

03063
5



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIA E INGENIERÍA DE LA COMPUTACIÓN

ESTUDIO DEL ESTÁNDAR H.323 PARA
TRANSMISIÓN EN TIEMPO REAL EN
VIDEOCONFERENCIA

EJEMPLAR UNICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN INGENIERÍA

de la Computación
P R E S E N T A:

PATRICIA CHINOS RAMÍREZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. ENRIQUE DALTABUIT GODAS

MÉXICO, D.F.

2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**“Los avances tecnológicos que surjan para eliminar
fronteras y largas distancias entre las personas, no podrán
sustituir nunca a las relaciones humanas”**

**Patricia Chinos Ramírez
Ciudad Universitaria
México, D.F. Julio del 2002**

Dedicatoria

A Dios:

Gracias por darme salud y todo lo que tengo y por iluminar mi camino para salir siempre adelante.

A mis padres Rosita y Baldo:

Por darme la vida, por todo su amor, apoyo, comprensión, orientación y consejos, les debo a Uds. lo que soy. Mi cariño y respeto por siempre. "Gracias papás"

A mi hermano José Antonio:

Por tu compañía y cariño. Tomy: nunca olvides que: "Querer es Poder".

A mis hermanas Massiel y Alma Teresa:

Por poner empeño y esfuerzo para salir adelante. "Las quiero mucho hermanas".

A tí Toñito:

Por estar siempre conmigo ayudándome desde donde quiera que estés.

A la Sra. Edna Gallegos y esposo

Por siempre ayudarme, apoyarme y orientarme con sus consejos, apoyo incondicional y por creer en mí. Gracias.

A Wilfredo Alberto Guzmán Fernández:

Tu amistad a través de la tecnología me inspiró para la realización de éste trabajo. Gracias por tu amistad.

Patricia Chinos Ramírez

Agradecimientos

A mi director de tesis: Dr. Enrique Daltabuit Godas:

Gracias por su ayuda, por su confianza en mi, por apoyarme con todo lo necesario para poder desarrollar éste trabajo y por darme sus conocimientos como profesor a lo largo de la maestría.

Al Dr. Alejandro Pisanty:

Gracias por apoyarme con información para realizar mi trabajo de tesis y por su orientación cuando tuve problemas.

A mis profesores sinodales: Dr. Boris Escalante Ramírez, Dr. Gerardo Vega Hernández, Dr. Pablo R. Pérez Alcazar, e Ing. Mario Rodríguez Manzanera.

Agradezco muy sinceramente su disposición y el tiempo dedicado para la revisión y corrección de mi trabajo. Así como sus acertadas observaciones al mismo.

A mis profesores en la maestría:

Por brindarme sus enseñanzas para formarme como una profesional y tener una visión más amplia del conocimiento.

A mis compañeros de la maestría:

Por darme su amistad y ayuda en todo momento y por salir adelante a pesar de las adversidades vividas a lo largo de ésta maestría.

A Lulú:

Por estar siempre al pendiente y preocuparte de todos nosotros. Gracias por creer siempre en mi y darme ánimos para salir adelante siempre que lo necesite.

A mi México:

Porque creo en ti, porque me diste la oportunidad de formarme como profesional en una maravillosa Universidad, a la que tengo el honor de pertenecer: Universidad Nacional Autónoma de México. Gracias a todo su personal académico y administrativo y a las instituciones como el CONACYT por apoyar económicamente para no limitar el progreso profesionalmente.

Gracias

Índice

| | Pág. |
|---|------|
| Índice | i |
| Introducción | v |
| Capítulo 1: Introducción | |
| 1.1 Transmisión en tiempo real | 2 |
| 1.2 Tráfico multimedia | 3 |
| 1.3 Calidad de servicio | 5 |
| 1.3.1 Aplicaciones de tiempo real | 6 |
| 1.3.2 Aplicaciones elásticas | 7 |
| 1.4 Modelos de servicios | 9 |

Capítulo 2: Transmisión en tiempo real

| | |
|--|----|
| 2.1 Elementos de la transmisión en tiempo real | 12 |
| 2.2 Modelo de una red en tiempo real | 13 |
| 2.3 El tráfico | 16 |
| 2.3.1 Algoritmo Leaky bucket | 17 |
| 2.3.2 Algoritmo Token bucket | 18 |
| 2.3.3 Modelo Tenet | 19 |
| 2.4 Planificadores | 19 |
| 2.5 Disciplinas de servicio | 20 |
| 2.6 Gestión del tráfico | 20 |
| 2.7 Protocolos de comunicación con calidad de servicio | 21 |
| 2.8 RSVP (Resource ReSerVation Protocol) | 23 |
| 2.8.1 Clases de calidad de servicio para RSVP | 25 |
| 2.8.2 Funcionamiento del protocolo RSVP | 26 |
| 2.8.3 Modelos de reserva de recursos | 27 |
| 2.8.4 Tipos de encaminamiento para el protocolo RSVP | 28 |

Capítulo 3: El estándar H.323

| | |
|---|----|
| 3.1 Antecedentes | 31 |
| 3.2 Diferencias de H.323 con respecto a H.320 | 33 |
| 3.3 Estándar H.323 | 36 |
| 3.4 Arquitectura de H.323 | 38 |
| 3.4.1 Unidad del sistema de control | 38 |
| 3.4.2 Protocolos de audio y vídeo | 40 |
| 3.4.3 Comunicaciones de datos T.120 | 41 |
| 3.4.4 Señalización | 41 |
| 3.4.5 Seguridad H.323 | 41 |
| 3.5 Componentes de H.323 | 42 |
| 3.5.1 Terminal H.323 | 42 |
| 3.5.2 Gateway (GW) | 43 |
| 3.5.3 Proxy H.323 | 44 |
| 3.5.4 Gatekeeper (Gk) | 45 |
| 3.5.5 Unidad de Control Multipunto (MCU) | 46 |
| 3.6 Protocolos en H.323 | 47 |
| 3.7 H.323 en el Modelo OSI | 49 |

| | |
|--|-----|
| Capítulo 4: Videoconferencia con el estándar H.323 | |
| 4.1 Introducción..... | 51 |
| 4.2 El sistema de videoconferencia H. 323 | 52 |
| 4.3 Procesos en una videoconferencia H.323 | 53 |
| 4.4 Funcionamiento de una Videoconferencia empleando el estándar H.323 | 55 |
| 4.4.1 Protocolos de audio y vídeo | 56 |
| 4.4.2 Comunicaciones de datos T.120 | 56 |
| 4.4.3 Interoperabilidad y prueba de H.323 en videoconferencia | 56 |
| 4.5 Productos y servicios de conferencia H.323 | 58 |
| 4.6 Limitaciones tecnológicas de la videoconferencia tradicional y la solución de H.323 | 60 |
| 4.7 Beneficios de H.323 en videoconferencia | 62 |
| 4.7.1 Compatibilidad | 62 |
| 4.7.2 Interoperabilidad | 63 |
| 4.7.3 Centralización | 64 |
| 4.7.4 Ancho de banda | 64 |
| Capítulo 5: Pruebas de productos para videoconferencia con el estándar H.323 en la UNAM – México | |
| 5.1 Infraestructura H.323 en México | 69 |
| 5.1.1 H.323 en la UNAM | 71 |
| 5.2 Pruebas a equipos de videoconferencia realizadas por el grupo de investigación de H.323 de la UNAM | 74 |
| 5.2.1 Polycom | 74 |
| 5.2.2 Vcon | 78 |
| 5.2.2.1 Comunicación internacional | 83 |
| 5.2.3 Aethra | 89 |
| 5.2.4 Tandberg | 94 |
| 5.3 Resultados generales | 95 |
| Conclusiones | 99 |
| Bibliografía | 103 |

Handwritten text, possibly a signature or name, consisting of stylized characters and lines.

Introducción

El concepto de Transmisión en tiempo real fue establecido por Dómenico Ferrari¹ a finales de la década de los 80's. El creó un grupo de investigación sobre transmisión en tiempo real en la Universidad de Berkeley en California; los resultados de los trabajos de este grupo se tienen en el diseño e implementación de una red en tiempo real llamada Tenet Suite². Posteriormente, a principios de los 90's se empezó a aplicar a las redes en tiempo real la teoría del flujo³. Como consecuencia de los desarrollos anteriores, El Grupo de Trabajo de Ingeniería en Internet (IETF)⁴ creo alrededor de 1993 varios grupos de trabajo con el objetivo de

¹ D. Ferrari, Real Time Communication in Packet-Switching Wide-Area Networks, Technical Report TR-89-022. International Computer Science Institute, Berkeley, May 1989.

² A. Banerjee, D. Ferrari, B. Mah, D. Verma and H. Zhang, The Tenet Real-Time Protocol Suite: Design, Implementation and Experiences, IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 4, n. 1, pp. 1-10, February 1996.

³ Trabajo: modelo matemático para el cálculo de retraso en redes presentado por R. Cruz en 1991 y la obtención de una ecuación del retraso con redes con planificadores WFQ (Weighted Fair Queuing) presentado por Parekh y Gallager en 1992.

⁴ IETF : Internet Engineering Task Force

proporcionar calidad de servicio a redes IP⁵, como: el IntServ⁶ y el RSVP⁷. El resultado fue la especificación de un protocolo de reserva de recursos y varias especificaciones de calidad de servicio, para transmisión en tiempo real.

Desde la aparición del primer sistema de videoconferencia comercial en 1992⁸, la videoconferencia vino a abrir nuevas posibilidades dentro de las empresas en diferentes campos profesionales como en la medicina, la educación, etc., permitiendo llevar a cabo reuniones a largas distancias con beneficios como: optimización de tiempo, reducción del desgaste humano, reducción de gastos y la facilidad de transmisión de información. La videoconferencia desde entonces y hasta ahora, ha estado en una continua evolución tecnológica y de aplicación de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

En enero de 1998, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) da la aprobación de utilizar estándares basados en protocolos IP para sistemas de videoconferencia como el H.323, el cual al realizar encuentros con vídeo en tiempo real superó los resultados obtenidos mediante otros medios como ISDN⁹ que emplea el estándar H.320. Además, contrariamente a lo que sucede con otros estándares, no es necesaria una inversión económica tan elevada, ya que este nuevo estándar se adapta automáticamente a las características de las redes más rápidas.

Las aplicaciones en tiempo real como la videoconferencia no siempre han obtenido los resultados deseados, debido a que requieren elevados recursos en ancho de banda, mínimos retrasos de transmisión, baja tasa de errores, máxima calidad de servicio, etc., lo que genera un alto costo de equipos y de los medios de transmisión, para evitar problemas técnicos como desconexión, falla de transmisión de audio y/o vídeo, entre otros; por eso los últimos avances se han centrado principalmente en crear nuevos estándares como H.323 y en mejorar

⁵ IP: Internet Protocol

⁶ IntServ: Integrated Services Group

⁷ R. Braden, L. Zhang, S. Berson and S. Jamin : Resource Reservation Protocol (RSVP). Version 1 Functional Specification. Internet RFC 2205, Sep. 1997

⁸ J. R. Wilcox, Videoconferencing, 3ª Ed. CISSP, Feb. 2000

⁹ ISDN: Integrated Services Digital Network

distintos aspectos de las redes de comunicación, tal es el caso de Internet2, que es una red avanzada tecnológicamente, la cual proporciona un ancho de banda mas grande, con mayor velocidad y estabilidad y que cuenta con el uso de herramientas para asegurar la calidad de servicio, permitiendo así, la generación de nuevas aplicaciones que sirven de soporte a la investigación científica, educación a distancia, etc., a nivel nacional como internacional.

El H.323 es considerado un estándar con alcances ventajosos, abierto a la interpretación de diferentes fabricantes para la implementación de productos utilizados en transmisión en tiempo real. La calidad de la videoconferencia bajo el estándar H.323 se considera aceptable, sin embargo presenta algunas limitaciones; es por eso, que esta tesis tiene como objetivo el determinar sus límites. Además de poder establecer las condiciones técnicas ideales para obtener una videoconferencia H.323 con calidad aceptable.

Las principales contribuciones que aporta esta tesis son el dar a conocer el resultado del funcionamiento del estándar H.323, independientemente del tipo de red de comunicación empleado como pueden ser redes locales, Internet e Internet2, mediante pruebas en diferentes productos de fabricantes que utilizan el estándar¹⁰. Y determinar los límites del estándar H.323 en la transmisión de información multimedia en tiempo real en la implementación de la aplicación de Videoconferencia H.323.

Finalmente, se puede decir que el uso del estándar H.323 es una de las posibles soluciones a los problemas que presenta la aplicación de videoconferencia, pero no es la definitiva.

¹⁰ "Aplicaciones de H.323 en Internet2", trabajo presentado en el Seminario del Laboratorio de Interoperabilidad, el 19 de septiembre de 2001 en el auditorio de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA) en Ciudad Universitaria, por el grupo de Investigación de H.323 de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Capítulo 1

Introducción

La transmisión de información multimedia en tiempo real se ha convertido en una realidad. Tradicionalmente, la información multimedia (datos, voz y vídeo) se transmite por distintos medios como el cine, la televisión, etc. Aunque también es posible recibir dicha información a través de las redes de comunicaciones. Y es gracias al crecimiento que han tenido las redes de comunicación como Internet e Internet2, que se puede transmitir información multimedia en tiempo real a casi todas partes del mundo.

Desafortunadamente, las aplicaciones en tiempo real, como la videoconferencia, no siempre se han realizado con los resultados deseados, debido a que tienen requerimientos elevados en términos de ancho de banda, retraso de transmisión permitido y tasa de errores. Por ejemplo, en Internet se ha llevado a cabo la transmisión de información multimedia en tiempo real con resultados no

totalmente aceptables, por lo que se están utilizando otro tipo de servicios, como la televisión digital por cable, radio digital, etc., los cuales reportan mejores resultados pero implican un costo mayor. Podría decirse que el esquema de servicio ofrecido por las redes actuales es totalmente inadecuado, por lo que se requieren nuevos requisitos en las redes de transmisión, como es la especificación de calidad de servicio (QoS)¹, la cual puede ser proporcionada por redes de comunicaciones como Internet2.²

A continuación se describen los conceptos mas importantes que se emplean en la transmisión en tiempo real.

1.1 Transmisión en tiempo real

El concepto de transmisión en tiempo real fue establecido por Dómenico Ferrari³ a finales de la década de los 80's. El creó un grupo de investigación sobre transmisión en tiempo real en la Universidad de Berkeley en California; los trabajos de éste grupo están basados en aplicar los conceptos tradicionales de tiempo real a redes de tiempo real como: planificadores con prioridades, tareas planificables, etc., los resultados de estas ideas se tienen en el diseño e implementación de una red en tiempo real llamada Tenet Suite⁴. Algunos de los conceptos importantes establecidos por éste grupo fueron: la función de tráfico limitado, envolvente empírica y la caracterización del tráfico.

Para Ferrari, "Se denomina servicio de transmisión en tiempo real aquel cuyos clientes pueden especificar los requerimientos sobre la calidad de servicio esperado y obtener garantía del cumplimiento de estos requerimientos".

¹ QoS: Quality of Service

² <http://www.internet2.edu.mx>

³ D. Ferrari, Real Time Communication in Packet-Switching Wide-Area Networks, Technical Report TR-89-022. International Computer Science Institute, Berkeley, May 1989.

⁴ A. Banerjee, D. Ferrari, B. Mah, D. Verma an H. Zhang, The Tenet Real-Time Protocol Suite: Design, Implementation and Experiences, IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 4, n. 1, pp. 1-10, February 1996.

Dado que la transmisión de audio y vídeo requieren un nivel de calidad garantizado durante el tiempo de la transmisión; entonces se necesita un sistema de comunicaciones que proporcione, a las aplicaciones, los servicios y el control necesarios para la gestión de la calidad de servicio. Por ejemplo: se considera a las redes basadas en paquetes como el IP (Internet e Internet2), uno de los mejores medios de comunicación, por maximizar la utilización de la red mediante el multiplexado de canales, además de poder proporcionar comunicación multipunto y fiabilidad adaptándose a la dinámica de la red; pero esto hace que el comportamiento sea difícilmente predecible. Aunque también se tienen las redes basadas en conexión, las cuales proporcionan un servicio garantizado, pero hacen un uso ineficiente de los recursos de la red, pues no se adaptan a los fallos de la red y no soportan comunicaciones multipunto.

1.2 Tráfico multimedia

El tráfico multimedia esta formado por el audio, el vídeo y el medio por el cual se puede transmitir. Para realizar la transmisión es necesario cumplir con los siguientes requerimientos⁵:

Ancho de banda. Como el tráfico multimedia maneja grandes cantidades de información, ésta se manipula en forma comprimida, por lo que el ancho de banda depende del grado de compresión y de la calidad con que se quiera transmitir. Los estándares más utilizados para la compresión de vídeo son: el MPEG de ISO⁶ que requiere un ancho de banda de 1.2 a 40 Mbps, el DVI de Intel⁷ que requiere un ancho de banda de 1.2 a 1.8 Mbps y el H.261 de la ITU⁸ que requiere un ancho de banda de 0.064 a 2 Mbps. En el audio, la codificación ADPCM⁹ o

⁵ D.Hehmann, M. Salmony, H.J. Stuttgen, "Transport Services for Multimedia Applications on Broadband Networks", Computer Comm. Rev., Vol. 13 No.4, May 1990

⁶ ISO: International Organization of Standardization

⁷ DVI: Digital Voice Incorporated

⁸ ITU: International Telecommunications Union

⁹ ADPCM: Adaptive Differential Pulse Code Modulation

CELP¹⁰ emplea un ancho de banda de 4 a 32 kbps y la codificación MP3 se requiere un ancho de banda de 32 a 256 kbps.

Retraso de transmisión. Para la transmisión de información multimedia se sugiere como máximo un retraso de 150ms en las aplicaciones de vídeo, requerimiento del CCITT¹¹ de la fuente al destino.

Los componentes del retraso son¹²: el retraso en la compresión de paquetes en la fuente, el retraso de transmisión en la red, el almacenamiento en el destino y retraso de las señales de sincronización, el retraso de la unión de los paquetes y la descompresión en el destino.

Por ejemplo, el vídeo tiene 30 cuadros por segundo, lo que toma un tiempo máximo de compresión-descompresión de aproximadamente 40ms, lo que deja un retraso máximo de aproximadamente 110ms para la transmisión en la red. En el caso de una ruta común que pasa por una red local, una red amplia o extensa y arriba a una red local, tomando en cuenta los elementos de enlace como los gateways, encaminadores, etc; entonces queda un retraso máximo aceptable de aproximadamente 15ms por cada red. Cabe hacer notar que existen más factores de los que depende el retraso. En el caso del audio, éste parámetro debe tener muy poca variación.

Fiabilidad. Los protocolos empleados en la transmisión de información multimedia tienen sistemas de control de errores y de reenvío de paquetes para asegurar que la fiabilidad sea transparente en el paso a los niveles superiores. Pero esto puede ser negativo pues genera un retraso, por eso el tratamiento y la gestión de errores deben estar en los niveles superiores.

Sincronización de canales y multidifusión. Cuando la información multimedia llega de diferentes medios de comunicación, es necesario sincronizar los distintos flujos en el destino, para esto se emplea una combinación de mecanismos de asignación de tiempos y almacenamiento antes de su visualización; esto no es un

¹⁰ CELP: Code Excited Linear Prediction

¹¹ CCITT: Community Colleges for Innovative Technology Transfer

¹² H.J. Stuttgart, "Network Evolution and Multimedia Communication" IEEE Multimedia. 1995.

problema de la red, pero si es un problema del destino. La característica de multidifusión de las redes es común en el tráfico multimedia, pues permite el ahorro de recursos en la red al utilizar un único medio de transmisión que es posible compartir con los receptores.

