrarse a la PSTN.	SIP no trabaja comúnmente con la PSTN. SIP no tiene una arquitectura que descompone las funcionalidades como Media Gateway Control y Media Gateway.
Detección de Loop	Si	Si
Mínima cantidad de Puertos por cada llamada VoIP.	5 (Señalización de la llamada: 2 RTP y 2 RTCP.)	5 (Señalización de la llamada: 2 RTP y 2 RTCP)
Video conferencia y Transmisión de Datos	H.323 soporta completamente esta funcionalidad.	SIP tiene límite para el soporte de datos y video conferencia.
Tarificación	Los endpoints (GW, teléfonos IP, etc.) reportan al GK vía protocolo RAS el inicio y el fin de la llamada, con lo cual se puede obtener el CDR de la llamada.	Si el SIP Proxy requiere coleccionar la información de tarificación, no tiene otra opción que usar la señalización cuando la llamada es completada.

d.- Protocolo MGCP (Media Gateway Control Protocol).

El protocolo MGCP definido por la IETF con la RFC 2745 es usado para controlar a los Media Gateway (MGW) en una red NGN (New Generation Network). El MGW es un equipo que se encarga de realizar el traslado de la media (información de la voz) de la PSTN a la red IP. Respecto a los otros protocolos, como SIP y H.323, se puede afirmar que

estos protocolos no son necesariamente excluyentes a MGCP, inclusive coexisten en redes reales sin inconvenientes.

MGCP asume que la arquitectura para el control de la llamada, esta formado por el CA (Call Agent), que son comúnmente llamados MGC (Media Gateway Controller) o Softswitches y el MGW (Media Gateway), donde la inteligencia del control de la llamada esta fuera de los MGW y es manejada por un ente externo, en este caso el CA. Además estos deben sincronizarse entre ellos a fin de enviar comandos coherentes a los MGW bajo su control. MGCP no define un mecanismo de sincronización entre CA (Call Agent), es esencialmente un protocolo Maestro/ Esclavo, donde los MGW esperan comandos de los CA a fin de ejecutar una función. Los mensajes MGCP son remitidos sobre UDP. La arquitectura MGCP es como se muestra en la Fig. 1.11.

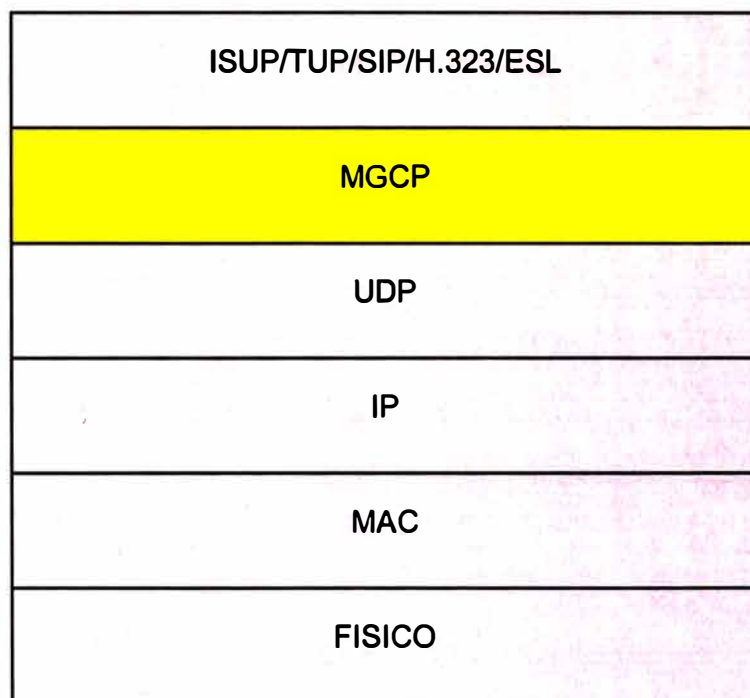


Fig. 1.11: Arquitectura MGCP

Si los puertos no son especificados para los endpoints, debe usarse los siguientes puertos defaults:

Call Agent: Puerto UDP 2427

Gateway: Puerto UDP 2727

El protocolo MGCP asume un modelo de conexión básico que se construye de conexiones y endpoints, uno o más conexiones pueden pertenecer a una llamada. Conexiones y llamadas son habilitadas o manejadas por uno o más Call Agent.

El Protocolo MGCP asume que los MGW soportan una colección de endpoints. El tipo de endpoint determina su funcionalidad y así se pueden definir los siguientes endpoints:

- Canal Digital (DS0).
- Línea Analógica.
- Punto de Acceso al Servidor de anuncios.
- Punto de acceso al IVR (Interactive Voice Response).
- Punto de acceso al servidor de conferencia.

Esta lista no esta limitada, puede haber otros tipos de endpoints definidos en el futuro.

Todos los Comandos están compuestos de una cabecera de Comando, seguido por una descripción de sesión opcional. Todas las Respuestas están compuestas de una cabecera de Respuesta, seguido por una descripción de sesión opcional.

La cabecera y la descripción de sesión son codificadas como un set de líneas de texto separados por CRLF (Carriage Return and Line Feed Character). La cabecera esta separado de la descripción de sesión por una línea blanca. MGCP utiliza una TI (Transaction Identifier) para correlacionar los comandos y las respuestas. El TI es codificado como un componente de la cabecera de comando y repetido como un componente de la cabecera de la respuesta.

El encabezado de comando esta compuesto de:

- Una línea de comando identificando la acción solicitada o COV (Coding of Verb), el número de transacción, el nombre del endpoint, y la versión de MGCP.
- Un set de parámetros de línea, compuesto de un nombre de parámetro seguido del valor del parámetro.

El COV (Coding of Verbs), esta identificado por cuatro letras mayúsculas (ver Fig. 1.12) y estos códigos principales son:

- El CA (Call Agent) puede solicitar un comando de **NotificationRequest** al Gateway, instruyendo al Gateway observar eventos específicos tales como acciones de “on hook, off hook” o tonos de DTMF sobre un endpoint específico.
- El Gateway entonces usa el comando **Notify** para informar al CA cuando ocurre uno de los eventos solicitados.
- El CA puede usar el comando **CreateConnection** para crear una conexión que termina en un endpoint dentro del Gateway.
- El CA puede usar el comando **ModifyConnection** para cambiar los parámetros de la conexión previa establecida.
- El CA puede usar el comando **DeleteConnection** para eliminar una conexión existente. Este comando también puede ser usado por el Gateway para indicar que la conexión no puede ser sostenida.
- El CA puede usar los comandos **AuditEndpoint** y **AuditConnection** para auditar el estado de un endpoint y de cualquier conexión asociada a esta.
- El Gateway puede usar el comando **RestartInProgress** para notificar al CA que el Gateway o un grupo de endpoints manejados por el Gateway, están entrando al Status de fuera de servicio o esta regresando al estado en servicio.

Los identificadores de endpoint's y los nombres de entidades son codificados como direcciones de e-mail no sensitivos, definidos en la RFC 821. En estas direcciones, el nombre del dominio identifica el sistema donde el endpoint esta insertado, mientras que el lado izquierdo identifica un endpoint específico del sistema. Ejemplos de tales direcciones se muestran en Fig. 1.13.

Verb	MGW ↔ MGC	Code
CreateConnection	←	CRCX
ModifyConnection	←	MDCX
DeleteConnection	←	DLCX
NotificationRequest	←	RQNT
Notify	→	NTFY
AuditEndpoint	←	AUEP
AuditConnection	←	AUCX
RestartInProgress	→	RSIP

Fig. 1.12: Comandos MGCP

El nombre de entidades notificadas es expresado con la misma sintaxis, con la posibilidad adicional de incluir el número de puerto: *Call-agent@ca.example.net:5234*

Código de Identificación	Descripción
hrd4/56@gw23.ejemplo.net	Nombre de circuito 56, en la interface "hrd4" del gateway 23 de la Red "Ejemplo"
Call-agent@ca.ejemplo.net	Call Agent para la red "Ejemplo"
Busy-signal@ann12.ejemplo.net	El endpoint virtual de la señal de ocupado "busy signal" en el servidor de anuncios numero 12 de la red "Ejemplo"

Fig. 1.13: Código de Identificación de los endpoints en MGCP

En la Fig. 1.14 se pueden observar los elementos para una comunicación PSTN-MGCP. En este caso el MGC maneja la señalización SS7 con la Central TDM y vía protocolo MGCP controla al MGW para el manejo de los recursos.

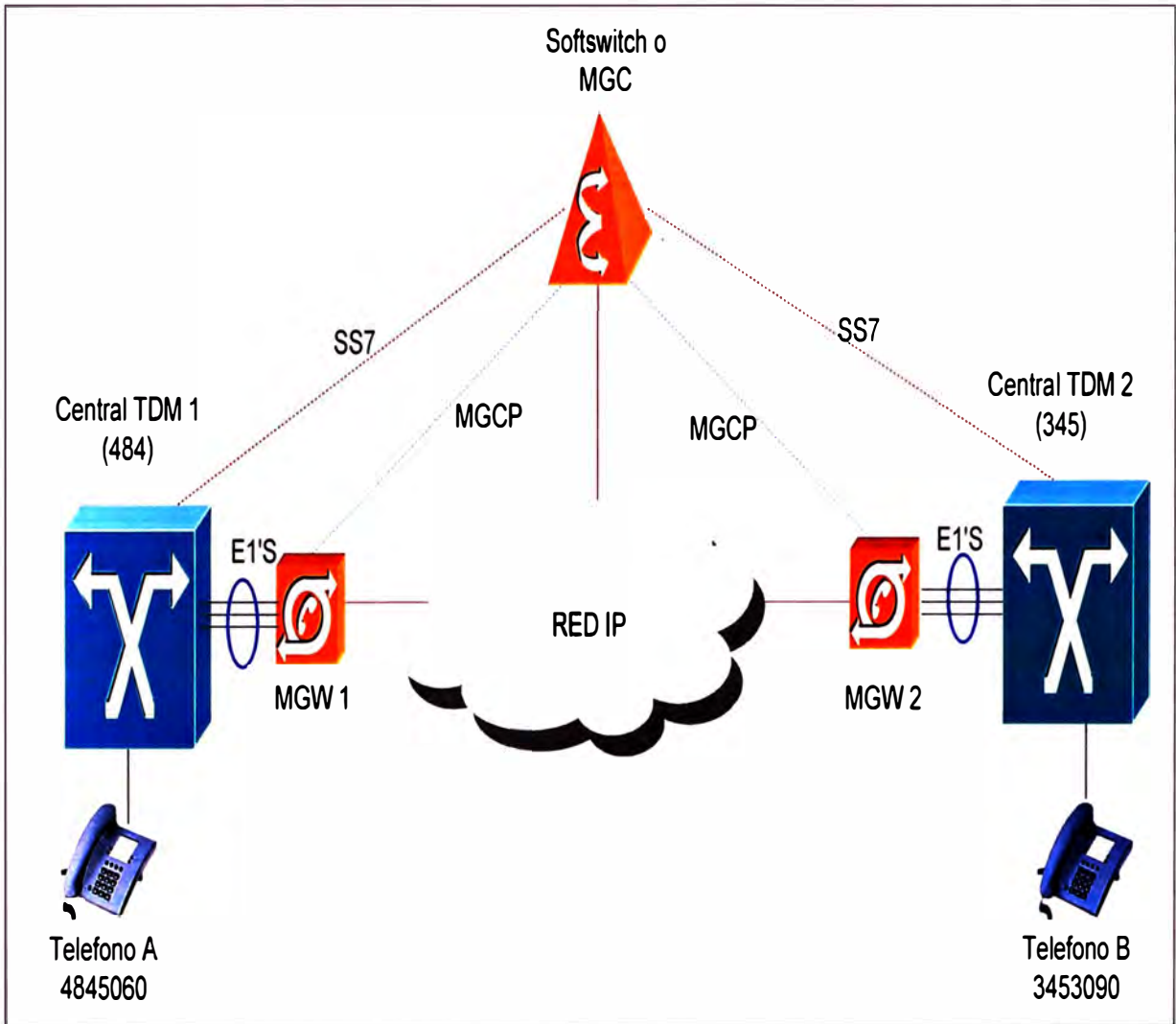


Fig. 1.14: Interoperatividad entre una red MGCP y la PSTN

La Fig. 1.15, de acuerdo a la configuración de la Fig. 1.14 muestra el flujo de mensajes para una llamada entre el Teléfono A y el Teléfono B.

e.- Protocolo MeGaCo (H.248).

El protocolo MeGaCo (soportado por la IETF) y el protocolo H.248 (soportado por la ITU-T), se refieren en si al mismo tipo de protocolo. Este protocolo esta basado en el protocolo MGCP y ha combinado las características adicionales de otros protocolos de control de MGW, haciendo de MeGaCo un protocolo más versátil. La estructura de funciones en MeGaCo (H.248) es similar a MGCP, y es usado en NGN para la comunicación entre el Softswitch (SS) y el MGW. MeGaCo puede usar como protocolo de transporte a UDP/TCP/SCTP a diferencia de MGCP que solo puede usar a UDP.

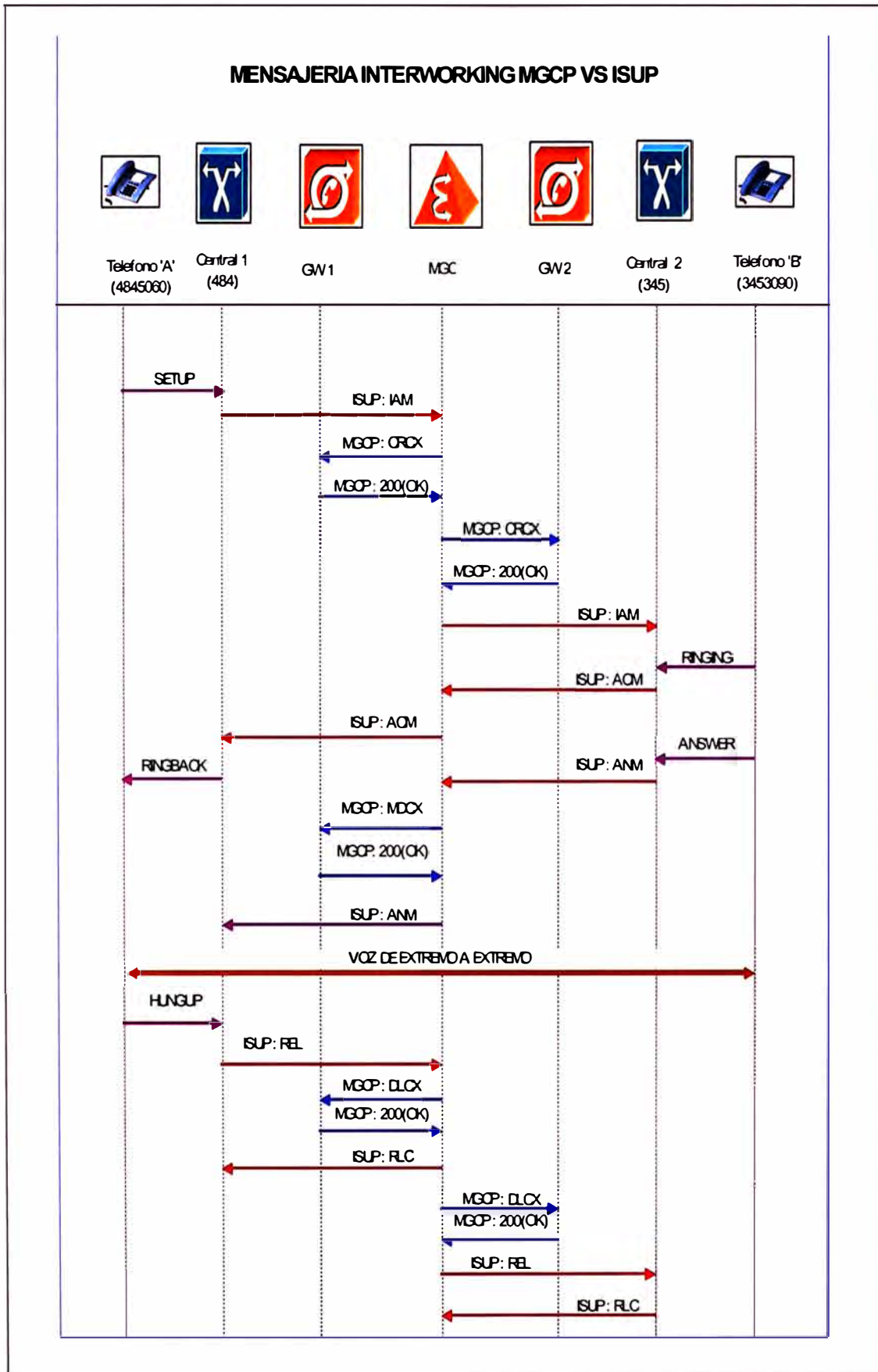


Fig. 1.15: Flujo de mensajes para una llamada de la PSTN a una red MGCP.

* Arquitectura MeGaCo.

La arquitectura de MeGaCo, para IP y ATM, es la siguiente:

H.248	H.248
UDP	MTP3-B
	SSCF
IP	SSCOP
	AAL5
MAC	ATM
FISICO	FISICO

Fig. 1.16: Arquitectura MeGaCo (H.248) para IP y ATM

* Modelo de Conexión

El modelo de conexión para este protocolo describe las entidades lógicas u objetos dentro del MGW que será controlado por el MGC. Las principales abstracciones en el modelo de conexión son las entidades identificadas por Termination (Terminación) y Context (Contexto).

Termination: Es la entidad lógica en el MGW que puede enviar y/o recibir uno o mas flujos. Es descrita por un número de características propias, el cual es agrupado en un conjunto de descripciones incluidas en comandos. Una entidad Termination pertenece a una y solo a una entidad Context en el tiempo. Los parámetros de la media, así como de los parámetros del flujo, son encapsulados en la entidad lógica Termination.

Context: Es la asociación entre las entidades Termination, describe la relación entre la entidad Termination y los parámetros de combinación de media y/o conmutación.

Los atributos son los siguientes:

- Context ID: El identificador de una entidad Context.
- Estructura Topológica: Quienes escuchan y quienes ven, a la dirección del flujo de la media.
- Prioridad: Provee el manejo de prioridad de la entidad Context.
- Emergency: Provee el manejo de información de emergencia de una entidad Context.

En la Fig. 1.17 se muestra la relación entre Termination y Context.

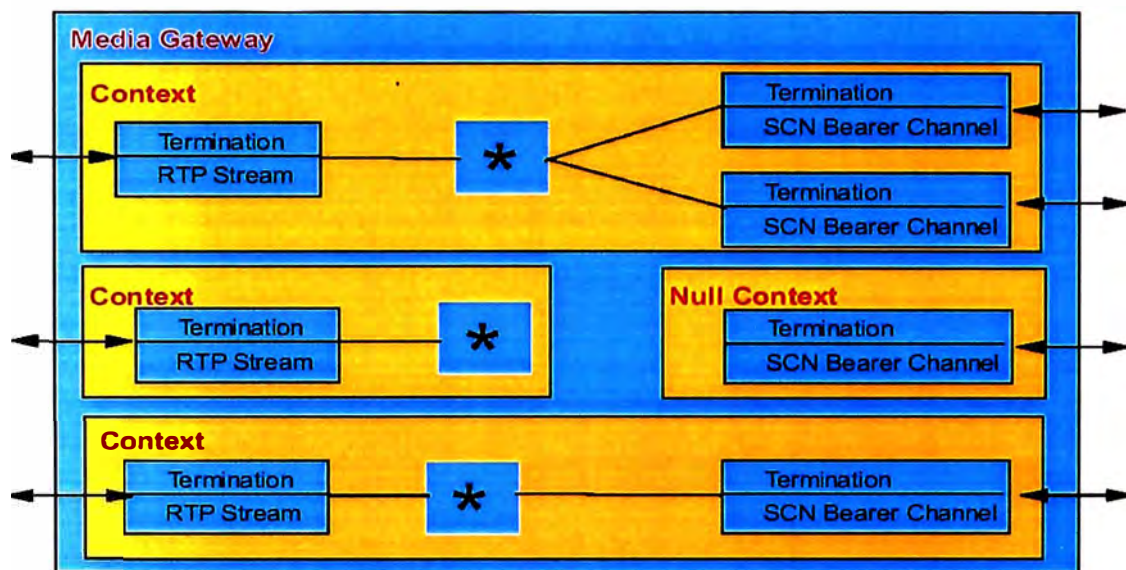


Fig. 1.17: Modelo de Conexión en MeGaCo

* Mecanismo de Mensajes en MeGaCo.

- La unidad de información es el mensaje (Ver Fig. 1.18).
- Un mensaje puede contener múltiples transacciones.
- Un mensaje tiene un encabezado, el cual contiene el ID del que envía el mensaje.
- Cada mensaje tiene el número de versión, indicando la versión seguido por el mensaje del protocolo.
- No hay relaciones entre las transacciones en un mensaje; ellos trabajan independientemente.

