

## REDES CONVERGENTES CONVERGED NETWORKS

Ángela Marcela Mejía Fajardo  
Docente Universidad Militar Nueva Granada  
Ingeniera electrónica  
Magíster en teleinformática  
Especialista en gerencia de proyectos  
[mmejiaf@umng.edu.co](mailto:mmejiaf@umng.edu.co)  
Fax: 4412713

Fecha de recepción: 12 de abril de 2004  
Fecha de aprobación: 13 de junio de 2004

### RESUMEN

Las redes convergentes o redes de multiservicio hacen referencia a la integración de los servicios de voz, datos y video sobre una sola red basada en IP como protocolo de nivel de red. En este artículo se presenta la integración de servicios de voz sobre redes IP (VoIP) como ejemplo de red convergente. La arquitectura de esta red está constituida básicamente, por el media gateway, el controlador de media gateway, el gateway de señalización y el gatekeeper. Las redes de convergencia han tenido y tendrán aún dificultades técnicas que superar ya que los distintos servicios por ofrecer tienen diferentes características y requerimientos de red, por tanto es importante hablar aquí de ingeniería de tráfico y mecanismos que garanticen calidades de servicio.

### ABSTRACT

Converged networks or multiservice networks refer to the integration of voice, data and video services over an IP network. This paper presents VoIP as an example of a converged network. Its architecture consists of the media gateway, media gateway controller, signaling gateway and the gatekeeper. Converged networks have had and will have technical difficulties to overcome, since different services have different characteristics and network requirements, hence it is important to talk about traffic engineering and QoS mechanisms.

### PALABRAS CLAVE:

Voz sobre IP, calidad de servicio, ingeniería de tráfico, media gateway, IP, MPLS, servicios diferenciados.

### KEY WORDS

VoIP, QoS, TE, media gateway, IP, MPLS, Diffserv.

## I. INTRODUCCIÓN

Las redes convergentes o redes de multiservicio hacen referencia a la integración de los servicios de voz, datos y video sobre una sola red basada en IP como protocolo de nivel de red. [6]

Tradicionalmente, estos servicios se han ofrecido en forma separada sobre redes especializadas. En la gran mayoría de corporaciones, por ejemplo, la red de voz se basa en uno o varios PBX (private Branch eXchange) conectados a la PSTN (Public Switched Telephone Network) externa, mientras que la red de datos se basa en conmutadores y enrutadores IP (Internet Protocol) interconectando redes LAN (Local Area Network) y permitiendo el acceso a Internet. Sin embargo, cada vez es mayor la necesidad de una red única en la que tanto la voz como los datos y el video converjan naturalmente y permitan, además, reducir costos de administración, mantenimiento y manejo de la información, así como aumentar la productividad y disminuir los tiempos de atención a los clientes. [3][1][6]

Aunque en un principio (1980) se consideró la posibilidad de integrar la red sobre el PBX y acceder a la ISDN, una característica fundamental de las redes de convergencia actuales (y futuras) es que los diferentes tipos de tráfico se soportan mediante protocolos basados en el concepto de conmutación de paquetes. Por supuesto, ATM y Frame Relay son opciones importantes para considerar como fundamento de las redes de convergencia, pero dada la actual y creciente ubicuidad de Internet y las modificaciones que la IETF está introduciendo en las nuevas versiones de IP para atender tráfico de tiempo real con una adecuada calidad de servicio y la conmutación de etiquetas en MPLS, el protocolo dominante en el desarrollo actual de las redes de convergencia es IP. [1][5]

En efecto, la aplicación del protocolo IP para la transmisión integrada de voz y datos es un concepto que ha revolucionado a la industria de las telecomunicaciones, elevando la posición de la Internet a un plano de competencia comercial. Sobre la Internet ya se pueden ofrecer servicios de transmisión de voz, a precios muy inferiores a los tradicionales, gracias al desarrollo de aplicaciones de tiempo real sobre IP. De hecho se espera que en el 2006 más de 50% de las líneas telefónicas comerciales contratadas en los Estados Unidos sean líneas IP. [6]

Por supuesto, las redes de convergencia han tenido y tendrán aún dificultades técnicas que superar ya que los distintos servicios por ofrecer tienen diferentes características y requerimientos de red. Por ejemplo, los datos se presentan en ráfagas que consumen grandes volúmenes de ancho de banda durante cortos intervalos de tiempo, mientras que el tráfico de voz requiere un ancho de banda constante y un bajo retardo de transmisión.

