



UNIVERSIDAD DE BELGRANO

Las tesinas de Belgrano

**Facultad de Ingeniería y Tecnología Informática
Ingeniería en Telecomunicaciones**

Voz sobre IP

Nº 33

Gabriel Fernández Crocco

Tutor: Aníbal Intini

Departamento de Investigación
Agosto 2002

Indice:

1. Introducción	5
2. Objetivo general	6
3. Desarrollo	6
3.1. Calidad de Servicio	6
3.2. Codificadores de voz	8
3.3. Características de la transmisión de paquetes de VoIP sobre WAN	13
3.4. Características de la transmisión de paquetes de VoIP sobre LAN	14
3.5. Elementos de red VoIP	16
4. Conclusión	16
5. Definición de términos	18
6. Referencias	21
6.1.Libros	21
6.2.Internet publicaciones y estándares	22
6.3.Internet productos	22
7. Anexos	22

1. Introducción:

La Telefonía IP se define como cualquier aplicación telefónica que puede ser cursada a través de una red de datos basada en conmutación de paquetes, como por ejemplo una red LAN Ethernet, mediante el protocolo IP (Internet Protocol).

Los algoritmos de compresión de voz, permiten enviar la información minimizando el ancho de banda, siendo posible utilizar el protocolo IP de nivel 3 del modelo de referencia OSI, con una respuesta aceptable.

Se aprovechan las ventajas desarrolladas en las redes de datos para transmitir voz en forma eficiente, aumentando las facilidades del usuario final. Las aplicaciones pueden ser, conexiones PC a PC; PC a teléfono; teléfono a teléfono; tráfico de fax y mensajería unificada.

Estas atraviesan backbones IP, Internet e Intranets.

La clasificación según el tipo de aplicación en VoIP y VoN es la siguiente:

- VoIP (Voice over Internet Protocol) está orientada a redes corporativas donde tienen una red de datos capaz de soportar este agregado de tráfico IP con características particulares.
- VoN (Voice on the Network) se refiere a todas las aplicaciones que se pueden ejecutar generalmente en forma gratuita a través de Internet para evitar los gastos elevados de las llamadas telefónicas internacionales.

Otra clasificación de acuerdo al tipo de tráfico que entrega la Central Telefónica en Transporte IP y Telefonía IP Pura es:

- Transporte IP es aquella conexión donde la Central Telefónica tiene una placa digital, generalmente ISDN (PRI o BRI), seguida de un Gateway IP externo, el cual convierte la señal digital en IP permitiendo el transporte de voz paquetizado a través de la red IP hasta el Gateway IP remoto. Ver figura 1.

Telefonía IP Pura se refiere a la Central Telefónica que tiene la capacidad de entregar por una de sus placas los paquetes de voz en IP estándar. Esto permite la interconexión de dispositivos IP, como teléfonos IP o Fax IP, los cuales reciben las mismas facilidades básicas que cualquier abonado directamente conectado a la Central. Ver figura 2.

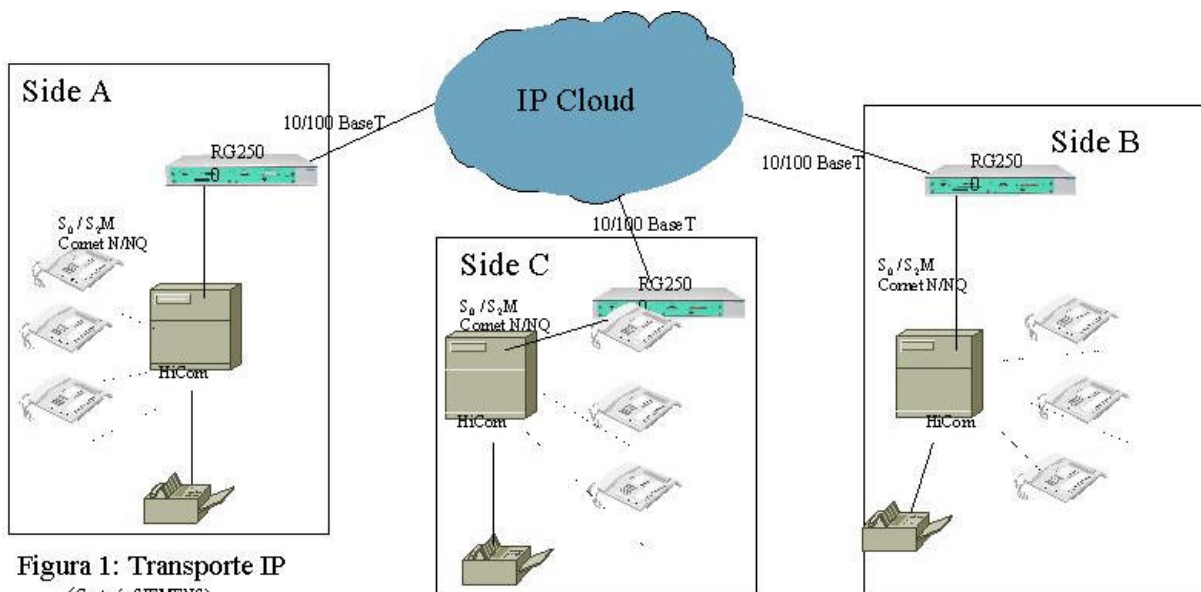
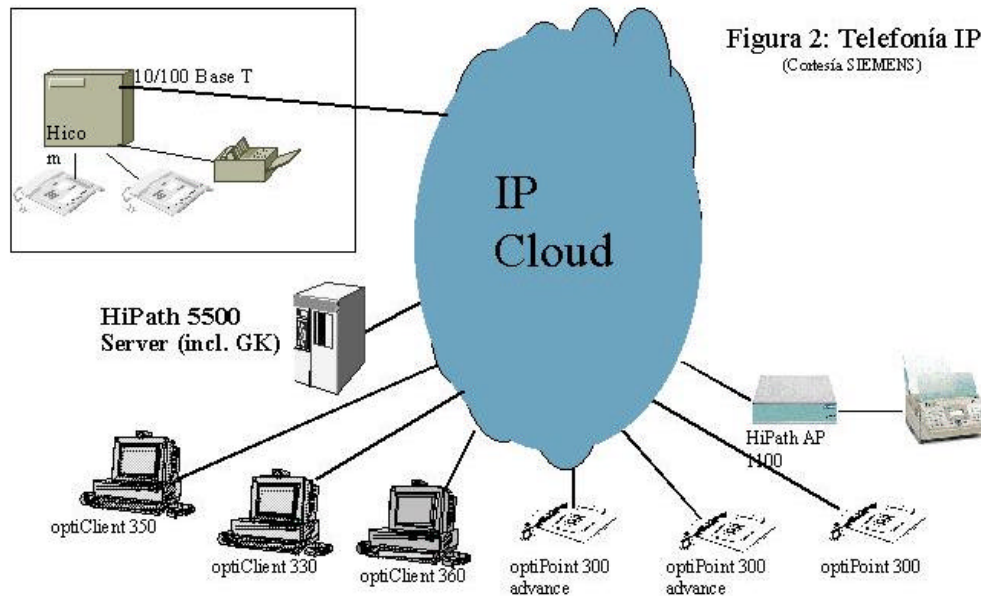


Figura 1: Transporte IP
(Cortésia SIEMENS)



Actualmente, VoIP se presenta como una alternativa del servicio actual de telefonía pero no como un reemplazante inmediato.