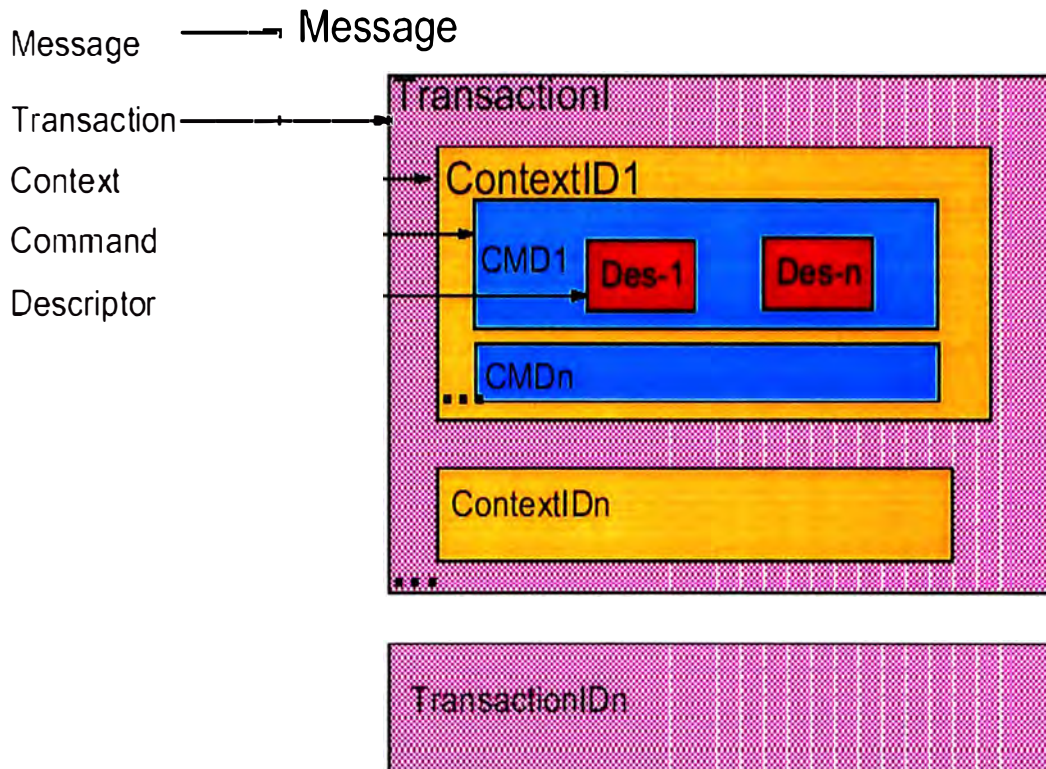


Fig. 1.18: Estructura de un Mensaje en MeGaCo

- Una transacción es identificada por el parámetro TransactionID, es especificado por el que envía y es único desde la visión del que envía el mensaje. Una Transacción incluye solicitudes y respuestas: TransactionReply y TransactionPending. Los comandos en una Transacción son ejecutados secuencialmente.

*** Comandos en MeGaCo.**

El protocolo provee comandos para la manipulación de las entidades lógicas del modelo de conexión: Context y Termination. La Fig. 1.19 muestra la relación de comandos MeGaCo.

Los comandos proveen el control hasta el mínimo nivel de detalle soportado por el protocolo. Por ejemplo, existen comandos para adicionar Terminations a un Context (Add), modificar Termination (Modify), sustraer una Termination de un Context (Subtract) y auditar las propiedades de los Context y Terminations (Audit). La mayoría de los comandos son usados específicamente por el MGC, como comando iniciador controlando el MGW a excepción de los comandos Notify y ServiceChange. Notify es enviado por el

MGW al MGC, y el comando ServiceChange puede ser enviado por cualquiera de las entidades.

Comando	MGC <...> MGW	Descripción
Add	MGC ...> MGW	El comando Add adiciona una Termination a un Context. El comando para la primera entidad Termination en un Context es usado para crear un Context.
Modify	MGC ...> MGW	El comando Modify, modifica los eventos propiedades, señales en una entidad Termination.
Subtract	MGC ...> MGW	El comando Subtract desconecta una Termination de su Context y retorna las estadísticas de la participación del termination en un Context. Este comando para el último Termination en un Context borra el Context.
Move	MGC ...> MGW	El comando Move, traslada una Termination de un Context a otro.
AuditValue	MGC ...> MGW	El comando AuditValue retorna el estado actual de las propiedades eventos, señales y estadísticas de una Termination.
AuditCapabilities	MGC ...> MGW	El comando AuditCapabilities retorna todas los valores posibles para las propiedades de una Termination como eventos, señales, etc. permitidos por el MG.
Notify	MGC <... MGW	El comando Notify permite al MG informar al MGC de la ocurrencia de eventos en el MG.
ServiceChange	MGC<...> MGW	El comando ServiceChange permite al MG notificar al MGC que una Termination o un grupo de Termination están poniéndose fuera de servicio o que acaban de retornar a servicio, ServiceChange es además usado por el MG para anunciar su disponibilidad al MGC (registración).

Fig. 1.19: Comandos MeGaco

MGW al MGC, y el comando ServiceChange puede ser enviado por cualquiera de las entidades.

La Fig. 1.20 muestra la secuencia de un comando Add (Reply). Se puede observar las entidades lógicas Termination y Context, además de otros parámetros adicionales, propios del protocolo MeGaCo.

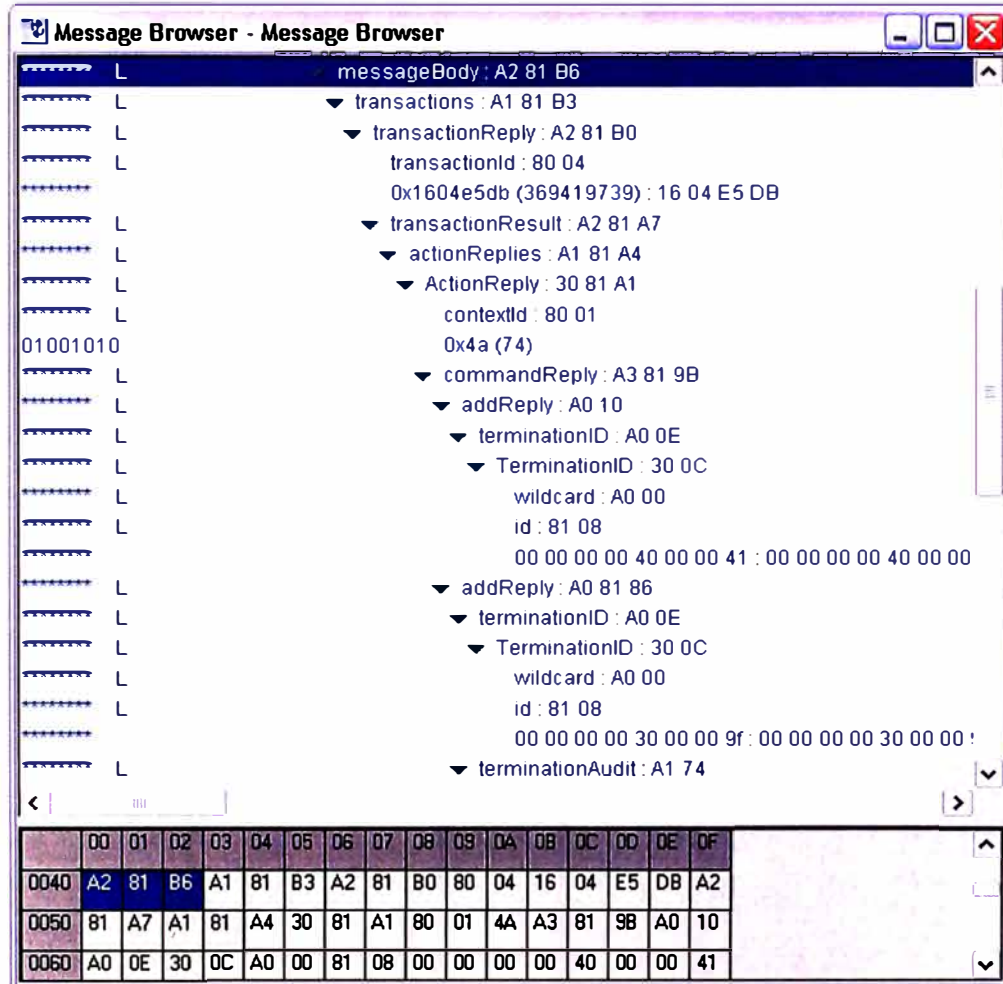


Fig. 1.20: Traza de un comando MeGaCo

f.- SS7.

SS7 puede ser transportada transparentemente sobre el MGW. Esta característica se implementa sobre RTP y puede usarse con o sin múltiples niveles de redundancia. Cada enlace SS7 de 64 Kbps consume aproximadamente 100 Kbps en la WAN IP, y debe añadirse 100 Kbps por cada nivel de redundancia.

g- SIGTRAN.

SIGTRAN (SIGnaling TRANslation) es un grupo de trabajo del IETF dedicado a direccionar el transporte de SS7 sobre redes IP.

h- Protocolos de Señalización SOFTSWITCH (SS)

Los protocolos relacionados con el SS son los estándares MGCP ó MeGaCo.

1.3.5.- Calculo de Ancho de Banda Total.

Usando los resultados del análisis de ingeniería de tráfico para estimar la cantidad de sesiones RTP en un tiempo dado y las TABLAS 1.1 hasta 1.5 inclusive, se puede calcular la capacidad de ancho de banda requerida para transportar las llamadas por la red. Esto se considera para añadirse al tráfico para determinar el ancho de banda requerido. Debe siempre tenerse en cuenta que no solo el tráfico relacionado con la voz puede estar presente en la red: los ruteadores intercambian información de rutas, la pila IP de los diferentes dispositivos de la red envían constantemente datagramas ICMP y es posible que la red comparta dispositivos de red de datos tales como servidores, impresoras, etc. Si un Sistema de Administración de Red (NMS) maneja la red, entonces el tráfico SNMP (Simple Network Management Protocol) también estará presente en la red. Después de añadir el tráfico esperado, debe compararse con el ancho de banda que llevará dicho tráfico. La carga máxima recomendada en una línea serial de una red IP no debe exceder el 80% de utilización. El 20% restante es para el flujo de tráfico de control durante periodos de alto tráfico. Si los dispositivos de red IP no pueden enviar paquetes de control, la red puede colapsar y causar una catástrofe por un periodo hasta que el tráfico disminuya y pueda intercambiar información de control nuevamente.

1.4.- Estimación de Retardo.

Uno de los más importantes parámetros de calidad en cualquier sistema de voz es la latencia o retardo. El oído humano puede tolerar un máximo antes que se convierta en molestia. ITU-T recomienda (G.114) para toll quality, en un solo sentido, que el retardo no debe exceder de 150 mseg de extremo a extremo. Este es un límite engañoso ya que los retardos sobre este valor son indetectables hasta que alcanzan los 250 mseg, umbral al cual el oído humano se percata del cambio. Es imperativo que el diseñador de un sistema VoIP haga un cálculo exacto del retardo total del sistema. Esto incluye los retardos causados por el proceso de compresión, la serialización de los datos que ingresan y salen de las interfaces, los retardos de propagación, retardos de buffer, y el retardo del buffer de jitter del extremo receptor. Algunos valores son difíciles de estimar, en particular cuando se utilizan redes de terceros. Por lo tanto es importante que donde quiera que se considere un

servicio de red, el retardo debe estar incluido dentro de las consultas a absolver por parte del proveedor del servicio.

Los retardos involucrados en un sistema son los siguientes:

- Retardo del codificador (Retardo Algorítmico). Los diferentes algoritmos de compresión analizan la señal PCM en un número dado de muestras PCM (cada muestra de 1 ms) más una porción en adelanto. El retardo real es una función de la cantidad de milisegundos usados para componer la carga útil RTP y el periodo de adelanto, este último, una función del algoritmo de compresión: G.729, mira en adelanto 5 mseg. y G.723 mira en avance 7.5 mseg.
- Retardo de paquetización. Incluido en el retardo del codificador.
- Retardo de colas. Es el tiempo que los paquetes están en los ruteadores esperando a ser enviados. No es una variable determinística y depende de la implementación.
- Retardo de serialización. Una vez que el paquete está al frente de la cola, es temporizado bit por bit. Este retardo se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Retardo de serialización} = (\text{Tamaño del paquete [bytes]} * 8) * (1000 / \text{Velocidad de línea [bps]})$$
- Retardo de propagación. Es la propagación física de la onda electromagnética por el medio físico. Puede hacerse una estimación aproximada asumiendo 10 mseg. por 1000 millas.
- Retardo de Red. Retardo causado al atravesar una red pública o de un tercero. Puede obtenerse del proveedor o midiéndola.
- Buffer de jitter. Este es un buffer en el extremo receptor cuyo propósito es reproducir los paquetes de voz recibidos en forma continua. En algunos sistemas se puede configurar manualmente en valores que van desde 0 mseg. (deshabilitado) a 300 mseg. En algunos sistemas este valor se configura automáticamente y se definen límites superior e inferior. Un valor típico de este parámetro es el doble del retardo del codificador, como indica la Fig. 1.21.

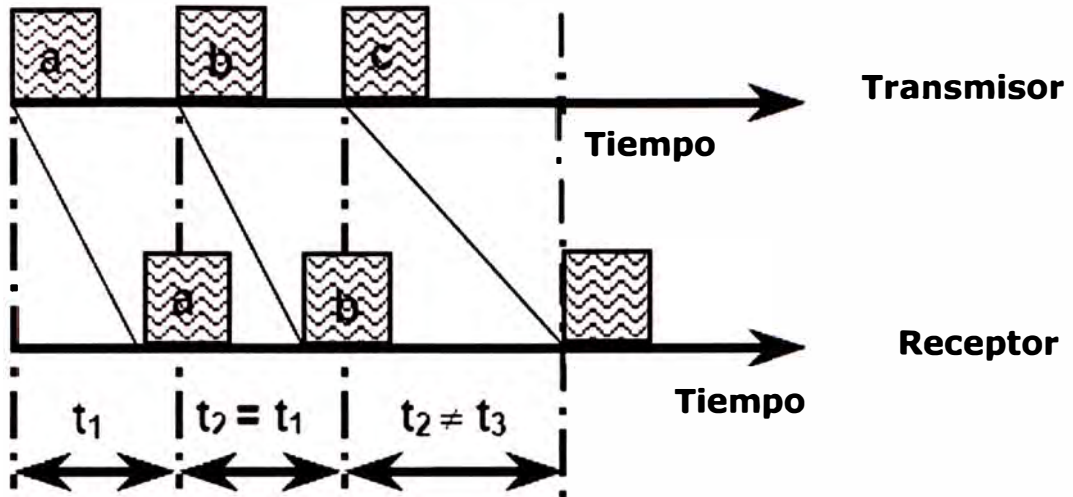


Fig. 1.21: Ilustración de Jitter

CAPÍTULO II

INFRAESTRUCTURA DE CONMUTACION DE VOZ DE NUEVA GENERACION

La infraestructura de conmutación de voz y multimedia de la Red de Nueva Generación (NGN - New Generation Network), llamada también VoIP (Voz sobre IP), tiene la intención de transmitir de forma rentable telefonía, multimedia, y servicios de valor agregado innovadores, y al mismo tiempo reducir el Costo Total de Propiedad y el Tiempo de Ingreso al Mercado de los servicios e incrementar las oportunidades de negocios. Además, mejora la capacidad del operador de aumentar la inversión en infraestructura de acuerdo a la demanda del mercado, minimizando los riesgos.

2.1.- Descripción Técnica de la Red NGN.

La Red NGN (Next Generation Network) esta concebida para unir y/o reemplazar las tres redes esenciales como son, la PSTN (Public Switched Telephone Network), la Internet, y la Red de Señalización SS7, a fin de brindar los servicios de Voz, video y datos en una única red convergente.

Es necesario una comparación del manejo de tráfico entre una red de conmutación de circuitos y una red de conmutación de paquetes, así se podrá apreciar las diferencias fundamentales entre la red de datos (NGN), y la tecnología convencional de conmutación de circuitos (PSTN),

Las redes de conmutación de circuitos tienen una ventaja frente a las redes de conmutación de paquetes: un contenedor fijo es asignado al usuario para una llamada y el máximo tráfico que el usuario puede enviar es limitado por el tamaño de este contenedor fijo. Este circuito de capacidad fija continua desde uno de los extremos al otro, y cada

llamada tiene su propio circuito. Así, no hay manera que un usuario pueda generar un disturbio sobre la comunicación de otro usuario.

Una red de conmutación de paquetes trae consigo un problema fundamental: desde que a un usuario no se le asigna un contenedor fijo, el usuario puede enviar tráfico hasta un máximo de la capacidad de la línea de acceso, el cual es compartido por otros usuarios. Dentro de la red los paquetes de una llamada son mezclados con los paquetes de otras llamadas, y todos los paquetes hacen una cola esperando su turno para ser enviados por la línea de transmisión de salida (de capacidad fija). Cualquier usuario puede enviar gran cantidad de tráfico, intencionalmente o no, puede denegar el envío de tráfico a otros usuarios que comparten el mismo medio físico, haciendo por tanto la red indisponible. Para prevenir esto y ofrecer un servicio apropiado a todos los usuarios es necesario que en una Red de Paquetes se tenga las siguientes consideraciones:

- El tráfico que el usuario necesita enviar debe estar especificado, esta especificación puede tomar varias formas dependiendo de los servicios que requiere el usuario.
- Basado en las especificaciones de tráfico, la red debe determinar si la transmisión y los recursos de procesamiento están disponibles, caso contrario este tráfico debe ser desechado.
- Una vez que el tráfico haya sido aceptado en la red, la red debe continuamente monitorear la llamada a fin de que el usuario no viole las especificaciones de tráfico solicitadas, y tomar acciones apropiadas si es que son violadas dichas especificaciones.
- Los nodos de la red deberán mantener encolamientos apropiados para los paquetes, de tal modo que sean transmitidos en un intervalo de tiempo especificado (especialmente para los paquetes de tráfico en tiempo real como voz y video).

2.1.1.- Arquitectura de la Red NGN.

La Arquitectura de la Red NGN (ver Fig. 2.1) separa las principales funcionalidades (Servicios, Control, Acceso, etc.) en diferentes planos, mientras que en una red PSTN normalmente están incluidas en un solo ente.

ARQUITECTURA RED DE NUEVA GENERACION (NGN)

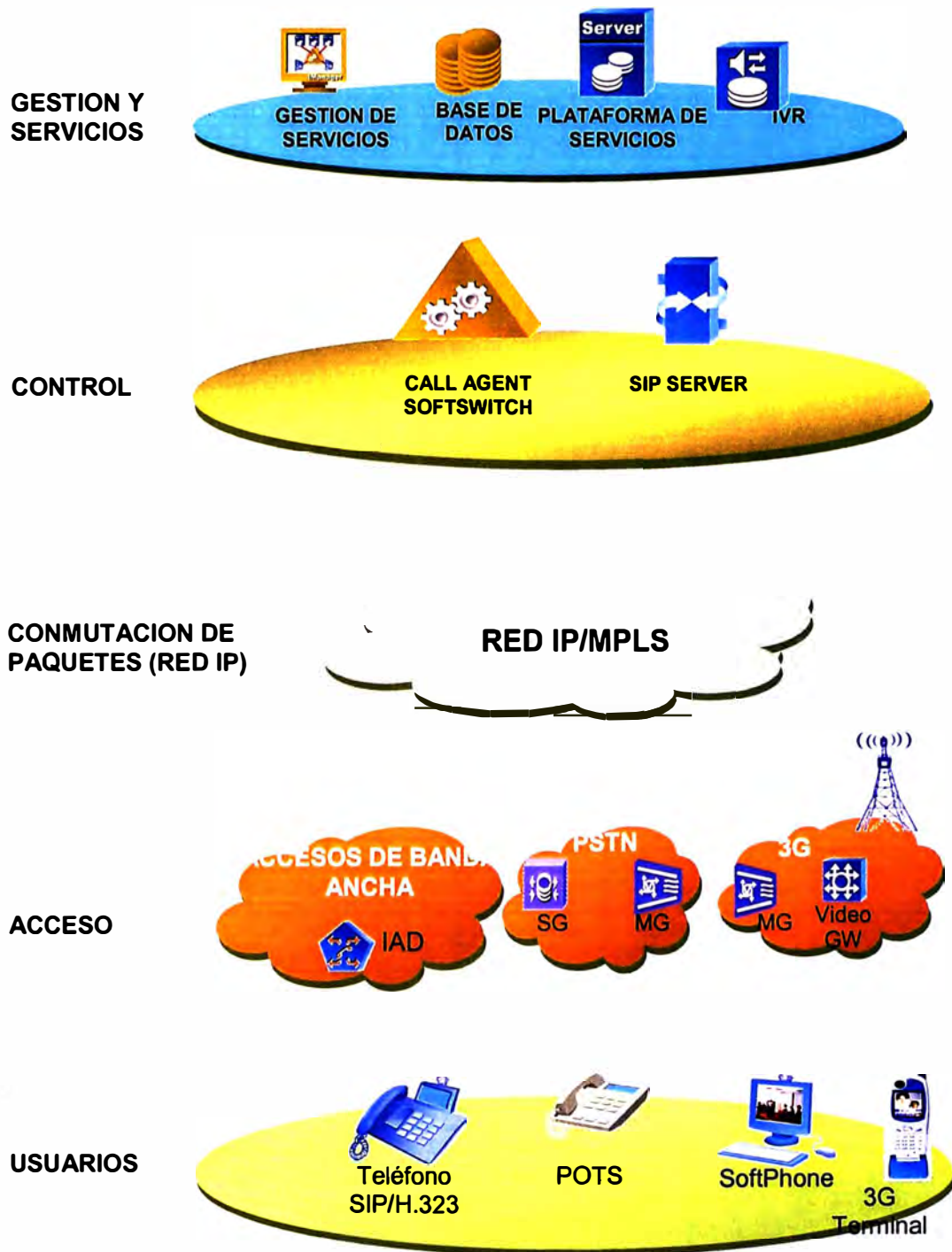


Fig. 2.1: Arquitectura de la Red NGN

2.1.2.- Elementos de la Red NGN.

La NGN empezó como una red multimedia en H.323 en un ambiente LAN. Cuando el protocolo H.323 fue definido por el ITU-T, era usado para habilitar llamadas entre Teléfonos IP conectados a la red LAN mientras que la voz era transportada usando RTP (Real time Protocolo) sobre IP. Posteriormente para que sea posible una comunicación de un Teléfono IP con un teléfono PSTN, fue necesario un Gateway H.323. El Gateway realizaba dos propósitos principales: conversión de la señalización PSTN a H.323 (funcionalidad de control) y la conversión de las señales de voz de PSTN en paquetes IP (funcionalidad llamada "media conversion"). Las funcionalidades de control y media son requerimientos totalmente diferentes.

El procesamiento de la paquetización y conmutación ("media functionality"), requiere mucho de DSP (Digital Signal Processing), el número de paquetes de media a procesar es grande, trayendo consigo un requerimiento de grandes capacidades de procesamiento de CPU. El procesamiento de los paquetes y la conmutación de voz de un extremo a otro, en la mayoría de casos, requieren hardware especializado y un software asociado.

