

*Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Facultad de Ingeniería Eléctrica
Dpto. Telecomunicaciones y Electrónica*



Calidad de Servicio en redes IP/ATM: Servicios Integrados

Tesis presentada en opción al Título Académico de
Máster en Telemática

Maestría de Telemática

Autor: Tomás Avila Milián

Tutor: Dr. Felix Alvarez Paliza

2004

Resumen

El término de calidad en el Servicio (QoS) ha tomado en los últimos años una gran importancia producto del surgimiento de un conjunto de aplicaciones telemáticas, destacando entre ellas las dedicadas a la tele-formación, tele-medicina, tele-trabajo, etc. que precisan de esa garantía para su correcto funcionamiento. Una de las principales propuestas que se contemplan a la hora de definir marcos integrados de provisión de QoS propone la utilización de IP sobre ATM, de manera que se aprovechen tanto el control sobre los parámetros de QoS que proporciona ATM, como la gran expansión y conectividad de que goza IP.

Han surgido diferentes métodos para garantizar QoS en las redes IP/ATM, persiguiendo el objetivo de proporcionar un servicio mejorado extremo a extremo a las aplicaciones.

En el presente trabajo se aborda la arquitectura y funcionamiento del modelo de servicios integrados y el protocolo RSVP del cual se apoya para lograr sus objetivos.

En especial se trata la situación actual de la Red Nacional de Datos "CUBADATA" y propuesta de utilización de los servicios integrados como modelo para ofrecer garantías de calidad de servicio en ella.

Índice

Contenido	Página
Introducción.....	1
Capítulo 1. Calidad de Servicio. Arquitectura de Servicios Integrados.....	5
1.1 - Procedimientos de calidad de servicio.....	7
1.2 - Beneficios al aplicar QoS.....	8
1.3 - Modelos para garantizar Calidad de Servicio.....	8
1.4 - Servicios Integrados. Protocolo de Reservación de Recursos.....	12
1.4.1 – Tipos de servicios en Intserv.....	13
1.4.2 - Componentes de la arquitectura de Servicios Integrados.....	16
1.5- Protocolo RSVP.....	18
1.5.1- Operación del protocolo RSVP.....	24
1.5.2 - Modelos y estilos de Reserva	29
1.5.3 - Mecanismos de reserva de recursos	30
1.5.4 - Estructura de los mensajes RSVP.....	31
Capítulo 2. Servicios integrados en las redes ATM.....	35
2.1 - Funcionamiento de RSVP y Servicios integrados en ATM.....	39
2.2 - Vías para establecer QoS con RSVP.....	40
2.3 - Bases para aplicar Intserv y RSVP sobre ATM.....	42
2.4 – Encapsulamiento.....	42
Capítulo 3. Modelo de Servicios Integrados para la Red CUBADATA.....	44
3.1 - Proyecciones para establecer el Modelo de Servicios Integrado. en la Red CUBADATA.....	46
3.2 - Situación actual de los ISP.....	48
3.3 - Tarjeta de servicios IP de los Nodos.....	49
Conclusiones.....	52
Recomendaciones.....	54
Referencias Bibliográficas.....	55
Glosario de Términos.....	58
Anexo I. Alcatel 7470, 7670. Características técnicas.....	61
Anexo II. Configuración de Ruteador para RSVP / ATM.....	66

INTRODUCCION

La provisión de calidad de servicio (QoS) garantizada por parte de las redes de comunicación en un ámbito global es actualmente uno de los campos de investigación en activo, principalmente debido a la creciente importancia que cobra un conjunto de aplicaciones telemáticas, destacando entre ellas las dedicadas a la *tele-educación*, la tele-medicina y la informatización de la sociedad en general, que precisan de esa garantía para su correcto funcionamiento. Una de las principales propuestas que se contemplan a la hora de definir marcos integrados de provisión de QoS propone la utilización de IP sobre ATM, de manera que se aprovechen tanto el control sobre los parámetros de QoS que proporciona ATM, como la gran expansión y conectividad de que goza IP.

Antes de que estas aplicaciones sean ampliamente utilizadas, en nuestro país la infraestructura de la red pública de datos (CUBADATA) debe ser modificada para soportar calidad de servicio en tiempo real, la cual permita algún control sobre los retardos de los paquetes extremo-extremo. Además los ISP, solicitan disponer de la capacidad para controlar la repartición del ancho de banda de un enlace entre diferentes clases de tráfico, lo cual conlleva la necesidad de dividir el tráfico total en varias clases y asignar a cada una de éstas un mínimo porcentaje del ancho de banda total bajo condiciones de sobrecarga (partición enlace). Estas distintas clases pueden representar distintos grupos de usuarios o distintos protocolos. A todas estas características sobre la transmisión de datos por una red: retardos, variación del retardo (jitter), pérdidas, eficiencia, se les define como servicio.

Muchas Empresas y organizaciones en Cuba utilizan aplicaciones que demandan recursos de red cada vez más crecientes y tienen que competir con otras menos prioritarias como son el correo electrónico, transferencia de fichero, servicio WWW, etc, en el caso de ETECSA tienen prioridad sistemas como el SAP (contabilidad) videoconferencias, SIPREC (provisión de servicio) y no se cuenta con un mecanismo que pueda regularlos.

Se realizan estudios de tres modelos que garantizan QoS en la red de CUBADATA: Servicios Integrados (IntServ), Servicios Diferenciados y MPLS, en el presente trabajo abordamos el de IntServ que constituye un modelo de servicio que incluye el servicio best-effort, el servicio en tiempo real, y la partición controlada del enlace. En este modelo, la tradicional entrega best-effort de los paquetes coexistirá con unas opciones mejoradas de entrega de los mismos basadas en las especificaciones de ciertas clases de QoS.

En nuestro país existe la infraestructura capaz de soportar toda esta gama de nuevos servicios, sin embargo nos enfrentamos al problema que no existe un procedimiento ni base teórica sólida que permita la implementación de trabajos basados en garantizar QoS a través del modelo Servicios Integrados en redes IP sobre ATM, por lo que resulta imprescindible contar con ello.

Para la solución de este problema se plantearon las siguientes interrogantes:

- 1- ¿Posee la tecnología IP/ATM las características necesarias para garantizar prestaciones con QoS sobre el backbone ATM en todo el país?
- 2- ¿Cuáles son los modelos de trabajo para garantizar calidad de servicio en redes IP sobre ATM?
- 3- ¿Cómo puede insertarse el modelo de Servicios Integrados a redes IP/ATM para ofrecer QoS?
- 4- ¿Cómo será implementado en la red pública de datos (Cubadata) el modelo de Intserv para garantizar QoS?

Las siguientes interrogantes formuladas trazaron los siguientes objetivos:

- 1- Realizar un estudio de las condiciones existentes en el país para la implementación de redes IP/ATM con calidad de servicio.
- 2- Caracterizar la tecnología IP/ATM adquirida por ETECSA y valorar si la misma resulta suficiente para brindar QoS.
- 3- Realizar el estudio de los modelos que garantizan calidad de servicio en Redes IP sobre ATM.
- 4- Caracterizar el modelo de servicios integrados.
- 5- Realizar una propuesta de aplicación en la red pública nacional de Transmisión de Datos (CUBADATA)

Para el cumplimiento de los objetivos trazados se realizaron las tareas que se enumeran a continuación:

- 1- Revisión de la bibliografía técnico-especializada para la construcción del marco teórico de referencia general de la pesquisa y la caracterización del sistema de servicios que se brinda en la Empresa de telecomunicaciones de Cuba, así como en el entorno mundial.

- 2- Revisión bibliográfica del estado del arte en cuanto a calidad de servicio en las redes de datos.
- 3- Elaboración de un diagnóstico para conocer la situación actual de la Red CUBADATA para brindar calidad de servicio.
- 4- Crear una base teórica sólida que coadyuve a la implementación de la calidad de servicio en las redes IP/ATM basadas en el modelo de servicios integrados en nuestro país.
- 5- Proponer el modelo analizado y trazar las proyecciones de implementación en la Red Nacional de Datos.