Las ventajas de VoIP sobre la telefonía tradicional, comprenden los siguientes puntos:

- Evitar los costos elevados de las llamadas que atraviesan las redes públicas de telefonía (PSTN).
- Minimizar el ancho de banda, bajando los costos para aquellos casos donde ya existen enlaces de datos y voz separados.
- Agregar nuevos servicios como mensajería unificada, interacción con aplicaciones de agendas y calendarios, multimedia, educación a distancia y trabajo basado en PC desde el hogar.

El éxito de incorporar esta nueva tecnología satisfactoriamente, radica en impactar lo menos posible al usuario final y no quitar la telefonía tradicional hasta comprobar fehacientemente que sea estrictamente necesario. El método de la tarificación debe ser compatible para asegurar la convivencia de los dos sistemas.

2. Objetivo general:

Determinar los umbrales de los parámetros de calidad de servicio para que el servicio de VoIP resulte confiable en un entorno LAN/WAN.

3. Desarrollo:

3.1 Calidad de Servicio:

Según la recomendación E.800 del CCITT Calidad de Servicio, de ahora en más QoS, es el efecto conjunto del cumplimiento de un servicio, el cual determina el grado de satisfacción de un usuario de dicho servicio. La QoS se evalúa mediante el retardo (delay) y la disponibilidad de ancho de banda (throughput).

El interrogante es: ¿Por qué implementar QoS y no aumentar la capacidad?

Se podría suponer que la mayoría de los problemas de redes se resuelven aumentando la capacidad. Pero los datos se generan y transmiten por ráfagas, esto implica que independientemente de la capacidad disponible, siempre existirá congestión al menos por breves períodos de tiempo. También hay que tener en cuenta que la mayoría de los protocolos de ruteo, aprenden los caminos para despachar los paquetes sin considerar los niveles de carga de los mismos. Otro punto crítico es el cuello de botella de cualquier equipo

de borde entre LAN y WAN donde el tráfico de LAN tiende a congestionar el enlace WAN aún en los casos de enlaces de alta velocidad. El ancho de banda disponible, no asegura un retardo determinado o predecible.

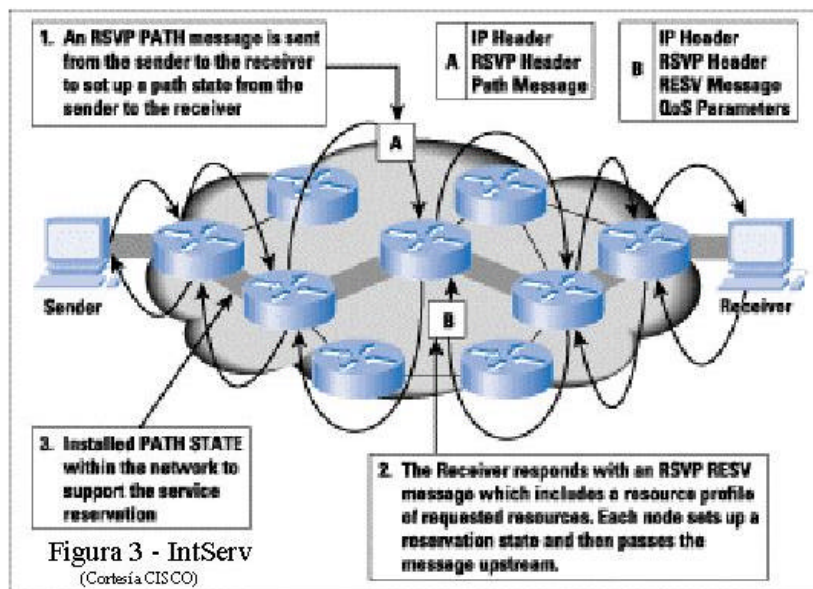
Generalmente el QoS no está aplicado en el ambiente de LAN, pero se recomienda definirlo sobre el ambiente de WAN e Intranet. Esto se debe a la diferencia de magnitud en ancho de banda y la diferencia en desempeño y tamaño de encabezado de los protocolos de nivel 2

El estándar H.323 es una recomendación del ITU-T para comunicaciones multimedia sobre LAN's y redes empresariales, la cual define los componentes del sistema, procedimientos y señalización de llamadas, control de mensajes, multiplexado, codecs y protocolos de datos sin garantizar QoS. Es una adaptación del estándar H.320, orientada a direccionar videoconferencia sobre ISDN y otras redes conmutadas. Ahora la H.323 incluye redes por conmutación de paquetes como las intranets corporativas. Utiliza el protocolo RTP (Real Time Protocol) y RTCP (Real Time Control Protocol) publicado por el IETF y las recomendaciones G para los codecs. Se utiliza H.323 versión 2 para video y otras comunicaciones a través de internet.

Por otra parte el protocolo IP versión 4, en vigencia actualmente, no provee ancho de banda garantizado. Sólo puede brindar diferentes prioridades por tipo de servicio (ToS). La futura versión ya disponible, llamada IP versión 6, contiene entre otras mejoras una etiqueta de flujo de tráfico (Flow Label) como parte del encabezado que permite responder a requerimientos de QoS para flujos de tráfico determinados.

Existen dos métodos básicos para brindar QoS:

- Con reserva: los recursos se reservan explícitamente. La red clasifica al flujo de paquetes entrantes y utiliza esta identificación para proveer un servicio diferenciado. Para realizar la reserva se utiliza un protocolo de reserva de recursos dinámico con la ayuda de un control de admisión, con clasificación de los paquetes. Ver figura 3.