El procesamiento del control puede ser realizado por un computador de propósito general, el número de paquetes a procesar es relativamente más pequeño que la cantidad de paquetes de la media, así en la redes NGN lo que en la red H.323 era realizado por un solo equipo, en la NGN es dividido en dos equipos: el MGW (Media Gateway) que maneja el procesamiento de la media y MGC (Media Gateway Controller) o SS (SoftSwitch) que maneja la funcionalidad de control (cubriendo el procesamiento de la llamada y la lógica de la señalización).

Los principales elementos de la NGN son:

CA (Call Agent).

Este equipo es el encargado de realizar las funciones del control de la llamada (channel control), control de la señalización (signalling control), interfase con las aplicaciones, etc. Son comúnmente llamados SoftSwitches (SS), en algunos casos no tiene todas las funcionalidades y trabajan en aplicaciones particulares. Los protocolos que pueden soportar los Call Agent o SS difieren. Dependiendo de los modelos y/o marcas

comúnmente manejan los siguientes protocolos: MGCP, MeGaco/H.248, SIP, H.323, SIP-T, algunos adicionales como SIGTRAN, BICC, RADIUS, etc.

Actualmente se tienen SS funcionando en redes NGN, de fabricantes como Siemens, Veraz, Huawei, Cisco, Lucent, Alcatel y Nortel, entre los principales.

MGW (Media Gateway).

Estos equipos son la interfase entre el mundo IP y las otras redes, como la red de telefonía, la red celular y cualquier otra red. Estos equipos realizan la función de “media conversion” y como se explico anteriormente para realizar esta función es necesario requerimientos grandes en CPU. En el caso de la interacción entre la PSTN y la NGN, el MGW convertirá en paquetes IP las señales TDM de la voz. Este elemento de la NGN es el corazón del presente IS, sobre el cual se basará la implementación a realizar y que se describe mas adelante.

Los MGW pueden manejar los siguientes protocolos: MGCP, MeGaCo, SIP, H.323, RTP, RTCP. Actualmente se tiene instalaciones NGN con MGW de Cisco, Siemens, Veraz, Vocaltec, Lucent, Huawei y Nuera, entre los principales.

SG (Signalling Gateway).

El SG es el encargado de realizar la conversión de la señalización proveniente de las redes convencionales (PSTN, Celular, etc.) a señalización en IP. En algunos casos este componente esta incluido en el SS o en el MGW. Por un tema de escalabilidad es recomendable que este componente sea separado. Los SG pueden manejar los siguientes protocolos: MTP1, MTP2, M2UA, M3UA, M2PA, SCTP.

Terminal.

El terminal es el equipo del usuario. Puede ser un Teléfono Fijo, Teléfono Celular, Teléfono SIP, PC, PAD, Softphone, etc.

En la Fig. 2.2 se puede observar la topología de de la Red NGN. En ella se observan los elementos y los protocolos más usados entre estos equipos, como MeGaCo, SIGTRAN, etc.

RED NGN(NEXT GENERATION NETWORK)

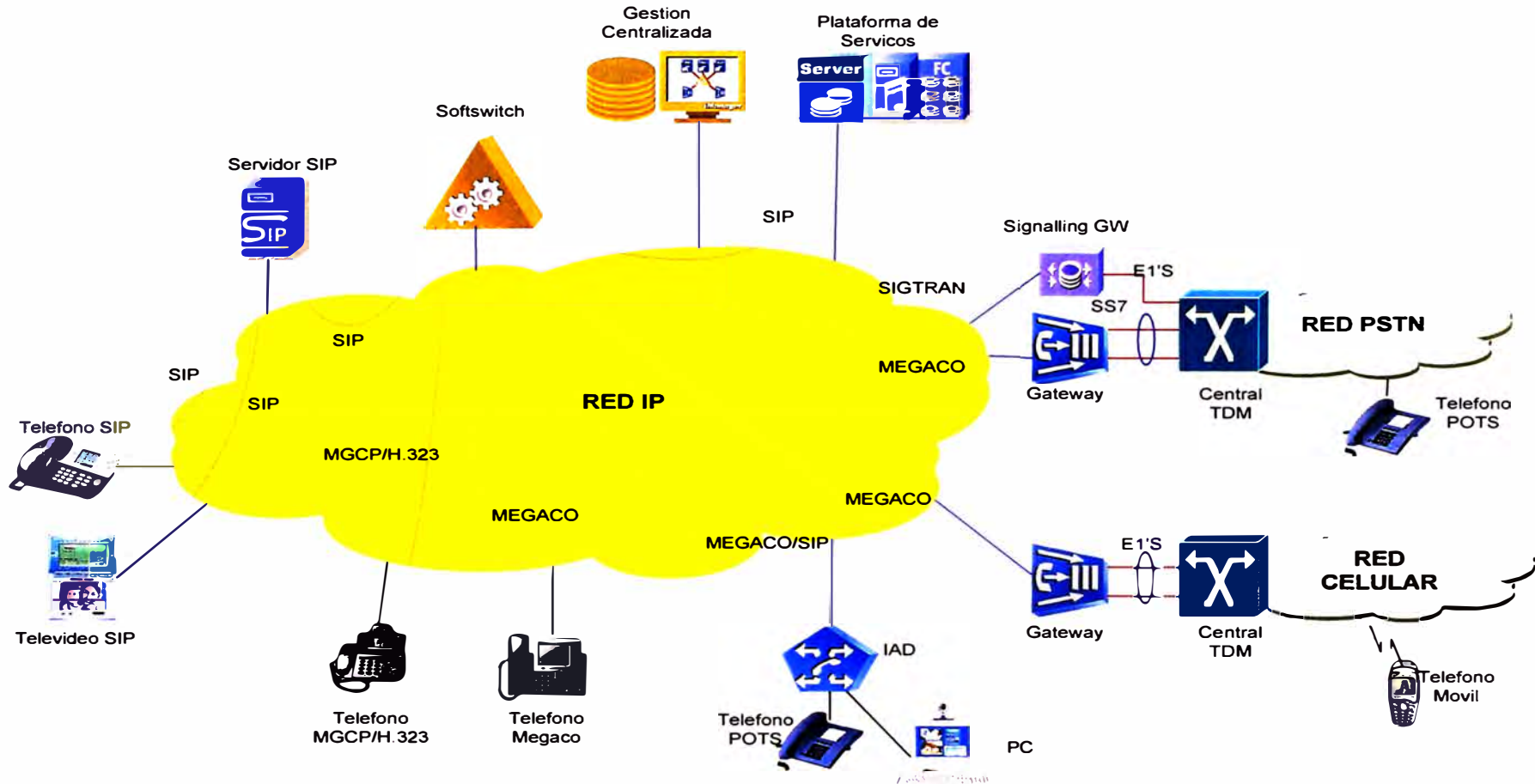


Fig. 2.2: Red NGN

2.2.- Los MGWs en las NGNs.

Ya sea planificando la expansión de una red existente o construyendo una red nueva, los operadores de telecomunicaciones consideran el modelo de referencia de arquitectura de tres niveles como la alternativa preferida sobre la infraestructura de conmutación de circuitos monolítica y jerárquica tradicional que ha dominado la industria de telefonía por más de un siglo.

El modelo de conmutación de tres niveles define un “switch descompuesto” construido a partir de sus componentes interoperables que existen a nivel de adaptación de medios (compuesto de MGW y dispositivos de acceso), un nivel de control de llamadas y señalización (compuesto de softswitches y GW de señalización), y un nivel de servicio (compuesto de servidores de aplicación y de opciones). El modelo de conmutación de tres niveles (ver Fig. 2.3), junto con la estandarización dentro y entre los niveles, ofrecen al operador la flexibilidad de seleccionar los mejores componentes de nueva generación para cada uno de los tres niveles.

La infraestructura de conmutación de nueva generación se está convirtiendo en la alternativa preferida para la expansión de redes existentes (sustitución de redes PSTN), para la implementación de nuevas redes, y finalmente desplazar la infraestructura de red tradicional cuando cumplan su ciclo de vida.

Un requerimiento crítico es que los componentes y soluciones de la infraestructura de conmutación de nueva generación deben estar diseñados para asegurar la Transparencia Total del Servicio para las señales y servicios de llamadas. Esto significa que los servicios ofrecidos actualmente por la red PSTN (voz, fax, módem, video conferencia) serán mantenidos y garantizados por la infraestructura de VoIP con la misma calidad y confiabilidad a las que están acostumbrados los usuarios.

Uno de los elementos fundamentales del escenario de telecomunicaciones de nueva generación es el MGW, proporcionando el puente entre la red tradicional TDM y la infraestructura de servicios de nueva generación. Los MGW deben ejecutar simultáneamente dos tareas principales:

- Realizar la adaptación intermedia de red entre los diferentes dominios de conmutación de circuitos y conmutación de paquetes.
- Proporcionar una plataforma de conmutación de múltiples medios para los distintos servicios y señalización de carga útil de acuerdo a lo requerido por los escenarios de enrutamiento (TDM-a-TDM, TDM-a-IP).



Fig. 2.3: Modelo de Conmutación de Tres Capas

El MGW está diseñado para cumplir con las necesidades de los operadores de telecomunicaciones encarando los siguientes retos:

- Mantener y garantizar el rendimiento de calidad de voz igualando la satisfacción del usuario y logrando llamadas de mayor duración que en las redes PSTN actuales.

- Preservar la Transparencia de Servicio Total para voz, fax, datos y video conferencia para capturar los minutos facturables sin importar las fallas en la red.
- Inversión en soluciones renovables que permitan ahorros de inversión significativos y un crecimiento controlado para un Retorno de Inversión positivo para proyectos de cualquier tamaño y topología de red de nueva generación.

2.2.1.- Rendimiento del MGW

Los operadores de telecomunicación a nivel mundial apuntan a que Toll Quality y la Transparencia de Servicio Total son esenciales para mantener e incrementar la rentabilidad. El incremento de la Duración Promedio de las Llamadas y la Tasa de Terminación de Llamadas aumenta los niveles de rentabilidad y la satisfacción de los clientes. El MGW estará diseñado para mejorar la competitividad del operador si cumple con las siguientes características exclusivas:

- **Voz Toll Quality:** la codificación de voz Toll Quality y los algoritmos de compresión de baja velocidad alcanzando los atributos de calidad (Mean Opinion Score: MOS) de los servicios PSTN.
- **Supresión de Silencio:** algoritmos de Supresión de Silencio desplegados globalmente proporcionan doble beneficio: minimización de los requerimientos de ancho de banda en el acceso y segmentos de red dorsal, reducción de los requerimientos de procesamiento y flujo en los ruteadores de la red WAN. Estos beneficios se logran sin la degradación de la calidad de voz. La implementación de la Supresión de Silencio en los MGW usa las opciones de Detección de Actividad Vocal (VAD) y Generación e Inyección de Ruido Confortable (CNG) para asegurar Toll Quality bajo cualquier nivel de señal de entrada y/o condiciones de ruido de fondo original.
- **Cancelación de Eco:** Canceladores de Eco de vanguardia permiten el más agradable ambiente de conversación de la industria. La tecnología de cancelación de eco de los MGW debe cumplir con ITU G.165 y G.168, entregando resultados incomparables (eco residual bajo / ERLE (Mejoramiento de Pérdida de Eco de Retorno)), rápido tiempo de convergencia, sin conversación entrecortada.

- **Tasa de Compresión:** El agregado de paquetes del MGW permite el más bajo consumo de ancho de banda y recursos de procesamiento de la red IP, reduciendo significativamente los costos de operación y de ciclo de vida. En particular, la reducción de consumo de ancho de banda demanda a los operadores en apuntar hacia la conexión de sitios remotos a través de líneas internacionales o de largas distancias costosas o enlaces dedicados. Adicionalmente, el Ajuste de Carga Útil asegura un envío parejo en los ruteadores de la red WAN. El rendimiento de compresión de ancho de banda típico puede llegar a 12:1 usando el CODEC G.729A (50% de actividad vocal) y a más de 14:1 usando el CODEC G.723.1, tal como se demostró en la sección 1.3.2 de este IS.
- **Fax de Alta Calidad:** algoritmos de relevamiento de fax reconocidos proporcionan una transmisión de fax de alta calidad y eficiente uso de ancho de banda y soporte completo del estándar T.38.
- **Clasificación de Señal:** Algoritmos de detección y clasificación de señal altamente eficientes aseguran los niveles más altos de voz, módem y terminación de fax con calidad obligatoria.
- **Algoritmo de Buffer de Jitter:** Algoritmo de manejo de buffer de jitter adaptivo asegurando la compensación de jitter con el buffer más pequeño para minimizar el retardo de extremo a extremo.
- **Encubrimiento de Pérdida de Paquetes:** Óptima sustitución de paquetes perdidos en las señales de voz afectadas por la pérdida de paquetes en la red IP, haciendo que la pérdida sea imperceptible.
- **Transmisión de Ancho de Banda sobre IP de Señalización de Canal Común:** Robusta compresión de señalización SS7, PRI y mecanismo de transporte (sobre SCTP), asegurando beneficio dual: transparencia total a pesar de los perjuicios por la pérdida de paquetes de las redes IP, y topología de red rentable basada en la ubicación

óptima de los diferentes elementos de la red de nueva generación (GW de Señalización).

- **Mecanismo de Selección de Prioridad de Paquete:** Reduce dinámicamente la carga útil del paquete de salida sin una degradación perceptible de la calidad de voz cuando ocurre una sobrecarga temporal (transitoria) de tráfico, encogimiento del ancho de banda, o congestión de la red.
- **Control de Protección de Calidad de Servicio:** Detección en tiempo real de la congestión continua en una ruta hacia un destino IP específico y notificación al softswitch cuando se supere el umbral de pérdida de paquetes. Esto permite que el softswitch enrute las llamadas nuevas a través de rutas alternativas, facilitando la restauración de la ruta inicial.
- **Retardo de Sistema:** El más bajo retardo de sistema, satisfaciendo los requerimientos de los servicios de voz en tiempo real, sin importar la configuración de la red o la carga de tráfico.

2.2.2.- Arquitectura de la Plataforma y Características de los MGW.

El MGW debe estar construido alrededor de una plataforma que proporciona:

- Disponibilidad de 99.9997%.
- Plataforma sin punto de falla.
- Redundancia a nivel de dispositivo: redundancia interna completa de todos los módulos involucrados en el tráfico.
- Redundancia a nivel de red: redundancia de enlace de red SDH, redundancia de enlace de red IP, redundancia del controlador del MGW / softswitch, redundancia de Reloj Externo.
- Protección de Portadora TDM, incluyendo soluciones de Portadora Alternativa (Redundante) y Balanceo de Carga de Tráfico.
- Etiquetado de paquete multiplexado en RTP, permitiendo compartir la carga por el ruteador de paquetes hacia el mismo destino.

- Actualización de software y hardware sin afectar el tráfico: el MGW puede expandirse sin interrumpir el tráfico que está generando beneficios.
- Módulos intercambiables en caliente y reemplazables en sitio: las tarjetas del MGW deben insertarse/extraerse sin necesidad de apagar el sistema y sin tener impacto sobre el tráfico manejado por otras tarjetas.
- Facilidad de operación y poderoso sistema de administración, reduciendo los requerimientos humanos y simplificando la capacitación al personal de operación.
- El sistema de administración debe proporcionar herramientas de administración basadas en WEB y gráficas, para configuración, monitoreo y análisis sencillos.
- Estabilidad No Comprometida: El MGW debe estar diseñado para manejar la carga total y la tasa de terminación de llamadas especificada, sin pérdida de rendimiento o impacto en la calidad de servicio.
- Soportar, como mínimo, las siguientes interfaces de portadoras Ethernet y TDM: Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, E1, T1, DS3, STM-1 y OC-3.
- Las interfaces WAN TDM deben poder implementarse usando los protocolos PPP ó ML-PPP.
- Debe constituir una solución lista para interoperar, basada en interfaces abiertas y cumplimiento de estándares, facilitando la integración con componentes de red de los fabricantes y una interconexión sencilla con las redes de otros operadores (MGCP, RTP/RTCP, T.38).

2.2.3.- Aplicaciones de los MGW.

El MGW está diseñado para integrarse fácilmente en cualquier modelo de despliegue de una red de nueva generación – ya sea una solución llave en mano o un despliegue de solución horizontal de varios fabricantes – permitiendo un corto tiempo para el inicio de operaciones, inversión y gastos mínimos, y crecimiento controlado, en términos de capacidad y expansión de los servicios.

Las características del MGW lo hacen ideal para la integración dentro de aplicaciones de conmutación y en la adaptación de distintos medios. Debe encajar fácilmente en la integración de redes actuales que inician una migración hacia una infraestructura de nueva generación y modelos de provisión de servicios IP, así como en redes nuevas.

Las soluciones de red de nueva generación hacia las que está enfocado el MGW incluyen:

- **Troncalizado Estático (DCME sobre IP):** para operadores que actualmente transportan tráfico internacional o doméstico sobre infraestructura DCME (Digital Compression Communication Equipment), o aquellos instalando enlaces de transporte IP, los MGW para transporte de Troncalizado Estático de VoIP son un punto de partida rentable en la transición hacia una red dorsal de Voz sobre IP. A medida que el tráfico y señalización de telefonía se transfiere en un modo punto a punto, no hay necesidad de un SS ni de elementos de señalización de gateway. Ver Fig. 2.4.
- **Troncalizado Estático sobre portadora TDM:** Permite al MGW ser usado no solo como MGW de VoIP, sino también como un sistema de compresión DCME que tiene