Estas demandas del tráfico de voz han sido satisfechas mediante conmutación de circuitos basada en multiplexaje por división de tiempo (TDM), mientras que el tráfico de datos ha sido satisfecho por las redes de conmutación de paquetes. Sin embargo, la

existencia de dos redes independientes implica procesos de mantenimiento y administración independientes, con el correspondiente incremento en costos y la dificultad para dar respuesta oportuna a los requerimientos de servicio de los clientes. [1][6]

Adicionalmente, el tráfico de datos no sólo ya es mayor al tráfico de voz sino que el primero crece exponencialmente mientras que el segundo lo hace linealmente. Esta situación contrasta con el hecho de que las principales ganancias económicas de las empresas de telecomunicaciones provienen en su gran mayoría del tráfico de voz, generando un interés especial en la integración de voz sobre la infraestructura ya existente, lo cual permitiría mejores servicios a sus clientes y mayores ingresos para las empresas. [6]

Así pues, desde la perspectiva de los proveedores de servicios de comunicación, es de fundamental importancia introducir nuevos servicios en respuesta a las necesidades de sus clientes para poder adquirir y mantener una porción del mercado. Y desde la perspectiva de los fabricantes de equipos, esta condición les exige la rápida innovación de sus equipos y sistemas.

Es en estas condiciones donde las redes de convergencia basadas en IP adquieren su importancia. A diferencia de los modelos de servicios integrados anteriores, las redes de convergencia basadas en IP permiten aprovechar las habilidades de los desarrolladores de aplicaciones de la Internet en la innovación y desarrollo de nuevos productos, reduciendo significativamente el tiempo de introducción al mercado. Más aún, como los fabricantes no pueden construir todas sus soluciones “desde cero”, deben recurrir al *outsourcing* y, para que este sea efectivo, las soluciones deben basarse en estándares abiertos, de manera que los diferentes equipos y redes puedan interoperar. [2][9]

Estas condiciones no sólo se presentan en redes alámbricas sino en redes móviles inalámbricas, donde el advenimiento de la tercera generación implica la transición de la conmutación de circuitos a la conmutación de paquetes para convergencia de servicios. Y en este esfuerzo también se conduce al uso de voz (y video) “paquetizada” y a la aplicación de IP a través de toda la red. [9]

En este artículo se hace una breve presentación de las redes de convergencia basadas en IP, dedicando especial atención a los aspectos de la integración de voz y datos sobre estas redes. Se mencionan brevemente los retos y los enfoques para la integración de video sobre IP, así como la importancia de tecnologías habilitadoras tales como las capacidades de ingeniería de tráfico que ofrece MPLS y los mecanismos de calidad de servicio (QoS) en redes de nueva generación.

En la siguiente sección se presenta el modelo de red de convergencia basado en IP, describiendo brevemente el concepto VoIP (Voice over IP) en el que se basan actualmente las redes de convergencia. Posteriormente se describen la arquitectura física y el conjunto de protocolos sobre los que se construyen las redes de convergencia basadas en IP. En la cuarta sección se presentan algunos retos técnicos

por resolver en cuanto a los servicios telefónicos sobre la Internet. Finalmente, se mencionan algunos tópicos relacionados con la integración de video sobre las redes de convergencia basadas en IP y se proponen algunas conclusiones.

## II. EL MODELO DE RED DE CONVERGENCIA [1][2][3][7][8][13]

Una red de convergencia basada en IP se construye sobre tres elementos claves:

- Tecnologías que permitan ofrecer múltiples servicios sobre una red de datos.
- Una red multipropósito, construida sobre una arquitectura de red funcionalmente distribuida y basada en IP.
- Un sistema abierto de protocolos estándares, maduro e internacionalmente aceptado.

En este artículo se presenta la integración de servicios de voz sobre redes IP (VoIP) como ejemplo de red convergente, pues se trata de una manera eficiente, flexible y económica de construir redes de convergencia de voz y datos. En efecto, VoIP es un término que describe la transmisión de tráfico de voz digitalizada y “paquetizada” utilizando el protocolo IP. Como IP no fue diseñado para los requerimientos del tráfico de voz (los paquetes pueden sufrir retardos excesivos y, peor aún, variables), VoIP se basa en procesos adicionales, implementados en los *media gateways*, para manejar problemas relacionados con la calidad de voz tales como supresión de silencios y cancelación de ecos. Por supuesto, se necesitan protocolos adicionales para garantizar una mínima QoS (Quality of Service), tales como MPLS (multiprotocol label switching) y DiffServ (servicios diferenciados).

La arquitectura de MPLS es un estándar del IETF que permite llevar a cabo procedimientos avanzados de ingeniería de tráfico y funciones de calidad de servicio, gracias a la separación de las funciones de enrutamiento y conmutación.

MPLS encapsula paquetes IP en paquetes etiquetados que viajan dentro de la red de conmutación de etiquetas a lo largo de una conexión virtual llamada LSP (label switched path). Los enrutadores que constituyen la red MPLS se denominan LSRs (label switched routers) y los LSRs de ingreso y egreso del dominio MPLS son denominados E-LSR (edge label switched router). Teniendo en cuenta los elementos que constituyen una arquitectura MPLS, veamos brevemente cómo se establecen los circuitos y como se lleva a cabo el proceso de enrutamiento y conmutación.