- Sin reserva: no existen recursos reservados explícitamente. El tráfico se clasifica en un tipo de clase y la red provee servicio a las distintas clases basándose en su prioridad. Es necesario que la red diferencie el tráfico, controlando la cantidad de tráfico de una determinada clase permitida, para mantener la calidad de servicio que se le brinda a otros paquetes de la misma clase. Ver figura 4.

i. 802.1P/Q

Ambas especificaciones 802.1p y 802.1Q son para el nivel 2 de Enlace. La versión p se refiere a 8 niveles de prioridad en VLAN's mientras que la Q introduce el concepto de prioridad del usuario extremo a extremo en Virtual Bridged LAN's. Se diferencian mediante el campo de preferencia (ACE Access Control Entry) en los paquetes IP y CoS (Class of Service) en el encabezamiento de las tramas. La 802.1Q toma algunos elementos de una versión previa 802.1D, para MAC Bridges, donde se define la forma de transmitir sobre una LAN información crítica en el tiempo.

ii. MPLS (Multiprotocol Label Switching)

Se aplica en el nivel 2, su nombre de multiprotocolo deriva de la facilidad para aplicarse sobre los protocolos IP, ATM (Asynchronous Transfer Mode) o Frame Relay. Se desarrolló para minimizar los retardos del flujo de tráfico de la red. Funciona trazando un camino previo para una secuencia de paquetes, luego identifica los paquetes insertando una etiqueta y los envía por el camino especificado. Esto permite minimizar los tiempos de análisis a nivel 3 que realizan los routers para determinar el próximo salto.

Son destacables los siguientes conceptos:

- La reserva de ancho de banda no implica garantizar una determinada QoS.
- El protocolo MPLS soporta QoS pero no puede garantizarla.
- Un modelo combinado de RSVP e IntServ en el ambiente de LAN y DiffServ en el entorno de WAN puede garantizar QoS extremo a extremo.

Las propiedades importantes de QoS son:

- 1) retardo y la variación del retardo (jitter)
- 2) ancho de banda disponible
- 3) pérdida de paquetes

3.2 Codificadores de voz:

Los codificadores de voz (COder/DECoder) también llamados Voice CODEC's, de aquí en adelante codecs son algoritmos de codificación que convierten la señal de voz analógica en un flujo digital de datos mediante muestreo, que es la discretización de la señal en el tiempo y cuantificación, es decir la discretización de la señal en amplitud.

Los algoritmos agregan facilidades como detección de inactividad, cancelación de eco y reducción de ruido. Las características de calidad y retardo varían según cada implementación y no hay una clase predominante. Las siguientes recomendaciones de la ITU-T establecen las características de los codec's cuyos requerimientos de ancho de banda de la voz comprimida se indican en la tabla 1.

CODEC	Método de compresión	Bit rate (R) [Kbps]
G.711	PCM Pulse Code Modulation	64
G.723.1	CELP Code Excited Linear Prediction	5.3
G.723.1	MP-MPLQ Low bit rate vocoder for Multimedia	6.4
G.726	ADPCM Adaptive Differential PCM	32
G.728	LD-CELP Low Delay CELP	16
G.729	CS-ACELP Conjugate Structure Algebraic CELP	8

El estándar H.323 se relaciona con los niveles del modelo de referencia OSI según la tabla 2:

Nivel OSI	Estándar H.323
6 – Presentación	G.711; G.723.1; G.726; G.728; G.729
5 – Sesión	H.323; H.245; H.225; RTCP
4 – Transporte	RTP; UDP
3 – Red	IP; RSVP; WFQ
2 – Enlace	MPLS; 802.1D; PPP/ML (RFC 1717); ATM; Ethernet

En la mayoría de las implementaciones los paquetes de VoIP están precedidos de un encabezamiento por cada nivel:

- IP (Internet Protocol) – 160 bits
- UDP (User Datagram Protocol) – 64 bits
- RTP (Real-time Transport Protocol) – 96 bits

Sumando los bits de cada nivel resulta un encabezado total por paquete (PS) de 40 bytes:

$$PS_{OH_N} = PS_{OH_{IP}} + PS_{OH_{UDP}} + PS_{OH_{RTP}}$$

$$PS_{OH_N} = 160bits + 64bits + 96bits = 320bits = \frac{320bits}{8 \frac{bits}{byte}} = 40bytes$$

Esto representa, para una tasa de transferencia o envío de paquetes (PR) de 50 pps, es decir una frecuencia (R) de 50 1/s, un ancho de banda de encabezamiento (BWoh) de 16 Kbps.

$$BW_{OH_{VoIP}} = PS_{OH_N} \times R$$

$$BW_{OH_{VoIP}} = 320bits \times 50 \frac{1}{s} = 16000 \frac{bits}{s} = 16Kbps$$

El encabezado total se antepone a cada paquete de VoIP siendo una constante dependiente de los protocolos. Existen mecanismos no estandarizados que permiten comprimir el encabezado de IP, UDP y RTP, a solo 4 bytes

El tamaño del paquete de VoIP es la carga útil (payload) medida en bytes que equivale al tiempo de duración del paquete en el canal expresado en milisegundos calculado a una determinada tasa de envío de paquetes. El tiempo de duración de cada paquete es la inversa de la frecuencia.

El tiempo de duración del paquete de voz está referida a la cantidad de muestras, esto implica una situación de compromiso entre ancho de banda y calidad.

Entonces, aumentar el tiempo de duración del paquete, equivale a incrementar la carga útil, podremos tomar más muestras mejorando la calidad, pero a su vez se eleva el retardo total en la transmisión, siendo de esta forma más probable la pérdida de paquetes. La pérdida de paquetes ocasiona un decaimiento de la calidad de voz. La tasa de pérdida de paquetes (PLR) para G.711 que tiene una tasa de codec (Rc) de 64 Kbps, la podemos calcular por ejemplo para una carga útil (PS) de 32; 48 y 64 bytes:

$$PLR = \frac{PS}{R_c}$$

$$PLR_{32} = \frac{32bytes \times 8 \frac{bits}{byte}}{64000 \frac{bits}{s}} = 0.004 \Rightarrow PLR_{\%} = 0.4\%$$

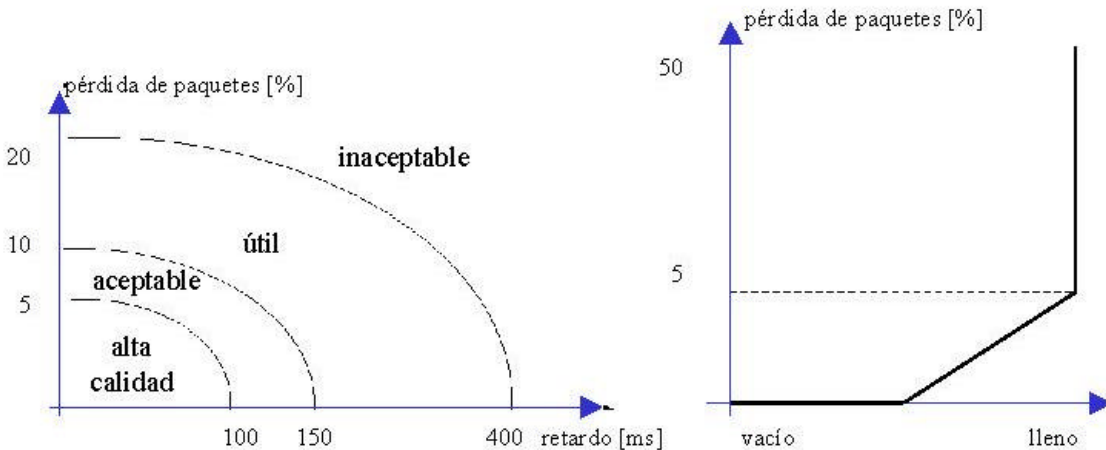
$$PLR_{48} = \frac{48bytes \times 8 \frac{bits}{byte}}{64000 \frac{bits}{s}} = 0.006 \Rightarrow PLR_{\%} = 0.6\%$$

$$PLR_{64} = \frac{64bytes \times 8 \frac{bits}{byte}}{64000 \frac{bits}{s}} = 0.008 \Rightarrow PLR_{\%} = 0.8\%$$

Una alternativa para bajar la tasa de pérdida de paquetes es implementar buffers de variación de retardo para paquetes de gran tamaño, pero esto resulta en retardos de encolado muy elevados, que a su vez implican niveles de calidad de voz inaceptables por encima de los 30 ms.