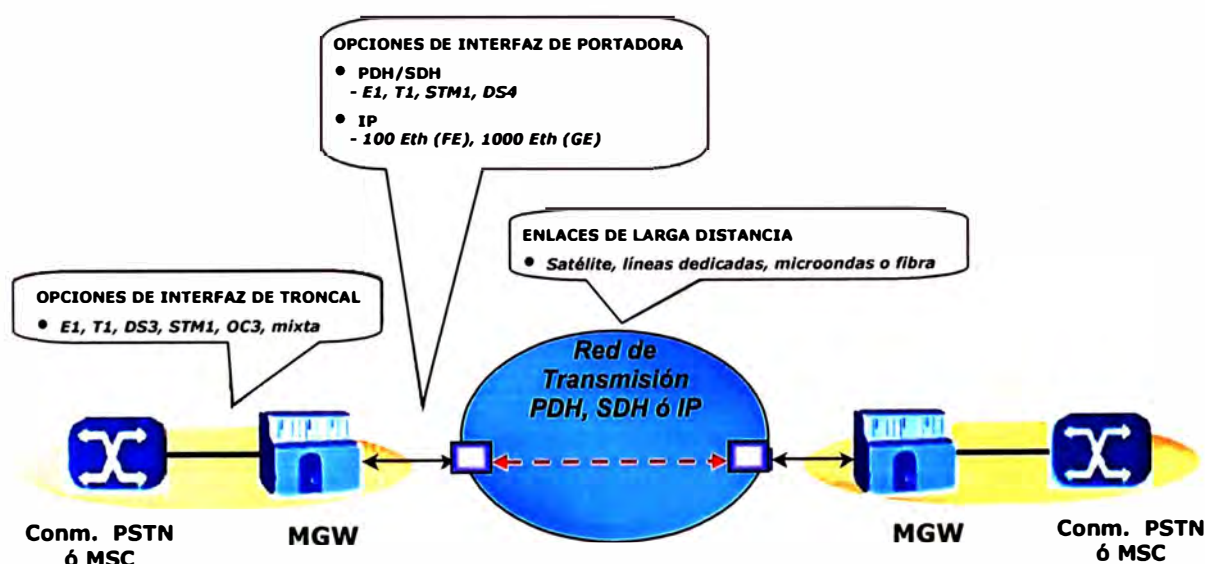


Fig. 2.4: Aplicación de Ruta Única

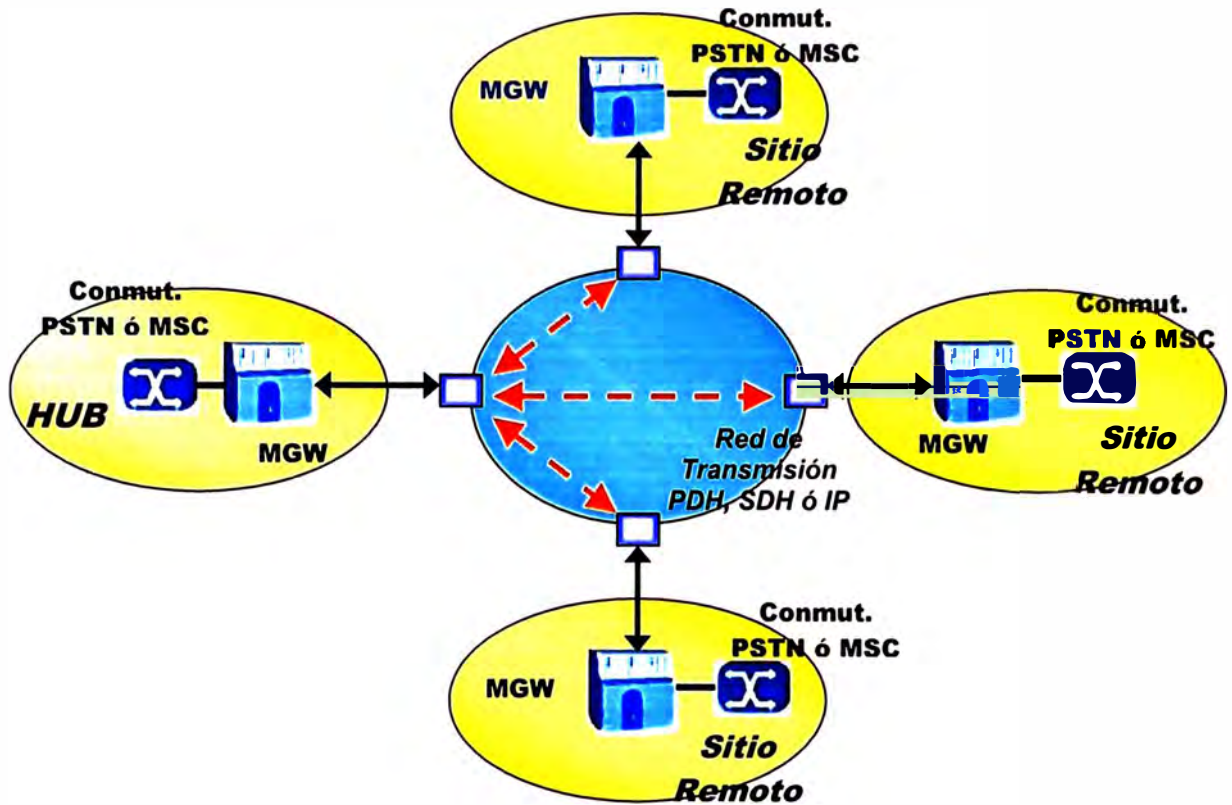


Fig. 2.5: Configuración Punto a Multipunto

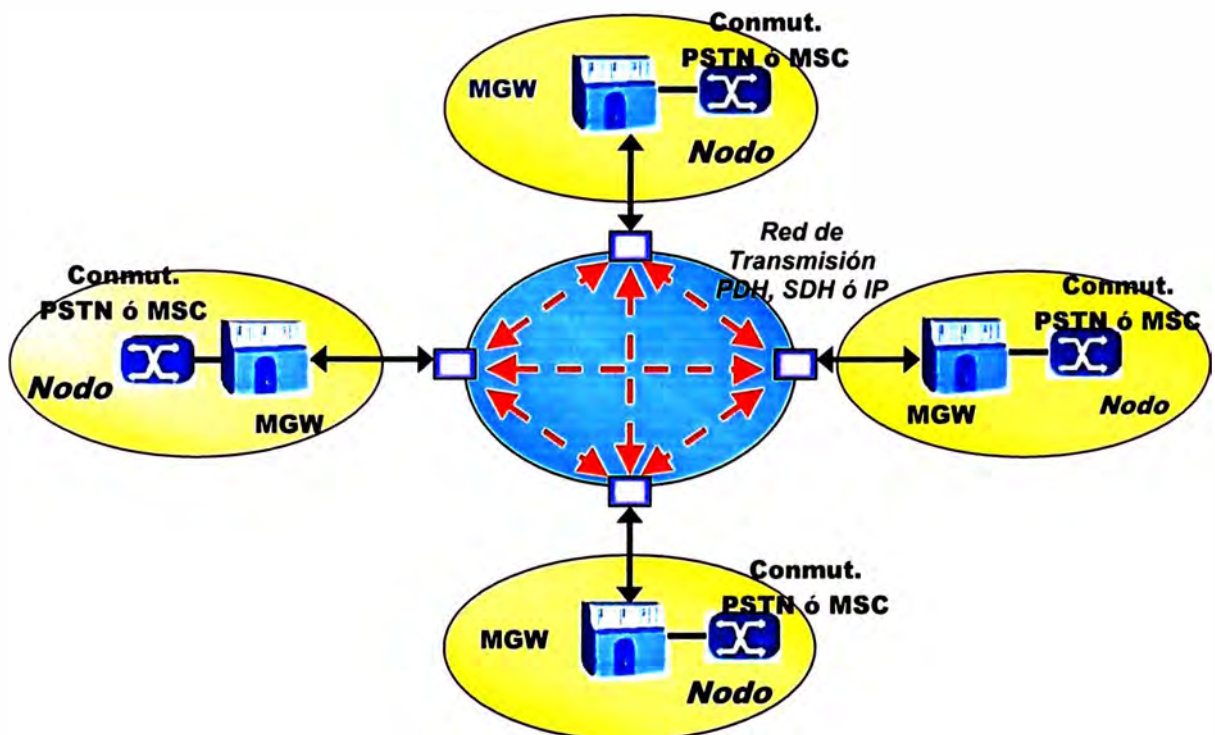


Fig. 2.6: Configuración Multiportadora y Multipunto

la capacidad inherente de migrar hacia una red de portadora TDM. Esta característica puede ser configurada también en el mismo chasis con un MGW de VoIP estándar. El operador puede entonces escoger si la interfaz de portadora será IP o TDM. Ver Fig. 2.5 y 2.6.

- **Aplicaciones controladas por SS:** Una red dorsal de VoIP incluyendo MGW y SS (reemplazando los conmutadores Clase 4 / Tandem ó Clase 5 / Local) permite al operador construir una red de nueva generación con un costo de propiedad minimizado (sin necesidad de invertir en conmutadores TDM tradicionales). El MGW debe soportar la conmutación entre cualquier par de puntos de extremo, ya sea conmutación TDM a TDM, ó TDM a VoIP, controlados por SS. Ver Fig. 2.7

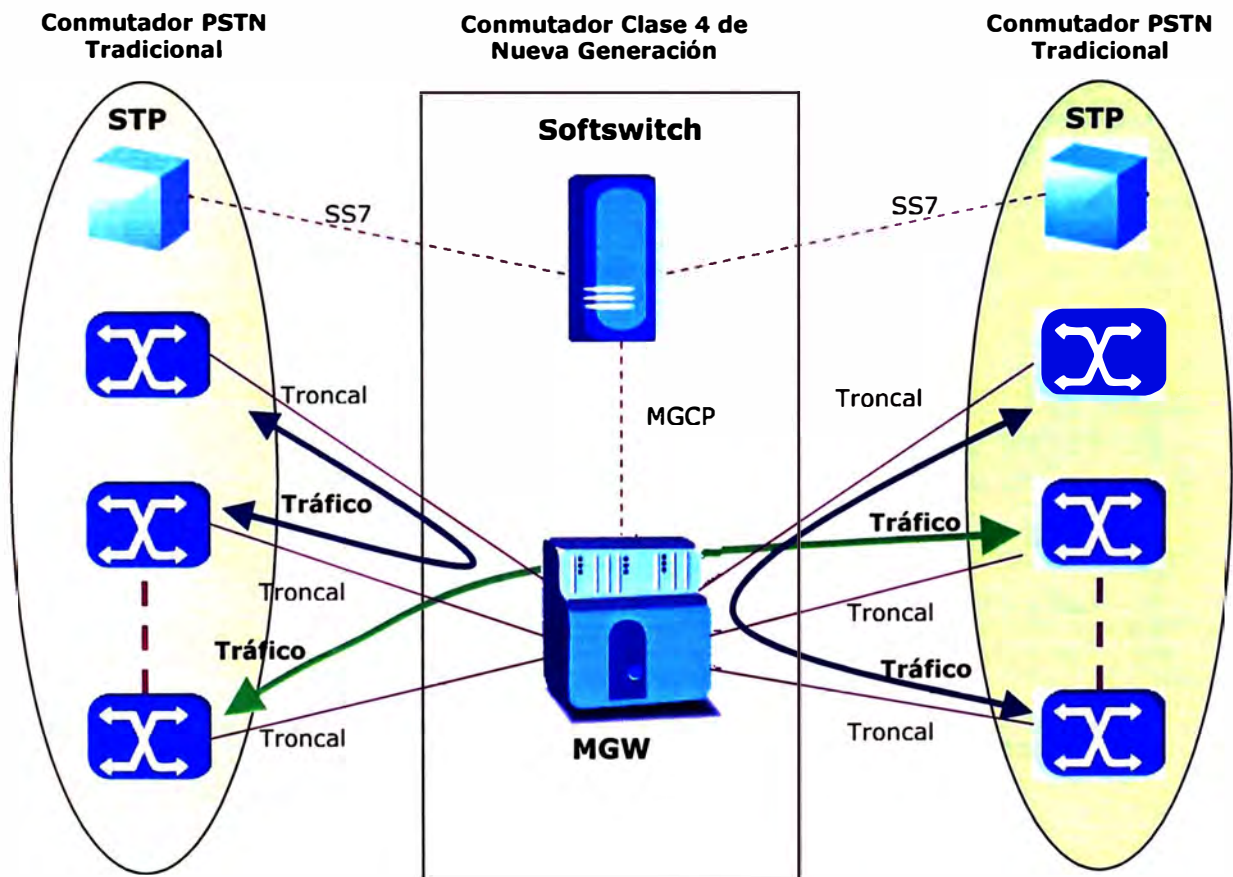


Fig. 2.7: Sustitución de Clase 4 de Nueva Generación

- **Aplicaciones combinadas:** El mismo MGW simultáneamente puede soportar el modo de Troncalizado Estático para un grupo de puertos y el modo controlado por SS para otro grupo de puertos. Ver Fig. 2.8.

Las características del MGW lo hacen un sistema ideal para la integración de diferentes ambientes de trabajo, tanto para redes incumbentes como para pequeños operadores.

Los beneficios competitivos y económicos de la convergencia de una red dorsal IP están incentivando a los operadores, ya sea que se enfoquen en ofrecer servicios tradicionales o en extender su presencia en mercados fuera de su región.

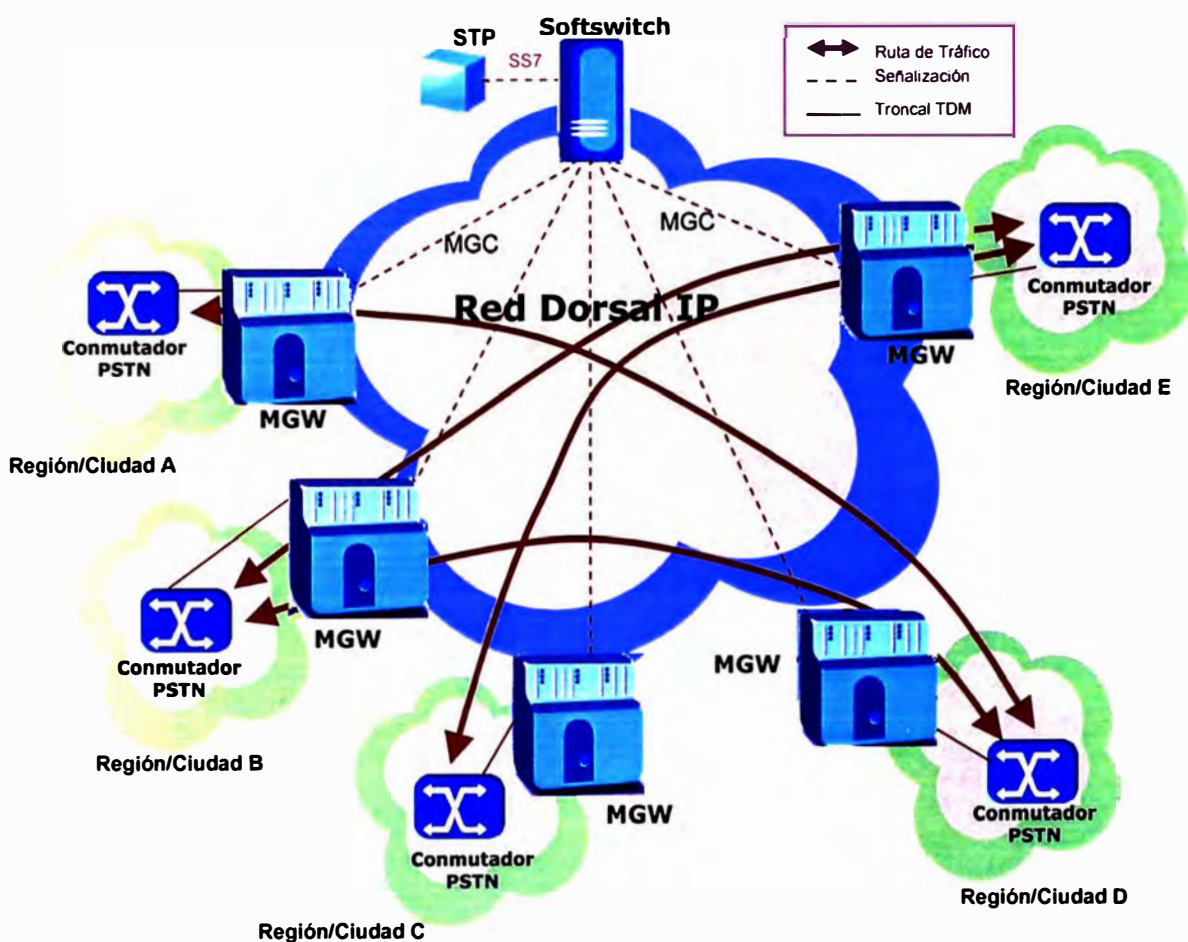


Fig. 2.8: Solución de Red Tándem de Nueva Generación

- **Aplicaciones Celulares de Nueva Generación:** Los operadores de redes celulares están planificando la migración hacia arquitecturas multi-nivel basadas en SS. Estos planes de migración difieren dependiendo de la propiedad de la actual infraestructura (propiedad completa o utilizando líneas dedicadas), oportunidades de expansión, y la estrategia de desarrollo de infraestructura del operador 3G (tercera generación). Una solución de red de nueva generación para redes celulares requiere de MGW de VoIP

operando en Troncalizado Estático o modo Conmutado para aplicaciones de MSC, aplicaciones Tándem entre el MSC y los conmutadores PSTN, respaldo de puntos de interconexión, entre otros. Ver Fig. 2.9.

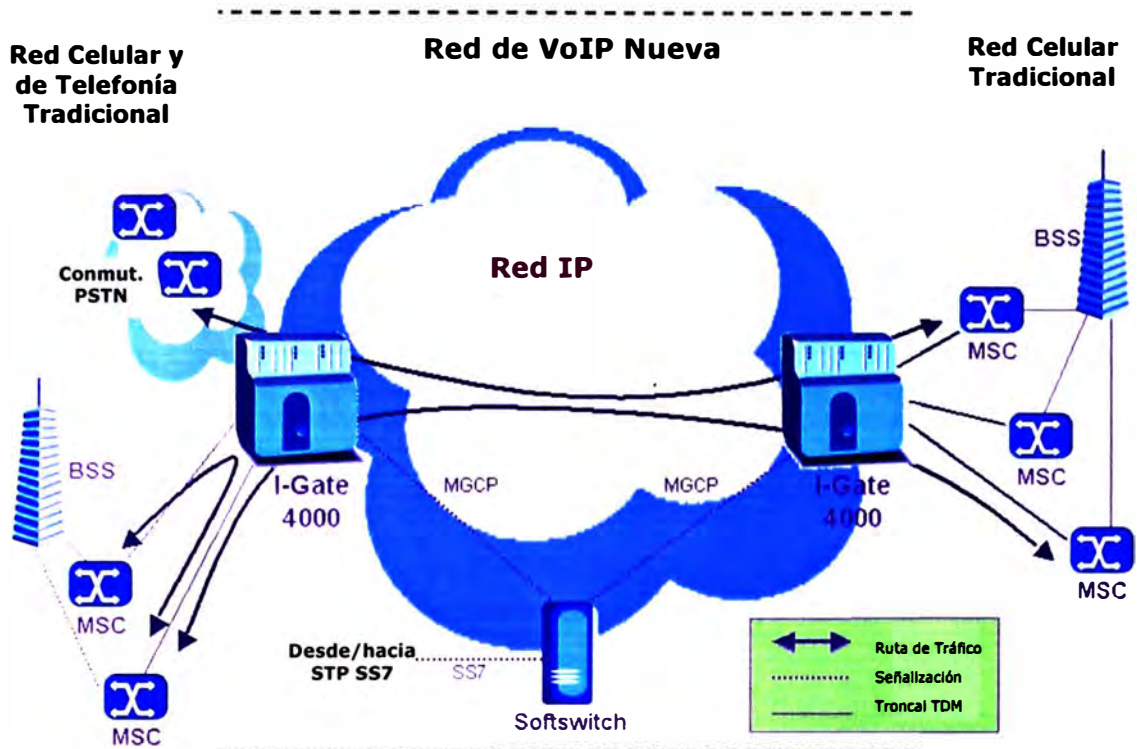


Fig. 2.9: Aplicación en Red Celular de Nueva Generación

- **Aplicaciones de Interfase PRI de Negocios:** Los clientes corporativos que usan PABX con interfaz de señalización PRI pueden conectarse directamente al MGW. Esta aplicación proporciona gastos reducidos para los recursos de transmisión e interconexión del equipo tradicional del cliente hacia una red de conmutación de nueva generación. Ver Fig. 2.10.

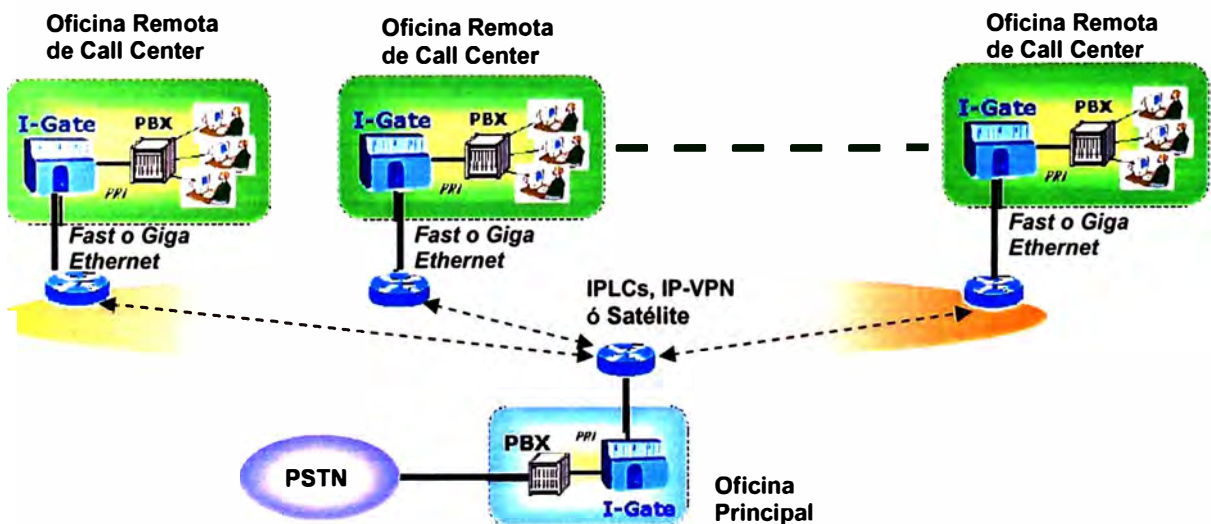


Fig. 2.10: Aplicación BPO y Call Center

- Aplicaciones de Acceso TDM a VoIP. (Ver Fig. 2.11)

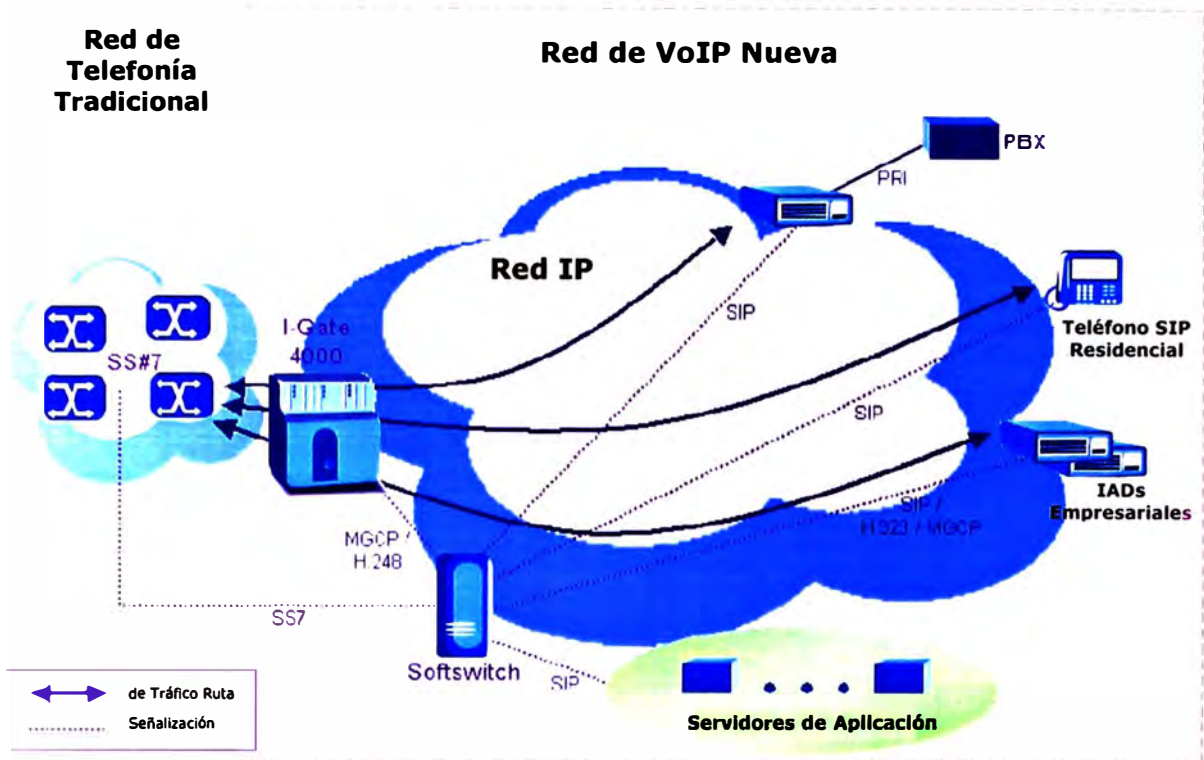


Fig. 2.11: Aplicación de Acceso TDM a VoIP

- Protección, Redundancia de Portadora TDM. (Ver Fig. 2.12 y 2.13)

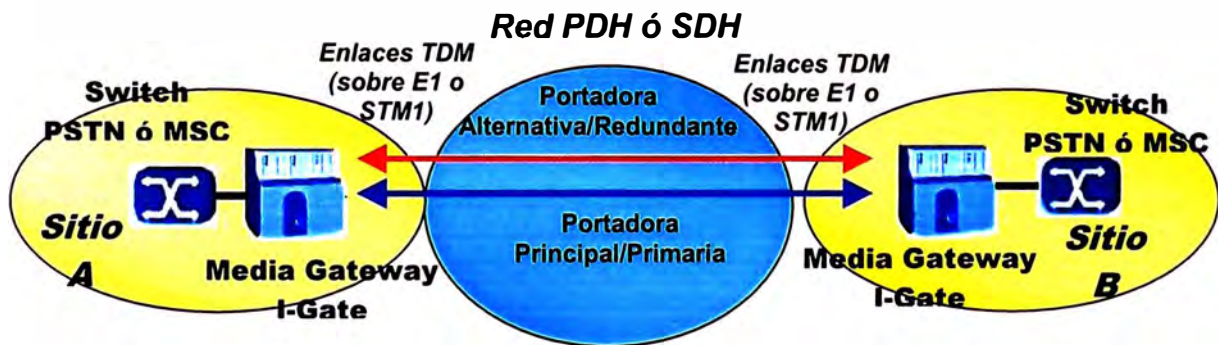


Fig. 2.12: Portadora alternativa 1:1.