Los LSP se establecen en los enrutadores de ingreso E-LSR antes de iniciar la conmutación de ellos dentro de la red. Estas rutas que seguirán los paquetes etiquetadas son calculadas en los E-LSR gracias a la función especial de enrutamientos definida en ellos. Adicionalmente, MPLS permiten hacer reserva de recursos con ingeniería de tráfico (RSVP-TE) o enrutamiento basado en restricciones con distribución de etiquetas (CR-LDP). Cada una de estos caminos virtuales puede ser establecido o liberado cuando se requiere; se puede además ser modificado su ancho de banda en

forma dinámica de acuerdo con las necesidades del tráfico y garantizar algunas otras características de acuerdo con el FEC (forwarding equivalence class) asociado.

Por otro lado, los servicios diferenciados son una arquitectura de protocolos, estandarizada por el IETF para proporcionar QoS basada en clases. En esta arquitectura cada paquete tiene un campo de tipo de servicio en su encabezado de tal manera que pueda ser colocado con los demás paquetes que pertenecen a la misma clase y se les garanticen los recursos y el tipo de servicio correspondientes. Por ejemplo, para transporte de paquetes de voz, se puede definir una clase con características de bajo retardo, mínima varianza del retardo y determinado ancho de banda, de manera que todos los paquetes que vengan marcados como pertenecientes a esta clase sean tratados de la misma manera, garantizando así la calidad de servicio requerida para tráfico de voz.

Contando con una infraestructura de red IP administrada (por ejemplo, con DiffServ y MPLS), la tecnología VoIP permite la construcción de una red de convergencia, como muestra la Figura 1.

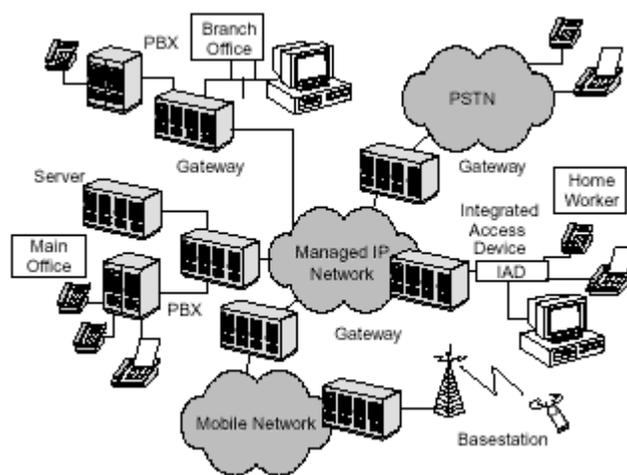


Figura 1. VoIP como tecnología habilitadora de la red de convergencia [1]

En esta figura se aprecia la red de convergencia que permite la interoperabilidad de diferentes sistemas de comunicación de manera que los usuarios puedan compartir servicios de voz y datos. Por ejemplo, un empleado puede utilizar su teléfono móvil para comunicarse, a través de la red móvil y la red IP, con la base de datos ubicada en el servidor de su empresa.

Aunque cada sección de la red de convergencia puede utilizar diferentes técnicas para manejar datos y voz (y otros medios), posiblemente con muy distintos protocolos, todos estos medios deben reformatearse transparentemente en puntos adecuados de la red. Este procedimiento se lleva a cabo en los *media gateways* que son, básicamente, sistemas de DSP muy especializados que cumplen con los procedimientos de VoIP.

Las ventajas del uso de VoIP son muchas: cuando el tráfico de voz utiliza una red existente basada en IP (como Internet), la reducción de costos es muy significativa. Al utilizar IP para todos los tipos de tráficos que se van a cursar por la red, se reduce la complejidad y se incrementa la flexibilidad de los servicios. El uso de IP permite combinar operaciones, eliminar posibles puntos de falla, consolidar las funciones de directorio, contabilidad y seguridad etc. Finalmente, se pueden tener muchas aplicaciones que redundan en el incremento de la productividad y mejoras en la prestación de servicios. Como ejemplos sobresalientes de estas aplicaciones tenemos la mensajería unificada (manejo de forma consolidada de mensajes de voz y datos), asistencia personalizada (recibir la llamada de un cliente y con esta traer de una base de datos el perfil del mismo), conferencias múltiples, movilidad (al estar integrado todo el tráfico sobre una misma red IP, los usuarios pueden disponer de todas las ventajas de su puesto de trabajo desde cualquier otra parte), y finalmente, el call center entre otras muchas aplicaciones y beneficios que ofrece la red convergente.

### **III. ARQUITECTURA DE REDES VOIP COMO EJEMPLO DE CONVERGENCIA BASADA EN IP [1][4][7][12][13][14][15]**

La integración de voz y datos en una misma red significa que la infraestructura debe ser multiservicio, es decir, que soporte diferentes tipos de tráfico con diferentes requerimientos en cuanto a la calidad de servicio se refiere. Por tanto, es importante tener en cuenta que la infraestructura de este tipo de red de nueva generación debe tener dos características fundamentales que son la flexibilidad y la habilidad para reaccionar a los cambios del tráfico, de tal manera que se puedan prestar servicios en tiempo real y garantizar los requerimientos de calidad pactados, tales como ancho de banda, retardo y pérdida de paquetes, entre otros.