El buffer de variación (jitter) acomoda los paquetes y los reproduce con la cadencia original.

Figura 5 - Pérdida de paquetes vs retardo y pérdida de paquetes vs estado del buffer



- ❑ El nivel de pérdida de paquetes pico no debe superar el 5 % en WAN y el 1 % en LAN para obtener buena QoS.

Por otra parte, al reducir excesivamente la duración del paquete, aparecen dos limitaciones. La primera es la necesidad de tomar al menos una muestra y la segunda se refiere a la eficiencia del paquete es decir que la relación carga útil versus el encabezado se mantenga en proporciones razonables. El tiempo de duración del paquete no debe ser inferior a los 10 ms.

Se estima de acuerdo a estudios realizados que el tiempo de duración óptimo en un sentido es de 20 ms quedando dentro de la banda de 10 ms < t < 30 ms.

La duración del paquete se expresa mediante la relación de tasa de paquetes por segundo (pps) que equivale a la cantidad de paquetes que se transmiten en el período de 1 segundo.

En este ejemplo la tasa de paquete (PR) se calcula como la inversa del tiempo de duración (Rt) de 20 ms, obteniendo los 50 pps.

$$PR = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{20 \times 10^{-3}} = 50 pps$$

En el caso de transmitir un paquete de VoIP a través de una WAN se considera, no solo el tamaño del encabezamiento de los niveles superiores (PSohn) sino también el encabezado de los protocolos de nivel inferior (PSohl) como PPP, éstos ocupan entre 6 y 20 bytes.

El tamaño del encabezado total (PSoht):

$$PS_T = PS_{OH_N} + PS_{OH_L}$$

$$PS_T = 40bytes + 20bytes = 60bytes$$

La codificación G.711 tiene una tasa de codec (Rc) de 64 Kbps y el tamaño de encabezado IP (PSoh) son 80 bytes, para una duración de paquete (Rt) de 10 ms. El ancho de banda (BW) para cada sesión resulta del siguiente cálculo:

$$PS_{PL} = R_C \times R_t = \frac{64000 \frac{bits}{s} \times 10 \times 10^{-3} s}{8 \frac{bits}{byte}} = 80 bytes$$

$$PR = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{10 \times 10^{-3} s} = 100 \frac{1}{s} = 100 pps$$

$$BW_{OH} = PS_{OH} \times PR$$

$$BW_{OH} = 60 bytes \times 8 \frac{bits}{byte} \times 100 \frac{1}{s} = 48 Kbps$$

$$BW_{PL} = PS_{PL} \times PR$$

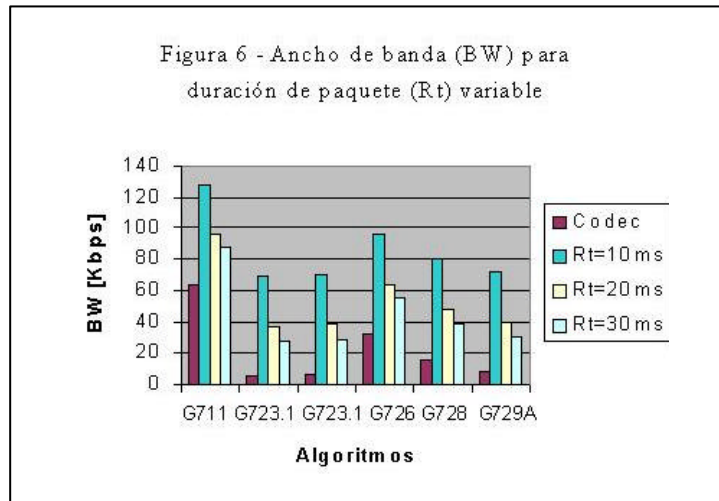
$$BW_{PL} = 80 bytes \times 8 \frac{bits}{byte} \times 100 \frac{1}{s} = 64 Kbps$$

$$BW = BW_{OH} + BW_{PL} = 48 Kbps + 64 Kbps = 112 Kbps$$

La tabla 3 muestra los mismos cálculos para las distintas tasas de codec's (Rc) y con tres valores de duración de paquete (Rt) diferentes 10 ms; 20 ms; 30 ms. con el tamaño de encabezado (Psoh) constante en 60 bytes.

Tasa de Codec (Rc) [Kbps]	Duración del paquete (Rt) [ms]	Tamaño encabezado (Psoh)	Tamaño carga útil (PSpl) [bytes]	Tasa de envío (PR) [pps]	Ancho de banda de encabezado (BWoh) [Kbps]	Ancho de banda de carga útil (BWpl) [Kbps]	Ancho de banda de VoIP en un sentido (BW) [Kbps]	
				$PS_{PL} = R_C \times R_t$	$PR = 1 / R_t$	$BW_{OH} = PS_{OH} \times PR$	$BW_{PL} = PS_{PL} \times PR$	$BW = BW_{OH} + BW_{PL}$
G.711	64	10	80	100	48	64	112	
G.723.1	5.3	10	7	100	48	5.3	53.3	
G.723.1	6.4	10	8	100	48	6.4	54.4	
G.726	32	10	40	100	48	32	80	
G.728	16	10	20	100	48	16	64	
G.729A	8	10	10	100	48	8	56	
G.711	64	20	160	50	24	64	88	
G.723.1	5.3	20	13	50	24	5.3	29.3	
G.723.1	6.4	20	16	50	24	6.4	30.4	
G.726	32	20	80	50	24	32	56	
G.728	16	20	40	50	24	16	40	
G.729A	8	20	20	50	24	8	32	
G.711	64	30	240	34	16.48	65.92	82.40	
G.723.1	5.3	30	20	34	16.48	5.459	21.94	
G.723.1	6.4	30	24	34	16.48	6.592	23.07	
G.726	32	30	120	34	16.48	32.96	49.44	
G.728	16	30	60	34	16.48	16.48	32.96	
G.729A	8	30	30	34	16.48	8.24	24.72	