1.3 Calidad de servicio

Calidad de servicio según Vogel¹³, representa “el conjunto de las características tanto cuantitativas como cualitativas de un sistema distribuido necesarias para alcanzar las funcionalidades requeridas por una aplicación”.

La funcionalidad abarca la presentación de la información y la satisfacción general del usuario. Las necesidades dependerán del tipo de aplicación y pueden variar durante la transmisión.

En las transmisiones en tiempo real, se requiere que todos los niveles que compongan la arquitectura de la red deben garantizar prestaciones mínimas y determinísticas. Los requerimientos mínimos están relacionados con el tiempo de entrega de los paquetes de información, la tasa de pérdida de información y el ancho de banda, además de la eficiencia en el uso de la red, la tasa de errores y retransmisiones.

El tráfico se puede dividir en distintas categorías definidas en función de la tolerancia a los parámetros indicados o bien por los requerimientos definidos por los parámetros¹⁴. En la siguiente figura se muestran los diferentes tipos de tráfico en función de la sensibilidad al retraso o pérdida (Ver figura No.1).

¹³ A. Vogel, B. Kerherve, G. Bochmann and J. Gecsei, “Distributed multimedia ans QoS: A survey”, IEEE Multimedia Summer 1995,

¹⁴ R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog and S. Jamin, “Resource Reservation Protocol RSVP”, RFC 2205, Sep. 1997

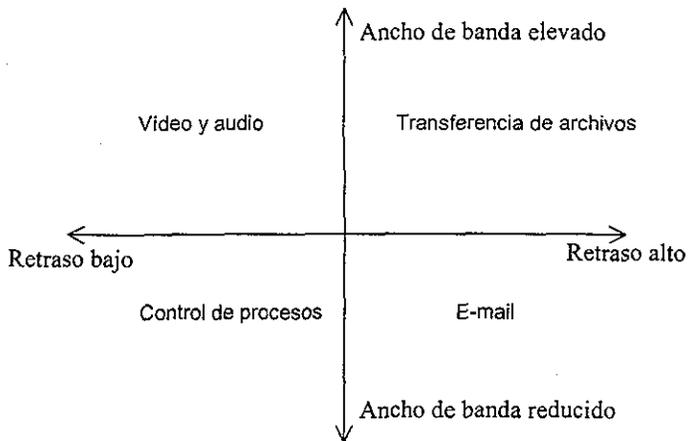


Figura No.1.- *Tipos de tráfico en función de la sensibilidad al retraso*

En la figura se muestra el grado en que los servicios prestados por una aplicación dependen del retraso en el medio, lo que permite clasificar a las aplicaciones en aplicaciones de tiempo real y elásticas.

1.3.1 Aplicaciones de tiempo real

En éstas, el emisor toma una señal, la convierte en paquetes y los transmite por la red. El receptor debe tratar el retraso producido por la red, para esto la aplicación deberá de saber a priori el máximo retraso que los paquetes pueden experimentar.

El retraso afecta a las aplicaciones de las siguientes formas:

- El tiempo del retraso determina la latencia de la aplicación y
- El retraso individual de los paquetes puede hacer que la fidelidad decaiga si se excede el tiempo de retraso máximo permitido.

En el último caso, la aplicación puede retrasar su ejecución normal para reproducir o sustituir los paquetes retrasados, esto genera distorsión o bien solo los descarta, lo que genera una señal incompleta.

En base a lo anterior, se tienen dos tipos de aplicaciones:

Las aplicaciones intolerantes, que son aquellas que no se pueden adaptar a que un paquete se retrase más del límite predeterminado, necesitan un límite superior al retraso determinista y por lo tanto requieren de un modelo de servicio garantizado o determinista.

Las aplicaciones adaptativas, que son aquellas que pueden tolerar que lleguen paquetes con un mayor retraso, necesitan un modelo de servicio que se conoce como predictivo o estadístico, el cual proporciona un servicio muy fiable pero no seguro. Es decir, estas aplicaciones pueden aceptar una disminución en la calidad del servicio, debido a que aumenta el uso de los recursos de la red, para poder proporcionar un límite en el retraso. El tráfico debe ser caracterizado y la red tiene que ejercer un control de admisión sobre nuevos tráfico que asegure que una petición de flujo puede ser tratada con la calidad de servicio requerida.

1.3.2 Aplicaciones elásticas.

Son aquellas que esperan a que los datos lleguen. No requieren ninguna caracterización del servicio para poder funcionar. El modelo de servicio para estas aplicaciones es el de proporcionar un servicio tan rápido como se pueda¹⁵. A diferencia de las aplicaciones de los modelos en tiempo real, éstas no están sujetas a control de admisión. Por ejemplo: FTP¹⁶, Telnet, X-Windows, NFS¹⁷, etc.

¹⁵ ASAP: as-soon-as-possible

¹⁶ FTP: File Transfer Protocol

¹⁷ NFS: Network File System

En el tráfico también se debe de considerar el ancho de banda y el retraso necesario para la transmisión, tal como se muestra en la siguiente figura (Ver figura No.2):

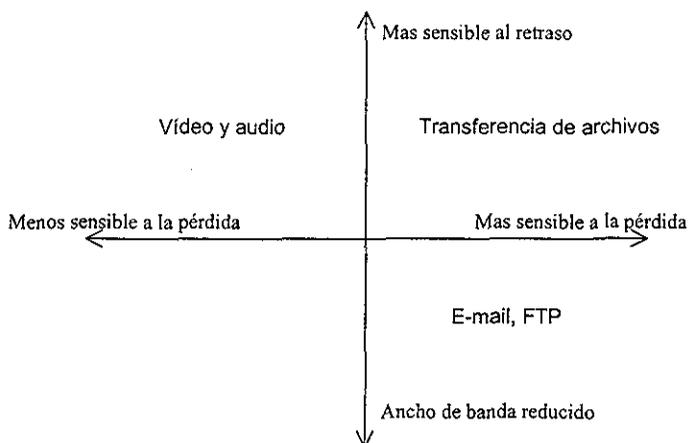


Figura No.2.- Tipos de tráfico en función de la sensibilidad a la pérdida

De la figura anterior, se puede observar como el correo electrónico y la transferencia de archivos son mas sensibles a la pérdida y menos sensibles al retraso, en forma contraria a la transmisión del vídeo y el audio.

Las aplicaciones requieren de diferentes niveles de calidad de servicio. Los niveles de baja calidad son fáciles de implementar utilizando mecanismos simples de gestión, por ejemplo controlando en forma periódica el nivel de carga de una red y aumentando sus recursos antes de que estén congestionados. Para obtener un servicio garantizado, es decir una alta calidad de servicio, se deben sobredimensionar los recursos de la red y asignarlos para poder garantizar éste nivel de servicio. Con esto, se puede medir la calidad de servicio que ofrece la red en función de la eficiencia de los recursos que utiliza.

La relación calidad y eficiencia es un aspecto muy importante a considerar en el diseño de las redes en tiempo real.

1.4 Modelos de servicios

Los modelos de servicio definen las propiedades que debe cumplir un servicio y lo que éste ofrece a las aplicaciones que lo utilicen.

Existen dos modelos de servicios y son: los servicios integrados (IntServ) y los servicios diferenciados (Differv).

El **modelo de servicios integrados**, pretende integrar todos los tipos de tráfico posibles en una misma red de uso general¹⁸. Ofrece servicios definidos con una determinada calidad de servicio para un tipo de tráfico cuantificado. El modelo está asociado a mecanismos de admisión y reserva de recursos en la red. Por ejemplo: una aplicación pide una calidad de servicio en particular y la red se la proporciona o le concede un nivel de recursos menor que el pedido.

En el **modelo de servicios diferenciados**, la red clasifica el tráfico en distintas clases y les aplica una disciplina de servicio diferenciada con el objetivo de proporcionar distintos niveles de calidad de servicio; pero no se reservan recursos por lo que no se puede garantizar a priori una calidad de servicio. Por consecuencia, se pueden tener varias clases de servicio para tiempo real, con varios niveles de retraso. Hay niveles con servicio predictivo y otros sólo con garantía de entrega. El cliente escogerá el tipo de servicio en función del tráfico a transmitir y el precio que quiera pagar.

En sí, en este modelo no es complicada la implementación e integración con otros protocolos IP, donde cada paquete puede ser marcado con la clase de servicio que requiere y así con esta marca los encaminadores puedan diferenciar el tipo de servicio por cada paquete.

¹⁸ R. Braden, D. Clark, S. Shenker, "Integrated services in the Internet Architecture: An Overview", RFC 1633, July 1994

Capítulo 2

Transmisión en tiempo real

El principal objetivo de una transmisión en tiempo real es asegurar una calidad de servicio entre el emisor y el receptor. Y ésta dependerá de la calidad de servicio que ofrezca cada subred. Por lo que se requiere de mecanismos globales para gestionar esta calidad y negociar con las subredes la calidad de servicio individualmente. Así, la calidad de servicio global será consecuencia de las calidades de servicio negociadas en cada una de las subredes.

La gestión de calidad de servicio en cada subred esta determinada por el modelo de servicio deseado, pudiendo ser un servicio integrado o diferenciado. Este modelo determinará como se gestionan los recursos en la subred y la relación con el resto de las subredes.

Por otro lado, para gestionar la calidad de servicio se requiere tomar en cuenta un mecanismo de señalización, o sea el contenido de los mensajes que se envían entre los distintos componentes de la red para gestionar los recursos. Con éstos

se puede garantizar una cierta calidad de servicio pero en consecuencia se tiene el incremento en el consumo de recursos; lo que puede originar una sobrecarga en la red.

2.1 Elementos de la transmisión en tiempo real

Para la transmisión multimedia, los servicios de comunicaciones deben especificar y asegurar la calidad de servicio y ofrecer soporte para la comunicación de grupos. La comunicación de audio o vídeo requiere proporcionar un cierto nivel de calidad de servicio que debe permanecer durante el tiempo que dure la transmisión. Este nivel de calidad lo tienen que establecer las aplicaciones a la hora de comunicarse; por lo cual se deben de proporcionar mecanismos como: el establecimiento de los canales, la negociación de los niveles de calidad entre emisor - receptor, sistemas intermedios, control de la red, y el corte de los canales. La comunicación multimedia se realiza por lo general en grupos de mas de dos usuarios; dichos grupos pueden tener miembros estáticos o dinámicos, control de acceso centralizado o distribuido de los miembros y miembros con características y requerimientos homogéneos o heterogéneos.

Una vez establecida la comunicación, los requerimientos en cuanto a tratamiento de errores y control de flujo son menores. La implementación de estos sistemas incluye el desarrollo de nuevos encaminadores que soporten este tipo de transmisión.

Las redes IP basadas en paquetes tienen como objetivo maximizar la utilización de la red por medio de la multiplexación de los canales, ya que pueden proporcionar comunicación multipunto y robustez, adaptándose a la dinámica de la red. Este funcionamiento hace que el comportamiento sea difícilmente predecible.

Las redes basadas en conexión proporcionan un servicio garantizado, pero hacen un uso ineficiente de los recursos de la red, pues no se adaptan a los fallos de ésta y no soportan comunicaciones multipunto.

2.2 Modelo de una red en tiempo real

Una red en tiempo real se puede modelar como una red de flujos, en el que cada canal es un flujo¹⁹, tal como se muestra en la siguiente figura:

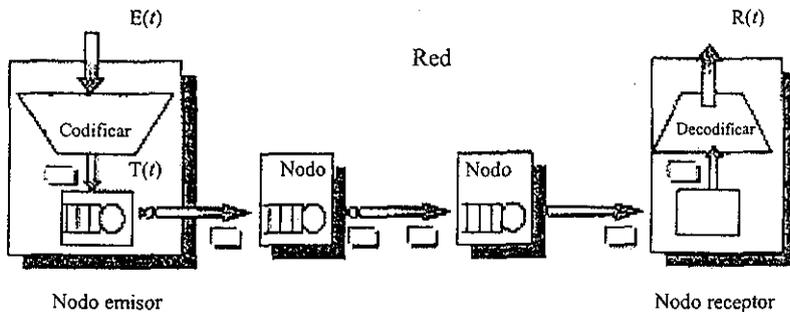


Figura No. 3.- Modelo de una red en tiempo real

El emisor introduce en la red información a transmitir lo que constituye un flujo de entrada $E(t)$ y el receptor recibe un flujo de salida $R(t)$ lo que conforma la información recibida. El emisor introduce el flujo en la red a una determinada tasa. Este flujo se codifica en paquetes en el emisor. Cuando un paquete de un flujo llega a un nodo por medio de su enlace de entrada, lo pasa al nodo de salida aplicando una disciplina de servicio: si en ese momento no lo puede transmitir lo almacena en una cola, lo cual provoca un retraso en el flujo. Cuando este paquete llega al receptor se decodifica para formar el flujo de salida $R(t)$. Por lo tanto, el almacenamiento momentáneo del flujo en la red es lo que provoca el retraso entre el emisor-receptor como se puede ver en la siguiente figura (Ver figura No.4).

¹⁹ J.A. Cobb "Flow Theory", IEEE/ACM Transactions on Networking, Oct. 1997

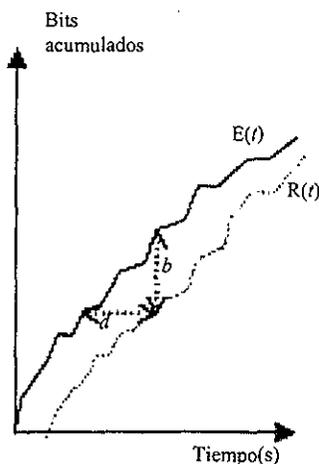


Figura No. 4.- Retraso entre el emisor y el receptor

La función $E(t)$ representa los bits enviados y $R(t)$ los bits recibidos en la red para tiempo t . Además la representación de éstas funciones permite calcular dos valores: d , que representa el retraso en función del tiempo y b , que representa la cantidad de la información almacenada en la red. Para calcular una cota del retraso máximo se debe obtener el máximo de d para cualquier tiempo t .

Cuando la red no puede admitir el tráfico introducido a la tasa pedida se producirá un almacenamiento en la red o sea un incremento de b hasta que se produce pérdida de información, tal como se muestra en la siguiente figura (Ver figura No.5).

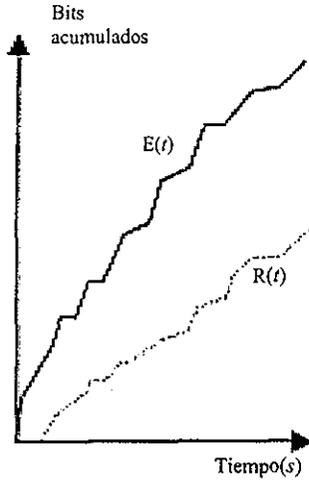


Figura No. 5.- Pérdida de información

Cuando la red puede admitir el tráfico a la misma tasa que la pedida, el almacenamiento será 0 y el retraso sólo dependerá de la latencia de la red o retraso constante como se muestra en la siguiente figura (Ver figura No.6).

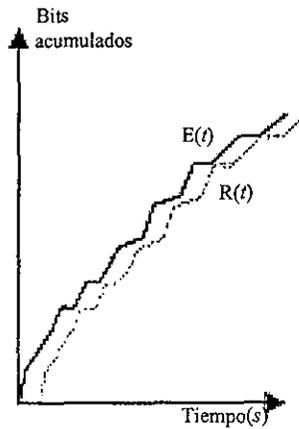


Figura No. 6.- Sin pérdida de información

2.3 El tráfico

Antes de establecer una conexión, el origen del flujo debe informar sobre las características del flujo a transmitir y la calidad de servicio que se desea. La especificación de flujo en una red es un acuerdo entre los componentes de la red para especificar el tráfico que va a tener de una forma precisa y predeterminada²⁰, es decir, esta formada por un conjunto de parámetros que describen cómo el tráfico será introducido en la red y la calidad de servicio deseado por las aplicaciones.

El parámetro más importante de la especificación de flujo es la descripción de cómo se va a introducir el tráfico en la red, es decir el modelo del tráfico a seguir con el objetivo de regular el tráfico a transmitir para eliminar la congestión en la red debido a las características de gran variabilidad del tráfico.

La conformación del tráfico (traffic Shaping) es el mecanismo de regulación de tráfico de acuerdo al modelo del tráfico, el cual permite a la red saber cómo es el tráfico que se transmite para poder decir si lo puede manejar. El proceso de monitorizar el tráfico para que cumpla el patrón acordado se llama comprobación del tráfico (traffic policing). Algunos modelos de tráfico comunes son:

²⁰ Andrew S. Tanenbaum, *Redes de Computadoras*, 3ª. Edición, Prentice-Hall, 1998.

2.3.1 Algoritmo Leaky bucket

Este algoritmo fue creado por Turner y desde entonces ha sido el mas usado para describir el tráfico. Consiste en regular el tráfico a modo de un cubo de goteo, tal como se muestra en la siguiente figura (Ver figura No.7).

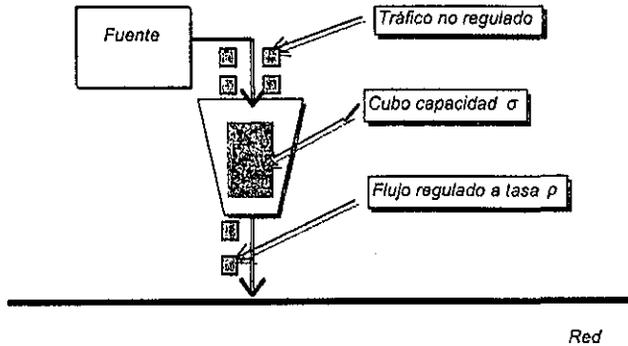


Figura No. 7.- Algoritmo Leaky bucket

En éste, siempre que el cubo tenga contenido se envía a la red con la tasa ρ , así conforme llega un paquete, este se introduce en el cubo y cuando el cubo este lleno, el paquete se descarta, así se limita la tasa de transmisión del tráfico al valor de ρ . En el periodo $[0,t]$ el emisor no puede transmitir más de la capacidad del cubo más el flujo regulado: $(\sigma + \rho t)$ bits. Para evitar la pérdida de paquetes, la capacidad del cubo debe estar debidamente calculada.

2.3.2 Algoritmo Token bucket

Este permite transmitir en un determinado intervalo a tasas superiores a r .

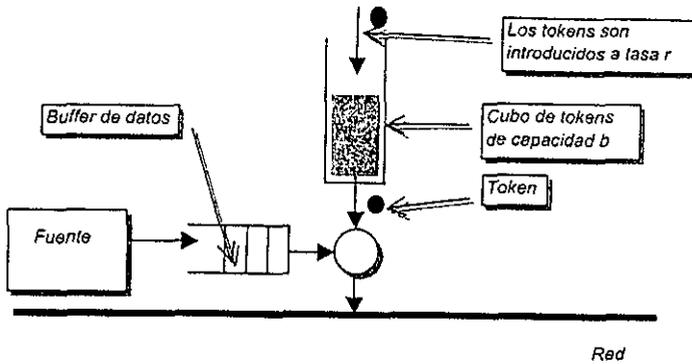


Figura No. 8.- Algoritmo Token bucket

r : tasa de datos sostenibles

b : cuánto se puede exceder esta tasa para cortos periodos de tiempo.

El cubo contiene tokens generados a una tasa r y puede transmitir como máximo b tokens, estando al inicio lleno. Para que se transmita un bit se tiene que tomar un token del cubo y eliminarlo. Siempre y cuando existan tokens, la fuente puede insertar el tráfico a la red a la tasa deseada y cuando se acaben los tokens, tendrá que esperar al próximo token que se genere, lo que hace que la tasa de transmisión disminuya a r (Ver figura No. 8).

Para cualquier periodo de tiempo t , la cantidad de datos enviados no puede ser superior a $rt+b$.