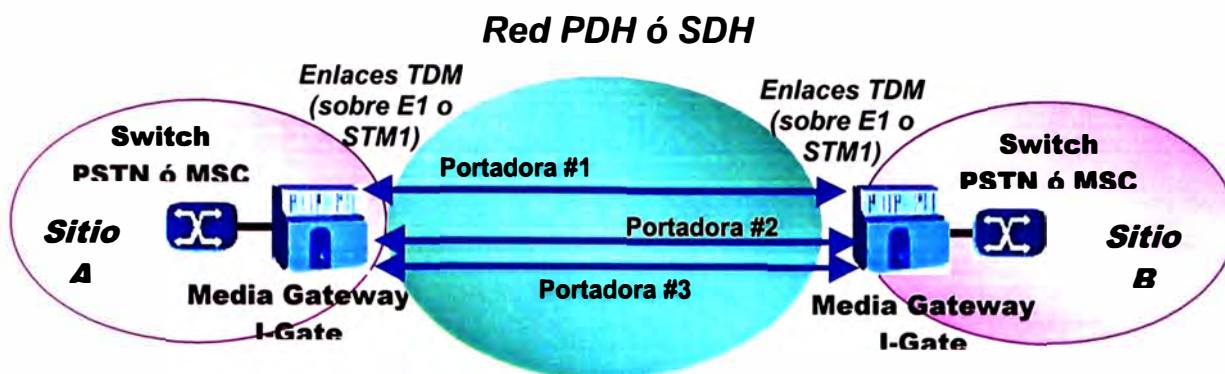


Fig. 2.13: Portadora múltiple

- **Aplicaciones de Respaldo POI a MSC.** El tráfico sin comprimir (64 kbps, llamadas codificadas G.711) desde los conmutadores remotos PSTN y MSC se comprimen en el MGW del POI y es transportado por la red de transmisión de larga distancia hacia el MGW del hub central, donde la carga útil recibida se descomprime a su formato original G.711 de 64 Kbps y transmitida hacia el MSC. Los mismos procesos se aplican a las señales de voz entre el MSC del HUB y los conmutadores remotos PSTN/MSC.

Una red de respaldo POI a MSC incluye uno o más MGW en la ubicación del MSC del operador (HUB) y MGW en cada uno de los POIs.

La aplicación de respaldo POI a MSC puede ser usando infraestructura PDH, SDH o SONET para la transmisión de larga distancia ó usando una red de paquetes IP entre el POI y el Hub MSC. Ver Fig. 2.14 y 2.15.

2.2.4.- Arquitectura y Flujo de Tráfico en el MGW.

La Fig. 2.16 ilustra la arquitectura del MGW y el flujo de tráfico para dos casos de portadora de red, usando una red IP (Interfase Fast Ethernet ó Gigabit Ethernet) y usando una red TDM.

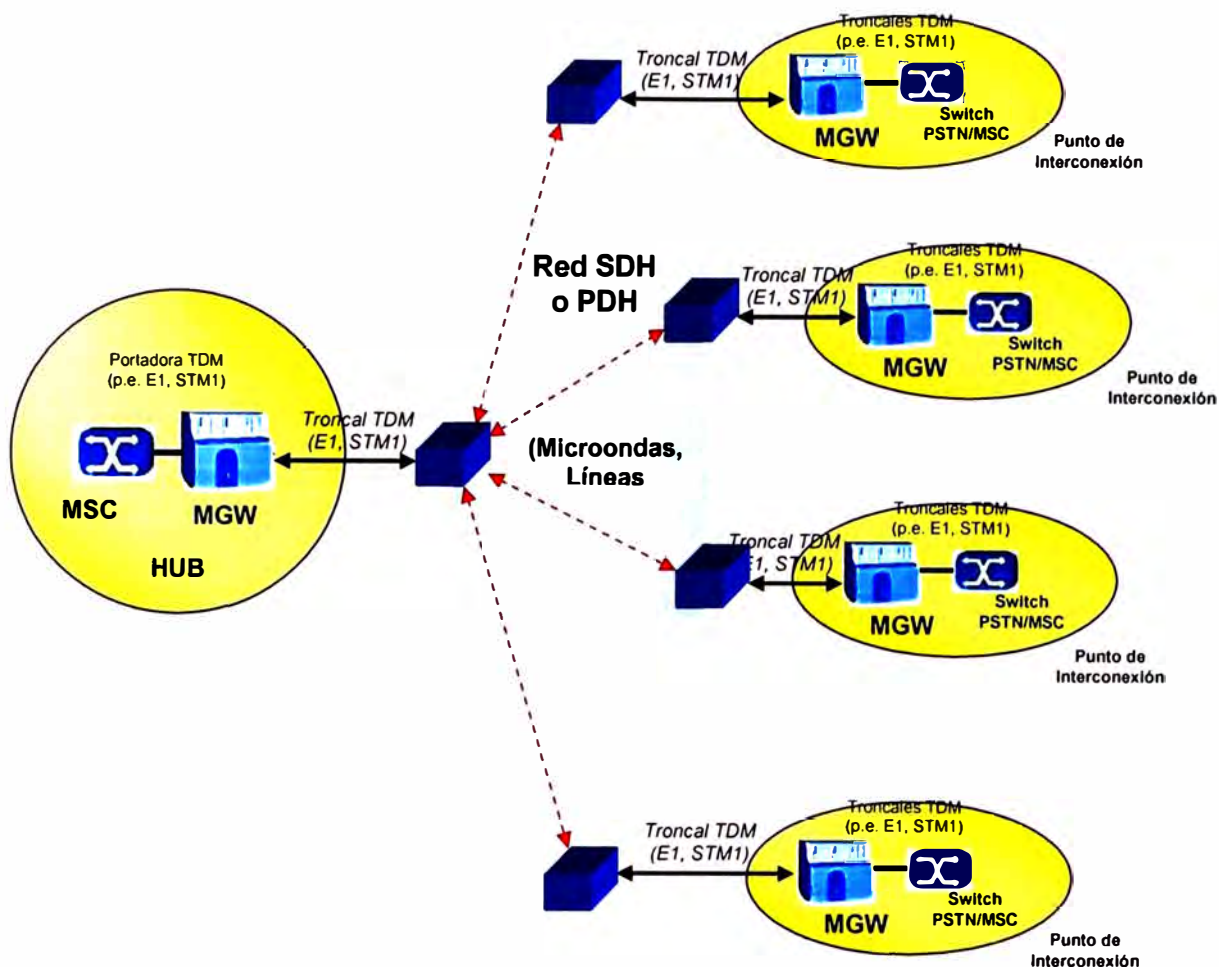


Fig. 2.14: Respaldo POI/MSC con Interfase de Portadora TDM

La línea roja ilustra el flujo para el tráfico de VoIP. El tráfico pasa por la tarjeta IGWM, ubicada en segundo lugar desde arriba. El tráfico TDM ingresa al sistema por la tarjeta de interfaz TDM, y luego ingresa a la tarjeta IGWM (procesadora) a través del bus TDM interno. Luego del procesamiento, la señal pasa por la tarjeta de interfaz de red IP (GBIS) a través del bus Ethernet interno.

La línea verde ilustra el flujo de tráfico para portadora TDM. El tráfico pasa a través de la tarjeta IGWM, tercera desde arriba. Sin embargo, al contrario que el tráfico IP, después del procesamiento en la tarjeta IGWM y cuando los paquetes están listos para ser enviados hacia la red, la tarjeta IGWM envía el tráfico a través del protocolo

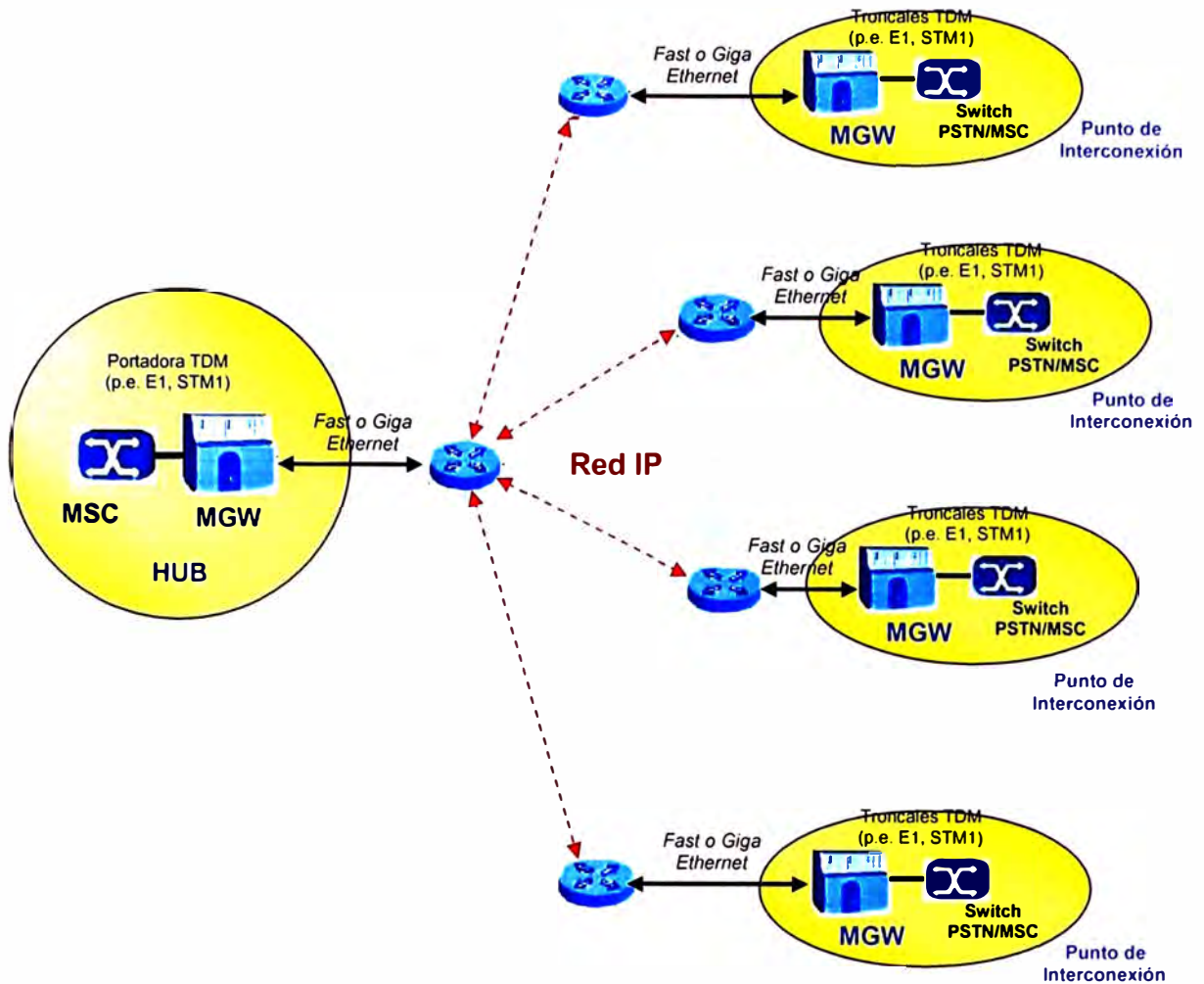


Fig. 2.15: Respaldo POI/MSC con Interfase de Portadora FE/GE

de capa 2 HDLC hacia las tarjetas de interfaz TDM. De allí, el tráfico es transmitido por la portadora TDM.

Cuando se configura el sistema para TDM, las tareas de procesamiento son las mismas que para el caso de portadora IP: la voz es convertida en paquetes RTP, el fax es demodulado y retransmitido a través del protocolo T.38, el tráfico de módem y DTMF también es tratado como si se estuviera utilizando VoIP.

Para conseguir una alta tasa de compresión, se activa otro algoritmo, el cual agrega pequeños paquetes RTP, cada uno representando el tráfico de un DS0, hacia un gran paquete "RTP MUX". El resultado es que la cabecera, en lugar de ser RTP+UDP+IP+L2 (lo cual es más de 40 bytes) para cada DS0, se consigue una cabecera de tan solo 6 bytes para los pequeños paquetes RTP. La cabecera total aparece solamente una vez en el paquete agregado, minimizando en consecuencia su efecto.

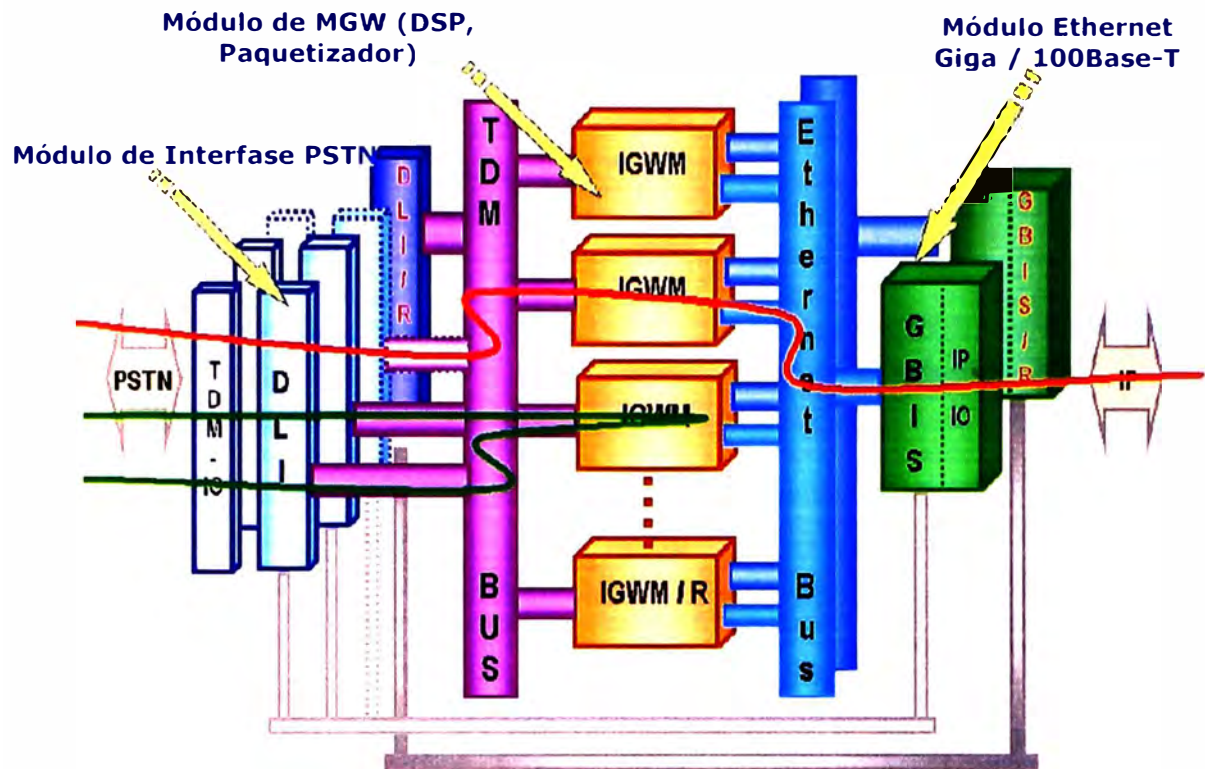


Fig. 2.16: Arquitectura y Flujo del Tráfico del MGW.

CAPÍTULO III

APLICACIÓN DE LOS MGW EN UNA RED TDM NACIONAL.

3.1.- Red TDM Nacional.

3.1.1.- Descripción General

Este IS enfoca su aplicación sobre la Red TDM Nacional (RTDMN) de una de las Empresas de Telecomunicaciones que actualmente opera en el Perú.

Para el servicio de voz entre Lima y otras ciudades del Perú, las RTDMN esta conformada por centrales de conmutación, con la red de transporte implementada con Compresores Digitales (DCME/TDM), Modems y enlaces satelitales, de acuerdo al diagrama básico que se muestra en la Fig. 3.1.

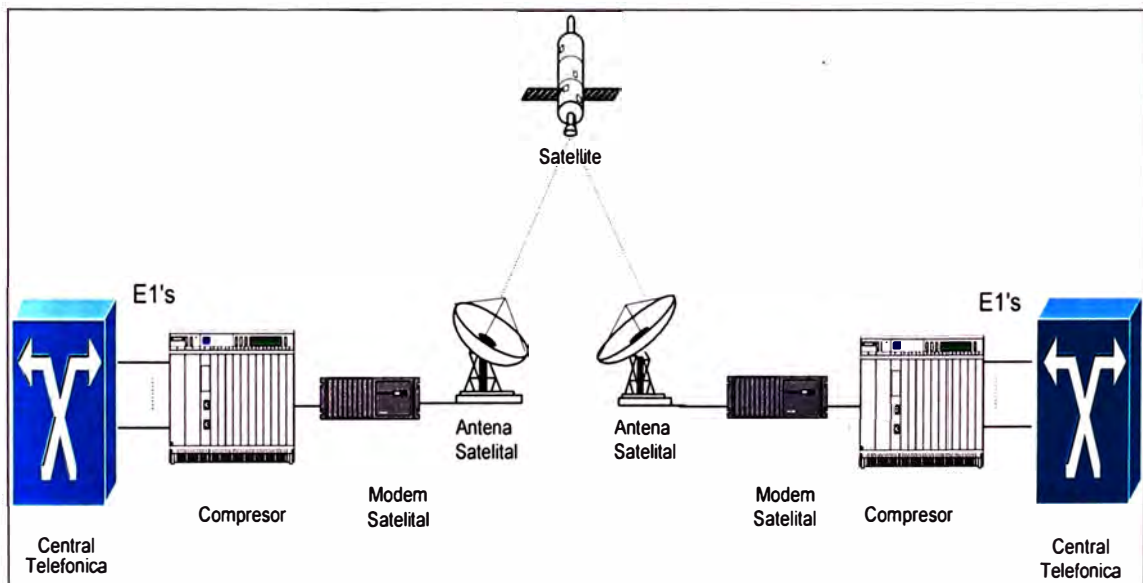


Fig. 3.1: Diagrama Básico de la RTDMN

La TABLA 3.1 proporciona información sobre la RTDMN entre Lima y las ciudades del Perú que están comunicadas, punto a punto, de acuerdo al diagrama básico de la Fig. 3.1.

TABLA 3.1: Ciudades de la RTDMN

#	DESTINO	ORIGEN	# E1's	COMPRESIÓN
1	A. CALIENTES	LIMA	3	3:1
2	ATALAYA	LIMA	2	2:1
3	CAJATAMBO	LIMA	1	2:1
4	CONTAMANA	LIMA	2	2:1
5	CORA-CORA	LIMA	2	2:1
6	HUANUCO	LIMA	2	2:1
7	IQUITOS	LIMA	3	4:1
8	LAGUNAS	LIMA	2	2:1
9	NAUTA	LIMA	2	2:1
10	P. MALDONADO	LIMA	8	(2) 4:1
11	PUCALLPA	LIMA	2	2:1
12	PUQUIO	LIMA	2	2:1
13	QUILLABAMBA	LIMA	3	3:1
14	REQUENA	LIMA	2	2:1
15	SAN FRANCISCO	LIMA	2	2:1
16	TARAPOTO	LIMA	4	4:1
17	TOCACHE	LIMA	4	4:1
18	TRUJILLO	LIMA	4	4:1

De lo mencionado se podrá observar que esta RTDMN presenta el siguiente diagnóstico:

- Alto consumo de ancho de banda.
- Variedad de resultados en términos de calidad, derivados de la performance de los actuales compresores (DCME), que consiguen modestas tasas de compresión (4:1, Máximo) y tienen configuración restringida punto a punto.
- Los transpondedores presentan saturación por ancho de banda antes que por potencia. La limitación se deriva del esquema de transmisión QPSK, tradicionalmente empleado en los enlaces de satélite.

Definitivamente se tiene que tomar alguna acción para que esta RTDM sea mucho más rentable. Las tecnologías actualmente disponibles en los MGW nos permiten pensar en una solución a este diagnóstico.

Este IS pretende esta solución, utilizando tecnologías más eficientes y de menores costos, mediante el uso de los MGWs y recomendando los esquemas de modulación PSK/16QAM, que posibilitan una más efectiva utilización de los recursos de la red: Ancho de banda y potencia de los transpondedores.

3.1.2 Elementos de la RTDMN.

Los siguientes elementos tienen importante influencia con el grado de utilización del ancho de banda satelital:

- Los compresores de voz, DCME: equipos discontinuados y obsoletos. (más de 10 años de operación).
- Los Modems: equipos con modulación QPSK, discontinuados y obsoletos (mas de 10 años de operación).
- Los amplificadores: Se encuentran en buen estado ya que han sido renovados recientemente.
- La Antena (13 m): apropiada y en buen estado de conservación.

Para mayor claridad sobre los componentes de la RTDMN, en la Fig. 3.2 se muestra a la misma con todos sus componentes para interconectar punto a punto las facilidades entre dos ciudades: Lima y alguna de las ciudades mostradas en la TABLA 3.1.

Este IS se enfoca hacia el reemplazo de los compresores DCME por los MGWs, analizando las ventajas que esto trae como consecuencia para la Empresa de Telecomunicaciones.