El gráfico de la figura 6 muestra la diferencia en los anchos de banda requeridos para la transmisión de paquetes de VoIP, según el algoritmo del codec utilizado y la duración del paquete elegido:



Del gráfico de la anterior resulta que el ancho de banda requerido depende de la elección del codec
 Para aplicar la norma H.323 en un canal unidireccional con $R_t=20$ ms.y $B_{wch}=60$ bytes:

- G.711 => BW > 88 Kbps
- G.723.1 => BW > 30 Kbps
- G.726 => BW > 56 Kbps
- G.728 => BW > 40 Kbps
- G.729A => BW > 32 Kbps

Este análisis no es suficiente para realizar la elección del codec, pues se debe considerar también el retardo que introduce cada algoritmo en el esquema global y la calidad de la voz que se mide mediante el parámetro denominado MOS resultado de opinión media, tal como se muestra en la tabla 4

CODEC	Método de compresión		Bit rate (R) [Kbps]	Retardo (D) [ms]	MOS
G.711	PCM Pulse	Code Modulation	64	0.75	4.1
G.723.1	CELP	Code Excited Linear Prediction	5.3	30	3.65
G.723.1	MP-MPLQ	Low bit rate vocoder for Multimedia	6.4	30	3.9
G.726	ADPCM	Adaptive Differential PCM	32	1	3.85
G.728	LD-CELP	Low Delay CELP	16	5	3.61
G.729	CS-ACELP	Conjugate Structure Algebraic CELP	8	10	3.92

El MOS se obtiene de una prueba denominada ACR (absolute category rating) en la cual se realizan pruebas de audición a un grupo heterogéneo de personas, con diez grabaciones diferentes, las que se califican con una puntuación en el rango 5: excelente y 1:inaceptable y luego se obtiene la media.

Con este nuevo panorama se realiza la elección del codec, siendo necesario evaluar para cada caso, el ancho de banda requerido, el retardo introducido y la calidad.

El G.723.1 tiene una buena relación calidad versus ancho de banda pero resultará inaplicable para los casos de retardo comprometido. El G.728 promedia los tres parámetros.

En el camino extremo a extremo, el paquete de VoIP atraviesa los siguientes procesos que afectan el QoS diagramados en la figura 7:

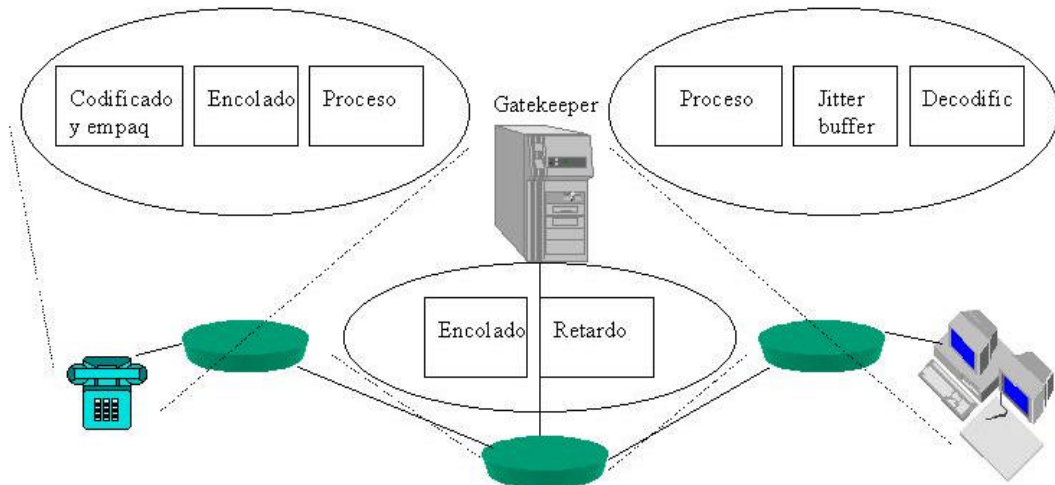


Figura 7 - Delay, Jitter y pérdida de paquetes por encolado
(Cortesía SIEMENS)

Estos tres parámetros están relacionados estrechamente, las pruebas de retardo arrojan valores según el detalle de la tabla 5:

Tabla 5		Retardo mínimo [ms]	Retardo máximo [ms]
Emisor	Codificado y empaquetado	30	50
	Encolado de paquetes	0	50
	Procesamiento	10	20
Router	Encolado de paquetes	1	50
	Retardo de serialización	1	1
Receptor	Procesamiento	20	20
	Buffer de variación	30	300
	Decodificado	1	1
Retardo total [ms]		93	492
Retardo total promedio [ms]		29.25	

La recomendación G.114 establece que el retardo en un sentido es la suma del retardo del codec, más el de procesamiento, más el del buffer de variación. Se califica de la siguiente forma:

- 0 a 150 ms = buena calidad
- 150 a 400 ms = calidad aceptable
- mayor a 400 ms = no aceptable

Podemos comparar estos tiempos de retardo con una comunicación satelital:

- 1400 km => 12 ms
- 14000 km => 110 ms
- 36000 km => 260 ms

El efecto que se aprecia para tiempos mayores a 400 ms es el de una comunicación half-duplex. El eco debe cancelarse para retardos ida y vuelta (round-trip) mayores a 50 ms.

3.3 Características de la transmisión de paquetes de VoIP sobre WAN:

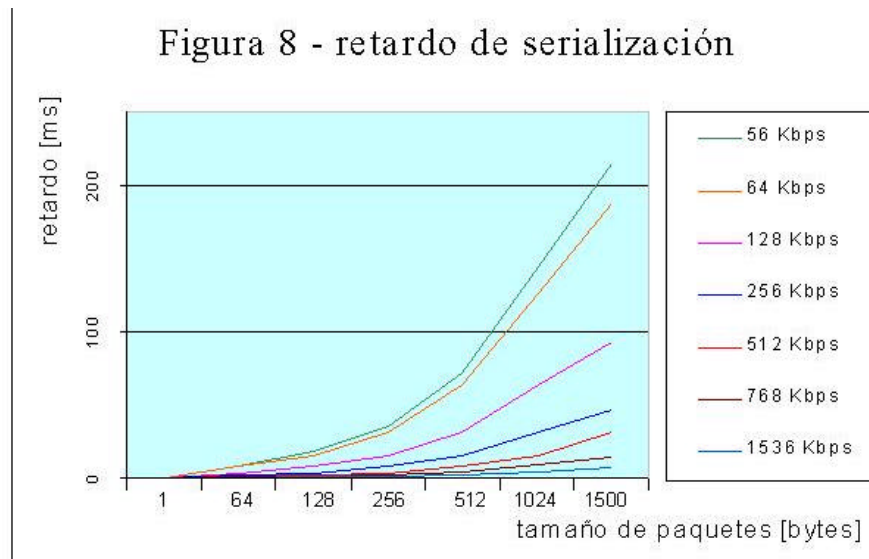
De acuerdo a resultados empíricos, la calidad de la voz comienza a degradarse en un enlace WAN, cuando el retardo supera los 150 ms. Debemos considerar no solo el ancho de banda que ocupa el tráfico de VoIP sino también el tráfico de datos propiamente dicho. En enlaces de baja capacidad, es decir menores a 512 Kbps se puede llegar a degradar la voz en forma notable cuando se transmiten los paquetes de VoIP que compiten con paquetes de datos o con otros paquetes de VoIP. Esto ocurre cuando no hay una política correctamente aplicada de QoS. Hay soluciones propietarias, como LFI (Link Fragmentation Interleave) utilizadas en enlaces de baja velocidad. Funcionan segmentando y entrelazando todos los paquetes para evitar la competencia con los pequeños paquetes de VoIP.