2.3.3 Modelo Tenet

Fue creado por Ferrari²¹ para regular el tráfico en una red en tiempo real. Un tráfico satisface el modelo $(X_{\min}, X_{\text{ave}}, I, S_{\max})$ si el tiempo de llegada entre dos paquetes de tráfico es siempre mayor que X_{\min} , el tiempo medio de llegada entre paquetes es X_{ave} para cualquier intervalo de tiempo I y el tamaño máximo de un paquete es menor que S_{\max} .

El emisor puede enviar a una tasa pico $1/X_{\min}$ hasta que sea forzado a parar la transmisión por el límite impuesto de $1/X_{\text{ave}}$.

2.4 Planificadores

Los planificadores de tráfico tienen múltiples funciones, entre ellas: proporcionar una calidad de servicio a nivel de red aislando unas transmisiones de otras y permitir a los usuarios compartir un enlace de forma equitativa o determinística.

Un planificador funciona como un servidor que proporciona servicio a un conjunto de clientes, los cuales envían paquetes a un sistema de colas para ser servidos y estos son seleccionados por el planificador basándose en una disciplina de servicio definida por el algoritmo de planificación, según los requerimientos de cada cliente.

Un planificador debe contar con las siguientes características²²: aislamiento de flujos, retraso emisor-receptor garantizado, utilización, equidad (fairness), simplicidad de implementación y escalabilidad.

²¹ D. Ferrari and D. Verma, "A scheme for real-time channel establishment in wide-area networks", IEEE Journal on Selected areas in Communications, April 1990

²² A. Varma, D. Stiliadis "Hardware Implementation of Fair Queuing Algorithms for Asynchronous Transfer Mode Networks", IEEE Communications Magazine, Dec. 1997

2.5 Disciplinas de servicio

Los recursos asignados por los planificadores para obtener calidad de servicio son: ancho de banda, tiempo y memoria.

Existen dos tipos de disciplinas de servicios en los nodos²³, las cuales permitirán atender a los nodos según sean sus requerimientos: non work-conserving²⁴, en éste, los nodos intentan mantener el modelo de tráfico, aunque en determinados periodos no se transmita nada. El retraso total es la suma de los retrasos en cada nodo; y work-conserving²⁵, en éste, sí existen en el nodo paquetes por transmitir, se envían. El retraso es dependiente de la reserva de ancho de banda en los nodos.

2.6 Gestión del tráfico

Si no se limita la cantidad de tráfico a transmitir en una red, el servicio ofrecido se degradará y al final se colapsará. Para éstos problemas se tienen las siguientes soluciones: reactivas o de esquema de control, las cuales detectan y reaccionan dinámicamente a la congestión dentro de la red, reduciendo o eliminando parte del tráfico, pero es difícil asegurar la calidad de servicio; y las proactivas o de control de admisión, donde una conexión se acepta sólo si existen suficientes recursos para satisfacer los requerimientos del nuevo canal y los ya existentes.

²³ H. Zhang "Services Disciplines For Guaranteed Performance Service in Packet-Switching Networks", Proceedings of the IEEE, Vol. 83

²⁴ Ejemplo de las disciplinas de servicio non work-conserving son las de tasa controlada como RCSP, Jitter-EDD, "Stop-and-go" y "Hierarchical Round Robin".

²⁵ Ejemplo de las disciplinas de servicio work-conserving son Virtual Clock, Weighted Fair Queuing(WFQ) y General Processor Sharing (GPS).

2.7 Protocolos de comunicación con calidad de servicio

Hasta ahora existen tres niveles de protocolos para ofrecer calidad de servicio²⁶:

Protocolos de bajo nivel. De éstos el protocolo ATM²⁷ es el mas adecuado para la transmisión multimedia por su gestión de la calidad de servicio. Otros que también se pueden utilizar pero con ciertas restricciones son: FDI o Iso-Ethernet²⁸.

Protocolos de red y transporte. El protocolo IPv6 se diseño para poder soportar transmisión multimedia, no así el IPv4.

Protocolos de aplicación. Existen protocolos como el Protocolo para Reserva de Recursos (RSVP) que gestiona el control de admisión y la reserva de recursos. Otros como el Protocolo para Flujo en Tiempo Real (RTSP) o el Protocolo de Tiempo Real (RTP), los cuales se encargan de la transmisión y sincronización de audio y vídeo.

²⁶ A. Vogel, B. Kerhervé, G. Bochmann and J. Gecsei, "Distributed multimedia and QoS: A survey", IEEE Multimedia Summer 1995

²⁷ ATM: Asynchronous Transfer Mode

²⁸ F. E. Ross, D.R. Vaman, "IsoEthernet: An integrated services LAN", IEEE Communications Magazine, August 1996

La siguiente tabla es una comparación de la idoneidad de los protocolos²⁹ para la transmisión en tiempo real, que muestra las características de distintas redes.

| Red | Ancho banda (Mbps) | Retraso transmisión | Variación Del Retraso | Multidifusión | Disponible |
|----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|------------|
| <i>Ethernet</i> | 10 | Aleatorio | ∞ | Sí | Sí |
| <i>Iso-Ethernet*</i> | 10+6 | Fijo < 1ms. | 0 | No | No |
| <i>Token Ring</i> | 4/16 | Configuración < 20ms. | Δ | Sí | Sí |
| <i>100Base-T</i> | 100 | Aleatorio | ∞ | Sí | Sí |
| <i>802.12</i> | 100 | Configuración < 10ms. | Δ | Sí | No |
| <i>FDDI</i> | 2 x 100 | Configuración | Δ | Sí | Sí |
| <i>FDDI-II*</i> | N x 6 | Fijo < 1ms. | 0 | Sí | No |
| <i>X-25</i> | <2 | Aleatorio | ∞ | No | Sí |
| <i>Frame Relay</i> | < 50 | Aleatorio | ∞ | No | Sí |
| <i>RDSI</i> | N x 0.064 | Fijo < 10ms | 0 | No | Sí |
| <i>ATM</i> | 25 - 155 | Fijo < 10ms | Δ | (Sí) | Sí |

* : Se refiere a los canales isócronos.

Fijo: El retraso es fijo para un canal.

Configuración: El retraso depende de la configuración de la red (tamaño de los paquetes, número de estaciones, etc.). Se da un valor para una red configurada para que pueda asegurar una transmisión aceptable de información multimedia.

∞ = Red asíncrona sin control del retraso.

Δ = Red síncrona con una variación del retraso entre 0 y un valor máximo.

0 = Red isócrona.

Tabla No. 1.- *Protocolos para transmisión en tiempo real*

De la tabla anterior podemos ver que existen redes que prometen un buen soporte al tráfico multimedia, pero pocas están disponibles en realidad. En la tabla, el protocolo ATM se muestra como la red multimedia por excelencia tanto para redes de área amplia (WAN) como redes de área local (LAN), pero por sus características, la actual red de comunicación Internet2 se considera una mejor red multimedia.

²⁹ E. Hernández, "Transmisión de datos en tiempo real: Síntesis de protocolos y redes para transmisión en tiempo real", trabajo doctorado, Jul. 1998.

2.8 RSVP (Resource ReSerVation Protocol)

En 1993, la IETF creó varios grupos de trabajo, entre ellos el de Servicios Integrados (IntServ) y el de definición del protocolo de reserva RSVP.

El protocolo RSVP permite a los emisores, receptores y encaminadores de las sesiones de comunicación multicast como unicast comunicarse con el resto para establecer una ruta que pueda soportar la calidad de servicio requerida³⁰; reservando recursos a través de esa ruta que se establezca por cualquiera de los protocolos de niveles inferiores³¹.

Los objetivos de diseño del protocolo RSVP son:

- Proporcionar la posibilidad de que receptores heterógenos puedan hacer reservas de recursos de acuerdo a sus necesidades; pues no todos los receptores tienen las mismas capacidades ni requieren la misma calidad de servicio.
- Poder adaptarse a las variaciones en el número de miembros en grupos multidifusión. La conexión o desconexión de los miembros de un grupo debe ser dinámica.
- Permitir a los usuarios especificar sus necesidades a nivel de aplicación para que los recursos reservados para un grupo multidifusión puedan reflejar con precisión los recursos necesitados por el grupo.
- Permitir a los receptores seleccionar entre varios canales; es decir, seleccionar entre varias fuentes sin riesgo de que la petición de este cambio sea denegada, como podría ocurrir si fuera una nueva petición.
- Poder adaptarse a los cambios en las rutas de uni y multidifusión.
- Controlar la sobrecarga que produce el protocolo en la red para que no crezca linealmente o con el número de participantes.
- Construir un diseño modular para acomodar distintas tecnologías.

³⁰ L. Zhang, S. Deering, D. Estrin, S. Shenker, D. Zappala. "RSVP: A New Resource Reservation Protocol", IEEE Network Magazine, Sep. 1993.

³¹ RFC 2205 a 2210

El diseño del RSVP se basa en seis principios básicos:

1. Reserva de recursos iniciada por el receptor. Los receptores escogen el nivel de servicio requerido y son responsables de iniciar y mantener la reserva activa mientras quieran recibir datos.
2. Filtro de paquetes. Selecciona los paquetes que puedan usar estos recursos.
3. Proporcionar diferentes estilos de reserva de recursos. Por medio del filtro de paquetes se pueden definir diferentes modelos de reserva. Existen tres estilos: libre, filtro fijo y filtro dinámico.
4. Mantener un estado ("soft-state") de la red. La información de los cambios que se dan en la red se mantiene por medio de mensajes que periódicamente se envían a los participantes para refrescar el estado. RSVP distingue dos clases de información en cada encaminador: el estado de la ruta y el de la reserva.
5. Control de sobrecarga del protocolo. La sobrecarga de RSVP se determina por tres factores: el número de mensajes RSVP enviados, el tamaño de estos mensajes y las frecuencias de refresco de los mensajes de ruta y reserva. Para reducir la sobrecarga, RSVP funde los dos mensajes mientras atraviesan la red.
6. Modular. RSVP tiene una interfaz con otros tres componentes en la arquitectura: la especificación de flujo (flowspec) que se maneja a nivel de aplicación o sesión; el protocolo de encaminamiento de red, que lleva los mensajes hasta los receptores; el control de admisión en red, que realiza las decisiones basado en el flowspec que está en los mensajes de reserva.

2.8.1 Clases de calidad de servicio para RSVP

Las clases de calidad de servicio especificadas para RSVP son: Servicio Garantizado³² (Guaranteed Service) y Servicio de Carga Controlada³³ (Controlled-Load Service) .

Servicio garantizado

Esta calidad de servicio es para aplicaciones con requerimientos exigentes en tiempo real y asegura: un ancho de banda, un límite en el retraso y ninguna pérdida en las colas.

Los elementos de la red como el encaminador, una subred, etc. , pueden mediante el modelo token bucket, describir el flujo y calcular varios de sus parámetros. Así a partir de estos parámetros de los distintos elementos que recorren el flujo, se puede calcular el retraso máximo que se producirá en el flujo.

Servicio de carga controlada

Esta clase de servicio no proporciona una garantía firme de que se cumpla el servicio requerido. Se puede indicar una especificación de tráfico Tspec para la calidad servicio requerida, aunque no es necesario incluir el parámetro de tasa pico p. Si el flujo es aceptado, el encaminador intenta ofrecer un servicio equivalente a un flujo "best-effort" en una red ligeramente cargada. La diferencia es que este flujo no se deteriora aunque aumente la carga de la red. Esta clase de servicio está destinada a aplicaciones que puedan tolerar una cierta pérdida de información o retraso, siempre que se mantenga en límites razonables.

³² S. Schenker, C. Partridge, R. Guerin "Specification of Guaranteed Quality of Service", RFC 2212, 1996

³³ J. Wroclawski, "Specification of the controlled-Load network element service", RFC 2211, 1996

2.8.2 Funcionamiento del protocolo RSVP

Los mensajes primarios utilizados por el protocolo RSVP son:

El mensaje Path, con origen en el emisor, tiene como objetivo inicial el instalar un estado del encaminamiento inverso a través de la ruta y después proporcionar a los receptores información sobre las características del tráfico a enviar y de la ruta, para que se puedan hacer las peticiones de reserva adecuadas.

| Path message | Descripción |
|-----------------|---|
| Pop | Dirección del último nodo RSVP capaz de enviar este mensaje Path |
| Sender Template | Contiene la dirección IP del emisor y opcionalmente el puerto. |
| Sender Tspec | Define las características del tráfico |
| Adspec | Opcional. Contiene información que es actualizada por cada router de la ruta. Contiene la información OPWA (<i>One Pass With Advertising</i>) |

Tabla No. 2.- El mensaje Path

El objeto Adspec se puede incluir en los mensajes Path para enviar a los receptores las características de la ruta de comunicación establecida. Esta información puede ser usada por los receptores para determinar el nivel de reserva requerido para obtener la calidad de servicio deseada.

El mensaje Resv, tiene su origen en el receptor; permite realizar las peticiones de reserva a los encaminadores a lo largo del árbol de distribución entre receptores y emisores.

| Resv message | Descripción |
|-------------------|--|
| Estilo de reserva | Indica el estilo de reserva a utilizar. Puede ser FF, SE o WF. |
| FilterSpec | Especificación de filtro para identificar a los emisores. |
| Flowspec | Se compone del Rspec y la especificación de tráfico, Tspec. |
| ResvConf | Opcionalmente se envía un objeto de confirmación conteniendo la dirección IP del receptor. |

Tabla No. 3.- El mensaje Resv

En la siguiente figura se muestra como el emisor envía al receptor un mensaje Path. Si éste llega correctamente al destino y la reserva es posible, se envía un mensaje Resv de vuelta al emisor. Este mensaje reservará de forma definitiva los recursos en la red por los nodos en los que vaya pasando. Cuando este mensaje llegue al emisor, la transmisión puede comenzar (Ver figura No.9).

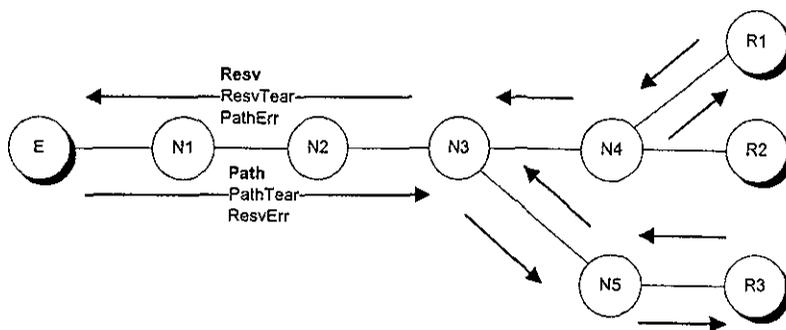


Figura No. 9.- Funcionamiento del protocolo RSVP

Los mensajes se pueden transportar dentro de datagramas IP o bien UDP³⁴ según sea el sistema empleado.

2.8.3 Modelos de reserva de recursos

El protocolo RSVP modela una reserva por medio de dos componentes:

- La asignación de recursos, la cual especifica qué cantidad de recursos son reservados,
- El filtro de paquetes, la cual selecciona qué paquetes pueden usar los recursos reservados.

³⁴ UDP: User Datagram Protocol

La distinción y la posibilidad de cambiar el filtro de paquetes dinámicamente permite a RSVP ofrecer varios estilos de reserva. Un estilo de reserva captura los requerimientos de comunicaciones del nivel de aplicación.

Existen tres modelos de reserva:

Libre (Wildcard): Este modo indica que cualquier paquete con destino a un grupo multidifusión asociado puede utilizar los recursos reservados. Es decir, permite hacer una única asignación de recursos a través de todas las rutas de distribución del grupo.

Filtro Fijo (Fixed Filler): Este modo indica que mientras dure la conexión el receptor sólo recibirá paquetes de las fuentes indicadas en la petición de reserva original.

Filtro dinámico (Dynamic Filler): Se permite durante la conexión modificar la función de filtro. Esto permite la posibilidad de dinámicamente seleccionar un canal entre las distintas fuentes. Es decir, que se asignen los recursos suficientes para manejar el peor caso que se presenta cuando todos los receptores pidan información de diferentes fuentes.

2.8.4 Tipos de encaminamiento para el protocolo RSVP

Aunque el protocolo RSVP no es un protocolo de encaminamiento, se deben de tratar cuatro problemas que lo relacionan con el protocolo de encaminamiento:

1. Encontrar una ruta que soporte la reserva de recursos, es decir, que tenga implementado el protocolo RSVP en todos los encaminadores.
2. Encontrar una ruta que tenga la suficiente capacidad disponible para un nuevo flujo. Ya sea modificando y gestionando los protocolos de encaminamiento de acuerdo a un mecanismo de control del tráfico. O bien, rediseñando el protocolo de encaminamiento para proporcionar múltiples rutas alternativas.

3. Adaptarse a un fallo de ruta. Cuando un nodo falla, el encaminamiento adaptativo encontrará una ruta alternativa. El refresco periódico de RSVP automáticamente hará una reserva en la nueva ruta. Pero, la nueva reserva puede fallar porque no encuentre suficiente capacidad disponible. Esto representa un problema de dimensionamiento y calidad de la red que no puede ser solucionado por los protocolos de encaminamiento o reserva.
4. Adaptarse a un cambio de ruta. Los cambios de ruta pueden ocurrir sin que se produzcan fallos. Solucionando el problema con la técnica mencionada en el punto anterior, si el control de admisión falla en la nueva ruta, el usuario verá una degradación del servicio innecesaria y caprichosa, ya que que la ruta original está todavía funcional. Para esto, es mejor utilizar un mecanismo fijado de rutas (route pinning) donde las rutas se mantienen fijas mientras sean viables.

Por todo lo anterior, tenemos que el protocolo RSVP esta diseñado para trabajar con cualquier protocolo de encaminamiento disponible sin modificación. Esto puede provocar que se produzcan ciertas degradaciones en la calidad de servicio al no cumplirse los anteriores requerimientos.

En la primera parte de ésta tesis: capítulos 1 y 2, se mencionaron todos los aspectos: elementos y componentes involucrados en una transmisión de información en tiempo real, en específico para multimedia, mencionando la relación o dependencia existente entre ellos y los problemas que se presentan en la misma con las tecnologías existentes. También se trató en particular el caso del protocolo RSVP que junto con la especificación de tráfico garantizado de IETF, vienen a resolver parte de los problemas de la transmisión en tiempo real como son la reserva de recursos y el control de admisión.

El siguiente capítulo se refiere al estándar H.323, el cual esta definido dentro de la familia de estándares de la ITU, que proporciona las normas para las comunicaciones multimedia sobre redes de área local y amplia.

Capítulo 3

El estándar H.323

3.1 Antecedentes

Hasta 1985, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) se había enfocado exclusivamente en la estandarización de las redes globales de telecomunicaciones. A partir de entonces comenzó el trabajo en la especificación que define el envío de imagen y voz sobre redes de circuitos conmutados, como ISDN³⁵. En 1990 se lleva a cabo la ratificación de la norma H.320, y en 1993 se dispone que los equipos cumplan con ésta y permitan la interoperabilidad entre sí³⁶.

En Enero de 1996, un grupo de fabricantes de soluciones de redes y de computadoras propone la creación de un nuevo estándar ITU para incorporar videoconferencia en las redes área local. En un principio las investigaciones se

³⁵ ISDN: Integrated Services Digital Network

³⁶ James R. Wilcox, CISSP, Videoconferencing the whole picture, 3a. edition, CMP, 2000

centraron en las redes locales, por ser éstas más fáciles de controlar; pero después con la expansión de Internet, se tuvieron que tomar en cuenta todas las redes IP dentro de una única recomendación, dando esto como inicio al nacimiento de H.323³⁷. Actualmente, el estándar H.323 soporta vídeo en tiempo real, audio y datos sobre redes de área local, metropolitana, regional, amplia o de área extensa.