MPLS permite tener estas dos características que requieren las redes convergentes, gracias a sus mecanismo de ingeniería de tráfico (TE). Con estos mecanismos de TE la red tiene la posibilidad de controlar en forma dinámica el flujo de datos, optimizar la utilización de los recursos disponibles, seleccionar rutas para el tráfico, de acuerdo con la carga y el estado de la red y mover flujos de tráfico a caminos menos congestionados.

La clave para las redes de convergencia basadas en IP es la división de las principales funciones de red en componentes lógicos que pueden implementarse en equipos de propósito específico. Así se pueden construir soluciones escalables e interoperables para satisfacer las diferentes necesidades de los distintos proveedores de servicios a bajo costo y permitiendo que los mismos servicios se puedan ofrecer uniformemente a lo largo de toda la red. De esta manera los proveedores pueden acelerar el desarrollo de sus soluciones mediante la adquisición de elementos de red estándar. La competencia entre fabricantes de equipos se promueve a través de estos estándares abiertos; la separación de los elementos de control y de multimedia permite el rápido desarrollo de nuevas aplicaciones, etc.

Como se puede observar en la Figura 2, la red de IP administrada (con DiffServ y MPLS, por ejemplo) proporciona gateways para cada diferente función, incluyendo

redes inalámbricas y acceso a la PSTN tradicional. Los componentes nuevos de esta plataforma que tienen que ver con servicios de voz e interoperabilidad con redes existentes, son:

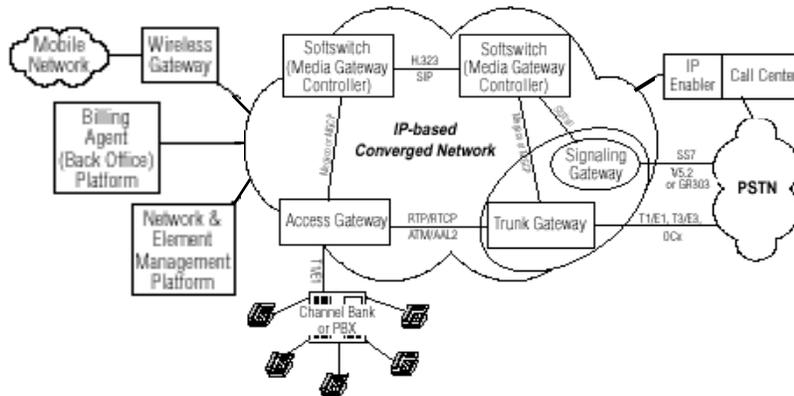


Figura 2. Elementos y protocolos en una red de convergencia [4]

- *Media gateways*, que proporcionan la interconexión entre la red IP y los servicios de red proporcionados por otras redes como las PSTN tradicionales o las redes inalámbricas.
- *Gateways* de señalización, que traducen los protocolos de señalización de llamada entre las diferentes redes.
- Controladores de *media gateways* o conmutadores soft, que coordinan los *media gateways* de acuerdo con la información de señalización recibida por los *gateways* de señalización.

Adicionalmente, se tienen todos los elementos normales para medir tarifas, gestión de red y soporte al cliente, que toda red de proveedor de servicios debe poseer.

Los *media gateways* son los elementos críticos para la interconexión de redes, pues hacen la traducción entre redes que manejan diferentes estándares, convirtiendo los flujos de distintos medios como voz o video y manejan la transferencia de información entre las diferentes redes. Algunas de las características que podrían ofrecer son:

- Múltiples tipos de terminación de red (E1, T1, Ethernet, ATM, etc.)
- Codificadores de voz
- Canceladores de eco
- Detectores y generadores de tonos DTMF

Existen diferentes tipos de *media gateways*, tales como:

- *Gateway* de acceso: conecta a las interfaces de red de usuario con un VoIP
- *Gateway* troncal: conecta la red PSTN con la red IP
- Servidor de Acceso: permite el acceso de llamadas de modem o conexiones HDLC a la red IP

Los **gateway de señalización** son responsables por traducir la señalización CSN (Circuit Switched Network), típicamente SS7, y reenviarla al *media gateway controller* o conmutador *soft*, a través de la red IP. El *media Gateway Controller* o conmutador *soft* hace la señalización intermedia, procesa las llamadas y controla los *media gateways*. Se basa principalmente en módulos de software para controlar el flujo del tráfico de voz y datos en una red de convergencia, intermediando entre las señalizaciones de los subdominios IP, PSTN e inalámbrico.