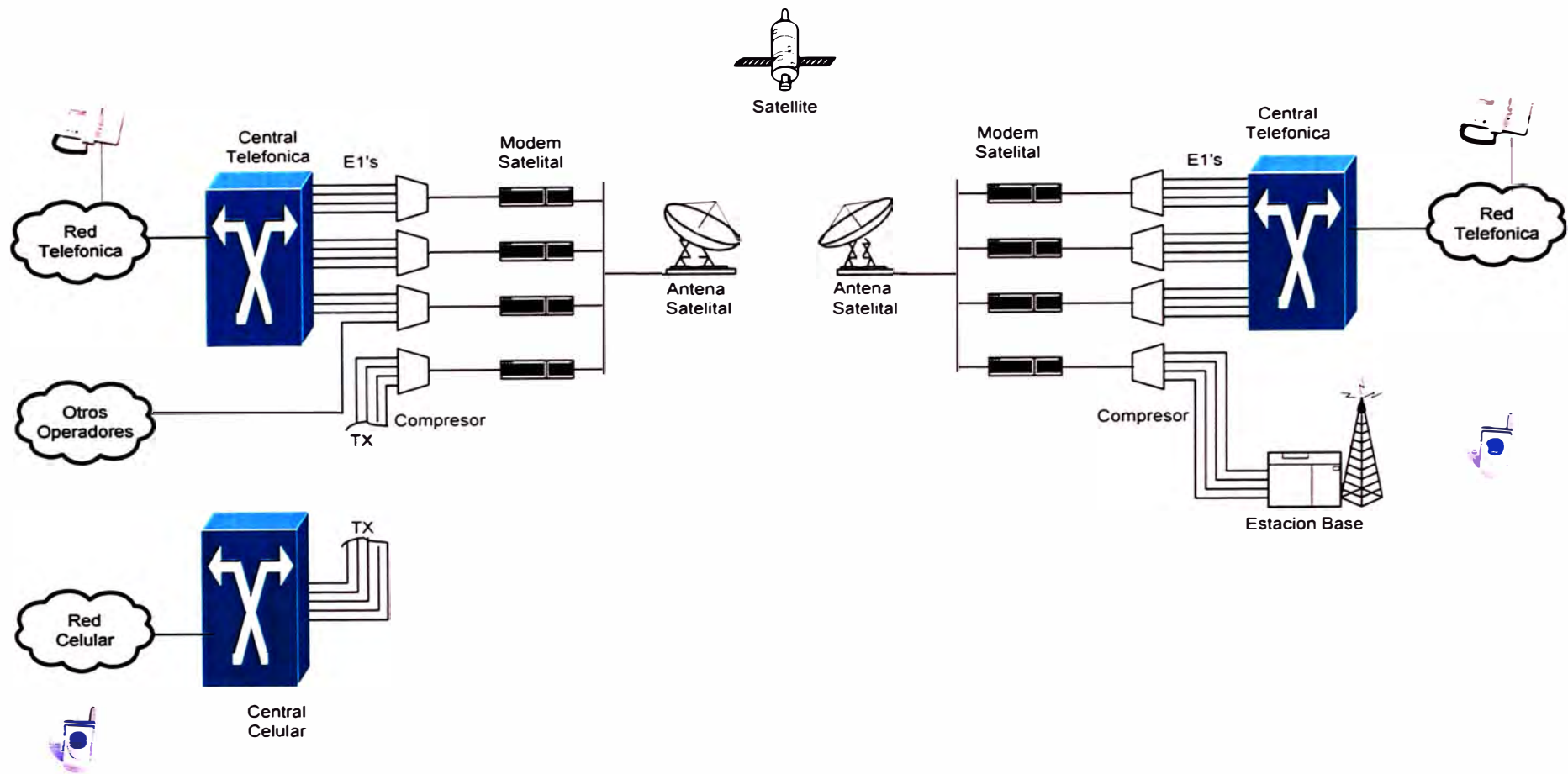


Fig. 3.2: RTDMN Satelital con Compresores.

3.2.- Propuesta Técnica MGW.

3.2.1.- Red VoIP.

Teniendo en cuenta que se debe lograr una solución técnica “carrier class”, la red VoIP propuesta será implementada con una configuración básica Trunking Estático (punto a punto) en topología 1+1 a fin de darle redundancia a la Red.

Pensando en el futuro, que se enfoca hacia las redes NGN, esta implementación Trunking Estático será muy fácilmente llevada a la implementación Trunking Dinámico donde el SS es el componente de control.

En la RED VoIP que se propone, el tráfico de voz y el tráfico de señalización son transferidos en el modo punto a punto, razón por la cual no hay necesidad ni de un SS (Softswitch) ni de un SG (Signaling Gateway).

Los MGWs soportan la transmisión de SS7 sobre IP, proveen alta confiabilidad y es una alternativa efectiva en costo a las necesidades de la Empresa de Telecomunicaciones, mientras se habilita la infraestructura NGN para el transporte transparente de la señalización de canal común.

La Fig. 3.3 corresponde al diagrama de una comunicación punto a punto entre dos ciudades donde se han reemplazado los compresores DCME por los MGWs, agregando los componentes necesarios (ruteadores) para poder tener la implementación completa entre estas dos ciudades.

Teniendo en cuenta la implementación básica de la Fig. 3.3, en la Fig. 3.4 se muestra lo que será la RED VoIP para interconectar Lima con las ciudades que se muestran en la TABLA 3.1.

Esta RED permitirá mejores relaciones de compresión, con el consecuente ahorro de ancho de banda satelital, proporcionando servicio Tool Quality.

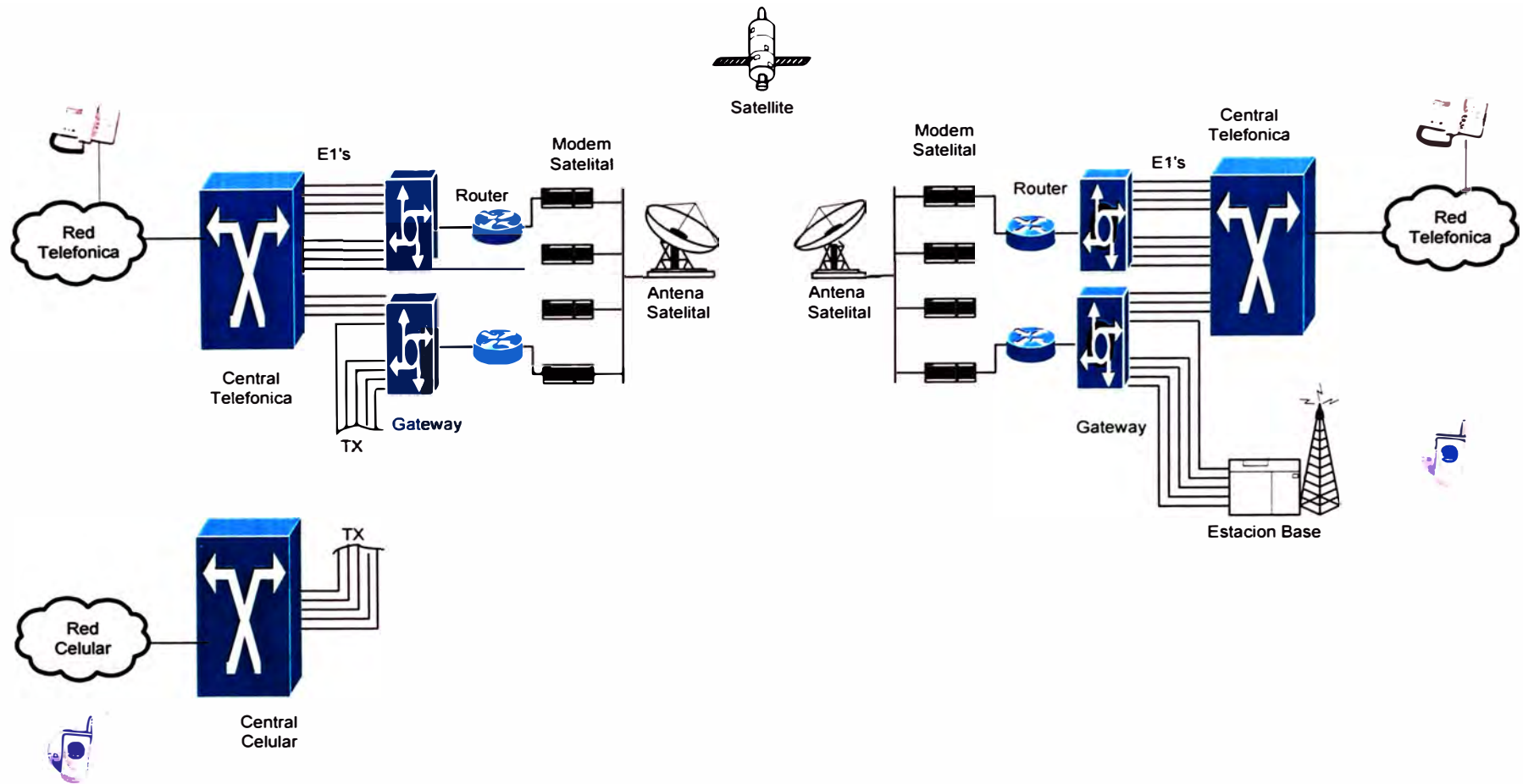
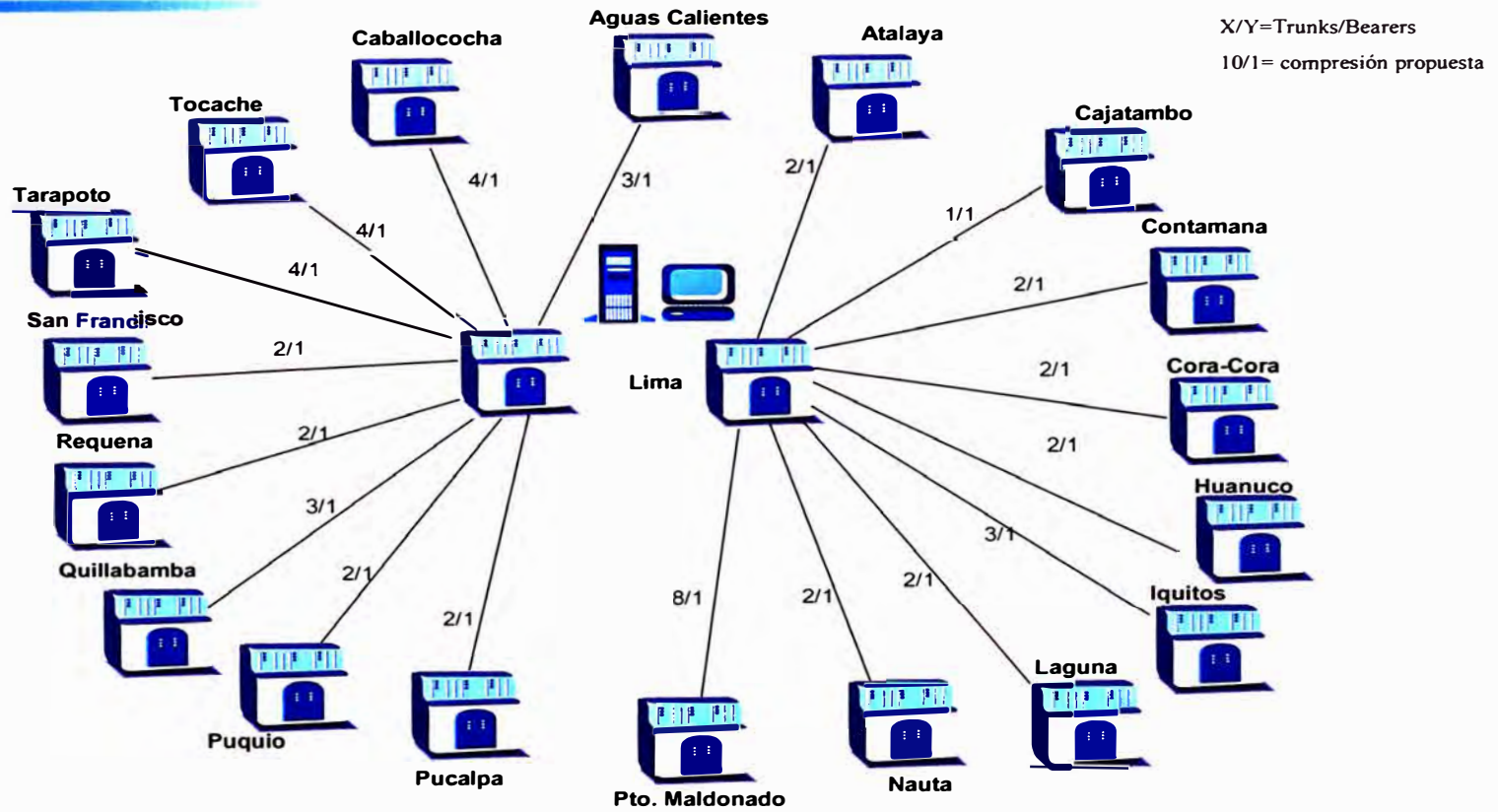


Fig. 3.3: RED VoIP Satelital usando MGW.

Fig. 3.4: RED VoIP con MGW



3.2.2.- Calculo de la Relación de Compresión

En la sección 1.3.2 del presente IS se trató sobre el ancho de banda a consecuencia de la RTP MUX que trae como resultado ahorros sustanciales en el mismo, con la consiguiente mejora en la relación de compresión, es decir, la relación entre el ancho de banda de la señal PCM (64 Kb/s) y el logrado con la aplicación del RTP MUX.

Para lo que ahora interesa, es decir, para la aplicación de los MGWs en reemplazo de los DCME y así implementar una solución VoIP, es importante tener la referencia de las relaciones de compresión que será posible lograr, aún teniendo que considerar cabeceras para lograr los protocolos para el transporte.

En las TABLAS 3.2 y 3.3 se tienen los resultados para las relaciones de compresión en los caso de 10, 8, 4 y 2 E1s. como los alimentadores a estas unidades MGW para ser transportados (voz ó fax) hacia el otro extremo dentro de la RED VoIP.

Para el resultado mostrado en la TABLA 3.3, se ha considerado que de la cantidad total de canales (30 por cada E1) el 95% transporta voz, el 4% transporta fax y el 1% se reserva para el transporte de la señalización.

Se ha considerado 50% para el parámetro VAD, el CODEC de acuerdo al estándar G.729, 34 Kbps para el ancho de banda de la señalización por enlace SS7, 10 mseg. para el tamaño de frame de voz, velocidad de 25 fps, 46 bytes para la cabecera del protocolo, así como 6 bytes para la minicabecera.

De la TABLA 3.3 se puede observar que las relaciones de compresión que se logran están alrededor de 10:1, lo cual es mucho mejor a lo actualmente logrado con los compresores DCME que se encuentran alrededor de 4:1. Posteriormente se verá esto más claramente en los resultados finales de la aplicación.

TABLA 3.2: Datos para Cálculos de Portadora (A/B, compresión)

Información General

Número de EIs		10	8	4	2
Número Total de Canales (30*#EIs)		300	240	120	60
Número Canales de Voz (% del total)	95%	285	228	114	57
Número Canales de Fax (% del total)	4%	12	10	5	2
Número Canales de Señalización (% del total)	1%	3	2	1	1

Datos

Codec (tipo)	G.729
Tamaño Frame de voz (mseg)	10
Tamaño Frame de voz (bytes)	10
Relación de paquetización	4
Carga útil de voz por frame paquetizado	40
Velocidad del frame de voz (fps)	25
Intervalo de agregación (mseg)	10
Minicabecera (bytes)	6
VAD	50%
Tamaño frame de fax (9600 baud) (bytes)	48
Velocidad frame de fax (fps)	24
Tiempo promedio de retención (seg)	180
Señalización por enlace SS7. (kbps)	34
Cabecera PPP (bytes)	6
Cabecera IP (bytes)	20
Cabecera UDP (bytes)	8
Cabecera RTP (bytes)	12
Total cabecera de protocolo (bytes)	46

TABLA 3.3: Cálculos de Portadora (A/B, compresión)

Información General

Número de E1s		10	8	4	2
Número Total de Canales (30*#E1s)		300	240	120	60
Número Canales de Voz (% del total)	95%	285	228	114	57
Número Canales de Fax (% del total)	4%	12	10	5	2
Número Canales de Señalización (% del total)	1%	3	2	1	1

Cálculo de ancho de Banda

Número de canales de voz en 10 ms.	71.25	57	28.5	14.25
Número de canales de fax en 10 ms.	2.88	2.4	1.2	0.48
Carga útil en 10 ms (bytes)	1794.27	1440.6	720.3	353.67
Paquetes por intervalo de agregación	2	1	1	1
Paquetes por segundo.	200	100	100	100
Carga útil total en 1 seg.	179,427	144,060	72,030	35,367
Cabecera total en 1 seg.	9,200	4,600	4,600	4,600
Total tráfico V/F en 1 seg. (bytes)	188,627	148,660	76,630	39,967
Total tráfico V/F en 1 seg. (bytes/seg)	1,509,016	1,189,280	613,040	319,736
Tráfico de señalización (bytes/seg)	104,448	69,632	34,816	34,816
Tráfico de cabecera (20%) (bytes/seg)	322,693	251,782	129,571	70,910
Total tráfico en 1 seg. Con o/h (bytes/seg)	1,936,157	1,510,694	777,427	425,462
Tráfico promedio por canal (bytes/seg)	6,454	6,295	6,479	7,091
Relación de compresión promedio	9.9	10.2	9.9	9

3.2.3.- Ingeniería Básica

Las características básicas de uno de los MGWs disponibles en el mercado, el IGate-4000 fabricado por Veraz Networks, son las que se muestran en la TABLA 3.4 siguiente:

TABLA 3.4: Características Técnicas del MGW IGate-4000
Tráfico Telefónico

Capacidad total	<ul style="list-style-type: none"> • 2016 canales, máximo
Procesamiento de Voz (CODEC)	<ul style="list-style-type: none"> • G.711 PCM @ 64Kb/s • G.723.1 ACELP / MPMLQ @ 5.3, 6.3 Kb/s • G.729A (+B) CS-ACELP @ 8Kb/s • AMR (12.2 Kb/s)
Cancelador de Eco	<ul style="list-style-type: none"> • Cumple con ITU-T G.168 & G.165 • Hasta 64 mseg.
Soporte de Fax	<ul style="list-style-type: none"> • Faxes Grupo 3 (hasta 14.4 Kb/s) • Fax Relay ITU-T T.38 o aceleración a G.711, de acuerdo a los parámetros de configuración • Disponibilidad de redundancia de fax como parámetro de configuración
Soporte de Datos en Banda Vocal (módem)	<ul style="list-style-type: none"> • Canal transparente a G.711 • Redundancia de la carga útil del módem.
Manejo DTMF	<ul style="list-style-type: none"> • Detección y generación de acuerdo al RFC 2833 • Soporte de empaquetamiento MGCP – DTMF
VAD/CNG, paquetización	<ul style="list-style-type: none"> • 10, 20, 30, 40 mseg.
Tamaño del Buffer de Jitter	<ul style="list-style-type: none"> • 0 a 300 mseg.

Interfaces de Troncal (PSTN)

E1: 2.048 Mb/s Balanceado 120 Ω / Desbalanceado 75 Ω	Hasta 32 troncales
DS1: 1.544 Mb/s Balanceado 100 Ω	Hasta 40 troncales (31 T1s para portadora TDM)
DS3: 44.736 Mb/s Desbalanceado 75 Ω	Hasta 3 troncales
Interfase óptica OC-3: 155.52 Mb/s	1 troncal
Interfase óptica STM-1: 155.52 Mb/s	1 troncal
Señalización de Troncal	<ul style="list-style-type: none"> • Respaldo SS7 Comprimido (sobre SCTP) • ISDN PRI – terminación en Capa 2

	<p>(LAPD), transferencia a niveles superiores vía Q.931/IUA/SCTP/IP hacia MGC (modelo SIGTRAN)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Señalización MF R1 via empaquetamiento MGCP.
--	---

Interfase de Red de Paquetes (IP/TDM)

Físico	<ul style="list-style-type: none"> • Gigabit-Ethernet – Interfase Óptica • 100BaseT • TDM : E1, T1, DS3, STM-1, OC-3
Protocolos	<ul style="list-style-type: none"> • IPV4 mejor esfuerzo • IPV4 Diff-Serv (bits T.O.S.)
Tráfico de Voz Paquetizada	<ul style="list-style-type: none"> • RTP/RTCP
Protocolos de Control de Portadora	<ul style="list-style-type: none"> • MGCP. • H.248/MEGACO. • Troncalizado Estático (DCME sobre IP) – para aplicaciones individuales
Protocolos WAN	<ul style="list-style-type: none"> • PPP • ML-PPP • IPoTDM, propietario

General

Voltaje DC de Entrada	<ul style="list-style-type: none"> • -48VDC / -60VDC
Exactitud del Reloj Interno	<ul style="list-style-type: none"> • 4.7 ppm (STRATUM 3)
Compatibilidad Electro-Magnética	<ul style="list-style-type: none"> • Europa - <ul style="list-style-type: none"> > EN300386-2 > Emisión: EN55022-Clase B > Inmunidad:ENG1000-2, 3, 4, 5, 6 • USA - <ul style="list-style-type: none"> > Reglamento FCC parte 15 > Bellcore GR-1089
Seguridad del Producto	<ul style="list-style-type: none"> • UL 1950, 3ra edición para US. • CSA 22.2 No. 95- para Canadá. • CE EN60950 Enmienda 4.
Estándares Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • ETSI - ETS300019 • Bellcore - GR-63
Rango de Temperatura de Operación	<ul style="list-style-type: none"> • -5°C to 50°C
Redundancia	<ul style="list-style-type: none"> • Redundancia completa en los módulos de tráfico • Redundancia de energía

	<ul style="list-style-type: none"> • Redundancia en enlace IP • Redundancia en enlace TDM (STM-1, OC-3) • Soporte redundancia de SS. • Redundancia de portadora TDM
Disponibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • 99.9997%
Dimensiones	<ul style="list-style-type: none"> • Ancho: 17.4" (44.3 cm) • Alto: 17.7" (45.00 cm) • Profundidad: 10.7" (27.2 cm) • Peso: 44 lbs (20 kg) • Permite 3 terminales en un gabinete de 7'. • Los gabinetes pueden instalarse espalda contra espalda o contra la pared • Debe añadirse a la altura 1" (25 mm) para el cableado y 1.8" (44.5 mm) para la bandeja del ventilador
Administración	<ul style="list-style-type: none"> • Administración multi-sitio SNMP remota.

3.2.4.- Trunking VoIP.