Formalmente, en Mayo de 1997, el grupo de Ingeniería de ITU redefinió el H.323 como la recomendación para los sistemas multimedia de comunicaciones, donde el medio de transporte sea una red de conmutación de paquetes que no pueda proporcionar una calidad de servicio garantizada.

La ITU considera a H.323 como una recomendación, más que un estándar, pues está abierta a la interpretación de diferentes fabricantes, y les da libertad a éstos para implementar capacidades que cumplan con los requerimientos de aplicaciones especiales.

| Estándar | H.320 | H.321 | H.322 | H.323 | H.324 |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|-------------|
| Fecha | 1990 | 1995 | 1995 | 1996 | 1996 |
| Red | RDSI-BE | RDSI-BA, ATM, LAN | X.25 | LAN, ETHERNET | RTB |
| Vídeo | H.261,H.263 | H.261,H.263 | H.261,H.263 | H.261,H.263 | H.261,H.263 |
| Audio | G.711,G.722 .G.728 | G.711,G.722. G.728 | G.711,G.722. G.728 | G.711,G.722, G.723.G.728, G.729 | G.723 |
| Datos | T.120 | T.120 | T.120 | T.120 | T.120 |
| Multiplexación | H.221 | H.221 | H.221 | H.225 | H.223 |
| Control | H.230,H.242 | H.242 | H.230, H.242 | H.245 | H.245 |
| Multipunto | H.231,H.243 | H.231,H.243 | H.231,H.243 | H.323 | |
| Interface de comunicaciones | 1400 | AAL, I363, 1400 | TCP/IP 1400 | TCP/IP | Modem V.34 |

Tabla No. 4.- Normativa de la ITU para conferencia multimedia sobre distintas redes³⁸.

³⁷ <http://www.H.323.org>

³⁸ <http://www.itu.org>

3.2 Diferencias de H.323 con respecto a H.320

El estándar H.320 gobierna los conceptos básicos de videotelefonía de audio, video y comunicaciones gráficas especificando los requisitos para procesamiento de información de audio y vídeo, proporcionando formatos comunes para entradas y salidas compatibles de audio/vídeo, y los protocolos que permiten a una terminal multimedia utilizar los eslabones de comunicaciones y sincronización de señales de audio y video. H.323 se fundamenta en las especificaciones del H.320, podría decirse que es una extensión del H.320³⁹ (Ver tabla No.5).

El estándar H.323 fue diseñado específicamente con las siguientes características:

- Basarse en los estándares existentes, incluyendo H.320, RTP y Q.931 .
- Incorporar algunas de las ventajas que las redes de conmutación de paquetes ofrecen para transportar datos en tiempo real.
- Solucionar la problemática que plantea el envío de datos en tiempo real sobre redes de conmutación de paquetes.

H.323 se construye sobre muchos de los elementos del H.320 y a la vez amplía sus capacidades. Algunas de estas capacidades son resultado del comportamiento inherente al tráfico de paquetes y su forma de ser transmitidos. Y otras son resultado de las mejoras en las técnicas de compresión y señalización que han sido desarrolladas a lo largo del tiempo.

Todas las terminales H.323 deben soportar audio y ser capaces de codificar y decodificar audio como en H.320. Para adaptarse a las necesidades de las diferentes redes, especialmente en conexiones con poco ancho de banda, una terminal debe ser capaz de codificar y decodificar la voz.

Algunas implantaciones de H.323 en videoconferencia, tendrán equipos de comunicación con vídeo como un sistema interactivo, bidireccional y en tiempo real; pero no todas, pues algunas terminales H.323 son capaces de recibir y no de

³⁹ <http://www.comunicaciones.unitronics.es/tecnologia/H.323.html>

enviar secuencias de vídeo, para esto se utilizan tecnologías de flujo de vídeo (streaming vídeo) o envío de vídeo en una dirección.

El H.323 fue diseñado para proporcionar una solución de vídeo de calidad y a la vez mantener las capacidades de las redes públicas conmutadas. H.320 está centrado en los puntos terminales y el H.323 se conforma con un modelo más orientado a la red; así que las características de una "solución" H.323 pueden encontrarse en servidores o en la propia red.

Los productos H.323 tienen nuevas capacidades debido a la añadida flexibilidad de las redes de datos tomando ventaja de los entornos IP, y como resultado, los usuarios se benefician de las mismas.

Las principales ventajas de la tecnología H.323 con respecto a H.320 son:

- Reducción de los costes de operación. En H.323 se pueden utilizar los cableados ya establecidos, las conexiones WAN basadas en encaminadores IP y los servicios WAN para enviar vídeo. Mientras que la tecnología H.320 requiere típicamente redes separadas para el vídeo y los datos. Esto supone doble cableado e infraestructura de red. Este modelo incrementó el coste de implantación por sistema. Esto es un importante ahorro.
- Difusión más amplia y mayor portabilidad. Con H.323, cada puerto con soporte IP puede potencialmente soportar vídeo. Esto hace la tecnología accesible a una más amplia variedad de usuarios. Además, es más fácil mover un equipo en nuestro entorno, lo que hará que un mismo equipo pueda ser usado para más aplicaciones. Mientras que con H.320, se debe dedicar una línea por cada localización. La mayor parte de las salas o de las computadoras personales no pueden fácilmente soportar vídeo, lo cual limita también la accesibilidad y portabilidad de los sistemas.
- Un diseño Cliente - Servidor rico en prestaciones. El diseño del H.323 descansa fuertemente en los componentes de la red, es decir sus capacidades están distribuidas a través de la red. Mientras que en un equipo H.320 no se conecta a un servidor, las características del sistema residen en la plataforma de videoconferencia misma. Este enfoque de comunicación orientado a la

terminal no soporta servicios suplementarios como encaminado de llamadas, transferencia o retención.

Todas estas características hacen del estándar H.323 una buena solución a los problemas de aplicaciones en tiempo real como es la videoconferencia.

En resumen tenemos la siguiente tabla⁴⁰:

| H.320 | | H.323 | |
|----------|--|----------|--|
| Estándar | Función | Estándar | Función |
| H.221 | De/multiplexacion. Define la estructura de marcos en canales simples y multiples de comunicacion | H.225 | De/multiplexacion. Define la estructura de marcos en canales simples y multiples de comunicacion |
| H.230 | Señales de control e indicacion | H.230 | Señales de control e indicacion |
| H.231 | Unidad de control multipunto con uso de canales digitales | H.231 | Unidad de control multipunto con uso de canales digitales |
| H.242 | Establecimiento de llamadas/desconexion punto a punto. Protocolos de coordinacion | H.245 | Establecimiento de llamadas/desconexion punto a punto. Protocolos de coordinacion |
| H.243 | Establecimiento de llamadas/desconexion multipunto | H.246 | Establecimiento de llamadas/desconexion multipunto |
| H.261 | Codificacion de video. Especifica el algoritmo, formato de imagen (CIF y QCIF) y tecnicas de correccion de errores | H.263 | Codificacion de video. Especifica el algoritmo, formato de imagen y tecnicas de correccion de errores. Formatos adicionales 16CIF, 4CIF y sub-QCIF |
| G.711 | 3.1 kHz PCM audio, 64 kbps | H.263 | Codificacion de video en comunicaciones con pequeño ancho de banda |
| G.722 | 7 kHz audio, 48 o 56 kbps | G.723 | 7 kHz audio, 4.3 o 5.3 kbps |
| G.728 | 16 kbps 3400 Hz audio | G.729 | 8 kbps 3400 Hz audio |
| T.120 | Conjunto de protocolos para conferencias de datos | T.120 | Conjunto de protocolos para conferencias de datos |
| H.320 | Recomendacion "paraguas" | | |

Tabla No. 5.- Comparación entre H.320 y H.323

⁴⁰ <http://www.infor.uva.es>

Para comprender mejor su funcionamiento, a continuación se explican las características técnicas del estándar.

3.3 Estándar H.323

El estándar H.323 es la especificación establecida por la ITU, para la comunicación de voz, datos y vídeo sobre redes que por su propia naturaleza presentan una gran latencia y no garantizan una determinada calidad de servicio (QoS).

Hasta el momento se conocen formalmente 3 versiones de H.323 y la cuarta se encuentra todavía en prueba.⁴¹

Versión 1. Aceptada en Octubre de 1996, provee comunicaciones en sistemas telefónicos visuales y en equipos LAN sin garantizar calidad en Servicios.

Versión 2. Aceptada en Enero de 1998, provee Comunicación entre Teléfonos basados en computadoras personales en redes tradicionales de circuitos conmutados (SCN) y sistemas de comunicación multimedia basados en paquetes.

Versión 3. Provee nuevas características como fax sobre redes de paquetes, comunicaciones entre gatekeepers y mecanismos de rápida conexión.

Entre las características más importantes del estándar H323 tenemos:⁴²

- H.323 establece los estándares para la compresión y descompresión de audio y vídeo, asegurando que los equipos de distintos fabricantes se entiendan.
- H.323 se apoya en la norma T.120 para la colaboración y el manejo de datos que pueden ocurrir junto con el audio y vídeo juntos o separados.
- H.323 utiliza los mismos algoritmos de compresión para el vídeo y el audio que la norma H.320, e introduce algunos nuevos.
- H.323 utiliza los procedimientos de señalización de los canales lógicos del estándar H.245, los cuales se proporcionan para fijar las prestaciones del

⁴¹ <http://www.openh323.org>

emisor y receptor, el establecimiento de la llamada, intercambio de información, terminación de la llamada y como se codifica y decodifica.

- H.323 contempla la gestión del ancho de banda disponible para evitar que la red LAN se colapse con la comunicación de audio y vídeo. Por ejemplo limitando el número de conexiones simultáneas.
- H.323 contempla el control de la llamada, gestión de la información y ancho de banda para una comunicación punto a punto y multipunto, dentro de la LAN; además de que define interfaces entre la LAN y otras redes externas como ISDN; es decir, H.323 es una parte de una serie de especificaciones para videoconferencia sobre distintos tipos de redes, que incluyen desde la H.320 a la H.324.

⁴² <http://www.ies.es/teleco>

3.4 Arquitectura de H.323

La arquitectura de H.323 define el conjunto de funciones para la unidad del sistema de control, los protocolos de audio y vídeo, y comunicaciones de datos T.120. Define, además, las interfaces para la red, y las interfaces de equipo de audio y vídeo (Ver figura No.10)⁴³.

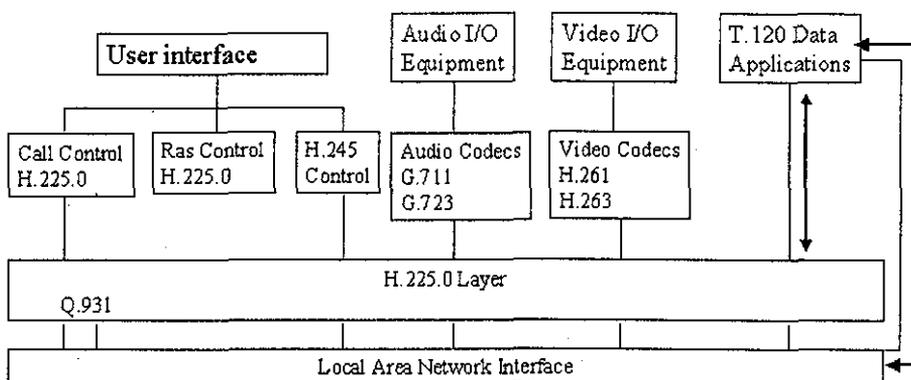


Figura No. 10.- Arquitectura de H.323

3.4.1 Unidad del sistema de control

Los siguientes estándares constituyen la unidad del sistema de control de H.323, el cual proporciona las capacidades de control de llamada y framing:

- H.225.0. Éste estándar define una capa que estructura el vídeo transmitido, audio, datos, y flujos de control para la salida a la red, y recupera los correspondientes flujos de la red. Realizando las siguientes tareas:

Framing lógico. Define cómo el protocolo empaqueta los datos de audio y vídeo en bits para transportarlos sobre un canal de comunicación.

⁴³ <http://www.h323.org>

Secuencia de numeración. Determina el orden de los paquetes de datos transportados sobre un canal de comunicaciones.

Detección de error. Después de comenzar una llamada, una o más conexiones RTP o RTCP son establecidas.

Múltiples flujos permiten al H.225.0 enviar y recibir diferentes tipos de medios de comunicación simultáneamente, cada uno con su propia secuencia de numeración y opciones de calidad de servicio. Con soporte RTP y RTCP, el nodo receptor sincroniza los paquetes recibidos en el orden apropiado, para que el usuario escuche y vea la información correctamente.

- Q.931. Este protocolo define cómo cada capa de H.323 interactúa, para que los participantes puedan interoperar con aceptación los formatos. El protocolo Q.931 reside dentro de H.225.0 como parte del control de llamada, es un protocolo de capa de eslabón para el establecimiento de las conexiones y datos framing y proporciona un método para la definición de canales lógicos dentro de un canal más grande. Los mensajes de Q.931 contienen un protocolo discriminador que identifica cada mensaje único con un valor de referencia de llamada y un tipo del mensaje. La capa de H.225.0 especifica entonces cómo estos mensajes de Q.931 son recibidos y procesados.
- H.245. Este estándar proporciona el mecanismo de control de llamada que permite a terminales H.323 compatibles conectarse a otros. H.245 proporciona un medio estándar para el establecimiento de las conexiones de audio y video. Además, especifica la señalización, control de flujo y la canalización para los mensajes, demandas, y comandos.

También habilita y negocia la selección del protocolo y la capacidad de negociación dentro de H.323, el rango de bit, el rango del cuadro, el formato de la imagen, y opciones del algoritmo.

3.4.2 Protocolos de audio y vídeo

Los protocolos de audio y vídeo definen el formato de la información y representan la forma en que son comprimidos y transmitidos sobre la red. H.323 proporciona una variedad de opciones para codificar audio y vídeo. A continuación se da una breve descripción de éstos:

Audio H.323. Las señales de audio contienen sonidos y digitalizados. H.323 soporta algoritmos, estándares de audio como:

- G.711. Este protocolo transmite audio a 48, 56, y 64 Kbps. Es apropiado para audio sobre conexiones de alta velocidad.
- G.723. Este protocolo especifica el formato y algoritmo utilizado para enviar y recibir comunicaciones de voz sobre la red. Es de alta velocidad, transmite audio a 5.3 y 6.3 Kbps que reducen el ancho de banda usado.

Vídeo H.323. Las terminales pueden soportar H.261 o H.263. El H.261 provee compatibilidad a través de muchas recomendaciones ITU y es usado con canales de comunicación superiores a 64 Kbps. Codifica completamente la trama inicial, luego codifica solo las diferencias entre la inicial y las subsecuentes tramas para una mínima transmisión de paquetes.

- H.261. Este protocolo transmite las imágenes de vídeo a 64 Kbps (calidad VHS). Es apropiado para el vídeo sobre conexiones de más alta velocidad.
- H.263. Este protocolo especifica el formato y el algoritmo utilizado para enviar y recibir imágenes de vídeo sobre la red. Soporta los formatos de imagen, CIF, QCIF y SQCIF⁴⁴.

El H.263 es una mejora del H.261, logra una mejor calidad de la imagen que la obtenida en H.261, usando una técnica de estimación de movimiento de medio pixel, una predicción de tramas, y una tabla de compresión Huffman para un bajo rango de bits de transmisión.

⁴⁴ CIF: common interchange format, QCIF: quarter common interchange format y SQCIF: sub-quarter common interchange format.

3.4.3 Comunicaciones de datos T.120

H.323 utiliza el T.120 como mecanismo para empaque y envío de datos. T.120 puede utilizar la capa de H.225.0 para enviar y recibir los paquetes de datos o simplemente crear una asociación con la sesión de H.323 y usar sus propias capacidades de transporte para transmitir los datos directamente a la red.

Con los flujos de datos opcionales que proporciona H.323 en conferencia, se apoya la colaboración en red, llevando a cabo transferencia de archivos, compartiendo programas y, soportando datos a través de las capacidades T.120 en clientes y unidades multipunto que controlan y mezclan flujos de datos. T.120 provee interoperabilidad punto a punto o multipunto de conferencias de datos en la aplicación, red y niveles de transporte.

3.4.4 Señalización

Q.931 es utilizado para señalización, los puertos o sockets usados para señalización H.245, audio, vídeo o canales de datos son dinámicamente negociados entre puntos finales. Este uso de puertos dinámicos hace difícil implementar seguridad, políticas y tráfico.

La señalización utiliza comunicaciones seguras y no seguras. El transporte seguro es para el control de señales y datos, porque las señales deben ser recibidas en orden y no pueden ser perdidas. El transporte no seguro es usado para flujos de audio y vídeo, los cuales son sensibles al tiempo.

3.4.5 Seguridad H.323

Como las aplicaciones H.323 son dinámicamente alojadas en puertos para canales de audio, vídeo y datos, un dispositivo de seguridad como la pared de fuego (firewall) debe ser capaz de permitir tráfico H.323 a través de él con una

base inteligente. La pared de fuego debe tener un "proxy" H.323 o un canal de control capaz de determinar cual puerto dinámico esta en uso por la sesión H.323, y permitir el tráfico cuando el canal de control esté activo.

3.5 Componentes de H.323

Los componentes de H.323 son los siguientes (Ver figura No.16) :⁴⁵

Entidad: Cualquier componente que cumpla con el estándar.

Extremo: Es un componente de la red que puede enviar y recibir llamadas. Es decir, puede generar y/o recibir secuencias de información.

3.5.1 Terminal H.323

Es un extremo de la red que proporciona comunicaciones bidireccionales en tiempo real con otra terminal H.323, gateway o unidad de control multipunto. Esta comunicación consta de señales de control, indicaciones, audio, imagen en color en movimiento y /o datos entre las dos terminales. Una terminal H.323 puede proporcionar sólo voz, voz y datos, voz y vídeo, o voz, datos y vídeo⁴⁶ (Ver figura No.11).

⁴⁵ <http://www.iies.es/teleco>

⁴⁶ <http://www.iie.edu.uy>

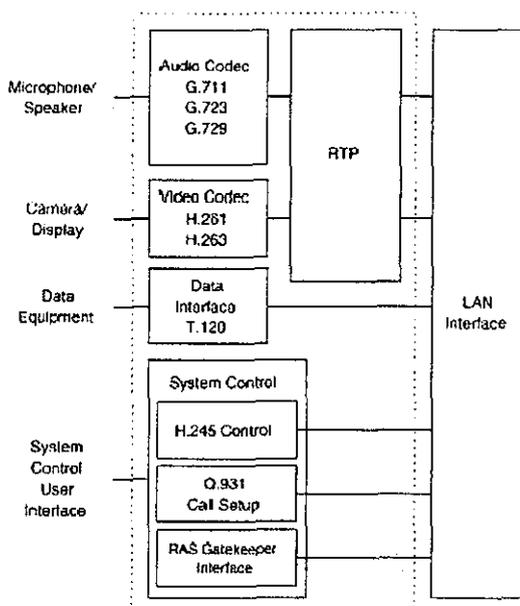


Figura No. 11.- Terminal H.323

3.5.2 Gateway (GW)

Un gateway H.323 es un extremo que proporciona comunicaciones bidireccionales en tiempo real entre terminales H.323 en la red IP y otras terminales o gateways en una red conmutada. Su función es reflejar transparentemente las características de un extremo en la red IP a otro en una red conmutada y viceversa (Ver figura No. 12).⁴⁷

⁴⁷ <http://www.internet2.edu> (Presentación)

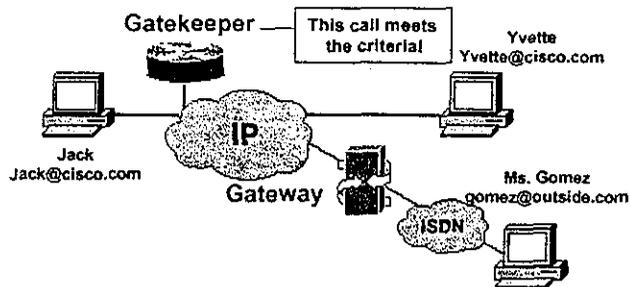


Figura No. 12.- Gateway H.323

Los gateways unen redes diferentes, por ejemplo: pueden unir una llamada H.323 a otro tipo de llamada como H.320, las cuales son transmisión de audio y vídeo sobre ISDN, unir llamadas de H.323 a H.324, las cuales son transmisión de audio y video sobre líneas telefónicas estándar. Los gateways son el mecanismo de traducción para la señalización de la llamada, transmisión de datos, y la transcodificación de audio y vídeo en una conexión punto a punto dónde solamente un punto final es un dispositivo H.323. Podría decirse que los gateways satisfacen parte de la visión del interoperabilidad de productos H.32x debido a la habilidad de conectar a otros.