El otro elemento clave que soporta VoIP es el conjunto de estándares que han evolucionado a través del tiempo para tratar los diferentes problemas asociados con el tráfico de voz como son:

H.323: desarrollado por el ITU-T para normalizar el establecimiento de llamadas y la transmisión de multimedios sobre redes conmutadas por paquetes que no garantizan ninguna QoS. H.323 se basa en el RTP (Real Time Protocol) de IETF y codecs estándares de la serie G. Aunque este fue el primer protocolo usado en VoIP, el SIP (Session Initiation Protocol) de IETF ha ganado mayor aceptación por que tiene mecanismos más sencillos para el establecimiento de la llamada.

SIP: es un protocolo de nivel de aplicación que puede establecer, modificar y terminar sesiones o llamadas multimedios a través de una red IP, incluyendo conferencias, aprendizaje a distancia, telefonía en Internet, etc.

MGCP: media gateway control protocol, se usa para controlar media gateways desde elementos externos mediante llamadas normales. Un protocolo alternativo que lo supera es MEGACO o H.248.

SIGTRAN: es un conjunto de protocolos y niveles de adaptación usados para transportar información de señalización sobre redes IP.

Este conjunto de equipos y estándares permiten la interoperabilidad entre las redes telefónicas de conmutación de circuitos y la red de convergencia basada en IP. En el futuro, muchos de estos dispositivos irán desapareciendo en la medida en que los usuarios se conecten directamente a la red convergente y no a través de la red telefónica publica conmutada como lo hace actualmente. De esta manera, cada usuario podrá tener acceso no solamente a los servicios de voz a través de su conexión sino a todos los servicios que ofrece la red convergente como son datos y video entre otros.

Hoy en día se tiene el teléfono convencional en los hogares y desde allí se debe pasar por los diferentes equipos para llegar finalmente a la red convergente y hacer posible la comunicación a través de la red de datos entre dos usuarios que están utilizando su teléfono convencional. En contraste con esto, ya en muchas oficinas los teléfonos son IP lo cual no requiere todos los equipos anteriormente mencionados para lograr la conexión con la red de convergencia, por que ya se está en ella, pero si la comunicación se quiere establecer entre un usuario con telefonía IP y uno sin ella, se requiere pasar a través de todo el conjunto de equipos que nos permiten la convivencia de los dos mundos.

#### IV. RETOS TÉCNICOS DE LA INTEGRACIÓN DE VOZ SOBRE REDES CONVERGENTES [9]

El modelo VoIP de Redes de Convergencia basadas en IP enfrenta varios retos técnicos tales como pérdida de paquetes, retardos y variaciones en el retardo. En esta sección revisaremos rápidamente estos retos y cómo se solucionan en las Redes de Convergencia basadas en IP.

##### A. Pérdida de paquetes

Las pérdidas son un fenómeno común en todas las redes conmutadas por paquetes como las redes IP. En particular, no se establecen circuitos físicos entre extremos y los paquetes provenientes de diferentes fuentes se almacenan en colas en espera de ser transmitidos por el enlace de salida de cada enrutador. Un paquete que llega se pierde en la red si no encuentra espacio en la cola. Mientras más personas accedan la red, los enrutadores más se congestionan y se produce la pérdida de paquetes.

La pérdida de paquetes puede causar daños severos a la calidad de la voz transmitida sobre IP. Cada paquete IP contiene entre 40 y 80 ms. de voz, que corresponde a la duración de unidades fundamentales de voz, como son los fonemas: cuando se pierde un paquete, se pierde un fonema. Aunque el cerebro humano es capaz de reconstruir algunos fonemas perdidos, demasiadas pérdidas pueden generar una señal ininteligible. La Figura 3 muestra cómo se degrada la calidad de la voz con la pérdida de paquetes.

Las técnicas empleadas para combatir este fenómeno buscan, en principio, reducir las pérdidas o, si no es posible, reparar el daño causado:

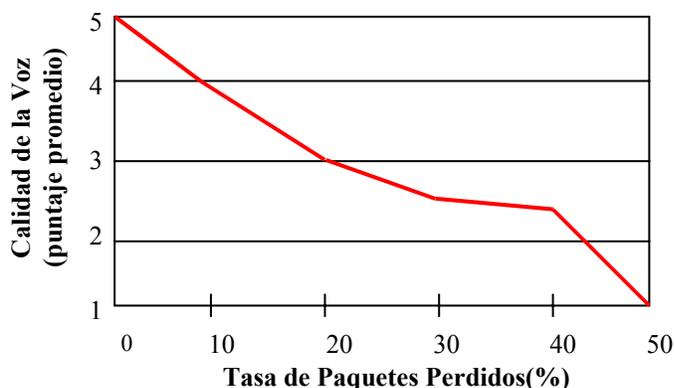


Figura 3. Calidad de la voz en función de la tasa de pérdidas

*1. Mejora de la Red:* como la pérdida de paquetes es un resultado directo de la insuficiencia en el ancho de banda del enlace y/o en la velocidad de procesamiento del enrutador, mejorar la infraestructura de la red IP es una solución de ingeniería directa al problema de la pérdida de paquetes. Se pueden lograr altas velocidades de

transmisión, usando tecnologías como ATM, SONET, WDM etc. Igualmente se pueden utilizar dispositivos de conmutación fotónica para aumentar la velocidad de procesamiento de los enrutadores.