El proceso de serialización introduce un retardo dependiente del tamaño del paquete de VoIP, detallado en la tabla 6 y graficado en la figura 8, donde se aplica la siguiente fórmula:

$$D_s = \frac{FS}{BW} = \frac{64\text{bytes} \times 8 \frac{\text{bits}}{\text{byte}}}{56000 \frac{\text{bits}}{\text{s}}} = 9 \times 10^{-3} \text{s} = 9\text{ms}$$

Tabla 6

		Tamaño de paquete (FS) [bytes]						
		1	64	128	256	512	1024	1500
Ancho de banda (BW) [Kbps]	56	143 us	9 ms	18 ms	36 ms	72 ms	144 ms	214 ms
	64	125 us	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms	126 ms	187 ms
	128	62.5 us	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms	93 ms
	256	31 us	2 ms	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	46 ms
	512	15.5 us	1 ms	2 ms	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms
	768	10 us	640 us	1.28 ms	2.56 ms	5.12 ms	10.24 ms	15 ms
	1536	5 us	320 s	640 us	1.28 ms	2.56 ms	5.12 ms	7.5 ms



3.4 Características de la transmisión de paquetes de VoIP sobre LAN:

Una de las principales desventajas para cualquier tráfico crítico respecto del tiempo y en particular los paquetes de VoIP en una LAN, es que los protocolos más utilizados en el nivel de enlace, Ethernet y Token Ring, trabajan con un tamaño de paquete variable. El equipamiento desarrollado para VoIP brinda sólo conectividad Ethernet, con un ancho de banda de transmisión (BW) de 10 Mbps. El tamaño de la carga útil del paquete (Pspl) varía entre 46 y 1500 bytes y el encabezado (Psoh) ocupa entre 14 y 20 bytes.

Para calcular la tasa de paquetes Ethernet se aplica la siguiente fórmula, se reitera el mismo cálculo para los distintos tamaños de paquete en la tabla 7 y representada en la figura 8.

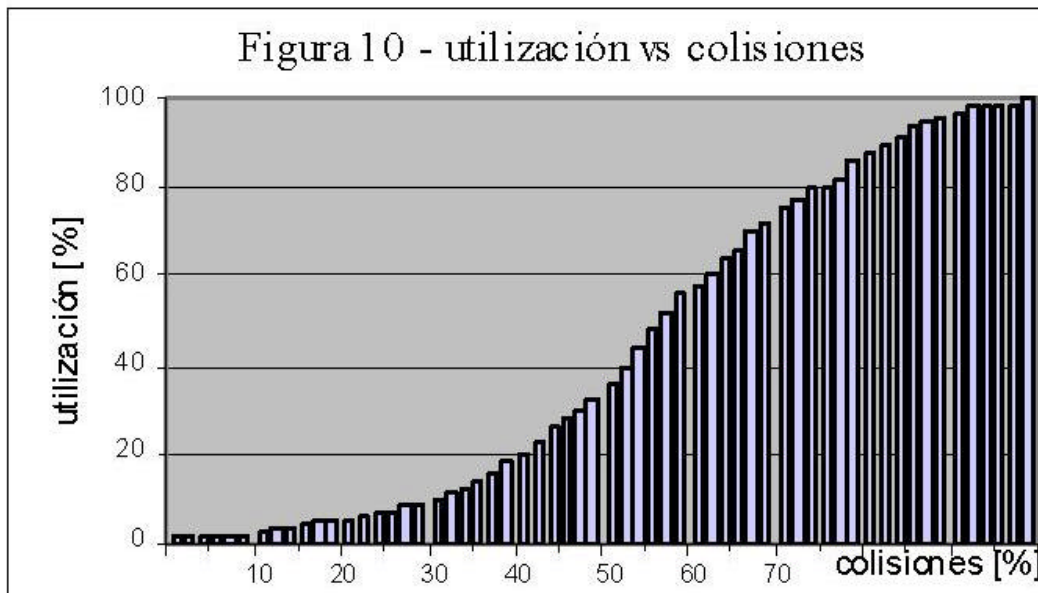
$$PR = \frac{BW}{PS_{PL} + PS_{OH}} = \frac{10000000 \frac{bits}{s}}{(64bytes + 20bytes) \times 8 \frac{bits}{byte}} = 14880 pps$$

Tabla 7

Tamaño de carga útil [bytes]	Tamaño de encabezado [bytes]	Tasa de paquetes [pps]
64	20	14880
128	20	8445
256	20	4528
512	20	2349
768	20	1586
1024	20	1197
1280	20	961
1518	20	812

La utilización del ancho de banda y la tasa de paquetes pueden o no coincidir debido a la variación del tamaño de los paquetes. La utilización se incrementa debido a la variación de dos factores, aumento de la cantidad de paquetes y/o el tamaño de la carga útil de los mismos.

En Ethernet la disponibilidad de ancho de banda es dependiente del número de colisiones, en forma exponencial debido a la forma de trabajo del mecanismo CSMA/CD de la norma Ethernet 802.3, así se representa en la figura 9.



❑ Para cumplir con los requerimientos de QoS para VoIP la utilización del ancho de banda no debe superar el 25 % o su equivalencia en porcentaje de colisiones que no debe superar el 45 %.

El estándar 802.1p provee el método para especificar los requerimientos de retardo y prioridades sobre una red LAN Ethernet y Token Ring.

Tabla 8

Nivel de prioridad	Id de prioridad	Tipo de tráfico
baja	1	Background
	2	Spare
	0	best effort
	3	excellent effort
	4	controlled load
	5	video < 100 ms latency and jitter
	6	voice < 10 ms latency and jitter
alta	7	network control

Los tipos de tráfico especificados en la tabla 8 permiten una clasificación simple y práctica de QoS para mantener las facilidades de alta velocidad y bajo costo que tienen los switches LAN.