3.5.3 Proxy H.323

Es un proxy con soporte H.323 que proporciona acceso a los usuarios de una red segura a otra, utilizando información que cumpla las recomendaciones de la norma H.323. Es decir, un proxy H.323 se comporta como dos extremos H.323 pasando mensajes de establecimiento de llamadas e información en tiempo real a un destino situado en la parte segura de un dispositivo de seguridad como la pared de fuego.

3.5.4 Gatekeeper (Gk)

El gatekeeper H.323 es una entidad que proporciona la traducción de direcciones y el control de acceso a la red de las terminales H.323, gateways y las unidades multipunto. Puede ofrecer otros servicios como gestión del ancho de banda y localización de los gateways o pasarelas. Los dispositivos H.323 se registran con los gatekeepers para enviar y recibir las llamadas H.323 y éstos dan el permiso (Ver figura No.13).

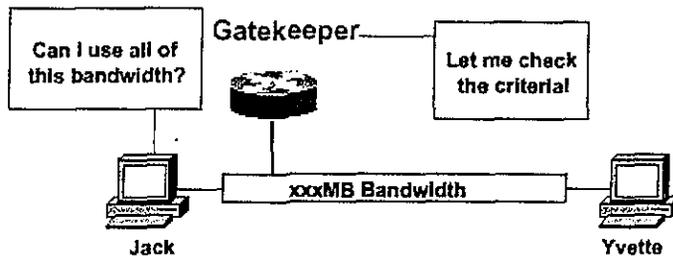


Figura No. 13.- Gatekeeper H.323

Los Gatekeeper's proporcionan los siguientes servicios: traducción de direcciones, control de admisión, control de ancho de banda, administración de la zona. Proporciona, además, algunos servicios opcionales como: señalización de control de llamadas (control del número y tipo de conexiones permitidas a través de la red), autorización de llamadas, administración de ancho de banda, administración de llamada (ayuda a encaminar una llamada al destino correcto), servicio de directorio (determinar y mantener la dirección de la red para llamadas entrantes).

3.5.5 Unidad de Control Multipunto (MCU)

Es un extremo que proporciona la capacidad para que tres o más terminales y gateways participen en una conferencia multipunto (Ver figura No. 14).

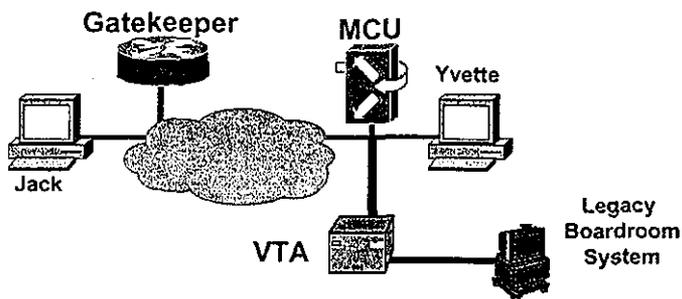


Figura No. 14.- Unidad de Control Multipunto H.323

Una Unidad de Control Multipunto (MCU) se forma de dos partes: un controlador multipunto (MC) que es obligatorio y un procesador multipunto (MP) opcional.

Controlador Multipunto (MC): Es una entidad basada en H.323 que controla tres o más terminales participantes en una conferencia multipunto para conseguir la comunicación. Además puede controlar conferencias punto a punto y recursos de conferencias tales como vídeo multicast. Puede estar localizado dentro de un gatekeeper, gateway, terminal o MCU. Solo debe existir un MC por conferencia multipunto.

Procesador Multipunto (MP): Es una entidad H.323 cuyo hardware y software especializado mezclan, conmutan y procesan el audio, vídeo y/o los datos de los participantes en una conferencia multipunto. El MP puede procesar una única

secuencia multimedia o varias simultáneamente, dependiendo del tipo de conferencia soportada. Puede procesar uno o muchos flujos dependiendo del tipo de conferencias que esté soportando.

El MCU facilita tres tipos de conferencia multipunto:

Las conferencias centralizadas, donde todas las terminales envían flujos de audio, vídeo, datos y control a la MCU en una conexión punto a punto.

Las conferencias descentralizadas, que usan tecnología multicast dejando al MCU un rol menos importante. Los terminales participantes usan multicast para enviar streams de audio y vídeo unas a otras sin la MCU.

Las conferencias híbridas, que usan una combinación de características centralizadas y descentralizadas. Las señales H.245 y los streams de audio o vídeo son procesados por la MCU vía mensajes punto a punto. Las restantes señales de audio y vídeo son transmitidas a las terminales participantes vía multicast. En conferencias multipunto mezcladas, las terminales son centralizadas y otras descentralizadas.

3.6 Protocolos en H.323

H.323 está basado en el IETF, en el protocolo en tiempo real (RTP) y en el Protocolo de Control en Tiempo Real (RTCP), con los protocolos adicionales para la señalización de la llamada, y datos y comunicaciones audiovisuales⁴⁸.

Protocolo de Tiempo Real (RTP). Fue diseñado para proveer un mecanismo para el transporte de datos en tiempo real como son audio y vídeo, superando alguno de los problemas relacionados con audio y vídeo como: paquetes perdidos y secuencia de errores.

⁴⁸ James R. Wilcox, CISSP, Videoconferencing the whole picture, 3a. edición, CMP, 2000

Protocolo de Control de Tiempo Real (RTCP). Es utilizado para proveer reportes estadísticos entre el envío y recepción en el protocolo RTP. Puede ser usado para indicar el estado de la red (congestionada o no) y reducir el incremento de paquetes perdidos (ajuste automático de ancho de banda). Además permite sincronizar mas de un streams de información RTP que éste no puede hacer.

Precedencia IP. La calidad de servicio (QoS) es la mayor área de estudio alrededor del mundo, conducida principalmente por Internet. Destaca dentro de éste el estudio de la precedencia IP. Hay muchos factores que pueden afectar el audio y vídeo en tiempo real en redes basadas en IP, lo cual podría evitarse con un gran ancho de banda (Internet2 tiene un ancho de banda amplio y además presenta precedencia IP) y solucionarse esto con precedencia IP. El principio de la precedencia IP está basado en dos factores: Protocolo IP que contiene una bandera de tipo de servicio en el encabezado y la operación del encaminador; es decir, con la precedencia IP, el tipo de servicio en el encabezado IP es establecido para indicar la clase de prioridad. Un encaminador que soporte esta política examinará cada paquete que recibe y localizará paquetes en colas de acuerdo a la prioridad marcando los paquetes de audio y vídeo con alta prioridad, evitando con esto los retardos causados por el tráfico de datos.

Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP): Para implementar la calidad de audio y vídeo sobre IP es conveniente introducir calidad de servicio (QoS) en la red, la cual provee garantía QoS a las aplicaciones. Para esto se necesita un mecanismo a través del cual las aplicaciones por si mismas puedan reservar recursos en la red. El estándar para esto es un protocolo de señalización orientado a recepción, el cual no transporta datos, solamente informa a los dispositivos acerca de ellos.

3.7 H.323 en el Modelo OSI

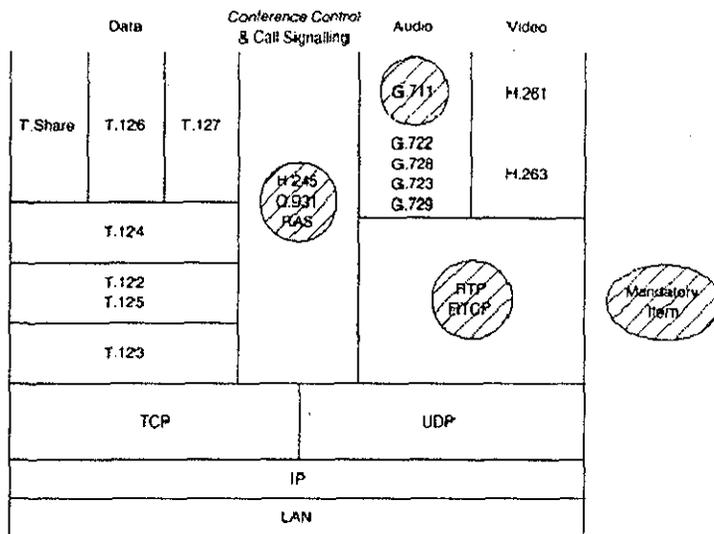


Figura No. 15.- H.323 en el Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI)

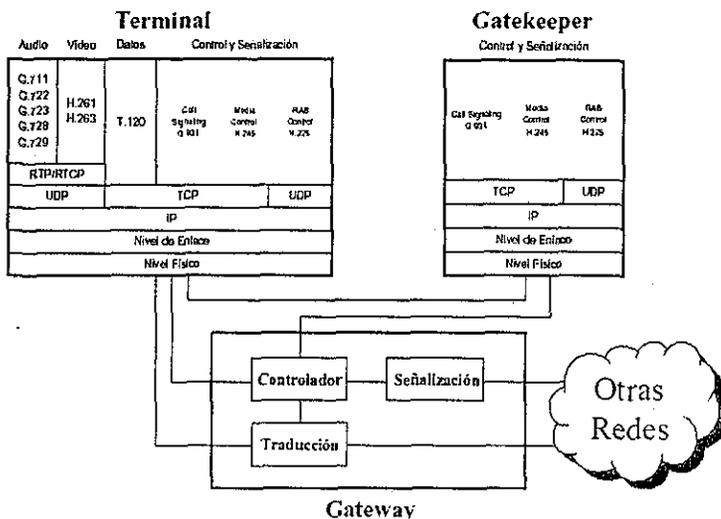


Figura No. 16.- Elementos H.323⁴⁹

⁴⁹ <http://pegaso.ls.fi.uprn.es>

Una vez conocidas las características del estándar H.323, se explicará el funcionamiento de éste en la aplicación de videoconferencia.

Capítulo 4

Videoconferencia con el estándar H.323

4.1 Introducción

La videoconferencia es un sistema de comunicación que permite llevar a cabo reuniones entre personas a largas distancia en tiempo real, por medio del intercambio bidireccional visual, auditivo y verbal, utilizando tecnologías de comunicación en red.

La videoconferencia abre nuevas posibilidades en diferentes campos profesionales como por ejemplo en las empresas, donde se ha convertido en un importante recurso para lograr una interacción real, productiva y eficaz, debido a que presenta posibilidades como: transmitir y recibir imágenes en movimiento, enviar y recibir archivos de todo tipo y tamaño, grabar imágenes o documentos utilizando una cámara, entre otras más. Ésto ha traído algunos beneficios

como: la elevación de la productividad mejorando la coordinación de actividades, creando espacios de trabajo comunes, la obtención de información cara a cara sin necesidad de desplazamientos; la realización de reuniones de trabajo, conferencias y todo tipo de intercambios con la sensación de un contacto personal, reduciendo costos de transporte, hospedaje; etc. En otras áreas como la medicina, la videoconferencia ofrece una forma alternativa para efectuar diagnósticos y tratamientos, compartiendo historiales médicos o análisis. Y en el caso de la educación, la videoconferencia permite la participación en tiempo real de profesores y alumnos, superando así las limitaciones de la educación a distancia tradicional. Entre las actividades más importantes que se pueden llevar a cabo con la videoconferencia están las reuniones ejecutivas, educación continua, cursos especializados, conferencias, Telemedicina, diplomados, asesorías, seminarios, capacitación técnica, negocios, etc.

Debido a las ventajas que presenta la videoconferencia, como la optimización de tiempo, la reducción del desgaste humano, la reducción de gastos y la facilidad de transmisión de información; ella se ha convertido en el segmento de mayor crecimiento en el mundo real de las telecomunicaciones.

4.2 El sistema de videoconferencia H.323

Al igual que en el sistema de videoconferencia tradicional, el sistema básico de videoconferencia H.323 está compuesto por los elementos necesarios para la comunicación del equipo de videoconferencia como protocolos, dispositivos de control, cámaras robóticas, micrófonos, monitores, dispositivos de comunicación, canal de transmisión, software del sistema de videoconferencia, personal calificado, y accesorios periféricos como cámara de documentos, videocasetera, videocámara, Internet e Internet2. Las funciones de éstos últimos son establecer la comunicación a otro sitio, el control del audio, la captura de imágenes, la selección y el control de cámaras, entre otros.

En el desarrollo de ésta tesis, se llevó a cabo la implementación de una videoconferencia utilizando el estándar H.323, para lo cual se realizaron varias pruebas en productos de fabricantes que cumplieran con el estándar. De lo anterior se determinó el procedimiento correspondiente para la implementación de la videoconferencia H.323.

4.3 Procesos en una videoconferencia H.323

Antes de realizar una videoconferencia H.323 se debe de llevar a cabo una reunión de trabajo, con la finalidad de apartar el tiempo en las salas del punto emisor y receptor, realizar pruebas entre los técnicos de cada área, preparar la agenda, preparar la presentación de la videoconferencia, preparar la sala, preparar el campo de visión de la cámara, la colocación de los micrófonos y acústica de la sala, verificar el encendido del sistema y una vez hecho lo anterior, realizar la llamada.

Durante la realización de la videoconferencia: se deben de presentar los asistentes de cada lado, estar atentos a las "pistas" visuales para pedir la palabra, ajustarse a temas de la agenda y mantener el control del tiempo.

El sistema de videoconferencia y los equipos periféricos generan señales que son enviadas al equipo que las digitaliza (Codec), el cual lleva a cabo las siguientes etapas:

Etapa 1

El Codec codifica las señales de audio y video, ésta información se transmiten por el canal de comunicación (Ver figura No.17)

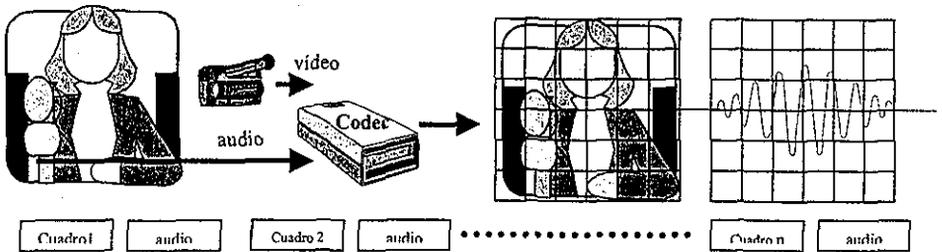


Figura No. 17.- Codificación de audio y vídeo

Etapa 2

Los datos son enviados y transmitidos al sitio remoto por medio de diferentes canales de comunicación como: cable coaxial, fibra óptica, microondas o satélite (Ver figura No.18).

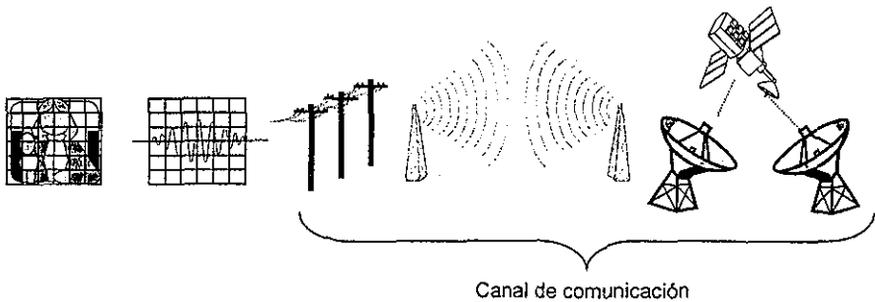


Figura No. 18.- Transmisión de audio y vídeo a través de diferentes medios

Etapa 3

A través del canal, el otro sitio recibe los datos por medio del dispositivo de comunicación, el cual lo entrega al Codec que se encarga de decodificar las señales de audio y video, las cuales envía a un monitor para que sean vistas y escuchadas (Ver figura No.19).



Figura No. 19.- Decodificación de audio y video

4.4 Funcionamiento de la Videoconferencia empleando el estándar H.323

Los fabricantes de productos para videoconferencia emplean los Codecs y protocolos H.323 para incrementar su habilidad para establecer y mantener conexiones de audio y video. Estos le permiten interoperar con otros productos estándares basados en H.323.

Dos participantes pueden establecer una conferencia H.323 con audio y video sobre la conexión TCP/IP. Con H.225.0, los flujos de audio y video múltiples transportan hacia dentro y fuera la información de la aplicación de videoconferencia H.323.

Con los protocolos H.323, los usuarios pueden comunicarse y transmitir datos a otros clientes con audio o video compatibles.

4.4.1 Protocolos de audio y vídeo

Los protocolos de audio y vídeo H.323 optimizan las conexiones de Internet, operando entre 4.8 Kbps y 64 Kbps, para soportar a varias computadoras y tipos de conexión.

Para el óptimo desempeño sobre el Internet, durante una videoconferencia H.323, deben emplearse el H.263 y G.723 como los protocolos predefinidos. Aunque la videoconferencia H.323 puede negociar otros como H.261 o G.711, dependiendo de los requerimientos de otros productos H.323-compatibles.

4.4.2 Comunicaciones de datos T.120

La videoconferencia H.323 crea la asociación entre T.120 y H.323 durante una conferencia. Esta asociación permite que la llamada de videoconferencia H.323 sea realizada en dos fases, una para T.120 y otra para H.323, pero aparece como una sola llamada.

4.4.3 Interoperabilidad y prueba de H.323 en videoconferencia

La interoperabilidad de los productos de H.323 puede ser medida en los siguientes tres niveles:

Señalización de llamada y control

Los casos de prueba (Capítulo 5) verifican que la videoconferencia H.323 puede establecer una conferencia sobre conexiones TCP/IP con el flujo de datos y secuencia apropiados. Para esto, se prueba si los productos que interoperan basados en las especificaciones de H.323 emplean los protocolos H.245 y Q.931. La Señalización de llamadas y las pruebas de control negocian estas capacidades en las siguientes formas:

- Verificar que un producto pueda aceptar una llamada de videoconferencia H.323 utilizando los protocolos predefinidos, o bien probar si la

videoconferencia H.323 puede negociar un conjunto conveniente de protocolos.

- Determinar si los productos pueden abrir canales y pasar datos después de que la llamada es establecida.
- Verificar que toda la secuencia de control se ejecute correctamente.

Por lo general, las pruebas de control de interoperabilidad de llamadas fallan cuando una llamada está fuera de secuencia o la llamada no se logra en el tiempo previsto (Ver figura No. 20).