El trabajo ofrece una solución teórica - práctica para la falta de información sobre los modelos de obtención de calidad de servicio. Demuestra las posibilidades de implementar la misma a través de los servicios integrados, con lo que se puede garantizar la calidad de los enlaces de los principales clientes de las redes IP en el país, facilitando la informatización de la sociedad.

En relación con este tema se publicó un artículo denominado Evaluación del Modelo de Servicios Integrados para garantizar QoS en la red de datos nacional el cual quedó registrado en la memoria del evento SIE 2003 correspondiente al XI Simposio de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Central Martha Abreu de Las Villas con el ISBN: 959-250-099-1.

El trabajo de investigación cuenta con la siguiente estructura:

- Introducción
- Capítulo I: Se abordan las tendencias actuales de la Calidad de Servicio en redes IP/ATM, dando un enfoque de los parámetros, procedimientos, beneficios y estado del arte de la QoS. Se analiza la arquitectura de servicios integrados apoyado en el protocolo RSVP para garantizar QoS.
- Capítulo II: Se plantea como poder ofrecer QoS en redes IP/ATM haciendo énfasis en la inserción de Servicios Integrados en las redes ATM.
- Capítulo III: Propuesta para la aplicación del modelo de Servicios Integrados para brindar QoS en la Red CUBADATA.
- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias Bibliograficas

- Bibliografía
- Glosario de Términos
- Anexos

Capítulo I. Calidad de Servicio. Arquitectura de Servicios Integrados

La actual demanda de aplicaciones relacionadas con aplicaciones multimedia, como son: las videoconferencias, tele-educación, tele-medicina, video bajo demanda (VoD) o sistemas cooperativos (pizarras compartidas, tele-trabajo, etc.) y su coexistencia con aplicaciones más clásicas (bases de datos, transferencias de ficheros, WWW, etc.), requieren tecnologías de comunicaciones capaces de ofrecer elevadas prestaciones.

Afortunadamente, en la actualidad se están implantando nuevas tecnologías de fibra óptica que proporcionan el gran ancho de banda requerido por las aplicaciones anteriores, pero no basta solo con el aumento del mismo, es necesario gestionarlo de manera eficiente, utilizarlo en un porcentaje elevado y asegurar una calidad de servicio.

La demanda de servicios garantizados y controlables, así como el despliegue de las aplicaciones multimedia y de las aplicaciones con flujos isócronos, como vídeo o audio en tiempo real, entre otras, conllevan la necesidad de definir y establecer Calidad de Servicio, en los flujos generados por dichas aplicaciones.

Han sido numerosos y muy notables los esfuerzos realizados en los últimos años para la definición e implementación del concepto de QoS en las redes multiservicio. Este concepto no se maneja en las redes de paquetes tipo X.25, siendo las redes de tecnología Frame Relay las primeras que proporcionan una garantía y control con respecto al ancho de banda, utilizando el concepto CIR (Comitted Information Rate o Caudal Garantizado).

Desde la publicación por IETF en 1981 de la RFC 791 [7], elaborada por John Postel, en la que se define el protocolo de Internet (IP), se observa que dentro de la estructura de su paquete aparece el campo correspondiente a tipo de servicio (ToS) que actualmente es empleado para marcar los paquetes con el estándar IEEE 802.1p.

Este fue el primer paso, luego en diferentes foros se abordó el tema y aparecieron así en 1992 y 1994 las RFC 1349 [4] y 1633 [39], que abordaban el tipo de servicio en el juego de protocolos de Internet y los servicios integrados en esta arquitectura, respectivamente.

Pero no fue hasta enero de 1995 que se propuso la primera recomendación estándar en el subcomité 21 del comité técnico 1 de ISO con el título “QoS Basic Framework” en el que se realiza una descripción de los diversos conceptos, campos de aplicación, herramientas y todo un conjunto de definiciones de la aplicación de QoS en redes inteligentes, para proporcionar una base común a todos los posibles estándares nacientes sobre calidad de servicio. Luego, en los años 1998 y 1999 se divulgaron dos estándares

más, generados por el subcomité 6, denominados ISO/IEC 13236 “Quality of service: Framework” e ISO/IEC TR 13243 “Quality of service: Guide to methods and mechanisms” , respectivamente.

Fue un gran impulso para esta tecnología la aparición de estándares para videoconferencia sobre redes de paquetes que permiten el interfuncionamiento de dispositivos de diferentes fabricantes [13]. Entre los más importantes se encuentran los estándares H.323 de UIT-T (para voz, video y datos) y el T.38 para facsímil.

Otra piedra angular en todo este tema es la implementación, ya hecha de forma experimental en algunos países, del proyecto de Internet 2. En el mismo se considera una nueva versión del protocolo IP: la versión 6. En el mismo se aborda con más claridad el tipo de servicio que requiere la aplicación que genera los paquetes, tomando las medidas en consecuencia.

Actualmente, la política de las empresas dedicadas al mundo de las redes es conseguir una calidad de servicio extremo a extremo, por lo que se están estudiando y aplicando diferentes técnicas para conseguirlo.

Es en las redes de tecnología ATM cuando se alcanza en la década del 90 una verdadera QoS. En ATM Forum [5] se definen las categorías de servicio en la capa ATM, en base a una serie de parámetros denominados de tráfico (PCR, CDVT, SCR, MBS y MCR), que contemplan en caudal de la fuente, y otros (denominados de QoS) como son CDV (Cell Delay Variation), CTD (Cell Transfer Delay) y CLR (Cell Loss Rate). Ahora bien, ATM es un tecnología orientado a conexión, lo cual se opone al concepto de datagrama utilizado en Internet y las redes IP.

¿Cómo, establecer una QoS en las redes IP, siendo estas no fiables y no orientadas a conexión? Lo primero que hubo que hacer fue especificar de forma no ambigua y controlable mediante métricas, el concepto de QoS en las redes IP.

Realmente el término QoS puede ser muy ambiguo y quedar vacío de contenido, si no se define con rigor.

Así, para un operador de redes, QoS significa:

- Evitar situaciones de congestión en los nodos de la red.
- Proporcionar mecanismos para clasificar el tráfico.
- Entregar los paquetes al destino conservando la tasa de envío y el perfil de la información.

- Asignar prioridades en función de los contratos de tráfico y de los clientes.
- Realizar un encapsulado de las aplicaciones en las unidades de transporte.
- Atender las demandas de los usuarios con la mayor eficiencia posible.

En términos generales, puede definirse la Calidad de Servicio (QoS) como la capacidad que tiene un sistema de asegurar, con un grado de fiabilidad preestablecido, que se cumplan los requisitos de tráfico, en términos de perfil y ancho de banda, para un flujo de información dado. Más específicamente, para en caso de proveedores de servicios de red, se establece en la RFC 2475 [27] que un servicio define algunas características significativas de la transmisión de un paquete en una dirección, a través de un conjunto de una o más rutas dentro de la red. Estas características pueden especificarse en términos cuantitativos o estadísticos, de caudal (throughput), demora (delay), variación de demora (jitter), y/o pérdidas, o también en términos de alguna prioridad relativa de acceso a los recursos de la red.

En definitiva se puede decir que QoS tiene como objetivo solventar los problemas que han ido surgiendo en Internet y las redes IP en general en los últimos años ante las apariciones de nuevas y complejas aplicaciones y ante el acceso masivo de usuarios a Internet y que todos los esfuerzos se centran en ofrecer los servicios de mayor calidad a los usuarios y de incrementar la eficacia de la red, estableciendo distintas clases de servicio donde el nivel inferior seguirá ocupado por el modelo original del *Mejor – Esfuerzo*.

1.1 - PROCEDIMIENTOS DE CALIDAD DE SERVICIO

Los procedimientos para proporcionar diferenciación de QoS son muy variados y actúan sobre los diferentes niveles (enlace, red, transporte, etc). Pueden ser un tanto tratamiento de colas con preferencias, protocolos de reserva de ancho de banda, mecanismos contra la congestión, etc., dependiendo de los problemas específicos que se quieran resolver. Todos ellos requieren modificar la ingeniería de red en su conjunto, aunque hay que tener en cuenta que, en último término, las medidas de QoS solo se podrán aplicar dentro de la propiedad de red del proveedor [33].