Tal como se mencionó en el capítulo anterior (Sección 2.2.3), las soluciones de VoIP, presentan ventajas económicas que se derivan de la eficiencia y los menores costos de la tecnología. Son sumamente flexibles para el intercambio de grandes volúmenes de tráfico y aplicables a diferentes escenarios de la telefonía, entre las que se encuentran las siguientes, sin ningún orden específico y que ya se explicaron anteriormente.

- TRUNKING: Reemplazo de las Tandem. Aplicación Clase 4
- ACCESO: Clase 5, GR 303/V.5.2
- SERVICIOS: Tarjetas prepago, mensajería unificada, PC to Phone, voice browsing, IP centrex, Call following, Videoconferencia , y otros nuevos servicios

Las ventajas de VoIP se resumen en lo siguiente:

- Capacidad de multiplexación y conmutación inherente a la tecnología: permite la concentración y el enrutamiento del tráfico sin disponer de un conmutador específico (switchless).
- Economía de ancho de banda: el uso de técnicas de compresión de la voz (VAD, CODEC, RTP MUX, etc.), disminuye el ancho de banda utilizado, que implica un incremento sustancial del tráfico sobre la misma infraestructura.
- Economía de infraestructura: evita el manejo y el despliegue de redes paralelas.
- Economías de Tráfico: menores costos de enrutamiento y terminación.
- Aplicaciones diversas: acceso, transporte, servicios.
- Preparación para la red NGN: los MGWs son los mismos de la solución NGN.

La aplicación Trunking Estático (ver Sección 2.2.3) consiste en la opción de utilizar un par de MGWs para reemplazar líneas troncales tradicionales. Cada enlace entre Lima y cualquier otra ciudad de la RTDMN necesita de dos MGWs: 1) El MGW conectado a la central en Lima que recibe las interfaces E1 TDM, mantiene en su base de datos la dirección IP del MGW distante. 2) Sucede lo mismo con el MGW del extremo en Lima. Esta configuración de MGWs trabaja en forma similar a la red TDM con DCME, con la diferencia fundamental de una mejor compresión, manteniendo la calidad del servicio y ya con unidades preparadas para en el futuro ser parte de la NGN.

Para implementar la RTDMN entre Lima las ciudades especificadas en la TABLA 3.1 con MGWs, inicialmente se tratará de una implementación punto a punto entre

Lima y dichas ciudades. Para esta aplicación no se requiere de un SS puesto que siendo una configuración punto a punto no es necesario esta unidad de control para que realice la conmutación de la llamada.

La combinación de los cálculos resumidos en la TABLAS 3.2 y 3.3 con los datos del MGW de la TABLA 3.4 nos permitirán lograr la implementación de la RTDMN con MGWs.

La función primaria del MGW es interconectar la red PSTN y la red IP. Utilizando CODECs estandarizados, tales como el G.729 ó G.723.1 con alta tasa de compresión, y comprimiendo la cabecera de IP a lo largo de la ruta, se pueden conseguir tasas de compresión hasta de 12:1 en promedio, con niveles de calidad (Tool Quality) similar a los logrados con las centrales telefónicas (PSTN) convencionales.

3.2.5.- VoIP Vía Satélite

El tiempo de propagación promedio, ida y vuelta en un enlace satelital es del orden de los 600 mseg. (300 mseg. en un sentido y 300 mseg. en el otro). Por otro lado, es común el transporte de los protocolos IP (TCP, UDP, etc.) vía los satélites geoestacionarios. Se tienen identificadas las velocidades de información posibles de alcanzar, dentro del marco del promedio de 600 mseg. (ida y vuelta /rrt).

Para el caso de TCP/IP, el máximo rendimiento teórico obtenible, asumiendo un rrt de 600 mseg. y una ventana de 64 Kbytes (sin extensión RFC 1323), es del orden de 850 Kb/s. Los software típicos, hacen uso de ventanas que van desde 8 a 24 Kbytes, lo que da un rendimiento de 106 a 328 Kb/s. Sin embargo las conexiones dial-up de 28,8 Kb/s o ISDN de 64-128 Kb/s, son virtualmente afectados por el retardo del enlace.

Hay una correlación directa entre el rendimiento y el BER del enlace; así, la transmisión de ventanas grandes, requiere capas de enlace de alta calidad, tales como un BER bajo. En la práctica un BER de $10E-07$ se considera suficiente para la mayoría de las aplicaciones de IP por satélite. Este nivel es ampliamente superado

por la calidad de las portadoras IDR, que utilizan haces de alta potencia y códigos de corrección de errores potentes, tales como Reed Solomon.

En contraste a TCP, el rendimiento de UDP (protocolo no orientado a la conexión), no es afectado por el retardo del enlace (no es sensitivo a los retardos). Las aplicaciones típicas de UDP son las transmisiones de datos en tiempo real, tales como la voz y el video.

3.2.6.- Modulación de la Estación Terrena

El Txp es un recurso importante que ofrece potencia y ancho de banda limitado, de modo que, la combinación correcta del esquema de modulación y codificación resulta crucial para operar confiablemente a la vez de lograr el máximo caudal posible del Txp.

Las técnicas de modulación de orden superior tales como 8PSK y 16 QAM, son más eficientes, reducen la ocupación espectral y con ello los requerimientos de ancho de banda, pero, en cambio requieren de más potencia. La potencia (E_b/N_0) se conserva usando códigos concatenados, tales como, Reed Solomon (RS) en tandem con otro código primario, tales como Trellis. RS es muy eficaz en la corrección de errores en ráfagas y Trellis en ambiente de error gaussiano (ruido blanco).

16QAM es una técnica de modulación en cuadratura, que combina la PSK y ASK para incrementar el número de estados por símbolo (tiene 16 estados y puede teóricamente portar 04 bits por Hz). En contraste, 16QAM es mas complejo y mas sensitivo a las no linealidades del enlace, esto es, lleva a problemas de actuación sobre causas no lineales como son los HPA de la E/T y del satélite. Los valores típicos de back-off para los HPA, oscilan en el rango de 10-15 db (estaciones) y 3 db (Txp's con SSPA).

Los esquemas típicos que ofrecen mayor rendimiento frente a QPSK son los siguientes:

- 8-PSK Rate 3/4, Turbo
- 8-PSK Rate 2/3 TCM, RS (IESS-310 INTELSAT)
- 16-QAM Rate 3/4, Turbo
- 16-QAM Rate 3/4, 7/8, Viterbi/Reed-Solomon

a.- TCM

Adoptado por INTELSAT desde 1998 para mejorar la eficiencia del espectro orbital; usa el Código Convolutivo Trellis (TCM), Rate 2/3 en conjunción con la modulación 8PSK y codificación externa RS (219,201). La performance de TCM cumple los requerimientos de la ITU-T G.826 ($BER < 10E-10$, para $> 99,96\%$ del año)

b.- Turbo

Técnica FEC stand-alone, desarrollada en los últimos años, promete una buena actuación frente a los métodos concatenados RS. Se ha desarrollado en dos tipos:

- Turbo Convolutional Codes (TCC)
- Turbo Product Codec (TPC)

TCC es un codificador relativamente complejo, sufre de un irreducible BER ($1 \times 10E-6$) y consecuentemente usa RS para conseguir un BER mas bajo.

TPC es un codificador en bloques, relativamente simple; no requiere del complejo entrelazado de bits de RS y consecuentemente, los retardos (latencia) de decodificación son significativamente menores que los códigos concatenados RS (30% del valor visto con Viterbi/RS).

Los esquemas concatenados RS exhiben un pronunciado efecto de umbral, esto es, una pequeña reducción de E_b/N_0 puede resultar en la pérdida total de la sincronización del Demodulador. Turbo no sufre este problema, permanece sincronizado debajo del BER umbral. Típicamente los Turbo 8PSK y 16QAM

permanecen sincronizados 2 a 3 db debajo del esquema Viterbi/RS o TCM. Esta característica es muy ventajosa en ambientes de desvanecimiento (fading).

El BER de 8PSK 2/3 TCM/RS es aproximadamente 1.2 db mejor que el BER de Turbo 8PSK, Rate 3/4. Sin embargo, debe anotarse que Turbo 8PSK, Rate 3/4 es 20% mas eficiente en ancho de banda que TCM.

c.- Escenarios de Aplicación

Los enlaces entre estaciones grandes, tal como es el caso de las usadas por la Empresa de Telecomunicaciones entre Lima (STD A) y las ciudades de la RTDMN (STD B), son candidatos idóneos para la aplicación de los esquemas 8PSK y 16QAM. Estas técnicas permiten incrementar el bit rate a través del satélite (36 Mhz) en el rango de 60 a 90 Mbps frente a la tasa de QPSK (45 Mbps, valor máximo).

Para mayor flexibilidad, los MODEM's tienen la opción de usar el modo TCM para casos de operación con Txp's limitados en potencia o conmutar a Turbo cuando haya limitación de ancho de banda. En la actualidad se considera que los Txp's no están operando con limitación de potencia, por lo cual el énfasis estará en utilizar el ancho de banda lo mas eficazmente posible, lo cual como ya se ha visto en este IS se puede lograr muy convenientemente con los MGWs en configuración de Trunking Estático.

Teniendo en cuenta lo especificado en esta sección, por ahora no es necesario considerar cambio de MODEMs, aunque en el futuro y por cuestiones de mejora adicional en el uso del ancho de banda del enlace se sugiere llevarlos a 8PSK y 16QAM. La TABLA 3.5 nos permite la comparación entre QPSK, 8PSK y 16 QAM.

3.3.- Análisis Económico

La Fig. 3.4 corresponde a la RTDMN implementada con MGW de acuerdo a los niveles de compresión actualmente disponibles, donde se puede observar que lo mejor que se puede lograr es la relación de 4:1.

De acuerdo a las TABLAS 3.2 y 3.3 llegamos a la conclusión que con CODECs G.729 podemos lograr compresiones por lo menos de 10:1, la cual es la que se propone para la nueva RED VoIP con los MGW IGate-4000.

TABLA 3.5: Comparación TX (QPSK, 8PSK y 16QAM)

COMPARACIÓN TX: QPSK, 8PSK Y 16QAM				
Tipo de Modulación	Eb/No a BER=10E-6 (Típico)	Eb/No a BER=10E-8 (Típico)	Eficiencia Espectral	A/B Ocupado / 1Mbps
QPSK Rate 3/4 Turbo	3.3	3.9	1,5 bits/Hz	793 Khz
8PSK Rate 2/3 TCM y RS (IESS-310)	6.2	6.6	1,82 bits/Hz	654 Khz
8PSK Rate 3/4 Turbo	7.3	7.8	2,25 bits/Hz	529 Khz
16QAM Rate 3/4 Turbo	7.4	8.2	3,0 bits/Hz	396 Khz
16QAM Rate 3/4 Viterbi/RS	7.5	8.0	2,73 bits/Hz	435 Khz.
16QAM Rate 7/8 Viterbi/RS	9.0	9.5	3,18 bits/Hz	374 Khz

3.3.1.- Ahorro de Ancho de Banda

Considerando que la idea de la RED VoIP con MGWs se basa en el ahorro del ancho de banda satelital para el manejo del mismo tráfico que actualmente existe entre Lima y las ciudades de la RTDMN, con la misma calidad Tool Quality, en las TABLAS 3.6 y 3.7 se resume el proceso para el cálculo del ahorro del ancho de banda en esta nueva RED. Estas TABLAS tienen correlación con la TABLA 3.1.

Como se puede ver de las TABLAS 3.6 y 3.7, si con los MGWs se logra una compresión de 10:1 será posible ahorrar 34 Mhz. en el ancho de banda satelital, lo cual a su vez traerá como consecuencia un ahorro mensual de US\$93,500.00 si consideramos la tarifa de US\$2,750.00 por Mhz y por mes.

Además de necesitar una compresión de 10:1 para el ahorro arriba mencionado, con la finalidad de proporcionar el servicio de voz con la misma calidad de la RED original TDM, los MGW deben garantizar dichos resultados. En los Capítulos 1 y 2 de este IS se han dado a conocer todas las características de los MGW.

Los datos utilizados para los cálculos son los actualmente vigentes en la RTDMN de la Empresa de Telecomunicaciones.

Las TABLAS 3.2 y 3.3 muestran los datos necesarios y los resultados para la relación de compresión con el CODEC G.729, lográndose un promedio de 10:1 en dicho parámetro de acuerdo a los supuestos que en ellas se muestran.

Otro de los CODECs que se pueden usar en los MGWs son los del estándar G.723, con el cual se puede lograr mejores relaciones de compresión, pero dado que la frecuencia de muestreo es menor, la calidad de voz que se logra no es mejor.

En la TABLA 3.8 muestra el cálculo de la relación de compresión (Ganancia del CODEC) para los casos de los estándares G.729 y G.723.1.

De esta TABLA se podrá observar que con el G.723 la relación de compresión es de 13:1, pero el Bit rate es de 6.30 Kb/s en vez de los 8.00 Kb/s del G.729: menos compresión (10.3:1) pero mejor calidad.

TABLA 3.6: Resumen del cálculo del ahorro de ancho de banda

#	DESTINO	ORIGEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	AGUAS CALIENTES	LIMA	3	4	2048	1	3	0.75	0.25	10	0.3	1.2
2	ATALAYA	LIMA	2	2	1024	0.5	4	1	0.25	10	0.2	0.8
3	CAJATAMBO	LIMA	1	2	1024	0.5	2	0.5	0.25	10	0.1	0.4
4	CONTAMANA	LIMA	2	2	1024	0.5	4	1	0.25	10	0.2	0.8
5	CORA-CORA	LIMA	2	2	1024	0.5	4	1	0.25	10	0.2	0.8
6	HUANUCO	LIMA	2	2	1024	0.5	4	1	0.25	10	0.2	0.8
7	IQUITOS	LIMA	3	4	2048	1	3	0.75	0.25	10	0.3	1.2
8	LAGUNAS	LIMA	2	2	1024	0.5	4	1	0.25	10	0.2	0.8
9	NAUTA	LIMA	2	2	1024	0.5	4	1	0.25	10	0.2	0.8
10	P. MALDONADO	LIMA	8	8	4096	2	4	1	0.25	10	0.8	3.2
11	PUCALLPA	LIMA	2	2	1024	0.5	4	1	0.25	10	0.2	0.8
12	PUQUIO	LIMA	2	2	1024	0.5	4	1	0.25	10	0.2	0.8
13	QUILLABAMBA	LIMA	3	4	2048	1	3	0.75	0.25	10	0.3	1.2
14	REQUENA	LIMA	2	2	1024	0.5	4	1	0.25	10	0.2	0.8
15	SAN FRANCISCO	LIMA	2	2	1024	0.5	4	1	0.25	10	0.2	0.8
16	TARAPOTO	LIMA	4	4	2048	1	4	1	0.25	10	0.4	1.6
17	TOCACHE	LIMA	4	4	2048	1	4	1	0.25	10	0.4	1.6
18	TRUJILLO	LIMA	4	4	2048	1	4	1	0.25	10	0.4	1.6
	Totales		50	54		13.5					5	20

TABLA 3.7: Forma de calcular el ahorro de ancho de banda y su costo favorable

(1)	Número de E1s.	Dato
(2)	A/B en Mhz. (Actual)	Dato
(3)	Bps	Dato
(4)	Número de portadoras	(3)/2,048
(5)	Compresión actual	(1)/(4)
(6)	Troncal E1 / Mhz.	(1)/(2)
(7)	Portadora E1 / Mhz	(4)/(2)
(8)	Compresión Propuesta	Dato
(9)	Portadoras requeridas	(1)/(8)
(10)	A/B en Mhz. (Nuevo)	(9)/(7)

Costo del segmento satelital	US\$2,750.00	por Mhz-Mes	(*)
Diferencia en segmento satelital	34	Mhz	
Ahorro / mes en Seg. Satelital	US\$93,500.00		

(*): Dato promedio del mercado.

TABLA 3.8: CODECs G.729 y G.723

CODEC: Estandar	G.729	G723.1
CODEC: Bit rate en Kbps.	8	6.3
Carga útil de voz (4 muestras / trama) en bytes	40	40
Protocolo Multilink Point to Point (MLPPP) en bytes	6	6
Cabecera IP/cRTP/UDP en bytes	2	2
Tamaño del paquete de voz en bytes.	48	48
Paquetes de voz por segundo	200	157.5
Ancho de Banda en Kbps	9.6	7.6
VAD en %	35	35
Ancho de Banda en Kbps	6.24	4.9
RELACION DE COMPRESIÓN (GAN. DEL CODEC)	10.3	13

Toda vez que se diseñe la RED con MGWs será de gran importancia establecer el CODEC a usar y de allí asegurar la calidad de voz a lograr cuando se transmite de un punto a otro dentro de esta RED VoIP usando los MGWs.

La rentabilidad de hacer el cambio a RED VoIP con MGWs se puede sustentar considerando las siguientes alternativas:

- Obteniendo ingresos (al desocupar 34 Mhz de ancho de banda satelital) por el alquiler de 8 El's transparentes (sin comprimir) de transporte satelital por un aproximado de US\$96,000.00 mensuales (US\$12,000 por El transparente), lo que equivale a un total de US\$1,152,000.00 anuales.
- Utilizando la capacidad de segmento satelital liberada (34 Mhz) para la implementación de proyectos por parte de la Empresa de Telecomunicaciones para mas servicios, tales como Telefonía Residencial Inalámbrica e Internet, en 20 de 53 capitales de provincias que carecen de este servicio, ahorrándose de esta manera la inversión de ancho de banda en Proyectos de tal magnitud.
- La no renovación de alquiler de segmento espacial, el cual si está en condición de Compromiso a Largo Plazo y que tiene fecha de vencimiento, a partir de ella

la Empresa de Telecomunicaciones dejará de pagar el monto aproximado de US\$1,350,000.00 anuales.

Reemplazar los compresores por los MGWs y así tener la RED VoIP para comunicar Lima con las otras ciudades del país, además de las ventajas en el A/B que se acaban de mencionar, con el MGW IGate-4000 se podrá garantizar las características que se mencionan en la TABLA 3.9.

TABLA 3.9: Características en la RED VoIP con MGW IGate-4000

• Calidad de voz “toll quality” en VoIP (tráfico de voz en paquetes), con CODECs G.729 A, que comprime la voz a 8Kb/s.
• Cancelación interna de eco. Cumple con las recomendaciones G.165 y G.168.
• Sistema de Gestión Centralizada.
• Preparado para operar en NGN.
• Bajo Retardo extremo-extremo.
• Confiabilidad mayor a 99.9997%.
• Ahorro en espacio, energía, aire acondicionado, etc.
• Plataforma sin punto de falla.
• Facilidad de operación y poderoso sistema de administración vía WEB
• Redundancia a nivel de red.
• Redundancia a nivel de dispositivo.
• Protección de Portadora TDM
• Reemplazo inteligente de pérdida de paquetes.

A lo ya mencionado sobre la acción de los MGW podemos agregar los efectos de la mejora en los esquemas de modulación: La concentración de 4 portadoras QPSK/2Mbps (IDR e IBS) en una sola portadora 8Mbps asociada al esquema 8PSK, permite conseguir un ahorro de A/B de cerca del 25%.

Si asumimos el transporte de 3xE1 (bearer) de voz más 1xE1 de datos, el uso de una portadora de 8Mbps en vez de 4 portadoras de 2Mbps genera un ahorro anual de US\$161,000.00 para la Empresa de Telecomunicaciones, adicional a lo ya ahorrado por el uso de los MGW en la RED VoIP analizada.

3.3.2.- Costo del Equipamiento y Otros

Con la finalidad de lograr el costo total de los equipos y los servicios y así calcular la inversión a realizar para la implementación de la RED VoIP que conecte Lima con las otras ciudades del Perú, en la TABLA 3.10 se muestra la cantidad de Els que se requieren en el lado de la central de cada ciudad, el número de gabinetes IGate-4000 que serán necesarios en cada ciudad y también la cantidad de canales ó puertos (30 por cada E1) para tener los totales que se muestran en dicha TABLA.

3.3.3.- Inversión a realizar en el equipamiento

De acuerdo a la TABLA 3.10, para la implementación de la RED VoIP se requieren 20 gabinetes IGate-4000 con un total de 3,000 puertos TDM en 100 interfases E1.

La implementación de esta RED VoIP con los MGWs IGate-4000 de Veraz Networks, significa una inversión en equipamiento y servicios de acuerdo a lo mostrado en la TABLA 3.11.

Los MGWs IGate-4000 constituidos por lo especificados en la TABLA 3.11 están configurados con total redundancia y con capacidad para soportar CODECs G.711 y G.729A. Los precios son locales (incluyen los costos de importación, aranceles, transporte, etc) y no incluyen el IGV.

Como medio de comparación, en la TABLA 3.12 se muestran los precios de los MGWs en cada sitio y de acuerdo a los Els hacia la central telefónica que se necesitan en dicho lugar, comparando los resultados por total de Els y por puerto TDM.

Como se podrá apreciar, el precio por puerto TDM en los sitios con mayor cantidad de puertos TDM es mucho más atractivo. Habrá lugares donde la cantidad de puertos

TDM es pequeña y allí sus precios aumentan. En promedio, para la implementación se tiene un precio de US\$297.56 por puerto TDM.

TABLA 3.10: Datos para el cálculo de la inversión

#	UBICACIÓN	1	2	3
1	LIMA 1	26	1	780
2	LIMA 2	24	1	720
3	AGUAS CALIENTES	3	1	90
4	ATALAYA	2	1	60
5	CAJATAMBO	1	1	30
6	CONTAMANA	2	1	60
7	CORA-CORA	2	1	60
8	HUANUCO	2	1	60
9	IQUITOS	3	1	90
10	LAGUNAS	2	1	60
11	NAUTA	2	1	60
12	P. MALDONADO	8	1	240
13	PUCALLPA	2	1	60
14	PUQUIO	2	1	60
15	QUILLABAMBA	3	1	90
16	REQUENA	2	1	60
17	SAN FRANCISCO	2	1	60
18	TARAPOTO	4	1	120
19	TOCACHE	4	1	120
20	TRUJILLO	4	1	120
	Totales	100	20	3000

(1):	Número de Els del lado de la central
(2):	Número de gabinetes IGate-4000
(3):	Número de canales ó puertos

TABLA 3.11: Inversión en MGWs.