Por supuesto, la anterior es una solución costosa y a largo plazo. Por eso se consideran otras técnicas que se enfocan más en la reparación del daño causado por la pérdida del paquete.

2. *Substitución por silencio*: reproduciendo un silencio en vez del paquete perdido, se obtiene una degradación menor si el tamaño de los paquetes es menor de 16 ms. y la tasa de pérdidas es inferior a 1%.

3. *Substitución por ruido*: se ha visto que es mejor reproducir ruido blanco en vez de silencio. Este fenómeno se atribuye a la restauración fonémica que hace el cerebro ante la presencia de ruido, la cual no es posible ante la presencia de silencio.

4. *Repetición del paquete anterior*: si los paquetes son suficientemente pequeños y el último paquete recibido correctamente es muy cercano al perdido, el fenómeno de intermodulación permite disminuir mucho la degradación de la señal (esta es la técnica usada en GSM).

5. *Interpolación de paquetes*: esta técnica usa los paquetes vecinos al paquete perdido para producir el remplazo, asegurando que el paquete reproducido siga las características cambiantes del flujo de voz. Los resultados son superiores a los dos métodos anteriores.

6. *Intercalado de tramas*: si se intercalan tramas de voz entre varios paquetes para reordenarlas en el receptor, la pérdida de un paquete no implicaría la pérdida de un fonema sino de varios pequeños segmentos no consecutivos, lo cual puede ser casi imperceptible. Por supuesto, la desventaja de este método es el aumento en el retardo.

7. *Corrección de errores*: La información de un paquete se retransmite redundantemente en paquetes subsiguientes. Si un paquete se pierde, parte importante de su información se puede extraer de los paquetes vecinos. Se ha propuesto incluir en RTP mecanismos para la transmisión de redundancia.

## **B. Retardo de paquetes**

Un retardo excesivo puede afectar seriamente una conversación de voz, conduciendo incluso a una comunicación *half-duplex*. Se ha determinado que un retardo inferior a 150 ms. es aceptable en la mayoría de aplicaciones. Y en comunicaciones de larga distancia, los usuarios están preparados a aceptar retardos de hasta 400 ms.

El retardo es un problema insignificante para PSTN, pues en CSN sólo el retardo de propagación está presente y éste sólo depende de la distancia. Pero en VoIP hay muchas fuentes de retardo que se suman para hacer de el retardo uno de los mayores retos técnicos para las redes de convergencia basadas en IP, como muestra la Figura 4.

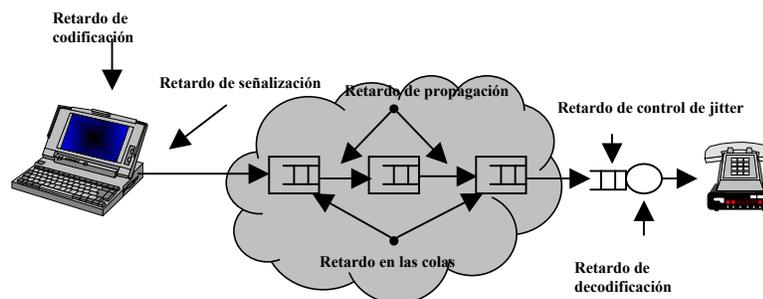


Figura 4. Retardos de la voz en una red IP

1. *Retardo de codec*: corresponde a la conversión A/D y a la compresión para reducción de ancho de banda. Los esquemas de codificación más comunes pueden tomar entre 10 y 40 ms. por paquete y la decodificación puede tomar entre 5 y 20 ms.

2. *Retardo de serialización*: es el tiempo que toma colocar el paquete en la línea de transmisión y depende de la velocidad de esta. Por ejemplo, se necesitan 125 microsegundos para colocar un byte de información sobre una línea de 64 kbps. Mientras mayor es la longitud del paquete, mayor es el retardo de serialización.

3. *Retardo en las colas*: en los puntos de conmutación como enrutadores y gateways, los paquetes compiten por el uso del enlace de salida y, consecuentemente, deben esperar a que sean transmitidos los paquetes que llegaron antes. Como el número de paquetes en la cola depende de las características estadísticas del tráfico, este retardo es altamente variable aún entre paquetes consecutivos. Mecanismos como los servicios diferenciados (Diffserv) y RSVP pueden disminuir el retardo de los paquetes de voz (aumentando el retardo de los paquetes de datos).

4. *Retardo de propagación*: es el tiempo necesario para que las señales electromagnéticas u ópticas viajen de un punto a otro.

Otras fuentes de retardo incluyen los modems en redes de marcación, las ineficiencias de los sistemas operativos en PCs multimedia, las tarjetas de audio en estos PCs, etc. Otro retardo adicional es el que se introduce a propósito para controlar el jitter, como se explica en la siguiente subsección.