Para garantizar la calidad exigida por los usuarios y para incrementar la eficacia de la red se establecen diversos mecanismos de QoS, los cuales determinan diversas Clases de Servicio, donde la clase de servicio de nivel inferior es la Clase de Servicio BE.

Por lo tanto, para proporcionar QoS en redes, es necesario configurar y proporcionar a los dispositivos de red lo siguiente:

1. Información de clasificación por la que los dispositivos separan el tráfico en flujos.
2. Colas y algoritmos de administración de cola que controlan el tráfico de los diferentes flujos.

Nos referiremos a ambos como mecanismos de control de tráfico. Los mecanismos de control del tráfico por separado no resultan útiles. Deben proporcionarse o configurarse a través de muchos recursos de una forma coordinada que proporcione servicios de un extremo a otro en una red.

1.2 - Beneficios al aplicar QoS

Los últimos años han sido testigos del rápido crecimiento del tráfico de redes informáticas. Los administradores agregan continuamente nuevos recursos para tratar de responder al ritmo de la creciente demanda. Incluso los clientes de redes no están, a menudo, satisfechos con el rendimiento de la red. El uso creciente de un nuevo tipo de aplicaciones multimedia ávidas de recursos va a agudizar esta situación. Los mecanismos de QoS proporcionan un conjunto de herramientas que los administradores de redes pueden utilizar para administrar el uso de recursos de red de una forma controlada y eficaz. Como resultado, se obtendrá un servicio mejor a las aplicaciones y a los usuarios de misiones críticas, al mismo tiempo que se va frenando el ritmo al que es necesario aumentar la capacidad. En resumen, QoS puede ayudar a mejorar el servicio a los usuarios de la red, al mismo tiempo que reduce los costos de ofrecer dichos servicios.

1.3 - Modelos para garantizar Calidad de Servicio.

Existen varios modelos difundidos sobre IP en la comunidad mundial para alcanzar QoS, los cuales pueden usarse de manera independiente o combinados [10]. A continuación veremos una breve descripción de algunos de ellos.

Servicios Diferenciados (Diffserv).

DiffServ evolucionó del estándar definido por el IETF para Servicios Integrados (IntServ). Este protocolo no usa RSVP para gestionar la reservación de recursos de red como lo hace IntServ, lo que redundaría en una menor complejidad. Para lograr diferenciar servicios DiffServ utiliza un campo llamado ToS (Tipo de Servicio – *Type of Service*) de 8 bytes de longitud que se encuentra en la cabecera de los paquetes IP a partir de la versión 4 (IPv4) y que fue introducido por los diseñadores de IP con el fin de soportar cierta QoS al

permitir que las aplicaciones especifiquen parámetros que ofrecen calidad en el tráfico (Ej. Se pueden fijar demoras límites en los paquetes o proporcionar fiabilidad en la transmisión de estos). Sin embargo, este campo nunca ha sido utilizado de manera global por lo que DiffServ lo renombra como DS (DiffServ) y lo reestructura para definir parámetros de QoS propios [12].

En vez de tratar de identificar y manejar los flujos de tráfico como hace RSVP, DiffServ ofrece ventajas de QoS mediante el manejo de paquetes que no sufren alteraciones relevantes en su cabecera, por lo que es razonablemente compatible con IP y puede ser implementado a gran escala mediante actualizaciones del tipo *software / firmware*.

Las decisiones de envío hacia delante se realizan de acuerdo con los parámetros definidos por DS y se manifiestan mediante un PHB (Comportamiento de Salto – *Per-Hop Behavior*). El PHB por defecto en DiffServ es el servicio del *mejor esfuerzo*, que utiliza una cola del tipo FIFO. Para establecer clases de servicio superiores existen otros tipos de PHB definidas como por ejemplo el comportamiento EF (Envío apresurado – *Expedited Forwarding*). Cuando arriban a los enrutadores DiffServ paquetes con PHB del tipo EF, estos los sitúan en colas pequeñas que se despachan rápidamente con el fin de mantener una latencia baja, poca pérdida en los paquetes y poca variabilidad en las demoras. Existe otro PHB llamado AF (Envío Asegurado – *Assured Forwarding*) el cual admite que los paquetes posean una prioridad variable, pero asegura que arriben en el orden apropiado.

Aunque DiffServ tiene estandarizadas varias clasificaciones de PHB, sus diseñadores también permiten que fabricantes de dispositivos y proveedores de servicio desarrollen PHB por su cuenta. De este modo, los fabricantes de enrutadores que soportan DiffServ pueden definir parámetros y capacidades para ofrecer QoS de manera efectiva y los proveedores de servicio pueden tratar con diferentes combinaciones de PHB para diferenciar sus propias QoS.

MPLS.

La técnica utilizada en la transmisión de IP sobre ATM de modo convencional (IPoATM) es a través de un complejo mecanismo de encapsulado, que unido al establecimiento de conexiones virtuales permanentes entre los enrutadores del sistema conectados a través de la nube ATM hacen parecer a todos los enrutadores de la nube vecinos IP, como se muestra en la figura 1.1

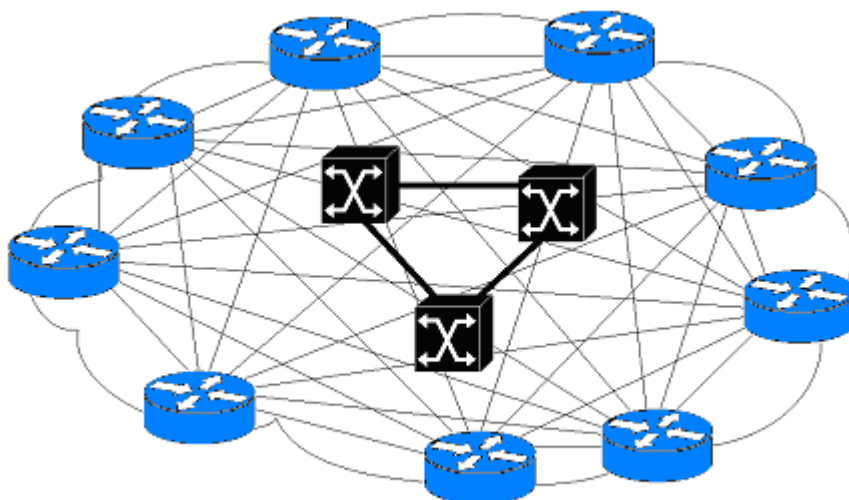


Figura1.1 Modelo de Encapsulado

Esto no permite escalabilidad, pues al agregar un nuevo enrutador se precisa el establecimiento de nuevos VCC entre este y los ya existentes. También se dificulta la confiabilidad pues si fallara, por ejemplo, la conexión física entre dos enrutadores, todas las trayectorias establecidas a través de dicha conexión se perderían hasta tanto los protocolos de enrutamiento establecieran nuevas trayectorias. De todos los protocolos encaminados a integrar IP con ATM, MPLS es el que mayores prestaciones tiene por su capacidad de garantizar QoS y ofrecer escalabilidad a la red.

En la figura 1.2 se puede apreciar la integración que ofrece el uso de este protocolo.