Se detalla a continuación el área de aplicación de cada clase de tráfico:

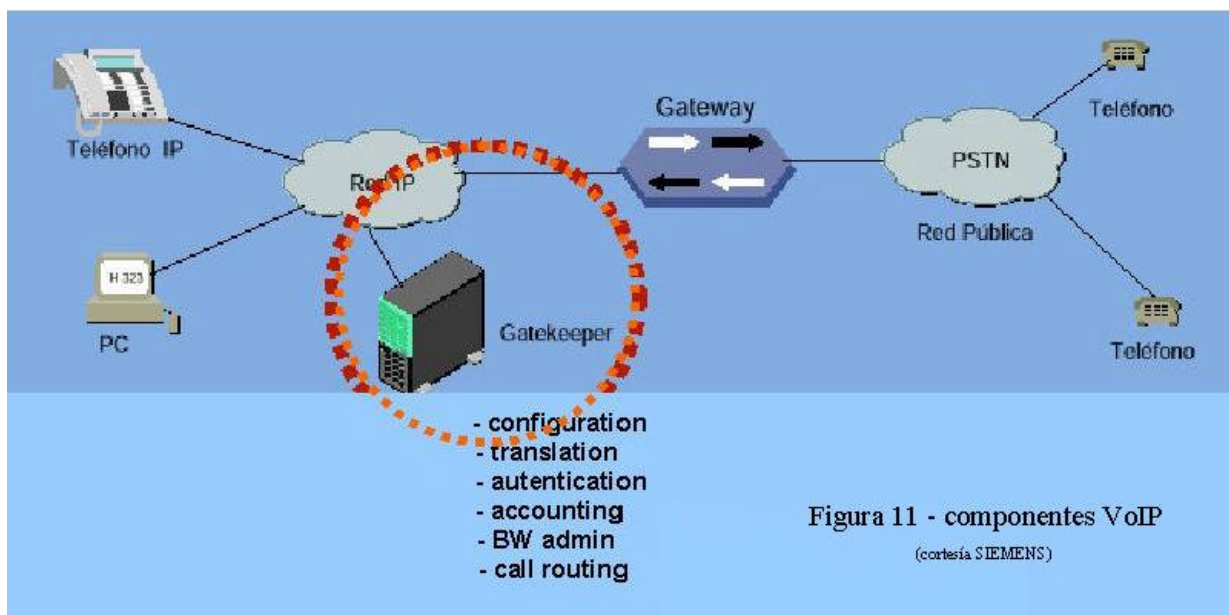
- Background: transferencias masivas y otras actividades permitidas dentro de la red que no afectan a los usuarios y aplicaciones.
- Spare: libre.
- Best effort: es la categoría utilizada en todas las redes LAN por default.
- Excellent effort: es aquel tráfico que el administrador de red considera que debe recibir un tratamiento especial debido a relevancias estratégicas.
- Controlled load: es para aplicaciones que necesitan control de admisión y reserva de nacho de banda.
- Video: caracterizado por un retardo menor a 100 ms.
- Voz: caracterizado por un retardo menor a 10 ms.
- Network control: son requerimientos esenciales para el funcionamiento de la red.

❑ El retardo para el servicio de VoIP en una red LAN no debe superar los 10 ms.

3.5 Elementos de red VoIP:

Los componentes de una red de VoIP definidos en el estándar H.323 son:

- terminales: teléfonos IP, fax IP, PC multimedia, etc.
- gateways intermediarios entre la red pública y la red IP
- gatekeepers permite configurar en forma centralizada, relacionar los números de abonado con las direcciones IP, realizar el control de admisión de llamadas limitando a la cantidad permitida y establecer la comunicación entre gateways



4. Conclusiòn:

Para realizar un estudio completo de una red existente se debe realizar un análisis estadístico durante un período mínimo de tres días de los siguientes parámetros:

- retardo
- pérdida de paquetes
- ancho de banda

Los valores de los parámetros anteriores no deben superar los siguientes valores:

- retardo: en un sentido extremo a extremo no debe superar los 250 ms.**

codec ver tabla 4:

- G.711 => D = 0.75 ms.
- G.723.1 => D = 30 ms.
- G.726 => D = 1 ms.
- G.728 => D = 5 ms.
- G.729A => D = 10 ms.

WAN:

- D = 150 ms.

LAN:

- D = 10 ms.

- pérdida de paquetes**

WAN:

- PLR < 1 %

LAN

- PLR < 5 %

- ancho de banda: consta de tres partes**

codec:

- G.711 => BW > 96 Kbps
- G.723.1 => BW > 38 Kbps
- G.726 => BW > 64 Kbps
- G.728 => BW > 48 Kbps
- G.729A => BW > 40 Kbps

WAN:

- BW = 768 Kbps

LAN:

- BW = 44 Kbps

Luego se agrega un generador de tráfico de VoIP con el número de llamadas previstas y se reiteran las mediciones, para analizar como impactará la introducción del nuevo servicio en los ya existentes y prever la calidad de voz en una situación muy cercana a la realidad.

Si la red existente supera los valores obtenidos, se debe realizar un estudio de costo-beneficio para evaluar la inversión de actualizar la red para las condiciones óptimas, versus las ventajas del servicio de VoIP.

5. Definición de términos:

algoritmo

Es un procedimiento o fórmula para resolver un problema, en los codecs están implementados sobre hardware de procesamiento digital de señales.

ancho de banda

es el ancho del espectro de frecuencias de la señal, es una medida de la velocidad de la señal.

En los sistemas digitales se expresa en la cantidad de bits por segundo. Se intenta minimizar el ancho de banda por dos razones, reducir la susceptibilidad al ruido permitir mayor información sobre el mismo

backbone

es el cableado central que interconecta redes dispersas dentro de un mismo predio o edificio.

bridge

es el equipo que interconecta redes LAN entre sí.

buffer:

es un área de almacenamiento temporario donde los datos se comparten y procesan con diferentes prioridades.

calidad de servicio (Quality of Service)

es el mecanismo por el cual las características de una red como ancho de banda, retardo y pérdida de paquetes pueden ser medidas, mejoradas y garantizadas en un nivel determinado.

cancelación de eco

es un mecanismo para evitar el efecto indeseado del eco en una comunicación telefónica

capacidad de canal

ver ancho de banda

carga útil (payload)

es la parte esencial del paquete de datos, no incluye el encabezado utilizado para transmitir información de señalización.

CCITT Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique

es una organización que establece los estándares de comunicaciones internacionales, hoy es conocido como ITU . Ver ITU-T.

codecs

es un algoritmo de codificación que convierte la señal de voz analógica en un flujo digital de datos mediante los procesos de muestreo y cuantificación.

congestión

es el efecto indeseado al compartir un único medio de transmisión por varios usuarios.

conmutación de circuitos

es el tipo de red en la cual de circuito de comunicación se establece en forma dedicada entre los participantes de la sesión. Mientras dura la conexión los recursos del circuito no están disponibles para otros usuarios. La red telefónica es un ejemplo de este tipo de conmutación.

conmutación de paquetes

es el tipo de red en la cual las unidades de información llamadas paquetes son encaminadas a través de la red de acuerdo a la dirección destino que se encuentra en el encabezado del mismo.