### C. Variaciones en el retardo

La varianza de los tiempos entre llegadas de paquetes al receptor (el *jitter*) es potencialmente más impactante para VoIP que el retardo mismo. En efecto, la adecuada secuencia en el tiempo es una característica importante de la voz, de manera que si dos sílabas de una palabra se pronuncian con cierto intervalo entre ellas, ese intervalo es tan importante como las sílabas mismas y un retardo adicional entre ellas rompería el ritmo de la voz. Además, si un paquete IP tarda mucho más que el

promedio, se considerará un paquete perdido, afectando correspondientemente la calidad de la voz.

Estas variaciones se presentan por la variabilidad del retardo en las colas y por la posibilidad de que cada paquete tome una ruta diferente dentro de la red IP. Para controlar este fenómeno, el receptor almacena el primer paquete en un buffer anti-jitter por determinada cantidad de tiempo (50 ms. por ejemplo) antes de empezar a reproducirlo, como muestra la Figura 5. En ella se observa cómo el receptor añade un retardo fijo  $R$  al primer paquete de cada período de sonido de manera que, si el retardo experimentado por dicho paquete fue  $R_0$ , el retardo total será  $R_t=R+R_0$ . Los siguientes paquetes se construyen a la misma tasa constante con que se produjeron, uno cada  $R_p$  segundos.

Se debe encontrar un tamaño óptimo del buffer que permita controlar el jitter sin aumentar el retardo a niveles excesivos. Algunos equipos comerciales lo ajustan dinámicamente de acuerdo con la variabilidad de la red.

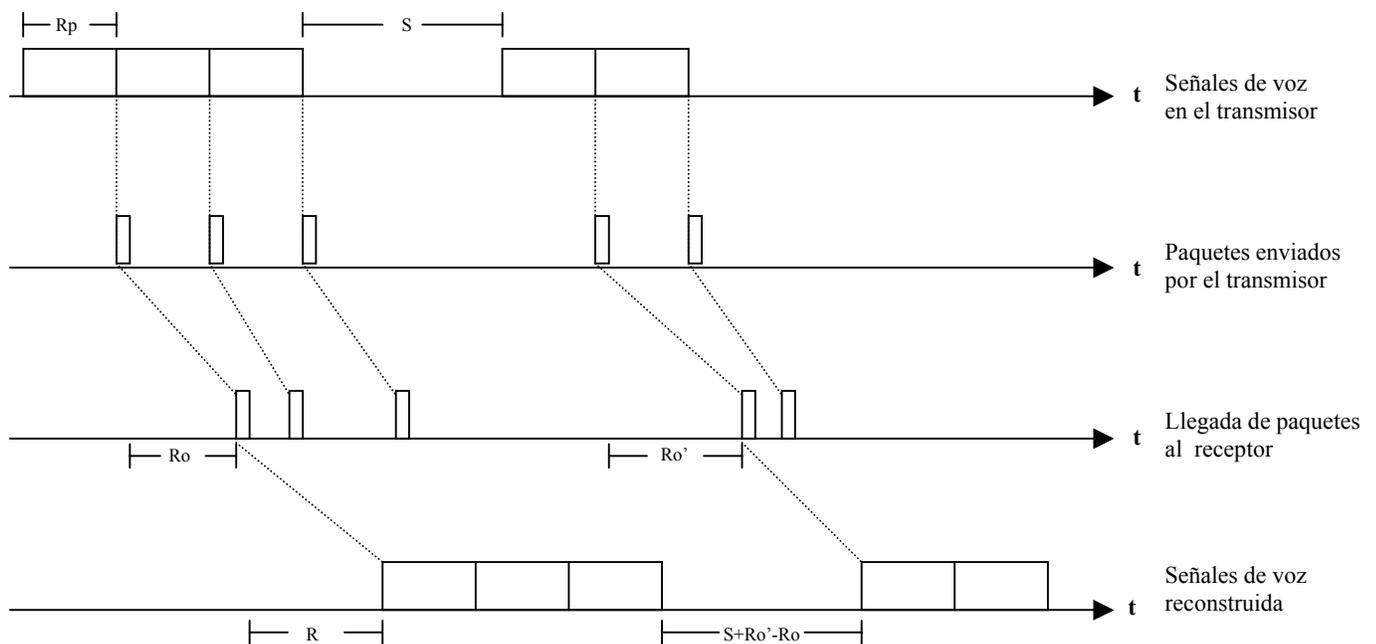


Figura 5. Algoritmo para reconstrucción de señales de voz paquetizadas

## V. RETOS TÉCNICOS DE LA INTEGRACIÓN DE VIDEO SOBRE REDES DE CONVERGENCIA BASADAS EN IP [11]

El objetivo final de las redes de convergencia es el ofrecimiento de servicios, tales como aprendizaje a distancia, bibliotecas digitales, telemedicina, videoconferencias, y hasta video-por-demanda, para lo cual el elemento esencial es la transmisión de video en

tiempo real a través de Internet. Aunque los video clips son comunes en las aplicaciones multimedia sobre Internet, su transmisión en tiempo real aún es una ilusión remota, debido a que el video en tiempo real requiere un ancho de banda mucho mayor y es mucho más sensible a los retardos que la voz y los datos de las actuales redes de convergencia sobre IP.