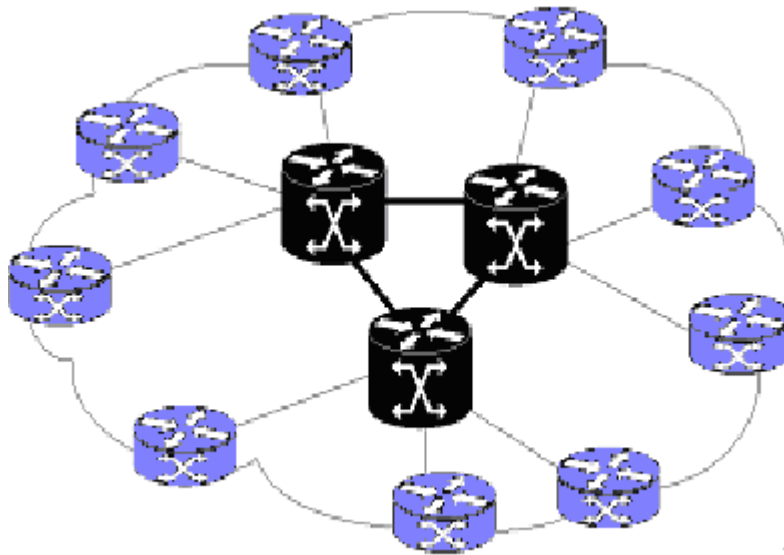


Figura 1.2 Modelo de interacción de IP con ATM a través de MPLS

Este protocolo utiliza un método de alto rendimiento para el reenvío de celdas a través de una red ATM. Posibilita que los enrutadores en la frontera de la red apliquen etiquetas cortas y de longitud fija a las celdas. Los LSR (Label Switch Router – *Enrutados - Conmutador de Etiquetas*) en la red ATM pueden conmutar las celdas de acuerdo con el etiquetado con un mínimo de procesamiento en la cabecera. Los dispositivos de conmutación hacen tablas para el reenvío basadas en estas etiquetas para determinar hacia dónde deben ser enviadas las celdas [16]. Cada etiqueta incluye información relacionada con el enrutamiento y la QoS de cada celda.[6]

Una ventaja fundamental de la conmutación de etiqueta es que el análisis completo de la cabecera en la capa 3 es realizado sólo por los LSR de frontera en los extremos de la red.

Servicios Integrados (Intserv).

Este protocolo de señalización proporciona reservación y control de recursos con lo que garantiza la integración de varios servicios. Está preparado para proporcionar Emulación de Circuito en redes IP. RSVP es una tecnología compleja, ya sea si se localiza en las aplicaciones como en los dispositivos de red. Este protocolo no se utiliza directamente sobre ATM sino que se combina con otro protocolo para ofrecer mayores prestaciones [7].

De los protocolos descritos anteriormente valoramos el de Servicios Integrados para su posible implementación en la red nacional de datos.

1.4 - Servicios Integrados. Protocolo de Reservación de Recursos.

Veamos como se aplica en el ámbito internacional el modelo de servicios integrados y el protocolo que usa, RSVP (Resource reSerVation Protocol).

A partir de las especificaciones publicadas en los diferentes RFCs, más de 30 empresas del mundo de la informática y las telecomunicaciones han decidido realizar diferentes implementaciones del protocolo, tanto en su comportamiento como enrutador como en el de host, junto con la realización de diferentes herramientas de aplicación.

Vamos a analizar el estado actual de dichas implementaciones para aquellas empresas más destacadas del sector, teniendo en cuenta el sistema operativo utilizado, la tecnología de red, la capacidad de QoS, las aplicaciones, qué características no son soportadas y la interoperabilidad.

Los sistemas operativos utilizados están en función del sistema que cada compañía utiliza en sus equipos, siendo los sistemas más utilizados: *Linux, Windows 2000, XP*. La tecnología de red utilizada es prácticamente común en casi todas ellas: *ATM, Frame Relay, Ethernet shared, Ethernet switched, Token Ring*.

Respecto a la capacidad de QoS, todos los productos cumplen con las especificaciones de RSVP y de Integrated Services ofreciendo servicio de carga controlada [20]. El servicio garantizado sólo está disponible en una decena de implementaciones. La opción Servicios Diferenciados es minoritaria encontrándose en proceso de implantación en algún caso [38].

Los productos realizados se ofrecen para aplicaciones de telefonía y videoconferencia esencialmente, y en algún caso se proponen para ser utilizados en asignación de ancho de banda para usuarios preferentes y redes virtuales permanentes. [34][36]

Es interesante conocer cuales son las características del protocolo que todavía no están implementadas y que cada fabricante, en función del grado de desarrollo que tenga su producto, indica como futuras realizaciones. Así, la compatibilidad con el protocolo *IPv6*, el servicio garantizado y el *IPSEC* son las referencias de no implementación más señaladas. Además, algunos productos no contemplan encapsulación *UDP*, realización de túneles para el paso por redes no-RSVP, mensajes de diagnóstico y autenticación. Por último, algunos fabricantes han comprobado la interoperabilidad con otras plataformas aunque no indican el grado de efectividad conseguido. Así, 26 de los 39 productos han sido probados con otras implementaciones, de entre las que destacan Cisco router, Windows 2000 y Solaris.

En el modelo de Servicio Integrado de Internet, recogido en la RFC 2210 [30], describe los posibles niveles de calidad del servicio que las aplicaciones pueden solicitar de forma controlada. Para ello se necesitan:

- Definiciones uniformes de los posibles niveles de calidad del servicio y de los parámetros que la especifican, aplicadas de la misma forma por los distintos elementos que componen la red.
- Un protocolo de reserva de recursos, implementados en los nodos extremos (emisor y receptor) y en los elementos intermedios de la red (enrutadores).

En la arquitectura IntServ ocupa un papel fundamental el concepto de flujo. Entendemos por flujo un tráfico continuo de datagramas relacionados entre sí que se produce como consecuencia de una acción del usuario y que requiere una misma Calidad de Servicio. Un flujo es unidireccional y es la entidad más pequeña a la que puede aplicarse una determinada Calidad de Servicio. Los flujos pueden agruparse en clases; todos los flujos de una misma clase reciben la misma calidad de servicio.

En el protocolo Internet (IP) los flujos se identifican por las direcciones de origen y destino, el puerto de origen y destino (a nivel de transporte) y el protocolo de transporte utilizado (TCP o UDP). [37]

1.4.1 – Tipos de servicios en Intserv

Actualmente, sean especificado los siguientes niveles de calidad, además del mejor esfuerzo (BE, Best Effort):

- **Carga controlada (SCL)** (RFC 2211)[35], que exige a los medios de la red un comportamiento equivalente al de mejor esfuerzo en una situación de bajo nivel de carga, utilizando el control de admisión para seguir proporcionándolo incluso en caso de congestión. Por tanto, se mantienen muy bajos la tasa de pérdida de paquetes y el retardo de transmisión, aparte de los debidos a las ocasionales ráfagas del propio tráfico. Sin embargo, no se requiere ningún control de la variación del retardo de transmisión.

En definitiva la clave del servicio SCL son:

- Asemejarse al servicio BE en condiciones de bajo nivel de carga.
- No establecer un límite máximo específico en el retardo de cola a través de la red (sin embargo, el servicio asegura que un alto porcentaje de

paquetes experimentará retardos que accedan considerablemente el retardo de tránsito mínimo).

- Garantizar que la mayoría de los paquetes transmitidos se entregarán con éxito.
- **Calidad garantizada (SG) (RFC 2212)**[32], que asegura a las aplicaciones un tiempo máximo garantizado de transmisión de extremo a extremo y que no se producirán pérdidas por congestión, mientras el tráfico se mantenga dentro de las especificaciones acordadas. Sin embargo, los paquetes pueden llegar antes del plazo máximo, pudiendo haber variaciones del retardo.

Las claves del servicio SG son:

- Garantizar la calidad de servicio solicitada, en términos de capacidad o tasa de datos.
- Establecer un retardo de cola máxima que debe añadirse al retardo de propagación.
- Asegura que no hay pérdidas en las colas.

Esta opción no viene acompañada de un mecanismo o medio para identificar los flujos de tráfico, motivo por el cual debe utilizarse junto con el Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP). El receptor de los paquetes ha de conocer la especificación del tráfico que se está enviando a fin de poder realizar las reservas necesarias, para lo cual es necesario saber qué trayecto seguirán los paquetes entre el emisor y el receptor. Cuando la petición llega a los primeros enrutadores del trayecto, se comprueba la disponibilidad de este último y, en caso de confirmarse, dicha petición se transmite al siguiente enrutador. Si no hay ningún enrutador en el trayecto que disponga de la capacidad suficiente, se emitirá un mensaje de error, en cuyo caso el receptor tendrá que volver a cursar la petición de reserva una vez transcurrido un breve intervalo de tiempo.