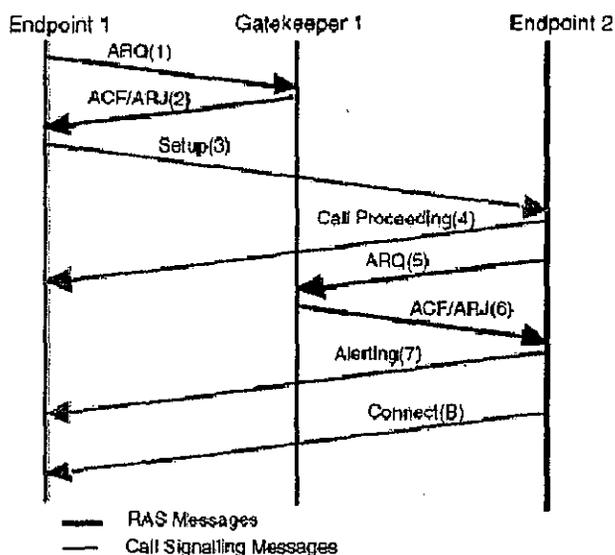


Figura No. 20.-Establecimiento de una llamada en H.323⁵⁰

Flujos (Streaming) de audio y vídeo

Los casos de prueba (Capítulo 5) verifican que los productos para videoconferencia H.323 pueden manejar los flujos de paquetes de audio y vídeo sobre conexiones UDP. Los mecanismos de flujo para productos H.323 son el

⁵⁰ <http://www.iie.edu.uy>

RTP y el RTCP. Y los problemas de Interoperabilidad pueden ocurrir dentro de ellos.

Compatibilidad de protocolos para audio y vídeo

Los casos de prueba (Capítulo 5) determinan si un producto proporciona protocolos compatibles para la estructura y transmisión de entrada/salida de audio y vídeo. La videoconferencia H.323 se ejecuta mejor utilizando G.723 y H.263, pero se pueden negociar otros protocolos, tales como H.261 y G.711. Las pruebas verifican que los productos puedan intercambiar audio y vídeo en tiempo real satisfactoriamente con videoconferencia H.323. Los problemas típicos se presentan cuando existen diferencias en los algoritmos usados por los equipos de videoconferencia H.323.

4.5 Productos y Servicios de conferencia H.323

Los productos para videoconferencia H.323 pueden operar potencialmente con cualquier producto o servicio de Conferencia H.323 sobre conexiones TCP/IP. Estos productos y servicios pueden ser separados en las siguientes categorías:

Clientes de conferencia de audio y vídeo

La videoconferencia H.323 es capaz de conectar a cualquier cliente de conferencia de audio o vídeo que soporte la especificación de H.323. Dependiendo de la disponibilidad de los protocolos de audio y vídeo compatibles, los productos de H.323 pueden potencialmente interoperar e intercambiar información de audio y vídeo. Por ejemplo, Las aplicaciones para videoconferencia H.323 de los diferentes productos de fabricantes son totalmente interoperables entre ellos.

Servidores o puentes de conferencia

Los servidores o puentes de conferencia pueden organizar la conferencia multipunto de audio y vídeo para los productos H.323-compatibles. Algunos servidores y puentes también pueden organizar la conferencia de audio y vídeo junto con la conferencia de datos, como programa compartidos y transferencia de

archivos. Los proveedores de servicio pueden ofrecer una red avanzada de audio, vídeo, puentes de conferencia de datos, administradores de la conferencia profesionales, y características especiales como clave o contraseña de seguridad.

Dispositivos Gateway

Varias compañías han desarrollado gateways que permiten a los usuarios de videoconferencia H.323 unir a otros tipos de redes, como una videoconferencia H.320 ISDN o un teléfono regular en una red pública.

Dispositivos Gatekeeper

Varias compañías han desarrollado gatekeepers H.323 que pueden proporcionar servicios de red a videoconferencia H.323, como encaminar llamadas a través de las paredes de fuego (firewalls) corporativos. Los gatekeepers también pueden limitar el número de llamadas que pueden colocarse en cualquier momento dado.

4.6 Limitaciones tecnológicas de la videoconferencia tradicional y la solución de H.323

Una videoconferencia requiere de lo siguiente:⁵¹

Un canal con capacidad o ancho de banda amplio para soportar la transmisión de vídeo, voz y datos; pues este determina la fluidez, que es uno de los requerimientos más importantes en la comunicación.

La cámara y el micrófono recogen mucho más información de la que puede ser transmitida, por lo que el sonido y la imagen deben ser procesados (codificados y comprimidos) previamente, lo que origina falta de suavidad en la imagen, retardos en el audio y eco en los sonidos. Es decir, las secuencias de imágenes bruscas o sin suavidad tienen su origen en la compensación por un flujo elevado de datos, donde una vez que el Codec ha tratado y compensado la información, la única manera de conseguir que se transmita un gran volumen de datos es reducir el número de imágenes por segundo utilizadas, lo que provoca el efecto de saltos y discontinuidades en el movimiento.

Los retardos en la reproducción del sonido se producen porque la compresión, envío y descompresión de la información, lo que puede dificultar las conversaciones, sobre todo a usuarios con poca experiencia. Este debe tenerse presente para evitar interrupciones frecuentes en la conversación tradicional.

La mayoría de los sistemas de videoconferencia actuales utilizan el vídeo digital comprimido para la transmisión de imágenes en movimiento por medio de las redes de transmisión de datos como ISDN. El proceso de codificación de imágenes de vídeo reduce la cantidad de datos transmitidos a través de las líneas, transmitiendo sólo los cambios producidos en los cuadros de imágenes. Por haber

⁵¹ James R. Wilcox, CISSP, *Videoconferencing the whole picture*, 3a. edición, CMP, 2000

minimizado el ancho de banda exigido para la transmisión de imágenes, la condensación de imágenes de vídeo redujo también los costos de transmisión.

Aunque también, para las videoconferencias se utiliza con frecuencia las líneas de teléfono especializadas llamadas T-1, las cuales trabajan a altas velocidades y son muy eficaces para esta tecnología, se alquilan por medio de circuitos especiales y tienen un costo de mantenimiento mensual relativamente alto. Los costos de comunicación se calculan en función de la distancia y en el tiempo de comunicación.

Desde la aprobación por parte del ITU⁵² en Enero de 1998 de utilizar estándares como el H.323 para sistemas de videoconferencia basados en protocolos IP, esta forma de comunicación se ha visto impulsada notablemente. Pues al realizar encuentros con vídeo en tiempo real utilizando éste estándar supera los resultados obtenidos mediante ISDN. Además contrariamente a lo que sucede con el estándar H.320 compatible con ISDN, no es necesaria una inversión económica tan elevada, ya que este nuevo estándar se adapta automáticamente a las características de las redes más rápidas. Pero el estándar H.323 tiene problemas con las redes convencionales que no ofrecen las características de estabilidad de las conexiones ISDN, pues incluso con una capacidad de transferencia de 100 Mbps no es posible garantizar la fluidez de la transmisión en redes con tráfico de datos elevado. Por otro lado, la versión 2 del estándar H.323 también añade soporte para ATM, una tecnología idónea para videoconferencia, pero ésta se encuentra escasamente implantada dentro de las redes locales, por lo que la mayoría de ellas recurren al soporte RSVP para reservar el ancho de banda necesario en la comunicación.

Para que las tecnologías IP puedan ser utilizadas ampliamente, se requiere contar con un medio de comunicación con ancho de banda que soporte sin problemas videoconferencia IP y que además presente estabilidad en las redes sobre el que

⁵² Capítulo 3

este montado para poder emplear estándares ITU como H.323. Éste medio es el conocido como la nueva generación de Internet: Internet 2⁵³.

Internet2 es una red de mayor velocidad y más avanzada que permite el uso de una nueva generación de aplicaciones para mejorar la producción de servicios de Internet y la transferencia de nuevos servicios y aplicaciones de red a todos los niveles de uso educativo y comunidad de Internet tanto nacional como Internacional.

Con la reciente implantación de los sistemas de videoconferencia basados en el protocolo IP, se ha producido una amplia difusión de este sistema de comunicaciones, pues IP es el soporte que ofrece mejores posibilidades de desarrollo para la mayoría de las empresas que desean hacer uso de ésta tecnología, ya que los sistemas de videoconferencia tradicionales resultan ser extremadamente caros para la mayoría de ellas.

4.7 Beneficios de H.323 en videoconferencia

La importancia del estándar H.323 se resumen finalmente en los siguientes beneficios que proporciona:

4.7.1 Compatibilidad

Con la compatibilidad, los productos y las aplicaciones multimedia de distintos proveedores pueden interoperar, permitiéndoles a los usuarios comunicarse sin preocuparse de la compatibilidad del hardware; es decir, las aplicaciones funcionan transparentemente y son independientes de la red, plataforma y aplicación.

El H.323 es considerado como la primera especificación completa bajo la cual, los productos desarrollados se pueden usar con el protocolo IP que es muy difundido; ya que los administradores de redes tienen amplias redes ya instaladas y se

⁵³ <http://www.internet2.edu>

sienten confortables con las aplicaciones basadas en IP, tales como el acceso a la Web; además de que las computadoras personales son cada vez más potentes y, por lo tanto, capaces de manejar datos en tiempo real como voz y vídeo. Todo lo anterior hace muy atractivo el H.323 y las compañías consultoras independientes predicen una rápida adopción del H.323 (Ver figura No. 21):⁵⁴

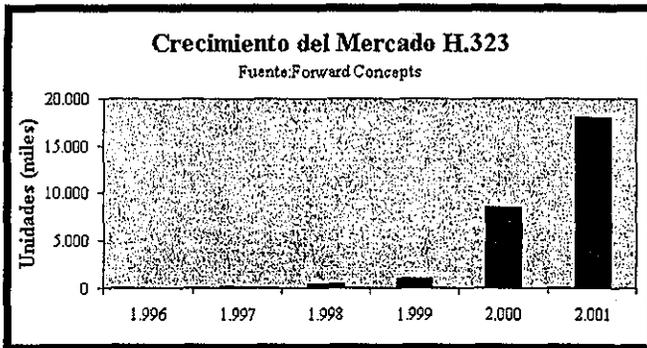


Figura No. 21.- Crecimiento del mercado H.323

Microsoft y más de 120 compañías principales han anunciado su intento para soportar e implementar H.323 en sus productos y servicios.

4.7.2 Interoperabilidad

Los productos y servicios desarrollados por múltiples fabricantes bajo el estándar H.323 pueden interoperar sin limitaciones de plataforma. Los clientes de conferencia H.323, puentes, servidores, y gateways soportan esta interoperabilidad.

H.323 proporciona múltiples protocolos de audio y vídeo que estructuran los datos según los requerimientos de varias redes, usando diferentes rangos de bits,

⁵⁴ <http://www.comunicaciones.unitronics.es/tecnología/H.323.html>

retrasos, y opciones de calidad. Los usuarios pueden escoger los protocolos que mejor soporten sus selecciones de computadora y red.

Dentro de una única red, los sistemas H.323 de diferentes fabricantes serán intercambiables. Un gateway de un determinado fabricante puede coexistir y trabajar junto con terminales de diferentes fabricantes. La conectividad fuera de la propia red con clientes, proveedores, etc. se simplifica notablemente.

La variedad de terminales H.323 combinada con adaptadores, gateways y otros productos de infraestructuras pueden proporcionar una conectividad universal dentro y fuera del ámbito de una misma empresa.

4.7.3 Centralización

Existen dos áreas involucradas en el manejo del estándar H.323: los administradores de sistemas y los administradores de redes de área local y amplia.

Se requiere un sistema centralizado para gestionar los equipos conectados en su red. Como los sistemas de videoconferencia forman parte de la red de datos, se tiene una enorme ventaja al poder utilizar un mismo tipo de herramientas para gestionar los datos y los equipos en ella instalados. Una herramienta basada en el protocolo SNMP⁵⁵ es la solución ideal para gestionar una red de vídeo H.323 desde una localización centralizada, pues una gestión SNMP permite utilizar la red de datos para gestionar los equipos de esa red y el H.323 permite utilizar la red de datos para transportar vídeo.

4.7.4 Ancho de banda

Los usuarios comparten el ancho de banda dentro de una red para acceder a un servidor, a una impresora y a dispositivos de comunicaciones. Los paquetes de

⁵⁵ SNMP: Simple Network Management Protocol

datos se procesan de manera lineal conforme llegan. En ocasiones el usuario puede experimentar retardos debido a congestiones de la red. Para aplicaciones de tipo transacción de datos, estos retardos introducidos por la red pueden incluso llegar a no ser perceptibles por el usuario. Y en ningún caso, dicho retardo daña irreparablemente la aplicación. Las aplicaciones de datos multimedia, especialmente las interactivas como la videoconferencia, no pueden aceptar dichos retardos. Por lo tanto, en estos casos será necesario adaptar las infraestructuras de las redes de área local para soportar aplicaciones H.323. En una red de área amplia, el retardo es muy importante, pues en ésta los enlaces fueron ideados para transportar datos en tiempo real.

El H.323 demanda un incremento de la calidad de servicio (QoS) tanto en una red de área local como en una red de área amplia. Para esto, se aumenta el ancho de banda en las redes, lo cual resulta ser más caro en la red de área amplia, por lo que en muchos casos no es viable dicha solución; hoy en día se tiene una nueva opción para solucionar éste problema y se llama Internet2, la cual no es costosa por poderse colocar sobre la infraestructura de red con la que ya se cuenta sin hacer una nueva inversión económica.

Finalmente, La importancia del estándar H.323 radica en una convergencia de diferentes factores, los cuales se pueden analizar desde dos perspectivas: la del profesional de las telecomunicaciones y la del usuario de la aplicación.

En el caso del profesional de las telecomunicaciones, los desarrolladores de tecnología de comunicaciones con vídeo utilizan H.323 porque creen firmemente que millones de usuarios en todo el mundo escogerán el uso de herramientas de conferencia basadas en IP como complemento de sus herramientas de productividad. Además de que los profesionales de las telecomunicaciones están interesados en las capacidades de las terminales, las infraestructuras, la gestión y la seguridad.

Por ejemplo:

En cuanto a las terminales. Aunque hace 5 años, aproximadamente, menos de un 30% del total de computadoras instaladas era capaz de soportar videoconferencia H.323 y como consecuencia muchas de las computadoras instaladas en las empresas no tenían suficiente potencia para comprimir y descomprimir simultáneamente vídeo en tiempo real con calidad profesional; actualmente las nuevas computadoras incorporan capacidades H.323, pues desde el sistema operativo Windows98 se tiene la distribución del protocolo.

En cuanto a la infraestructura. Aunque no todas las redes están preparadas para soportar vídeo de calidad y uso profesional, con las infraestructuras de área local existentes, se están realizando actualmente mejoras a las mismas, como: sustitución de cableado (categoría 3 por categoría 5 y 6); aumento del uso de tecnología de backbone ATM, Fast Ethernet o Gigabit Ethernet y sustitución de encaminadores antiguos por equipos más potentes. En las redes de área amplia, los administradores de las redes experimentan retos similares como por ejemplo el ancho de banda es costoso y debe usarse prudentemente. Además, no se cuenta con mecanismos de calidad de servicio, por lo que se han observado cambios en los siguientes campos: se tiene una mayor aceptación e implantación de los protocolos de tiempo real (RTP) y de reserva de recursos (RSVP). Un mayor uso de tecnologías de red de área amplia capaces de transportar tráfico multimedia, por ejemplo ATM. Una continua proliferación de la tecnología ISDN, la cual puede ser empleada para las conexiones de red de área amplia H.323; la introducción de ofertas de clases de servicios para tecnologías tradicionales de transmisión de paquetes como Frame Relay. Y muy recientemente Internet2, que resuelve principalmente los problemas de ancho de banda y calidad de servicio.

En el caso del usuario de la aplicación, por ejemplo de la videoconferencia, la red sobre la que esta trabajando es indiferente para él. No le importa si es H.320 o H.323 sobre RDSI, ATM, Frame Relay o Internet; el usuario sólo espera que esta funcione. Las razones que imponen el uso de la videoconferencia y de la colaboración se dan cuando se dispone de herramientas que cumplen las necesidades específicas de la aplicación, cualquiera que sea el sistema.

El escenario detrás del H.323 es tremendamente apasionante. Así como se tienen en el mercado muchas soluciones a las actuales necesidades; también se tiene un conjunto de falsedades, tales como aquellas afirmaciones que no son aplicables a un entorno empresarial y profesional, por ejemplo: videoconferencia gratis por Internet, Codecs basados en software, conectividad universal, cada computadora personal con videoconferencia, vídeo con calidad de televisión, etc.

A través del tiempo, algunas de estas afirmaciones se pueden cumplir, pero aún así los usuarios deben hacer un esfuerzo para, a pesar de tales falsedades o desinformación, separar la realidad de la ficción.

Por último en el siguiente capítulo se explica cómo se llevaron a cabo las pruebas de equipos basados en productos con el estándar H.323, producidos por diversos fabricantes para la implementación de videoconferencia H.323, las cuales se llevaron a cabo en la red de comunicaciones de Internet e Internet2 en el Centro de Operación de la Red de Internet e Internet2 en la Universidad Nacional Autónoma de México (Dirección General de Servicios de Cómputo Académico).

Capítulo 5

Pruebas de productos para videoconferencia con el estándar H.323 en la Universidad Nacional Autónoma de México

5.1 Infraestructura H.323 en México

A través de las diferentes universidades que forman el grupo de la Corporación Universitaria de Desarrollo de Internet (CUDI), México cuenta con una infraestructura de equipos para videoconferencia H323, la cual ha sido utilizada para un conjunto de reuniones que han sido la apertura nacional de la red de Internet⁵⁶.

⁵⁶ <http://www.cudi.edu.mx>

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

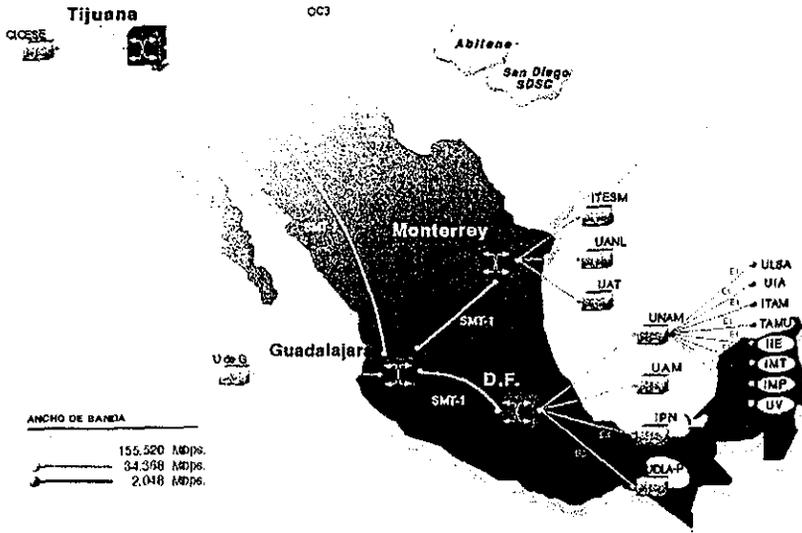


Figura No. 22.- Backbone de Internet2 en México

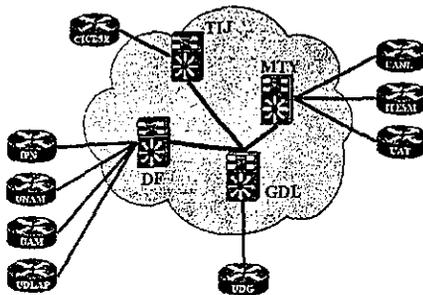


Figura No. 23.- Red de Videoconferencia H.323 en México

Las instituciones que forman parte de la Red de Videoconferencia H.323 actualmente se enlistan a continuación (Ver tabla No.6).

| Institución | Equipo |
|-------------|--|
| IPN | Polycon Gatekeeper MCU |
| UDG | Gatekeeper RV 2 puerto Vcon |
| Cicese | Vcon |
| UDLA | Polycon |
| ITESM | Polycon Gatekeeper MCU de 8 puertos |
| UANL | Polycon |
| UNAM | Vcon Gatekeeper 2 puertos MCU 8 puertos |
| UAT | MCU Accord 10 equipos Tandberg 40 equipos VCON |

Tabla No. 6.- *Universidades y equipos de la Red de Videoconferencia H.323 en México*

5.1.1 H.323 en la UNAM

En noviembre del 2000 comienza el proyecto de H.323 de la UNAM, posteriormente, en diciembre del 2000, se inician las primeras pruebas de H.323 en Internet2 y es en enero del 2001 que se llevan a cabo las primeras reuniones del grupo de CUDI para el proyecto New Education Networking Exchange (NENE), utilizando el estándar H.323 como protocolo para videoconferencia en Internet2.