Ingresa en la clasificación de comunicación sin conexión, esto significa que el mismo medio se comparte con otros paquetes provenientes de otros usuarios de la red .Redes como X.25 e Internet utilizan.

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)

es el protocolo de transmisión de portadora para Ethernet 802.3. Este mecanismo sirve para compartir un medio de acceso. La transmisión del mecanismo Acceso múltiple por sensado de portadora por detección de colisión consta de 5 pasos: 1 - escucha antes de transmitir; 2 - pospone si el medio está ocupado, 3 - transmite y escucha si hay colisión, 4 - si hay colisión espera antes de retransmitir y 5 - retransmite o aborta.

cuantificación

es la método para convertir la amplitud de una señal analógica en digital

default

es la opción por defecto, de varias alternativas posibles es la que está preconfigurada.

detección de inactividad

en una comunicación telefónica se detecta y evita transmitir los silencios. Generalmente se introduce ruido de fondo para diferenciar con una llamada sin servicio.

duración del paquete

es el tamaño de un paquete de datos medido en unidades de tiempo (ms).

encabezado

es la información de señalización, origen – destino, que antecede a la carga útil.

encolamiento

es una técnica para administrar procesos asignando diferentes prioridades.

Ethernet 802.3

es una tecnología de LAN especificada en el estándar del CCITT 802.3.

etiqueta

es un campo del encabezado de un paquete.

half-duplex.

significa que los datos pueden ser transmitidos en abas direcciones pero o simulatáneamente.

IETF Internet Engineering Task Force

es el grupo que define los estándares para Internet y los protocolos operativos como TCP/IP.

Está supervisado por una sociedad llamada IAB (Internet Architecture Board) y los resultados los publican en documentos llamados RFC (Request for Comments).

Internet

es una red pública de computadoras de alcance mundial que cuenta con millones de usuarios y utiliza el protocolo TCP/IP.

Intranet

es una red privada que se extiende dentro del ámbito de una empresa.

IP (Internet Protocol).

es el protocolo que se encarga de realizar el direccionamiento de los paquetes. Ver TCP/IP

ISDN (PRI - BRI)

Integrated Services Digital Network (Primary Rate Interface - Basic Rate Interface)

es un estándar del CCITT para transmisión digital sobre el cable de par telefónico y otros medios.

La sigla significa Red Digital de Servicios Integrados (RDSI). Hay dos niveles de servicio, el BRI para aplicaciones domésticas, que dispone de 2 canales B de 64 Kbps para usuarios de datos voz o video y un canal D de 16 Kbps para señalización y el PRI orientado a servicios corporativos, el cual brinda 23 canales B y 1 D de 64 Kbps o para europa 30 canales B y 1 D.

ITU-T International Telecommunications Union for Telecommunication

es el sector del organismo que se encarga de establecer las normas para los equipos y sistemas de telecomunicaciones también es conocido como CCITT. Ver CCITT.

LAN Local Area Network

es un grupo de servicios de datos como computadoras y dispositivos asociados que comparten un mismo medio de comunicación para utilizar recursos distribuidos y centralizados dentro de un área geográfica limitada, por ejemplo dentro de un edificio de oficinas. El tamaño de la red de área local puede dar servicio desde dos a miles de computadoras.

latencia

es el tiempo que tarda un paquete de datos entre dos puntos determinados. Ver retardo.

modelo de referencia OSI (Open system Interconnection)

es un estándar que especifica como se deben transmitir los datos entre dos puntos de una red de telecomunicaciones. Consta de 7 niveles: físico, enlace, red, transporte, sesión y aplicación.

MOS (Mean Opinion Score)

es una medida de la calidad de voz con un rango entre 5: excelente y 1: inaceptable.

MPLS Multi Protocol Label Switching

es un estándar que agiliza el flujo de tráfico de red, trabaja en el nivel 2 y una de sus ventajas es su simple administración. Soporta calidad de servicio.

muestreo

es el mecanismo para digitalizar una señal análogica.

multimedia

es la combinación de texto, sonido y video, se distingue de las películas tradicionales por la escala de producción, que es de alcance masivo, su costo inferior y la posibilidad de interacción a través de la voz, video u otros dispositivos de entrada.

Multiplexado

es el método que permite transmitir simultáneamente múltiples señales por división de frecuencia o división de tiempo.

protocolo ATM (Asynchronous Transfer Mode)

es una tecnología de conmutación dedicada a conexión que organiza los datos en celdas de 53 bytes.

retardo (delay)

es el tiempo que tarda un paquete de datos entre dos puntos determinados, se incluyen los tiempos de propagación, transmisión y procesamiento. Ver latencia.

router

es el equipo que interconecta redes LAN y redes WAN, también traduce protocolos.

tasa de transferencia de paquetes

es la relación del ancho de banda sobre el tamaño del paquete.

throughput

es la cantidad de datos transmitidos exitosamente desde un dispositivo hasta otro en un período de tiempo.

TCP/IP Transmission Control Protocol / Internet Protocol

es una serie de protocolos y servicios que abarcan el nivel 2 y el 3 del modelo de referencia OSI.

videoconferencia

es una conexión de audio y video para comunicar personas físicamente distantes.

WAN Wide Area Network

es un grupo de servicios de datos que comunica las redes LAN geográficamente dispersas mediante un enlace de telecomunicaciones. El enlace puede ser satelital, por cable o fibra óptica.

6. Referencias:

6.1 Libros:

Delivering Voice over IP Networks
D. Minoli E. Minoli
1998, 276 páginas
Wiley

Voice Over IP, 2/e
Uyless Black
2002, 352 páginas
Prentice Hall

Putting VoIP to Work: Softswitch Network Design and Testing, 1/e
Bill Douskalis
2002, 346 páginas
Prentice Hall

LAN Analysis
L. Chappell D. Hakes
1994, 693 páginas
Sybex

High speed Networks and Internets: Performance and Quality of service
William Stallings
2002, 550 páginas
Prentice Hall

6.2 Internet publicaciones y estándares:

IEEE 802
<http://standards.ieee.org/getieee802/>

ITU-T
http://www.itu.int/publications/main_publ/itut.html

IETF RFC's
<http://www.ietf.org/rfc.html>

6.3 Internet productos:

Cisco AVVID
http://www.cisco.com/warp/public/779/largeent/avvid/cisco_avvid.html

Siemens HiPath
<http://www.ic.siemens.com/ICN/CDA/Site/pss/1,3084,222963-1-105,00.html>

Allot NetEnforcer
http://www.allot.com/html/products_main.shtm

7. Anexos:

RFC 2475
IEEE 802.1Q
IEEE 802.1D