Hardware / software para 20 sitios y 3,000 puertos TDM	\$892,683.00
Instalación, materiales de soporte y demás servicios	\$124,940.00
Juego de repuestos	\$27,250.00
Plataforma de Gestión y entrenamiento	\$42,400.00
Total	\$1,087,273.00

3.3.4.- Pay Back

Este parámetro mide el tiempo (meses ó años) que se tarda en recuperar el importe invertido, o sea, se trata de calcular en cuanto tiempo se recupera la inversión realizada y a partir de allí los ingresos son totalmente a favor de la Empresa de Telecomunicaciones.

Si solamente tenemos en cuenta el A/B que se ahorra al hacer el cambio de la RTDMN con compresores a una RED VoIP en configuración de Trunking Estático, el Pay Back resultante se calcula de la siguiente manera:

Ahorro por mes: US\$93,500.00 (Ver Sección 3.3.1)

Inversión: US\$1,087,273.00 (Ver sección 3.3.3)

Pay Back: US\$1,087,273.00/ US\$93,500.00 = 11.63 meses.

Si además se tiene en cuenta los ahorros que tendrán lugar por concepto de energía, espacio, aire acondicionado, mantenimiento, etc. y lo que puede ser de rentables los 34 Mhz. ahorrados de A/B, el Pay Back será mucho menor que los 11.63 meses calculados.

TABLA 3.12: Precio de los MGW en cada sitio.

#	UBICACIÓN	1	2	3	4	5	6
1	LIMA 1	26	1	780	\$85,811.00	\$85,811.00	\$110.01
2	LIMA 2	24	1	720	\$73,737.00	\$159,548.00	\$102.41
3	AGUAS CALIENTES	3	1	90	\$40,605.00	\$200,153.00	\$451.17
4	ATALAYA	2	1	60	\$40,605.00	\$240,758.00	\$676.75
5	CAJATAMBO	1	1	30	\$40,605.00	\$281,363.00	\$1,353.50
6	CONTAMANA	2	1	60	\$40,605.00	\$321,968.00	\$676.75
7	CORA-CORA	2	1	60	\$40,605.00	\$362,573.00	\$676.75
8	HUANUCO	2	1	60	\$40,605.00	\$403,178.00	\$676.75
9	IQUITOS	3	1	90	\$40,605.00	\$443,783.00	\$451.17
10	LAGUNAS	2	1	60	\$40,605.00	\$484,388.00	\$676.75
11	NAUTA	2	1	60	\$40,605.00	\$524,993.00	\$676.75
12	PUERTO MALDONADO	8	1	240	\$42,850.00	\$567,843.00	\$178.54
13	PUCALLPA	2	1	60	\$40,605.00	\$608,448.00	\$676.75
14	PUQUIO	2	1	60	\$40,605.00	\$649,053.00	\$676.75
15	QUILLABAMBA	3	1	90	\$40,605.00	\$689,658.00	\$451.17
16	REQUENA	2	1	60	\$40,605.00	\$730,263.00	\$676.75
17	SAN FRANCISCO	2	1	60	\$40,605.00	\$770,868.00	\$676.75
18	TARAPOTO	4	1	120	\$40,605.00	\$811,473.00	\$338.38
19	TOCACHE	4	1	120	\$40,605.00	\$852,078.00	\$338.38
20	TRUJILLO	4	1	120	\$40,605.00	\$892,683.00	\$338.38
	Totales	100	20	3000	\$892,683.00	\$892,683.00	\$297.56
(1):	Número de EIs del lado de la central			(4):	Precio por MGW con los EIs especificados		
(2):	Número de gabinetes IGate-4000			(5):	Precio acumulado por MGW		
(3):	Número de canales ó puertos			(6):	Precio por puerto TDM en MGW		

CONCLUSIONES

1. En adición al parámetro Pay Back que se ha calculado en 3.3.4 y que da por resultado un periodo menor a un (1) año, la decisión de implementar ó no el cambio hacia la RED VoIP con MGW en configuración de Trunking Estático requiere de la evaluación de otros parámetros, tales como:

- **VAN:** Mide el valor actual de los desembolsos y de los ingresos, actualizándolos al momento inicial y aplicando un tipo de descuento en función del riesgo que conlleva el proyecto. Si el VAN obtenido (ver ecuación del VAN) es positivo el proyecto es interesante de realizar. Por el contrario, si el VAN es negativo, el proyecto hay que descartarlo.

$$VAN = -C_0 + \frac{C_1}{(1+r)} + \frac{C_2}{(1+r)^2} + \frac{C_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{C_n}{(1+r)^n}$$

- C_0 : Capital Invertido.
 - C_1 : Utilidad Neta del 1º año.
 - C_n : Utilidad Neta del n-esimo año.
 - r : Factor de riesgo, interés.
-
- **VAN/INVERSION:** Con esta relación se tiene otra manera de interpretar la rentabilidad del proyecto. En este caso se espera una relación VAN/INVERSION mayor a uno. Este método mide la rentabilidad que se obtiene por cada US\$ invertido, con lo que se soluciona la limitación que usualmente se tiene solo con el VAN.

- **TIR:** Este método consiste en calcular la tasa de descuento que hace cero el VAN (ver ecuación del TIR). Un proyecto es interesante cuando su tasa TIR es superior a la tasa de descuento exigido para proyectos con ese nivel de riesgo. Entre varios proyectos alternativos de inversión se elegirá aquel que presente la tasa TIR más elevada. De todos modos, si los diversos proyectos analizados presentan niveles de riesgos muy diferentes, primero hay que ver hasta que nivel de riesgo se está dispuesto a asumir, y a continuación, entre los proyectos seleccionados, se elige el que presente la tasa TIR más elevada.

$$VAN = \left(-C_0 + \frac{C_1}{(1+r)} + \frac{C_2}{(1+r)^2} + \frac{C_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{C_n}{(1+r)^n} \right) = 0$$

$r = TIR$

2. Para poder hacer un estudio económico donde se calcule los valores del VAN, VAN/INVERSION y TIR para este proyecto de implementar la RED VoIP con MGWs será necesario tener a disposición datos actuales y proyectados para por lo menos 5 años más respecto a lo siguiente:

- Ingresos previstos por la Empresa de Telecomunicaciones respecto al tráfico de voz, datos e interconexión para larga distancia.
- Datos y cálculos en el flujo de caja económico: Ingresos del Servicio y Gastos de Operación, con lo que se podrá calcular la Utilidad Neta.
- Tasa de retorno que considere la política de inversiones de la Empresa de Telecomunicaciones.

3. Conociendo estos datos y sabiendo ya la inversión (US\$1,087,273.00) que se necesita realizar para este proyecto de RED de VoIP con MGWs será posible determinar los valores del VAN, VAN/INVERSION y TIR.

4. Por lo pronto, solo analizando el ahorro en el A/B satelital, se llega a la conclusión que es un proyecto que se debe tener en cuenta de implementar a la brevedad.

ANEXO A

GLOSARIO

AAL	Nivel de Adaptación ATM
3G	Tercera Generación
ACELP	Predicción Lineal Algebraica Excitada por Código
ACO	Apagado de Alarma
AHIE	Tarjeta de Manejo de Alarmas
AHME	Tarjeta Principal de Manejo de Alarmas
Aka	conocido también como
ALMI	Tarjeta de Interfaz de Alarmas
ALOC	Duración Promedio de la Llamada
AMR	Mult-Velocidad Adaptiva (codec)
ANSI	Instituto de Estándares Nacionales Americano
ATM	Modo de Transferencia Asincronica.
B3ZS	Supresión Bipolar con 3 Ceros
BER	Tasa de Error de Bit
BIT	Test Incorporado
CA	Agente que llama
CapEx	Gastos de Capital
CAS	Señalización asociada al canal.
CCR	Tasa de Terminación de Llamdas
CCS	Señalización de Canal Común
CDR	Registro de Detalle de Llamadas
CE	Conformidad Europea
CNG	Generación de Ruido Comfortable
CPE	Equipos de Abonado
CPU	Unidad Central de Procesamiento

CRC	Verificación de Redundancia Cíclica
CSA	Instituto de Estándares Canadiense
CS-ACELP	Predicción Lineal Algebraica Excitada por Código de Estructura Conjugada, un algoritmo de compresión de voz
CSB	Respaldo de Señalización Comprimida
D8BI	Tarjeta I/O de Interfase de Red TDM de 8 enlaces E1/DS1 Balanceados
D8BR	Tarjeta I/O de Interfase de Red TDM (para redundancia) de 8 enlaces E1/DS1 Balanceados
D8BW	Tarjeta I/O de Interfase de Red TDM (Amplia) de 8 enlaces E1/DS1 Balanceados
D8UI	Tarjeta I/O de Interfase de Red TDM de 8 enlaces E1/DS1 Desbalanceados.
D8UR	Tarjeta I/O de Interfase de Red TDM (para redundancia) de 8 enlaces E1/DS1 Desbalanceados
D8UW	Tarjeta I/O de Interfase de Red TDM (Amplia) de 8 enlaces E1/DS1 Desbalanceados
DCME	Equipo de Multiplicación de Circuitos Digitales
DL8M	Tarjeta Principal de Interfase de Red TDM de 8 enlaces E1/DS1
DLC	Control de Carga Dinámico
DS	Señal Digital
DS0	Ancho de Canal Digital. Interfaz/velocidad de 64 kbit/s
DS1	Interfase de 1.544 Mbit/s (US); aka T1
DS3	Interfase de 44.736 Mbit/s (US); aka T3
DS3I	Tarjeta I/O de Interfase de Red TDM de enlaces DS3
DS3M	Tarjeta Principal de Interfase de Red TDM de enlaces DS3
DSL	Líneas Digitales de abonado
DSLAM	Multiplexor de Acceso de Línea Digital de Abonado
DSP	Procesamiento Digital de Señales.
DTMF	Tono dual Multi-frecuencia
E1	Interfase de 2048 kbit/s (Europa)
EFR	Velocidad Total Mejorada (codec)
EMI	Interferencia Electro-Magnética
ERLE	Mejoramiento de la Pérdida de Retorno de Eco
ETL	Longitud de Cola de Eco

ETSI	Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones
FCC	Comisión Federal de Comunicación
FE	Fast Ethernet
FXS	Estación externa de interconexión
GBIO	Tarjeta I/O de Interfase de Red de Paquetes
GBIS	Tarjeta Principal de Interfase de Red de Paquetes
GE	Giga Ethernet
GK	Gate Keeper
GSM	Sistema Global de Comunicaciones Móviles
GUI	Interfase Gráfica de Usuario
G.711	Técnica de codificación de voz a 64 Kbit/s
G.723.1	Técnica de compresión de voz (ACELP) a 5.3 y 6.3 Kbit/s.
G.726	Técnica de compresión de voz (ADPCM) a 40, 32, 24 y 6.3 Kbit/s.
G.729	Técnica de compresión de voz (CELP) a 8 Kbit/s.
H.225	Estándar ITU-I, controla el establecimiento de la llamada para las redes.
H.245	Estándar ITU-I, controla al punto Terminal en una red H.323.
H.248	Protocolo de Control de Media Gateway para el manejo de la señalización y administración de la sesión (paralelo a MEGACO-Estándar ITU-I)
H.323	Estándar ITU para la Telefonía VoIP, permite la comunicación entre redes diferentes.
I/F	Interfase
I/O	Entrada/Salida
IAD	Dispositivo de Acceso Integrado
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IETF	Comisión de Investigación de Ingeniería de Internet
IGWM	Tarjeta de Procesamiento de Señal y Paquetización
IGWM-R1	Tarjeta de Procesamiento de Señal y Paquetización - Revisión 1
IMS	Subsistema Multimedia IP
IN	Red Inteligente
IP	Protocolo de Internet
IPoTDM	Protocolo IP sobre Red TDM
ISDN	Red Digital de Servicios Integrados
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones

IUA	Capa de Adaptación de Usuario ISDN
IVR	Respuesta Interactiva de Voz.
LAN	Red de Area Local
LAPD	Procedimiento de Acceso de Enlace (canal-D). Usado en canal de datos ISDN.
LED	Diodo Emisor de Luz
LT	Prueba de LEDs
MAC	Control de Acceso al Medio
MCU	Unidad de Control Multipunto.
MEGACO	Igual a H.248
MF	Codificación Multi-Frecuencia
MG ó MGW	Media Gateway
MGC	Controlador de Media Gateway
MGCP	Protocolo de Control de Media Gateway
ML-PPP	Protocolo Multi-Enlace Punto a Punto
MOS	Calificación de Opinión Media (calidad de voz)
MPLS	Conmutador Multi Protocolo
MSC	Centro de Conmutación Móvil
MTA	Agente de Transferencia de Mensajes
MTBF	Tiempo Medio entre Fallas
MTP 1, 2, 3	Parte de Transferencia de Mensajes de Capa 1, 2 y 3 del Protocolo de Señalización SS7
NGN	Red de Nueva Generación
NRZ	No Retorno a Cero
OC	Portador Óptico
OC-3	Portador Óptico (155 Mbit/s)
OpEx	Costos de Operación
PABX	Central Telefónica Privada
PB	Pay Back (Plazo mínimo para recuperar la inversión)
PCM	Modulación de Pulsos Codificados
PDH	Jerarquía Digital Plesiócrona
PEMX	Tarjeta I/O de Alimentación de Energía
PLC	Encubrimiento de Pérdida de Paquetes

POI	Punto de Interconexión
POP	Punto de Presencia
PPP	Protocolo Punto a Punto
PPS	Selección de Prioridad de Paquetes
PRI	Interfase de Velocidad Primaria de ISDN
PSTN	Red de Telefonía Pública Conmutada
PWRX	Tarjeta de Alimentación de energía
QoS	Calidad de Servicio
Q.931	Protocolo de señalización usado en H.323 para el call setup
RAS	Registro, Admisión y Control
RFC	Solicitud de Opinión
RS-232	Estándar Recomendado 232.
RTCP	Protocolo de Control de Transporte en Tiempo Real
RTP	Protocolo de Transporte en Tiempo Real
Rx	Recepción
SC	Conector Cuadrado
SCTP	Protocolo de Transmisión de Control de Trama
SDH	Jerarquía Digital Síncrona
SDP	Protocolo de Descripción de Sesión.
SG	Señalización de Gateway
SIGTRAN	Arquitectura de Transporte de Señalización.
SIP	Protocolo de Inicio de Sesión
SME	Pequeña y Mediana Empresa
SNMP	Protocolo Simple de Administración de Red
SONET	Red Óptica Síncrona
SOPI	Tarjeta I/O de Interfase de Red TDM de enlaces STM-1/OC-3
SOPM	Tarjeta Principal de Interfase de Red TDM de enlaces STM-1/OC-3
SP	Puerto de alimentación
SS7	Sistema de Señalización No. 7
SSW ó SS	Soft switch
STM-1	Modo de Transferencia Síncrona
T1	Interfase de 1,544 kbit/s (US) – equivalente a DS1
TCO	Costo Total de Propiedad

TCP	Protocolo de Control de Transmisión
TDM	Multiplexación por División de Tiempo
TIR	Tasa que iguala los flujos de ingresos y egresos futuros de una inversión.
TR-Tx	Troncal de Transmisión
Tx	Transmisión
Txp	Transpondedor
UAC	User Agent Client
UAS	User Agent Server
UDP	Protocolo de Datagrama de Usuario
UL	Underwriter Laboratories
VAD	Detección de Actividad Vocal
VAN	Valor Actual Neto de los flujos de una inversión.
VBD	Datos en Banda Vocal
VoIP	Voz sobre IP
VSAT	Terminal Satelital de Pequeña Apertura.
WAN	Red de Área Amplia
xDSL	Línea Digital de Abonado - genérico

ANEXO B

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1: Composición del Paquete	5
Fig. 1.2: Estructura de un paquete multiplexado por RTP	11
Fig. 1.3: Velocidad de paquete, tamaño de paquete y A/B Vs. Relación de	11
Fig. 1.4: Representación gráfica de SID	14
Fig. 1.5: Consumo de Ancho de Banda en la paquetización.	15
Fig. 1.6: Red H.323	23
Fig. 1.7: Red H.323 Interconectada con la PSTN	24
Fig. 1.8: Protocolos para H.323	26
Fig. 1.9: Flujo de mensajes para una llamada en H.323	27
Fig. 1.10: Red SIP	30
Fig. 1.11: Arquitectura MGCP	37
Fig. 1.12: Comandos MGCP	40
Fig. 1.13: Código de Identificación de los endpoints en MGCP	40
Fig. 1.14: Interoperatividad entre una red MGCP y la PSTN	41
Fig. 1.15: Flujo de mensajes para una llamada de la PSTN a una red MGCP.	41
Fig. 1.16: Arquitetura MeGaCo (H.248) para IP y ATM	42
Fig. 1.17: Modelo de Conexión en MeGaCo	44
Fig. 1.18: Estructura de un Mensaje en MeGaCo	45
Fig. 1.19: Comandos MeGaco	46
Fig. 1.20: Traza de un comando MeGaCo	47
Fig. 1.21: Ilustración de Jitter	50
Fig. 2.1: Arquitectura de la Red NGN	53
Fig. 2.2: Red NGN	56
Fig. 2.3: Modelo de Conmutación de Tres Capas	58
Fig. 2.4: Aplicación de Ruta Única	63

Fig. 2.5: Configuración Punto a Multipunto	64
Fig. 2.6: Configuración Multiportadora y Multipunto	64
Fig. 2.7: Sustitución de Clase 4 de Nueva Generación	65
Fig. 2.8: Solución de Red Tándem de Nueva Generación	66
Fig. 2.9: Aplicación en Red Celular de Nueva Generación	67
Fig. 2.10: Aplicación BPO y Call Center	67
Fig. 2.11: Aplicación de Acceso TDM a VoIP	68
Fig. 2.12: Portadora alternativa 1:1.	68
Fig. 2.13: Portadora múltiple	69
Fig. 2.14: Respaldo POI/MSC con Interfase de Portadora TDM	70
Fig. 2.15: Respaldo POI/MSC con Interfase de Portadora FE/GE	71
Fig. 2.16: Arquitectura y Flujo del Tráfico del MGW.	72
Fig. 3.1: Diagrama Básico de la RTDMN	73
Fig. 3.2: RTDMN Satelital con Compresores.	76
Fig. 3.3: RED VoIP Satelital usando MGW	78
Fig. 3.4: RED VoIP con MGW	79

ANEXO C

INDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1.1: RTP MUX – G.711	18
Grafico 1.2: RTP MUX – G.729A	19
Gráfico 1.3: Efecto Pendiente.....	20
Grafico 1.4: Pérdida de paquetes y calidad de voz usando CODEC G.729	22

ANEXO D

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.1: Velocidad de Paquetes para Diferentes Algoritmos de Compresión	7
TABLA 1.2: Ancho de Banda requerido para Distintos Algoritmos de Compresión	8
TABLA 1.3: Tasas de Compresión con Cabecera	9
TABLA 1.4: Ancho de Banda en una LAN Ethernet	10
TABLA 1.5: Velocidad de paquete, tamaño de paquete y A/B vs tasa de empaquetamiento y número de llamadas para G.729	13
TABLA 1.6: Resumen de resultados.	19
TABLA 1.7: Cuadro comparativo entre los Protocolos H.323 y SIP.	34
TABLA 3.1: Ciudades de la RTDMN	74
TABLA 3.2: Datos para Cálculos de Portadora (A/B, compresión)	81
TABLA 3.3: Cálculos de Portadora (A/B, compresión)	82
TABLA 3.4: Características Técnicas del MGW IGate-4000	83
TABLA 3.5: Comparación TX (QPSK, 8PSK y 16QAM)	91
TABLA 3.6: Resumen del cálculo del ahorro de ancho de banda	93
TABLA 3.7: Forma de calcular el ahorro de ancho de banda y su costo favorable	94
TABLA 3.8: CODECs G.729 y G.723	95
TABLA 3.9: Características en la RED VoIP con MGW IGate-4000	96
TABLA 3.10: Datos para el cálculo de la inversión	98
TABLA 3.11: Inversión en MGWs	99
TABLA 3.12: Precio de los MGW en cada sitio	100

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Fernandez, Pablo: "Finanzas para Directivos", 3ra. Edición.
- (2) Leland T. Blank: "Ingeniería Económica", 4ta. Edición.
- (3) Brealey, Richard: "Principios de Finanzas Corporativas", 5ta. Edición.
- (4) Vento, Alfredo: "Evaluación de Proyectos" PUCP. 2000. 1ra. Edición
- (5) ITU-T SG16. Recommendation H.323: Packet-based multimedia communications systems. International Telecommunication Union. Sept., 1999. <http://etsi.org/tiphon>
- (6) Karim, Asim. H.323 and Associated Protocols. <http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-99/h323/index.html>. Ohio State University. USA, febrero de 2000.
- (7) Protocolos H.323: <http://www.packetizer.com/iptel/h323/papers/>
- (8) Alan B. Johnston : SIP, Understanding the Session Initiation Protocol, House, Enero 2001.
- (9) Enlaces RFC: <http://www.faqs.org/rfcs>
 - a. rfc2543- Session Initiation Protocol (SIP)
 - b. rfc2327-SDP Session Description Protocol
 - c. rfc2705 - Media Gateway Control Protocol (MGCP) Version 1_0
 - d. rfc2719- Sigtran
 - e. rfc2805- Megaco
 - f. rfc2327-SDP Session Description Protocol
- (10) Artículos de interés:
 - a. Fundamentos NGN : www.iec.org/online/tutorials/next_gen/
 - b. SIP : http://www.sipcenter.com/files/RADVISION_SIP_Overview.pdf
 - c. Interworking SIP, H.323 : www1.cs.columbia.edu/~kns10/research/gw/
 - d. Sigtran : <http://www.ulticom.com/html/products/sigtran/m2pa.asp>

e. Diccionarios de Terminos:

<http://www.ulticom.com/html/products/sigtran/m2pa.asp>

f. IETF: <http://www.ietf.org/>

g. ITU-T

(11) Manuales de referencia:

a. Manual de equipamiento IGate-4000. Veraz Networks

b. Manual de equipamiento DX-240. Veraz Networks.

c. Manual de equipamiento AS5450. Cisco Systems