En febrero 2001, se forma el grupo de investigación de H.323 de la UNAM, coordinado por la Subdirección de Telecomunicaciones de la UNAM, con la finalidad de:

Investigar, probar e implantar H.323 en las redes de Internet e Internet2 de México.

Participar en el desarrollo de proyectos de H.323 nacionales e internacionales.

Participar en la difusión de H.323 y sus aplicaciones en México y Latinoamérica.

Entre los primeros trabajos realizados por el grupo de investigación H.323, está la construcción y puesta en línea de la página de H.323, para dar a conocer las actividades realizadas por el grupo, entre otras cosas.

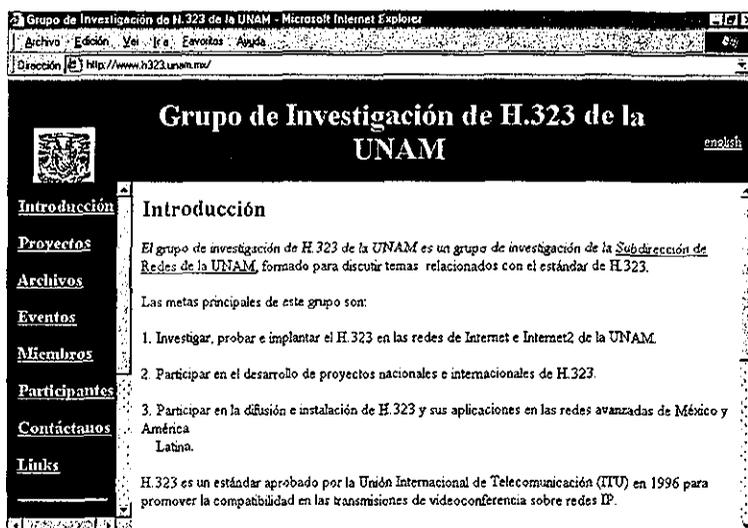


Figura No. 24.- Página del grupo de investigación H.323 en la UNAM

<http://www.h323.unam.mx>

En abril del 2001, se comienza el proyecto de Telemedicina a través de videoconferencia H.323.

Para llevar a cabo la implementación de la videoconferencia H.323 y poder ser ésta utilizada en los proyectos mencionados anteriormente, fue necesario que el grupo de investigación realizara pruebas a equipos de videoconferencia prestados por diversos fabricantes, para conocer el desempeño, interoperabilidad, compatibilidad, etc., de los mismos y así poder implementar una videoconferencia basada en el estándar H.323 con calidad aceptable. Los resultados de las pruebas permitieron conocer el comportamiento y vulnerabilidades de los equipos. La videoconferencia H.323 con calidad aceptable implementada se ha utilizado en eventos como las reuniones del grupo CUDI, el proyecto Nene, eventos internos en la UNAM y conexión con otras universidades para apoyo y realización de pruebas de equipos.

Las investigaciones realizadas en el grupo de investigación de H.323 fueron presentadas en el Seminario del Laboratorio de Interoperabilidad llamado "Aplicaciones de H.323 en Internet2", el cual se llevó a cabo el 19 de septiembre de 2001 en el auditorio de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA) en Ciudad Universitaria y fue presentado por el Ing. Oscar Aguilar Castro encargado del Centro de Operación de la Red de la UNAM (NOC) y la Ing. Patricia Chinos Ramírez.

5.2 Pruebas a equipos de videoconferencia realizadas por el grupo de investigación de H.323 de la UNAM

Entre los equipos analizados tenemos: Polycom, Vcon, Aethra⁵⁷.

5.2.1 Polycom

Equipo: Polycom

Modelo: View Station

Tipo de conexión: Punto a punto

Ubicación: Centro de Operación de la Red (NOC) y Sala de videoconferencia en la Dirección General de servicios de Cómputo Académico (DGSCA).

Esquema:



Figura No. 25.- Videoconferencia H.323 en red de área local NOC-Videoconferencia (UNAM)

Resultados:

En ésta prueba se examinó el desempeño del equipo y su comportamiento a máximas capacidades, así como su compatibilidad con otro de su mismo tipo.

Las pruebas fueron desde utilizar anchos de banda de 64 Kbps hasta 768 Kbps que era lo que soportaba.

⁵⁷ <http://www.polycom.com>, <http://www.vcon.com>, <http://www.aethra.com>, <http://www.tandberg.com>

| Ancho de banda (Kbps) | Respuesta |
|--------------------------|--|
| 64 | Transmisión de solo audio |
| 384 (6 canales) | Transmisión de vídeo y audio de buena calidad |
| 768 (12 canales) | Transmisión de vídeo y audio a muy buena calidad |

Tabla No. 7 .- Pruebas de anchos de banda en la *Videoconferencia H.323 en red de área local NOC-Videoconferencia (UNAM)*

| Para transmisión de: | Protocolo empleado: |
|----------------------|---------------------|
| Audio | G.711 |
| Vídeo | H.261 CIF |

Tabla No. 8 .- Protocolos empleados en la *Videoconferencia H.323 en red de área local NOC-Videoconferencia (UNAM)*

La conexión no tuvo ningún problema y el equipo conectado por medio de un cable par trenzado UTP y un interruptor con direcciones IP de Internet2, respondió sin problemas.

Equipo: Polycom

Modelo: View Station

Tipo de conexión: Punto a punto

Ubicación: Centro de Operación de la Red (NOC) y Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT).

Esquema:



Figura No. 26.- Videoconferencia H.323 en red de área amplia (UNAM-UAT)

Resultados:

En ésta prueba fue necesario utilizar un ancho de banda más amplio en la transmisión.

| Ancho de banda (Kbps) | Respuesta |
|-----------------------|------------------------------------|
| 768 (12 canales) | Transmisión de vídeo con problemas |

Tabla No. 9.- Pruebas de anchos de banda en la Videoconferencia H.323 en red de área amplia (UNAM-UAT)

| Para transmisión de: | Protocolo empleado: |
|----------------------|---------------------|
| Audio | G.711 |
| Vídeo | H.261 CIF |

Tabla No. 10.- Protocolos empleados en la Videoconferencia H.323 en red de área amplia (UNAM-UAT)

Observaciones:

En ésta conexión a distancia más larga que la anterior prueba, se presentaron problemas al modificar la velocidad a 12 canales (768kbps). Además, se tuvieron problemas con la compatibilidad de protocolos de audio y vídeo empleados entre el Polycom y el equipo Accord. que se tiene en la UAT.

Equipo: Polycom

Modelo: View Station

Tipo de conexión: Punto a multipunto

Ubicación: Videoconferencia H.323 controlada a través de una Unidad de Control Multipunto (MCU-Radvision) que conectó a distintas partes de la República Mexicana a través de Internet2.

Esquema y participantes:

UNAM : Unidad de Control Multipunto (MCU)

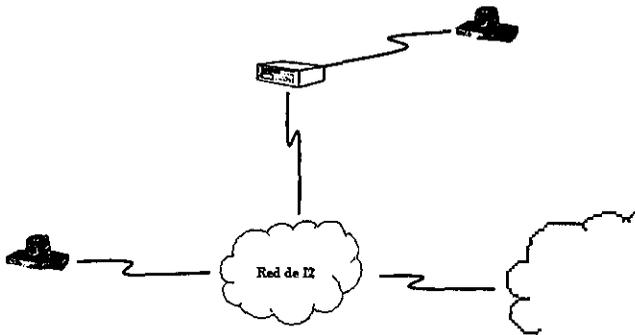


Figura No. 27.- Videoconferencia H.323 en red de área amplia (UNAM y varias universidades de México)

Observaciones:

La Unidad de Control Multipunto se ubicó en la UNAM y se estableció una sesión de videoconferencia a la cual todos los participantes se conectaron.

El equipo Polycom respondió favorablemente y solo tuvo algunos problemas para iniciarse dentro de la sesión de videoconferencia, pero una vez dentro trabajó sin problemas.

5.2.2 Vcon

En el caso de Vcon se probaron dos modelos: VIGO y Cruiser 150⁵⁸.

Equipo: Vcon

Tipo de conexión: Punto a punto

Ubicación: Centro de Asistencia Técnica (TAC) y Centro de Operación de la red (NOC) de la UNAM

Esquema:

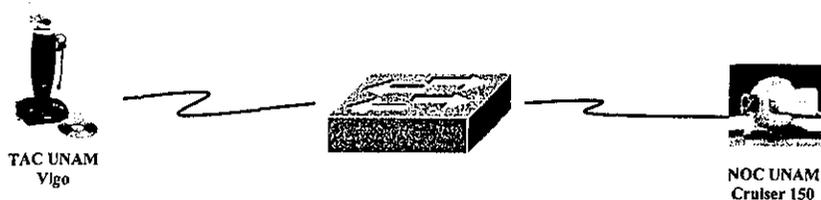


Figura No. 28.- Videoconferencia H.323 en red de área local TAC-NOC (UNAM)

Resultados

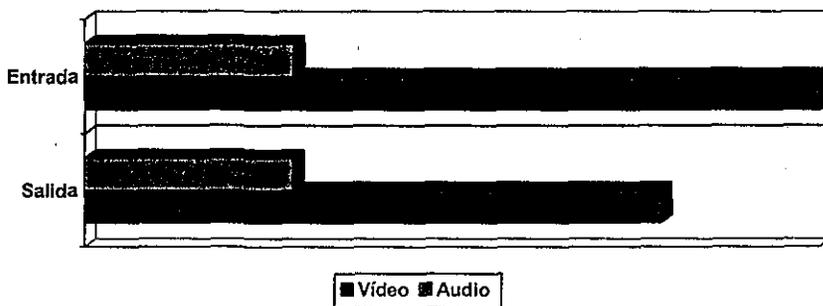
Ancho de banda de la conexión : 384 Kbps

⁵⁸ <http://www.vcon.com>

VIGO (TAC)

| Salida | Ancho de banda utilizado BW (bps) | Porcentaje de utilización de BW |
|---------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Vídeo | 176600 | 74% |
| Audio | 64000 | 26% |
| Entrada | | |
| Vídeo | 225600 | 78% |
| Audio | 64000 | 22% |

Tabla No. 11.- Anchos de banda en entrada y salida en la Videoconferencia H.323 en red de área local TAC-NOC (UNAM)



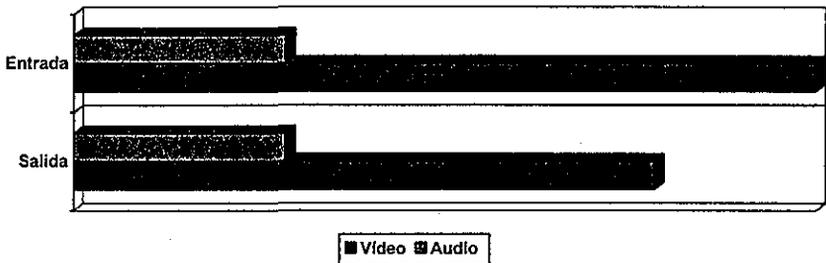
Gráfica No. 1.- Porcentajes de ancho de banda en entrada y salida en la Videoconferencia H.323 en red de área local TAC-NOC (UNAM)

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Cruiser 150 (NOC)

| Salida | Ancho de banda utilizado BW (bps) | Porcentaje de utilización de BW |
|---------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Vídeo | 176600 | 74% |
| Audio | 64000 | 26% |
| Entrada | | |
| Vídeo | 225600 | 78% |
| Audio | 64000 | 22% |

Tabla No. 12.- Anchos de banda en entrada y salida en la Videoconferencia H.323 en red de área local TAC-NOC (UNAM)



Gráfica No. 2.- Porcentajes de ancho de banda en entrada y salida en la Videoconferencia H.323 en red de área local (UNAM)

El software del equipo Vcon permite conocer el ancho de banda del audio y vídeo en la entrada y salida, que se muestran en las tablas y gráficas resultado de cada prueba.

Observaciones:

Se observaron pérdidas en la comunicación, a pesar de que el ancho de banda seleccionado era 384 kbps, esto se debió a que el equipo VIGO tenía una dirección IP de Internet normal, y el equipo del NOC se encontraba en una dirección de Internet2. En sí, no se tuvieron problemas de conexión entre ambos equipos., solo se notó un leve retardo que posiblemente se debe a que uno de los equipos se encontraba dentro de una red de Internet normal. A pesar de esto puede decirse que la calidad fue buena.

MXM

Vcon cuenta con un software llamado MXM que recientemente se está empleando para administrar equipo Vcon en videoconferencia H.323. Con la conexión anterior se realizó una prueba para observar las bondades y comportamiento del software MXM.

En un principio se colocó el software MXM en la máquina donde se encontraba el equipo Cruiser 150, MXM ocasionó conflictos con el software de éste. El MXM funcionaba de forma adecuada, pero el Cruiser no podía recibir ni hacer llamadas. Se consultó con el proveedor del producto para comentar esta situación y él confirmó que ambos software tenían problema para estar instalados en un mismo equipo de cómputo. Por lo que se resolvió esta situación cambiando el MXM de máquina e instalando en la máquina que contenía Cruiser solo el cliente de la aplicación (Ver figura No.29)

Esquema:

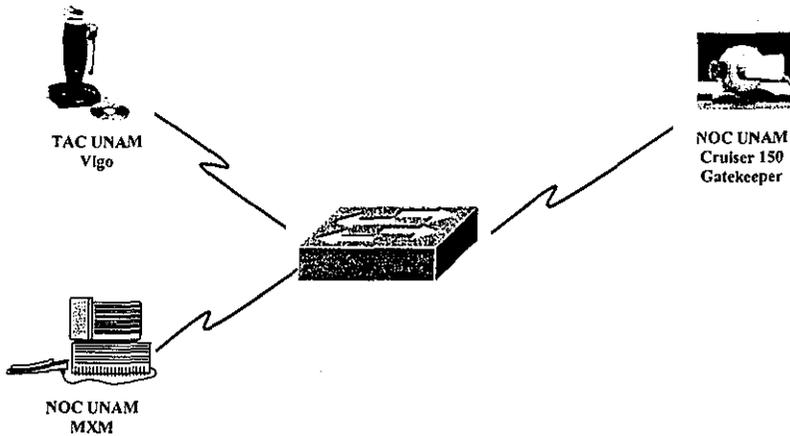


Figura No. 29.- Prueba de software par administración de videoconferencia H.323 Vcon

Observaciones:

La conexión a través del MXM, permitió únicamente administrar equipo Vcon, pues al momento de sustituir el Cruiser 150 por una tarjeta de equipo Aethra para videoconferencia, éste no pudo ser manipulable por el MXM, solo se observó como un participante mas de la videoconferencia.

Los equipos Vcon presentaron siempre un excelente desempeño en la prueba de conectividad punto a punto a diferentes velocidades (arriba de 64 Kbps) y al ser conectados a la red de Internet2 no presentaron problemas. Así como también fue el equipo que mejor compatibilidad.

5.2.2.1 Comunicación Internacional

Equipo: Vcon

Tipo de conexión: Punto a punto

Ubicación: Centro de Operación de la Red (NOC) en DGSCA, UNAM México
Centro de Cómputo Universidad de Chile, en la Red REUNA

Equipo: Vcon – México

Medio empleado: Internet - Conexión a 384 Kbps



Figura No. 30.- Imagen enviada de México a Chile a través de Internet



Figura No. 31.- Imagen de México recibida en Chile a través de Internet

Protocolos empleados

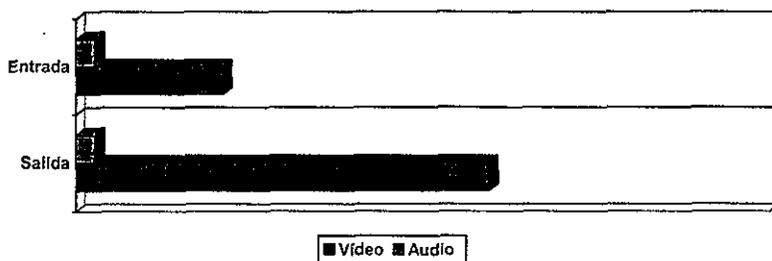
| Entrada | Salida |
|-----------------|--------------------|
| Audio G.728 | Audio G.728 |
| Vídeo H.261 CIF | Vídeo H.261 CIF |

Resultados:

| Salida | Ancho de banda utilizado - BW (bps) |
|---------|---|
| Vídeo | 344900 |
| Audio | 16000 |
| Entrada | |
| Vídeo | 121900 |
| Audio | 16000 |

Tablas No. 13 y 14.- Información enviada de México a Chile a través de Internet

La disminución de información de vídeo en la entrada, se debió al medio empleado en la conexión: Internet.



Gráfica No. 3.- Información enviada de México a Chile a través de Internet

Medio empleado: Internet2 - Conexión a 768 Kbps



Figura No. 32.- *Imagen enviada de México a Chile a través de Internet2*



Figura No. 33.- *Imagen recibida de Chile a México a través de Internet2*

Protocolos empleados

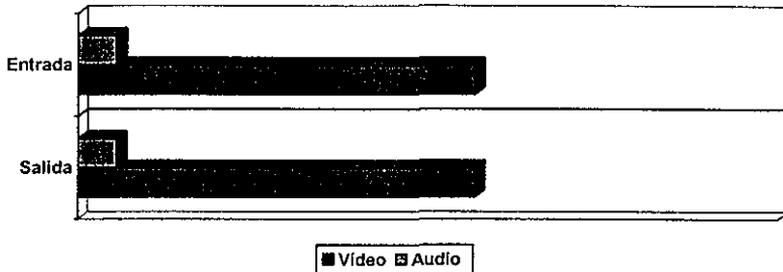
| Entrada | Salida |
|-----------------|--------------------|
| Audio G.711 A-8 | Audio G.711 A-8 |
| Vídeo H.261 CIF | Vídeo H.261 CIF |

Resultados:

| Salida | Ancho de banda utilizado - BW (bps) |
|---------|---|
| Vídeo | 657900 |
| Audio | 64000 |
| Entrada | |
| Vídeo | 657900 |
| Audio | 64000 |

Tablas No. 15 y 16.- *Conexión México - Chile a través de Internet2*

Se observa en la tabla No. 14, que no hubo pérdida de información de vídeo como en el caso anterior, pues el medio de comunicación empleado fue Internet2 con un ancho de banda mayor y mejor calidad de servicio.



Gráfica No. 4.- *Conexión México - Chile a través de Internet2*

Observaciones generales

Los equipos Vcon presentaron incompatibilidad con equipos de otras marcas, presentando problemas de distorsión de vídeo y ruido en el sonido e incluso desconexiones periódicas.

El modelo Cruiser 150 de Vcon, requirió para su instalación una máquina bastante robusta y dedicada, lo cual no concuerda con las especificaciones del fabricante. Sin embargo su desempeño a máximas capacidades fue muy bueno. El uso de equipos Vcon es recomendable para la realización de conferencias de tipo personal, que no incluyan gran complejidad. Además éste equipo ofrece una gran gamma de alternativas para resolver las necesidades comunes, como son: adaptación de micrófonos extras, adaptación de cámaras y permite actualización de su software de funcionamiento para integrar nuevas novedades, como es el caso de multicast para las versiones 4.51 de Cruiser y VIGO.

Las pruebas con una unidad de control multipunto de Vcon en software se realizaron y funcionaron bien, mientras que la unidad de control multipunto de Vcon en hardware no funcionó, se observó que no soportaba mas de cuatro equipos conectados a 768 kbps, mientras que en las especificaciones mencionaba poder soportar hasta 20 equipos.