En la figura 1.3 se muestra el tipo de servicio que se ajusta a cada aplicación

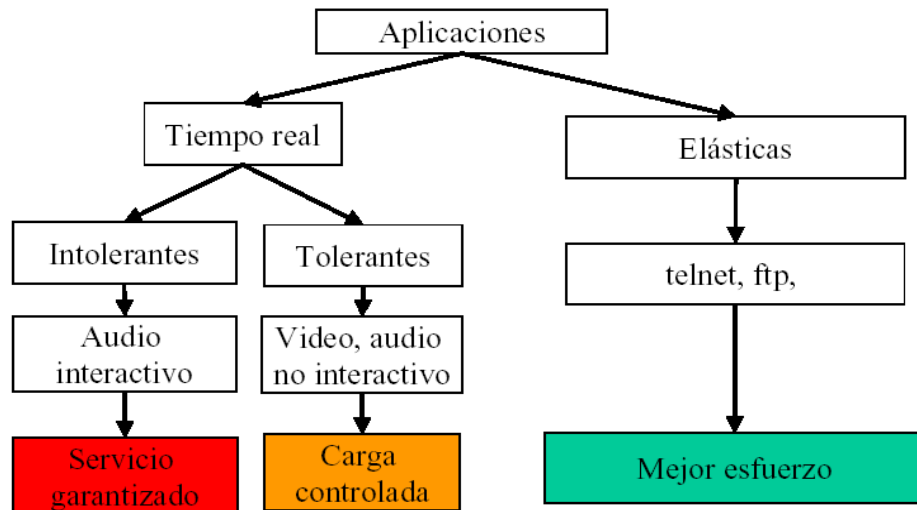


Figura 1.3 Niveles de calidad en servicios integrados.

Las aplicaciones que requieren uno de estos niveles de calidad deben proporcionar una especificación del tráfico (Tspec) que van a transmitir. La descripción de las características del tráfico que utiliza la definición del TOKEN_BUCKET_TSPEC, descrito en la RFC 2215 [31], caracterizado por los parámetros:

- r: Tasa de transmisión (Octetos / segundos).
- b: Profundidad del cubo (Octetos).
- p: Tasa máxima de transmisión (Octetos / segundo).
- m: Mínima unidad estimada (Octetos).
- M: Tamaño máximo del paquete IP (Octetos).

Tipos de servicio en IntServ

Servicio	Características	Equivalencia en ATM
Garantizado	•Garantiza un caudal mínimo y un retardo máximo •Cada router del trayecto debe dar garantías •A veces no puede implementarse por limitaciones del medio físico (Ej. Ethernet compartida)	CBR VBR-rt
Carga Controlada (‘Controlled Load’)	•Calidad similar a la de una red de datagramas poco cargada •Se supone que el retardo es bajo, pero no se dan garantías	VBR-nrt
‘Best Effort’	•Ninguna garantía (como antes sin QoS)	UBR

1.4.2 - Componentes de la arquitectura de Servicios Integrados

ISA (Arquitectura de Servicios Integrados) es la arquitectura *Internet* ampliada con los siguientes componentes: [RFC 1633][35]

- **Clasificador de Paquetes.**
- **Planificador de Paquetes.**
- **Control de Admisión.**
- **Protocolo de Reserva.**

Dentro de ISA, un enrutador debe implementar QoS para cada flujo, de acuerdo con el modelo de servicio. Actualmente, el servicio de entrega de paquetes IP es completamente equitativo y los paquetes reciben la misma QoS. A la función del enrutador que crea diferentes calidades de servicios se le dominan **Control de tráfico**, que a su vez se compone de los mencionados *clasificador de paquetes*, *planificador de paquetes* y *control de Admisión*.

Clasificador de paquetes

Es un componente del *Control de Tráfico* que clasifica en clase de servicio los paquetes entrantes. La elección de la clase se basa en el contenido de las cabeceras de los paquetes y/o algún número de clasificación añadido a cada paquete. Una clase puede corresponder a un conjunto de flujos o, por lo contrario, una clase puede ajustarse a un solo flujo. La clasificación es local a cada uno de los enrutadores que atraviesa, de modo que cada paquete podrá ser clasificado de forma diferente en cada uno de ellos.

Planificador de paquetes

Es un componente de *control de Tráfico* que se dirige el envío de diferentes paquetes utilizando un conjunto de colas. Es el que determina como los paquetes se distribuyen por las colas y el orden de transmisión de los mismos puntos también se encarga de determinar si el tráfico de paquetes en un flujo excede a la capacidad solicitada y si es así decir como trata el exceso de paquetes, dándose el caso de llegar a descartar los paquetes necesarios.

Control de Admisión

Es un componente de *control de Tráfico* que implementa el algoritmo de decisión que un enrutador utiliza para determinar si hay suficientes recursos para realizar la QoS solicitada por el flujo. Si se determina que no hay suficientes recursos para garantizar la QoS solicitada, entonces el flujo no se admite.

Protocolo de reserva

Es un componente utilizado para establecer una conexión con una determinada QoS entre los nodos extremos y los enrutadores seguida por cada flujo. El protocolo de reserva por excelencia es el protocolo de reserva de recursos (Resource ReSerVation Protocol, RSVP) .

Profundizando un poco más en la arquitectura de servicios integrados, un enrutador realiza dos clases de funciones: **funciones de respaldo** (Background) y **funciones de reenvío** (forwarding):

Funciones de respaldo

Son las funciones que crea y mantienen el conjunto de bases de datos que utilizan las **funciones de reenvío**. Son las siguientes:

- **Agente de Encaminamiento** crea y mantiene la base de datos de encaminamiento indicado el siguiente salto para cada dirección destino y para cada flujo mediante cualquier protocolo de encaminamiento.
- **Agente de Reserva.** Implementa el protocolo que establece la reserva de recurso para cada flujo con un determinada QoS. El protocolo de *reserva* es el responsable de mantener la información de estado del flujo en los sistemas finales y en los enrutadores.
- **Control de admisión.** Cuando se solicita un *flujo* con una determinada QoS, el protocolo de Reserva que invoca control de Admisión para determinar, envase al nivel de entrega en curso y/o a la carga en curso en la red, si los recursos para este flujo están disponible con la QoS solicitada.
- **Agente de Gestión.** Función que modifica la base de datos *control de tráfico* y dirige el modulo de *control de admisión* para establecer las políticas de *control de admisión* .

FUNCIONES DE REENVÍO

Son las funciones que realiza de forma optima por cada paquete. Son las siguientes:

- **Función de clasificación y selección de Ruta.** Función que divide los paquetes en clase y, a partir de la clase y la dirección IP destino del paquete, determina la dirección de salto del mismo.
- **Función de Planificación paquetes .** Función que determina como los paquetes se distribuyen por las colas de cada puerto de salida a partir de la

clase del paquete, la base de datos de *control de tráfico* y las actividades actual y anterior del puerto de salida. También se encarga de determinar el orden de transmisión de los paquetes y de descartarlos en curso necesario.

En la figura 1.4 se representa la arquitectura de un enrutador IS.