La solución a este problema deberá asumirse desde la perspectiva del transporte y desde la perspectiva de la compresión, ambos tendientes a controlar tanto la congestión como el error. En efecto, la congestión es la principal causa de la degradación en la señal de video por las pérdidas de paquetes consecutivos, por lo que el control de la congestión debe ser la manera fundamental de corregir o prevenir los problemas de QoS. Y la forma directa de ejercer este control desde la fuente de información es mediante el ajuste de la tasa de codificación, de manera que esta se ajuste en cada instante al ancho de banda disponible (o a un estimado). Pero aún con mecanismos adecuados de control de tasa de codificación, las pérdidas inevitables de paquetes introducirán una degradación que puede compensarse mediante mecanismos de control de error, ya sea transmisión de información redundante para corregir errores, retransmisiones sujetas a retardos mínimos, esquemas resistentes a errores que limitan el daño causado por la pérdida de paquetes, o esquemas disimuladores de errores que buscan disminuir el efecto de las pérdidas mediante la interpolación espacial y/o temporal.

## **VI. CONCLUSIONES**

El mundo de las telecomunicaciones está transitando aceleradamente hacia la convergencia de los dominios de la voz y los datos, con la esperanza de integrar posteriormente servicios adicionales como el video.

La infraestructura de la Internet y la madurez y aceptación universal de sus protocolos, hacen del modelo de redes de convergencia basadas en IP la forma más adecuada para el rápido desarrollo de estas nuevas redes de convergencia, así como el desarrollo y perfeccionamiento de las distintas técnicas que aseguren los niveles de calidad de servicio.

La arquitectura de VoIP es ideal para introducir las redes de convergencia basadas en IP por reducción de costos, simplicidad, flexibilidad etc.

Aunque ya existen múltiples soluciones para Redes de Convergencia en el mercado, el tema es suficientemente nuevo como para que existan muchos interrogantes técnicos por resolver, especialmente en cuanto a la introducción de nuevos servicios como el video en tiempo real y todas las posibles aplicaciones que puedan surgir a partir de dicho servicio.

Para la solución de dichos interrogantes es importante que se conformen grupos de estudio e investigación, liderados por los docentes de la universidad no sólo con miras a la adecuación de la infraestructura nacional de comunicaciones para la implementación óptima de las redes de convergencia sobre dicha estructura, de acuerdo con las

necesidades particulares de nuestra población, sino también con miras al desarrollo de protocolos y arquitecturas que permitan garantizar las calidades de servicio en este tipo de redes de nueva generación, ya que muchas de las tecnologías existentes son susceptibles de ser mejoradas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Alzate, M. Conmutación de paquetes de voz. Reporte de investigación No. 6, Universidad Distrital, Maestría en teleinformática, abril de 1995.
- [2] R. Braden et al. (1997) Resource Reservation Protocol (RSVP) version 1: functional specification. IETF RFC 2205.
- [3] Cisco Systems, (2001), Technical Considerations for Converging Data, Voice and Video Networks. [www.cisco.com](http://www.cisco.com)
- [4] International Engineering Consortium, (2001), Internet model for control of converged networks. [www.iec.org](http://www.iec.org)
- [5] Technical guides, (2001), The converged network infrastructure: An introductory guide. [www.techguide.com](http://www.techguide.com)
- [6] Technical guides, (2001), Voice over IP VoIP. [www.techguide.com](http://www.techguide.com)
- [7] Wienski, R. (2003), IP Telephony Access, Transport, and Gateway Fundamentals. [www.illuminet.com](http://www.illuminet.com)
- [8] Getronics, (2002), Telefonía IP. [www.getronic.com](http://www.getronic.com)
- [9] Iovanna, p., (2003) A Traffic Engineering System for Multilayer Networks Based on GMPLS Paradigm. En: IEEE Network, marzo/abril. Pp 28-37
- [10] LI, T., (1999), MPLS and the Evolving Internet Architecture. En: IEEE Communications magazine, diciembre. Pp. 38-47
- [11] D. Wu, y. Hou (2000). Transporting Real-Time Video over the Internet. En: IEEE Proceedings, diciembre.
- [12] D. Wu, Y. (2000) On end-to-end architecture for transporting MPEG-4 video over the internet. En: IEEE Transactions, septiembre.
- [13] J. Kostas et. al, (1998). Real-Time voice over packet-switched networks. En: IEEE Network, febrero.
- [14] S. Blake, et. al. (1998) An architecture for differentiated services. IETF RFC 2475
- [15] C. Perkins et al. (1997) RTP Payload for redundant audio data. IETF RFC 2198.