Para las pruebas que se realizan en la UNAM, Vcon ha sido ampliamente utilizado por sus características propias como son: Instalación sencilla en PC's, software amigable, configuración rápida, portabilidad y visualización de estadísticas reales sobre la conferencia, manejando datos como porcentaje de video y audio enviados y recibidos, protocolos usados, manejo de anchos de banda múltiples, etc.

5.2.3 Aethra

Para Aethra se probaron dos modelos: SDV9200 y Vega2⁵⁹.

Equipo: Aethra

Tipo de conexión: Punto a punto

Ubicación: Centro de (NIC) y Centro de Operación de la red (NOC) en la UNAM

Esquema:



Figura No. 34.- Videoconferencia H.323 en red de área local NIC-NOC (UNAM)

Observaciones:

No se presentaron mayores complicaciones, como estaba previsto, ya que solamente se conectaban por medio de un cable UTP y un switch 1100 3COM como se ve en el diagrama.

Equipo: Aethra

Tipo de conexión: Punto a punto

Ubicación: Centro de Operación de la red (NOC) en la UNAM y sala de videoconferencia del proveedor (SEESA), Cd. de México.

⁵⁹ <http://www.aethra.com>

Esquema:

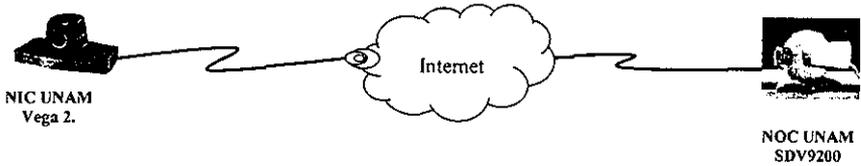


Figura No. 35.- Videoconferencia H.323 en red de área amplia NIC-NOC (UNAM)

Observaciones:

El equipo se conectó sin problemas a la sala del proveedor, situada en la Cd. De México con José León Santos Gerente de Ingeniería.

No se notó retardo considerable.

El software en si no cuenta con alguna herramienta para monitorear la videoconferencia.

Resultados:

| Ancho de banda empleado (Kbps) | Observaciones |
|--------------------------------------|--|
| 64 | Solo se enviaba y recibía audio |
| 384 (6 canales) | La imagen se recibió con buena calidad |

Tabla No. 17.- Videoconferencia H.323 en red de área amplia (UNAM)

Conexiones con otros equipos

Equipo: Aethra

Tipo de conexión: Punto a punto

Ubicación: Centro de (NIC) y Centro de Operación de la red (NOC) en la UNAM

Equipos: NIC – Aethra NOC – Vcon Cruiser 150

Esquema:



Figura No. 36.- Videoconferencia H.323 en red de área local NIC-NOC (UNAM)

Observaciones:

Aunque el equipo Vcon cuenta con especificaciones muy parecidas al equipo Aethra, se observó un considerable retardo en las primeras pruebas de la videoconferencia.

Equipo: Aethra

Tipo de conexión: Punto a punto

Ubicación: Centro de (CUAED) y Centro de Operación de la red (NOC) en la UNAM

Equipos: El CUAED utilizó: TANDBERG y el NOC utilizó un AETHRA Vega2 y el VCON Cruiser 150

Esquema:

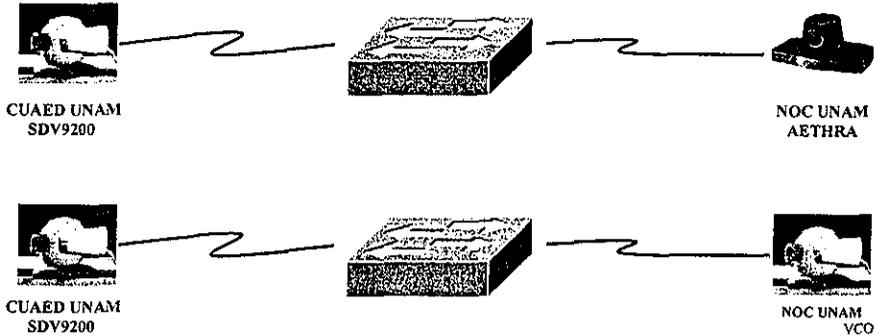


Figura No. 37.- Videoconferencia H.323 en red de área amplia CUAED-NOC (UNAM)

Resultados:

Ancho de banda de la conexión : 384 Kbps

En el NOC, con el equipo Aethra se monitoreo lo siguiente:

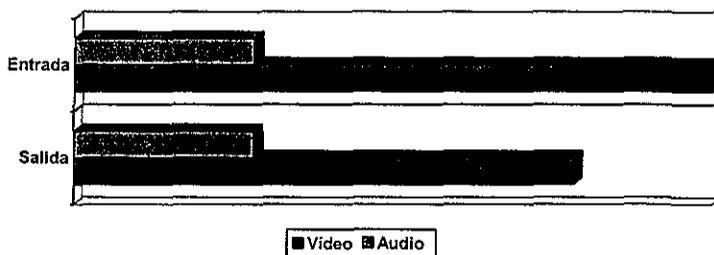
| Concepto | Rx | Tx |
|--------------------------|------------------|------------------|
| <i>Audio</i> | | |
| Codif | G.722 64 | G.722 64 |
| Bit rate | ≅ 74000 | ≅ 74000 |
| Frame rate | 60 | 40 |
| Canal | 1 | 1 |
| Paquetes perdidos | ≅ 3 | |
| <i>Video</i> | | |
| Codif | H.261 CIF | H.261 CIF |
| Bit rate | ≅ 350000 | ≅ 350000 |
| Frame rate | 24 | 23 |
| Canal | 2 | 2 |
| Paquetes perdidos | ≅ 19 | |

Tabla No. 18.- Videoconferencia H.323 en red de área local (UNAM)

Con el equipo Vcon Cruiser se monitoreo lo siguiente:

| Salida | Ancho de banda utilizado (BW) | Porcentaje de utilización de BW |
|---------|-------------------------------|---------------------------------|
| Vídeo | 344900 | 96% |
| Audio | 16000 | 4% |
| Entrada | | |
| Vídeo | 152000 | 96% |
| Audio | 64000 | 4% |

Tabla No. 19.- Ancho de banda de entrada y salida en la Videoconferencia H.323 en red de área local (UNAM)



Gráfica No. 5.- Porcentajes de ancho de banda en la Videoconferencia H.323 en red de área local CUAED-NOC (UNAM)

Video H.261 – CIF

Audio G.711 U-8

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Observaciones:

Se obtuvo una conexión muy buena, tanto en audio como en vídeo, en ambos equipos utilizados por parte del NOC.

5.2.4 Tandberg

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Equipo: Tandberg

Modelo: 6000

Tipo de conexión: Punto a Multipunto

Equipos: Diversos equipos en una videoconferencia H.323, tal como se muestra en el siguiente esquema.

Esquema:

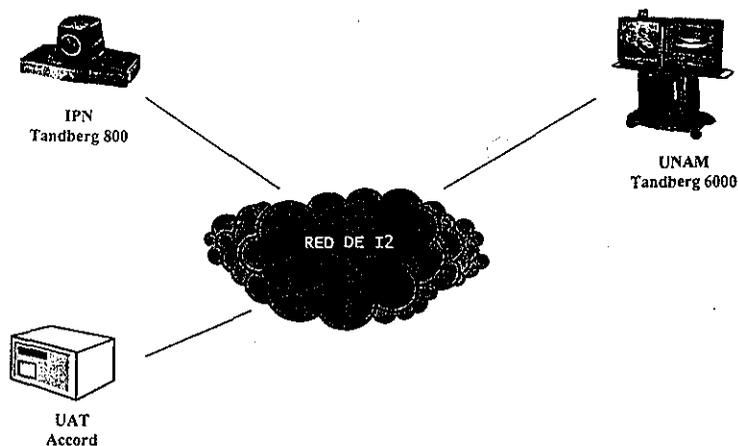


Figura No. 38.- Videoconferencia H.323 en red de área amplia a través de Interent2 (Universidades en México)

Este equipo se ha utilizado en eventos como NENE en el cual participan países como Cánada, Chile, Estados Unidos y México, desde el mes de Enero que dio inicio. Así como también en eventos de CUDI para las reuniones de los grupos de trabajo de Internet2 donde se discuten los avances alcanzados.

Para llevar a cabo los eventos anteriores, se han realizado las mismas pruebas que en los equipos analizados anteriormente y éstos han funcionado

satisfactoriamente. Únicamente se encontró que en las especificaciones se menciona que éste equipo puede tener hasta 4 equipos conectados, a una velocidad de 768 kbps; pero en realidad solo permite 2 a esta velocidad y los demás los mantiene a un ancho de banda menor.

5.3 Resultados generales

La siguiente es una tabla comparativa de las características de los equipos analizados y mencionados anteriormente:

| Característica | Vcon (Vigo y Cruiser) | Tandberg (6000) | Polycom (View station) | Aethra (Vega) |
|--------------------------------------|--|--|--|--|
| Tipo | Software | De escritorio | De escritorio | Software y de escritorio |
| Interoperabilidad | Buena | Excelente | Buena | Buena |
| Desempeño dentro de la red | Buena | Excelente | Buena | Buena |
| Requerimientos de instalación | PC Pentium 200MHz 128 MB RAM puerto USB S.O. Win 98 II mínimo | Punto de red Monitor o pantalla extra | Punto de red Monitor o pantalla extra | Punto de red Monitor o pantalla extra |
| Costo | Bajo | Muy Alto | Alto | Regular |
| Funcionalidad | Buena | Excelente | Buena | Buena |
| Movilidad | Excelente | Regular | Buena | Buena |
| Compatibilidad | Regular | Excelente | Buena | Regular |

Tabla No. 20.- Resultados generales de los equipos

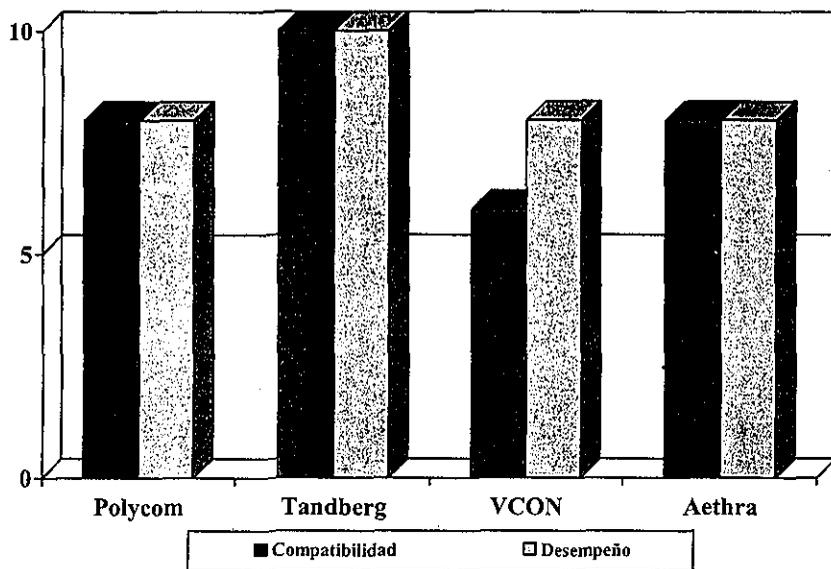
Las evaluaciones: Regular, Buena y Excelente son bajo el punto de vista personal del grupo de investigación de H.323 de la UNAM. Éstas corresponderían a las calificaciones 6,8 y 10 respectivamente.

Finalmente tenemos en cuanto a compatibilidad y desempeño, los siguientes resultados:

| Equipo | Compatibilidad | Desempeño | Promedio |
|---------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| Polycom | Buena | Bueno | Bueno |
| Vcon | Regular | Bueno | Bueno |
| Aethra | Buena | Bueno | Bueno |
| Tandberg | Excelente | Excelente | Excelente |

Tabla No. 21.- *Resultados en compatibilidad y desempeño de los equipos*

Resultando como el mejor producto para videoconferencia H.323 por su comportamiento el equipo Tandberg.



Gráfica No. 6.- Comparación de los parámetros de *compatibilidad* y *desempeño* de los equipos de videoconferencia de diversos fabricantes que emplean el estándar H.323.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Conclusiones

Como se vio a lo largo del desarrollo de esta tesis, las aplicaciones para transmisión de información en tiempo real como la videoconferencia, tienen elevados requerimientos en recursos de red, para garantizar el nivel de calidad durante la transmisión. El estándar H.323 se considera un estándar con alcances ventajosos por los beneficios que proporciona en cuanto al manejo de los recursos de la red.

En cuanto a la comparación del H.323 con el anterior estándar H.320, utilizado por sus características para la transmisión multimedia en tiempo real, H.323 viene a ser un estándar con más ventajas y alcances, aunque no deja de ser una extensión del H.320, pues fue diseñado en base a las características de éste y con la finalidad de solucionar la problemática que se tenía hasta entonces con el envío de datos en tiempo real sobre redes de conmutación de paquetes.

En resumen H.323 es mejor que H.320 por ventajas como: reducción de los costos de operación, más amplia difusión y mayor portabilidad, capacidades, entre otras.

Es importante recalcar que el estándar H.323 emplea el protocolo RSVP o protocolo de reserva de recursos para reservar el ancho de banda necesario en la comunicación, el cual emplea el modelo de token bucket para describir el flujo y calcular los parámetros de éste para así proporcionar un servicio garantizado, que asegure un ancho de banda, un bajo retraso y poca pérdida de datos.

Como resultado de la implementación de la videoconferencia H.323 utilizando diferentes productos de diversos fabricantes, se pudo observar que el estándar H.323 presenta principalmente las siguientes limitaciones:

- La teoría del estándar H.323 dice que éste proporciona beneficios como la compatibilidad de los productos y aplicaciones multimedia, es decir, los usuarios pueden comunicarse sin preocuparse por la compatibilidad del hardware, la red, plataforma o aplicación que se éste utilizando, siempre y cuando ésta utilice el estándar H.323; sin embargo en la práctica se observó, mediante las pruebas a productos de diferentes fabricantes, que lo anterior no se da en un 100% pues para que se pueda tener una videoconferencia H.323 con calidad aceptable se requiere que ambos equipos empleados en la conexión sean del mismo fabricante. Esto nos dice que aún existe incompatibilidad (Ver resultados del capítulo 5).
- En cuanto a la interoperabilidad, el estándar H.323 proporciona múltiples codecs de audio y vídeo para estructurar los datos según los requerimientos de las diferentes redes y el usuario puede seleccionar los codecs que mejor soporten sus selecciones de computadora y red. En la práctica no ocurre así, pues los participantes en una videoconferencia H.323 deben de ponerse de acuerdo en los codecs de audio y vídeo a utilizar, de lo contrario la calidad de la videoconferencia no es buena.

- El estándar H.323 tiene como característica importante el poder operar en diferentes tipos de redes, donde el estándar demanda un incremento de la calidad de servicio, es decir, aumentar el ancho de banda, lo que representa un costo, aunque se tienen soluciones viables como Interent2, que por el momento su campo de acción es el educativo, pero más adelante los avances tecnológicos permitirán el uso de éste en otras áreas. Pero en sí, la interoperabilidad de H.323 en diferentes infraestructuras, no requiere mayor costo que el que ya se ha hecho en la instalación de las mismas, anteriormente para implementar videoconferencia en tiempo real con buena calidad, se requería un gasto para el uso de tecnología como backbone ATM, Fast Ethernet o Gigabit Ethernet, etc, lo cual ya no es necesario empleando el H.323.

Con la implantación de los sistemas de videoconferencia basados en el protocolo IP, se ha producido una amplia difusión de este sistema de comunicaciones, ya que IP es el soporte que ofrece mejores posibilidades de desarrollo para la mayoría de las empresas que desean hacer uso de ésta tecnología, donde los sistemas de videoconferencia tradicionales resultan ser extremadamente caros para la mayoría de ellas. Hace un par de años solo un 30% del total de computadoras instaladas era capaz de soportar videoconferencia H.323 y actualmente las nuevas computadoras incorporan capacidades H.323 desde el sistema operativo Windows98 donde ya se incluye el protocolo.

El tipo de comunicación implementado para las pruebas fue punto a punto y queda entonces por realizar la implementación de la aplicación de videoconferencia H.323 en comunicaciones punto a multipunto en sistemas como aulas, escritorios, salas de hospital, etc., para determinar el desempeño del estándar bajo otras condiciones.

Bibliografía

1. **Banerjea A. , D. Ferrari, B. Mah, D. Verma an H. Zhang**, The Tenet Real-Time Protocol Suite: Design, Implementation and Experiences, IEEE/ACM Transactions on Networking, USA, 1996.
2. **Braden R., L. Zhang, S. Berson, S. Herzog and S. Jamin**, "Resource Reservation Protocol RSVP", RFC 2205, USA, 1997
3. **Braden R., D. Clark, S. Shenker**, "Integrated services in the Internet Architecture: An Overview", RFCC 1633, USA, 1994
4. **Cobb J.A.**, "Flow Theory", IEEE/ACM Transactions on Networking, 1997
5. **Dalgic, Ismail and Fang, Hanlin**, "Comparison of H.323 and SIP", USA, 1999.
6. **Ferrari D.**, Real Time Communication in Packet-Switching Wide-Area Networks, Technical Report TR-89-022. International Computer Science Institute, Berkeley, USA, 1989.

7. **Ferrari D. and D.Verma**, "A scheme for real-time channel establishment in wide-area networks", IEEE Journal on Selected areas in Communications, USA, 1990
8. **Hehmann D., M. Salmony, H.J. Stuttgen**, "Transport Services for Multimedia Applications on Broadband Networks", USA, 1990
9. **Hernández E.**, "Transmisión de datos en tiempo real: Síntesis de protocolos y redes para transmisión en tiempo real", España, 1998.
10. **Ross F.E., D.R. Vaman**, "IsoEthernet: An integrated services LAN", IEEE Communications Magazine, USA, 1996
11. **Stuttgen H.J.**, "Network Evolution and Multimedia Communication" IEEE Multimedia, USA, 1995
12. **Tanenbaum Andrew S.**, Redes de Computadoras, 3ª. Edición, Prentice-Hall, México, 1999
13. **Varma A., D. Stialidis**, "Hardware Implementation of Fair Queuing Algorithms for Asynchronous Transfer Mode Networks", IEEE Communications Magazine, USA, 1997
14. **Vogel A., B. Kerhervé, G. Bochmann and J. Gecsei**, "Distributed multimedia and QoS: A survey", IEEE Multimedia, USA, 1995
15. **Zhang H.**, "Services Disciplines For Guaranteed Performance Service in Packet-Switching Networks", USA, 1999
16. **Zhang L., S. Deering, D. Estrin, S. Shenker, D. Zappala.** "RSVP: A New Resource Reservation Protocol", IEEE Network Magazine, USA, 1993.
17. **Schenker S., C. Partridge, R. Guerin**, "Specification of Guaranteed Quality of Service", RFC 2212, USA, 1996
18. **Wilcox James R., CISSP**, Videoconferencing the whole picture, CMP, USA, 2000
19. **Wroclawski**, "Specification of the controlled-Load network element service", RFC 2211, 1996

Páginas Web

20. <http://www.comunicaciones.unitronics.es/tecnologia/H.323.html>
21. <http://www.cudi.edu.mx>
22. <http://distancia.dgsca.unam.mx>
23. <http://www.h323.org>
24. <http://www.h323.unam.mx>
25. <http://www.iies.es/teleco>
26. <http://www.internet2.edu> (Presentación)
27. <http://www.itu.org>
28. <http://www.noc2.unam.mx>
29. <http://www.openh323.org>
30. <http://www.iie.edu.uy>
31. <http://pegaso.ls.fi.upm.es>
32. http://gps-tsc.upc.es/imatge/Main/TEI/standards_video.pdf
33. <http://www.vcon.com>
34. <http://www.polycom.com>
35. <http://www.aethra.com>
36. <http://www.tandberg.com>