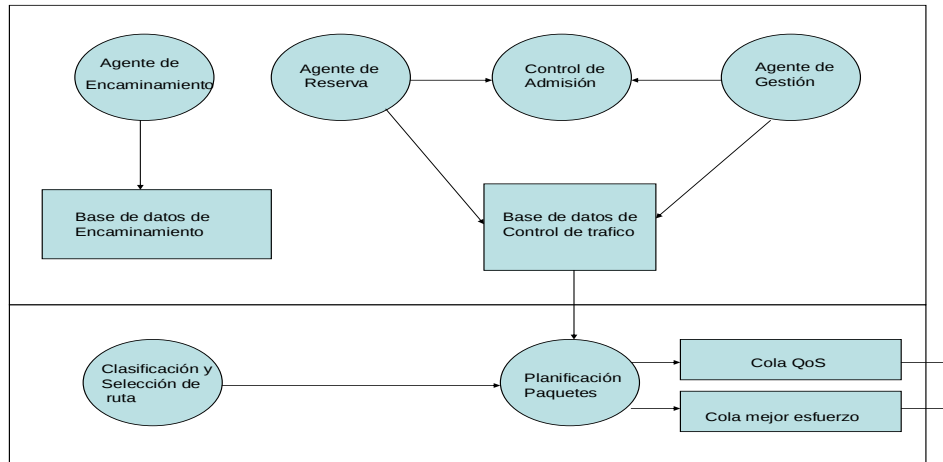


Figura 1.4 Arquitectura de un enrutador

1.5- Protocolo RSVP

Para conseguir sus objetivos IntServ dispone del protocolo RSVP. El protocolo RSVP trata de prevenir situaciones de congestión mediante la reserva de recursos. Un aspecto a tener en cuenta es que el tipo de protocolo de reserva de recursos que se utiliza en Internet es diferente del tipo de protocolo de reserva de recursos que se utiliza en redes orientadas a la conexión, como ATM que es la que dispone la red de datos nacional. Esto es debido a que el protocolo de reserva de recursos en Internet debe interactuar con estrategias de encaminamiento dinámico que permiten que la ruta seguida por los paquetes desde un origen a un destino cambie. En el momento en que la ruta cambia, también lo deben de hacer las reservas realizadas.

Las especificaciones de **RSVP** y de los niveles de calidad de servicios integrados son independientes, permitiendo por tanto utilizar la especificación de servicios integrados con diferentes mecanismos de reserva, o bien utilizar RSVP con diferentes tipos de servicios. Por ello, la especificación RSVP considera opacos los objetos de protocolos que definen los niveles de calidad del servicio: **FLOWSPEC**, **ASPEC** y **SENDER_TSPEC** (describirán posteriormente).

RSVP se utiliza por el nodo externo para solicitar a la red QoS para un flujo o conjunto de flujos, y por los nodos intermedios para entregar las solicitudes de QoS al resto de los nodos de la ruta de datos, y para establecer y mantener el estado del servicio solicitado.

RSVP opera sobre el protocolo IP (IPv4 o IPv6) , el cual no permite realizar reserva de recursos y establecer un circuito virtual simultáneamente. De modo que, los mensajes RSVP se envían en paralelo con los paquetes IP. Pero RSVP no es un protocolo de transporte ni un protocolo de encaminamiento mas bien está diseñado para funcionar con cualquier protocolo de encaminamiento ya sea uní difusión (*unicasting*) o multidifusión (*multicasting*). El protocolo de encaminamiento mandará sus mensajes a cada destino y a continuación mandara los mensajes RSVP para reservar los recursos a lo largo de la ruta. Así, pues el protocolo de encaminamiento es el que determinan donde se envían los paquetes y RSVP determina QoS de estos paquetes según las rutas.

RSVP asume que se necesitara reservar recursos para diversas aplicaciones, ya que los receptores de estas transmisiones son muchos, diferentes y heterogéneos por lo que no tiene sentido reservar recursos al establecer la conexión y así hace responsable a los receptores de realizar la solicitud de QoS. La solicitud RSVP del receptor pasa al proceso RSVP local. El proceso RSVP pasa la solicitud a todos los nodos a lo largo de la (s) ruta (s) de datos en orden inverso hasta alcanzar el origen.

RSVP transfiere y manipula los parámetro de QoS y los de control del sistema como datos opacos, pasándolos a los componentes apropiados, *Control de tráfico* y *Control del Sistema*, para que sean ellos quienes los interpreten.

En el diseño de *RSVP* se aplicaron los siguientes objetivos:

- Que receptores heterogéneos puedan realizar reservas específicas según sus necesidades. Por ejemplo, algunos miembros de un grupo multicast pueden querer sólo un parte de la transmisión multicast (voz), mientras que otros pueden querer la transmisión multicast completa (voz, video y datos). Se pretende conseguir que diferentes reservas de recursos entre miembros de un mismo grupo multicast sean permitidas.
- Que trate eficientemente el cambio en el número de miembros de un grupo multicast. Si este número cambia, las reservas de recursos necesarias también.
- Que especifique los requerimientos de recursos necesarios, sobre todo en

grupos multicast en las que se añaden nuevas reservas de recursos.

- Que especifique los requerimientos de recursos necesarios, sobre todo en grupos multicast en las que se añaden nuevas reservas de recursos.
- Permitir que los receptores pueden seleccionar una fuente entre varias, en un grupo multicast. A esta posibilidad se le denomina "capacidad de cambiar de canal".
- Tratar correctamente los cambios en las rutas, reestableciendo automáticamente la reserva de recursos en los nuevos caminos, siempre que se disponga de dichos recursos.
- Controlar el overhead que introduce el protocolo, minimizando la cantidad de tráfico RSVP que debe circular por Internet.
- Que el protocolo de reserva de recursos sea independiente del protocolo de encaminamiento. Su tarea únicamente debe consistir en establecer y mantener las reservas de recursos sobre una ruta, independientemente de cómo fue creada dicha ruta.

Ahora vamos a ver las características más importantes de este protocolo:

- RSVP permite realizar reservas tanto para transmisiones unicast como multicast, adaptándose dinámicamente al cambio en el número de miembros de un grupo multicast, al cambio de las rutas y reservando los recursos basándose en los requerimientos individuales de los miembros multicast.
- RSVP realiza las reservas para flujos de datos unidireccionales, por tanto, si se quiere transmitir datos entre dos terminales en ambas direcciones, se deberá realizar una reserva para cada dirección.
- El receptor de un flujo de datos, inicia y mantiene la reserva de recursos para ese flujo de datos.
- RSVP mantiene un soft state en los enrutadores intermedios, liberando de esta manera la responsabilidad de mantener esos estados de reserva a los usuarios finales. Un soft state no es más que un conjunto de información de estado en un enrutador, que al cabo de un cierto tiempo expira y que debe ser refrescado por la entidad que pidió los recursos. Si el camino de una cierta transmisión cambia, en ese caso los soft state expirarán y una nueva reserva de recursos creará los soft states en los nuevos enrutadores del nuevo camino.

- RSVP permite distintos tipos de reservas, de modo que los usuarios de un mismo grupo multicast pueden especificar el tipo que desean, consiguiendo un uso más eficiente de los recursos de Internet.
- RSVP es un protocolo transparente para los enrutadores no RSVP. Esto es debido a que RSVP es independiente del protocolo de encaminamiento y por tanto, no existe ningún problema en los entornos mixtos donde algunos de los enrutadores no utilizan RSVP. En esos casos, los enrutadores no RSVP utilizarán una técnica de encaminamiento best-effort.
- RSVP soporta tanto IPv4, "exploit" el campo Type of Service de la cabecera IPv4, como IPv6, "exploit" el campo Flow Label de la cabecera IPv6.

RSVP es un protocolo de control que se especializa en gestionar reservas de recursos de la red a lo largo del camino entre dos nodos extremos (emisor y receptor) [11] . Su diseño requiere en todos los nodos (extremos y enrutadores) la existencia de los componentes presentados en la figura 1.5

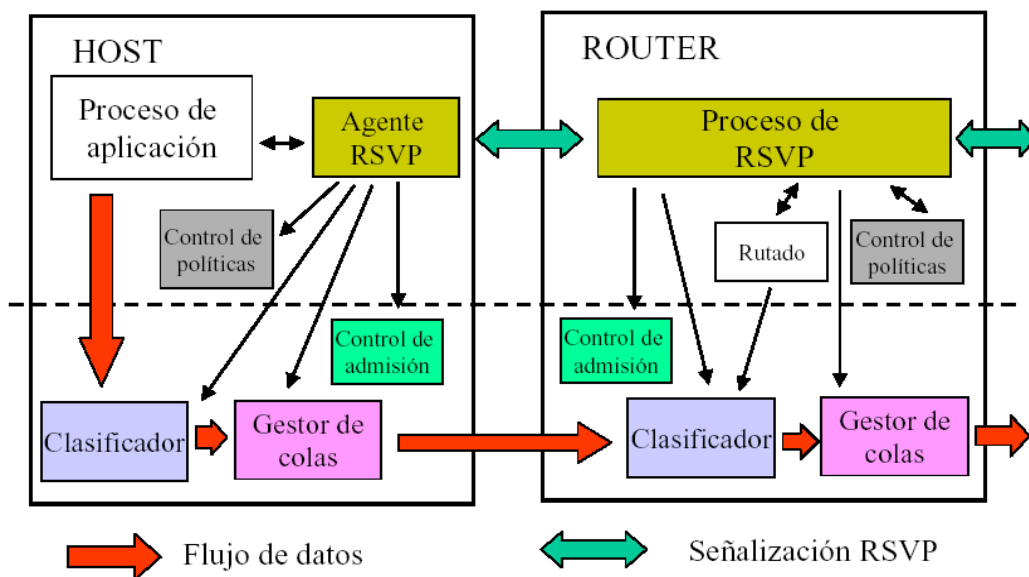


Figura 1.5 Arquitectura de servicios integrados- RSVP

En cada nodo existe un proceso o demonio RSVP, responsable de mantener el protocolo entre nodos y gestionar los componentes del nodo local. Este proceso recibe peticiones de reserva de recursos de las aplicaciones (en los nodos extremos) o de otros nodos a través del protocolo (en los enrutadores). Cuando se recibe una petición de reserva de recurso, el proceso recurre a los dos módulos locales de decisión: el control de política decide si administrativamente el usuario y el flujo están utilizados de la reserva solicitada,

y el control de admisión evalúa si el nodo dispone de suficiente recurso para hacer frente a la reserva [29].

Una vez decidida la aceptación de la reserva, el proceso RSVP configura parámetros adecuados al nivel del servicio solicitado en los dos componentes que realmente procesarán los paquetes: el **clasificador de paquetes (packet classifier)**, que analiza los paquetes entrantes y decide que la calidad del servicio corresponde a su flujo, y el **encolador de paquetes (packet sheduler)**, que pone en practica la política de colas para dar salida a través de la capa de enlace de datos a los paquetes a encaminar.

El protocolo RSVP está pensado fundamentalmente para tráfico multicast, ya que este tipo de tráfico es especialmente adecuado para la distribución de flujos de audio y vídeo en tiempo real que requieren unas condiciones estrictas de calidad de servicio. Sin embargo nada impide la utilización de RSVP en tráfico unicast.

Cuando un emisor envía a todos los destinatarios del grupo un mensaje PATH, que seguirá la misma ruta que posteriormente recorrerán los paquetes de datos y causaran la creación en cada nodo del camino de información de estado de camino, transportando en cada salto la dirección IP del nodo anterior (creando una forma de seguir el camino universo). Este mensaje se envía con la dirección IP de destino dirigida al receptor final, asegurando el encaminamiento a través de los nodos sin capacidad RSVP.

El mensaje PATH, además de la dirección del nodo anterior, debe contener la descripción del emisor y tráfico que éste enviará.

El proceso de establecer una reserva (sea *unicast* o *multicast*) se inicia en el receptor, con el envío de un mensaje de tipo *RESV* en dirección al emisor (las reservas son *simplex* o unidireccionales). Este mensaje utiliza la información de *estado del camino* creada previamente por un mensaje PATH para recorrer el camino contrario, hasta llegar al emisor, creando a su paso información de estado de reserva en los nodos. Este mensaje se construye en el nodo local para cada salto, destinándose a la dirección IP del anterior nodo con capacidad RSVP, para permitir la agregación de reserva en los árboles *multicast*.

Las reservas estabilizadas RSVP tienen una duración limitada y deben ser refrescadas periódicamente. Dado que los mensajes de RSVP se transmiten como datagramas IP sin garantía de entrega, el periodo de refresco debe ser K veces menor que el tiempo de vida, para que las posibles pérdidas de paquetes no pongan en peligro la estabilidad de las reservas. El valor recomendado es $K=3$, si bien puede configurarse con valores

mayores, en caso de tasa de pérdidas elevadas. Las reservas establecidas son dinámicas, tanto lo referente a la calidad solicitado como en cuanto a la ruta que se sigue. Los nodos intermedios simplemente descarta la información de estado cuando vence el tiempo de vida sin recibir nuevos refrescos, y actualizan o construyen nueva información cuando reciben mensajes tipo PATH o RESV.

En los puntos en que construyen ramas del árbol *multicast*, la reserva de los recursos no suma simplemente las solicitudes de todas las ramas, si no que calcula una agregación, que genera la misma envolvente de todas las exigencias del volumen del tráfico, límites de retardos, etc. Por tanto, es dependiente del estilo de reserva y del tipo de *Servicios Integrados* que se soliciten.

En una emisión multicast los usuarios pueden apuntarse o borrarse del grupo multicast de forma dinámica y sin advertencia previa; imaginemos por ejemplo que en una red se emiten de forma multicast diversos programas simultáneamente (equivalente a 'canales' de televisión) y que los usuarios desde sus hosts van continuamente haciendo 'zapping' de un canal a otro; en un momento dado los usuarios que estén viendo un determinado canal forman un grupo multicast, pero el grupo puede cambiar con rapidez.

Suponiendo que todos los programas se emiten desde el mismo host, este host será la raíz del árbol de expansión (spanning tree) de la emisión multicast; para cada programa multicast que se emite hay un conjunto de receptores que configuran un árbol de expansión diferente; esto es tarea del protocolo de routing multicast, no de RSVP. Por tanto a partir de aquí supondremos resuelta esa parte del problema.

El primero de los receptores del programa provoca la creación por parte del protocolo de routing del árbol de expansión y envía un mensaje de reserva hacia el emisor empleando el encaminamiento del camino inverso que hemos visto al hablar de routing multicast. Cada enrutador por el que pasa el mensaje de reserva toma nota del ancho de banda solicitado y lo reserva, o bien devuelve un mensaje de error si no hay capacidad disponible. Si todo va bien al final del proceso el receptor ha reservado el ancho de banda necesario en todo el camino hasta la raíz del árbol.

Cuando aparece en la red un segundo receptor de esa misma emisión multicast envía su mensaje de reserva, pero la reserva sólo se efectuará en aquella parte del trayecto (o rama del árbol) que no sea común con el primer receptor y no haya sido por tanto ya reservada por éste. De esta forma se asegura un uso óptimo de la red, no reservando caudal dos veces en el mismo enlace, a la vez que se evita por completo la congestión

(suponemos que RSVP no realiza sobresuscripción, es decir que no asigna recursos por encima de la capacidad disponible).

Es evidente, como ya hemos comentado, que aunque se trate de un protocolo Internet RSVP es un protocolo orientado a conexión, ya que los enrutadores tienen que guardar una cierta información de estado de cada flujo para el que se efectúa reserva, algo equivalente a un circuito virtual. Decimos entonces que los enrutadores con RSVP ya no son 'stateless' sino 'statefull'.

1.5.1- Operación del protocolo RSVP

En la figura 1.6 se representa la operación de RSVP:[2]

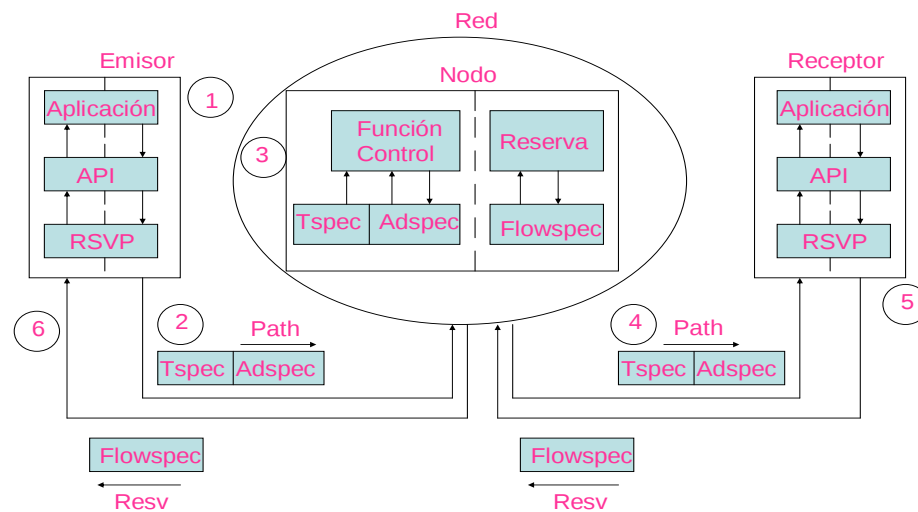


Figura 1.6 Operación del RSVP

- La aplicación del sistema emisor solicita una sesión RSVP.
- Se genera un mensaje de ruta (path) a lo largo de la (s) ruta (s) dada(s) por el protocolo de encaminamiento.
- En cada nodo se evalúa el mensaje de Ruta (Path), almacenando el estado de ruta, el cual incluye al menos la dirección IP del nodo anterior.
- El *mensaje de ruta (Path)* llega al sistema receptor .
- Se genera la solicitud de reserva o mensaje de reserva (Reservation Request, Res), que se encamina utilizando el estado de la ruta, es decir, llega al emisor por la ruta seguido por el *mensaje de ruta (path)* en sentido inverso.

Si un receptor de sea recibir confirmación de la solicitud de reserva tramitada entonces debe indicarlo en el mensaje de reserva (Resv).

- Cuando un nodo recibe un mensaje de reserva (Resv) lo pasa a los componentes ISA *control de admisión* y control del sistema, los cuales realizan las pruebas correspondientes y ante cualquier fallo se rechaza la solicitud de reserva y el nodo envía un *mensaje de Error de Reserva (Reservation Error, ResvErr)* al receptor.

En caso contrario, el nodo activa el clasificador de paquetes y el *planificador de paquetes* y a su debido tiempo, el nodo envía el mensaje de reserva (Resv) al siguiente nodo.

El mensaje de reserva (Resv) que se propaga hacia los emisores apropiados (scope), puede diferir del mensaje de Reserva (Resv) recibido porque el *control de Tráfico lo puede modificar* o por que se dé una concentración de reservas hacia al mismo emisor o conjunto de emisores.

Los mensajes de reserva (Resv) crean el *estado de reserva (soft state)* en cada nodo de la ruta de datos y lo mantienen periódicamente mediante mensajes de refresco de modo que si éstos no llegan el estado de la reserva se elimina.

Un *mensaje de Reserva (Resv)* se propaga por la red hasta que encuentra un nodo en el que existe una reserva igual o superior. En este nodo, la solicitud se concentra con la existente y no se propaga más. Si el receptor solicitó confirmación de la reserva en el *mensaje de reserva (Resv)* entonces el nodo, bajo ciertas circunstancias, enviará el *mensaje de confirmación De Reserva (ResvConfirm)* al receptor.

- Cuando el último nodo recibe el *mensaje de Reserva (Resv)* y acepta la solicitud, se puede mandar un *mensaje de confirmación de Reserva (ResvConfirm)* al receptor.

Caracterización de los mensajes RSVP

Mensajes Path: estos mensajes los generan los emisores. Describen el flujo del emisor y proporcionan la información del camino de retorno hacia el emisor. Este mensaje lo utilizan los emisores para establecer el camino de la sesión. Estos mensajes pueden atravesar enrutadores que no entiendan RSVP puesto que tienen una dirección IP origen y una dirección IP destino.

Mensaje Resv: estos mensajes los generan los receptores y sirven para hacer una

petición de reserva de recursos. Crean el "estado de la reserva" en los enrutadores. Generalmente, una petición de recursos implicará una reserva de éstos en todos los nodos del camino del flujo de datos. Estos mensajes siguen exactamente el camino inverso al de los datos.

Una aplicación solicita participar en una sesión RSVP como emisor, enviando un mensaje *Path* en el mismo sentido que el flujo de datos, por las rutas uni/multicast proporcionadas por el protocolo de routing. A la recepción de este mensaje, el receptor transmite un mensaje *Resv*, dirigido hacia el emisor de los datos, siguiendo exactamente el camino inverso al de los mismos, en el cual se especifica el tipo de reserva a realizar en todo el camino.

La siguiente fig. 1.7 muestra el uso de estos mensajes:

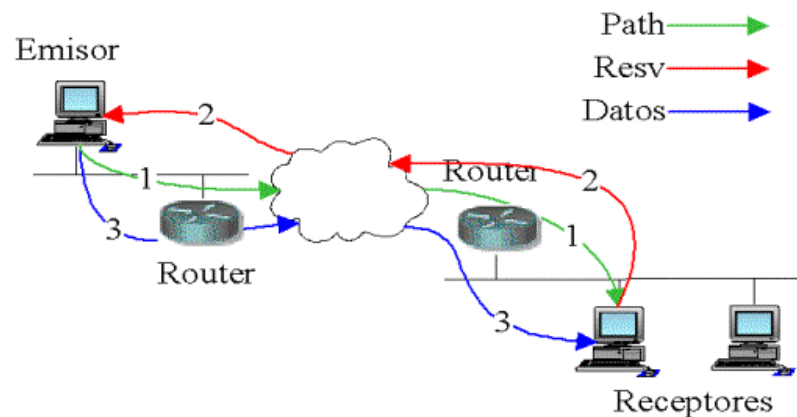


Figura 1.7 Uso de los mensajes path y resv

El mensaje de ruta (PATH) contiene los siguientes objetos:[25]

- **Plantilla de Emisor (Sender Template).** Describe el formato de los paquetes de datos que el emisor enviara. Determina su dirección IP y, opcionalmente, su puerto.
- **Especificación de Tráfico del Emisor (Sender Tspec).** Define las características del tráfico del flujo de datos que el emisor generará. Esta información es generada por el emisor, quien lo envía a los receptores a través de los nodos intermedios.
- **Especificación de notificaciones(Adspec).** Es una información generada y/o modificada dentro de la red y utilizada por los receptores para realizar las reservas. Incluye los servicios disponibles, el retardo y el ancho de banda estimados y los parámetros utilizados para especificar los servicios de control Qos.

Al llegar a un elemento de red, el Adspec pasa por el control de tráfico, este lo modifica y lo envía a los receptores correspondientes.

El mensaje de solicitud de reserva (Resv) contiene los siguientes objetos:

- **Especificación de Tráfico del receptor(Receiver Tspec).** Define las características de tráfico del flujo de datos que el receptor emisor generará. Cada receptor genera esta información.
- **Especificación de Solicitud de Servicio(Rspec).** Es una información generada por el receptor describiendo Qos, es decir, indicando el tipo de IS solicitado, SG o SCL.

Conjuntamente, Tspec y Rspec forma **Flowspec**, que se utiliza para activar el planificador de paquetes de cada nodo. ISA determina el formato y el contenido de Tspec y Rspec, los cuales son opacos a RSVP.

- **Especificación de Filtro(Filter Specification, Filter Spec).** Es una descripción de los paquetes para los cuales se realiza la reserva(por ejemplo: el protocolo de transporte, no. de puerto). Filter Spec se utiliza para activar el especificador de paquetes e incluye la dirección IP del origen del puerto UDP/TCP origen.

Conjuntamente, Rspec y Filter Spec forman el descriptor de flujo(flow descriptor) que los enrutadores utilizan para identificar cada reserva.

Mensaje de finalización(TEARDOWN)

Es un mensaje que se envía cuando una aplicación finaliza. Hay dos tipos de mensajes de finalización:

- **Mensaje de finalización de estado de ruta(path Teardown, PathTear).** Es un mensaje que viaja del emisor hacia los receptores eliminando el estado de ruta.
- **Mensaje de finalización de estado de reserva(Reservation Teardown ResvTear).** Es un mensaje que viaja desde el receptor al emisor eliminando el estado de reserva.

Mensaje de error (ERROR)

Hay dos tipos de mensaje de error :

- **Mensaje de error de ruta(Path Error, PathErr).** Cuando se produce un error al enviar un mensaje de ruta (Path), se genera un mensaje de error(PathErr) hacia el emisor de mensaje de ruta(Path) indicando el tipo de error producido y la dirección IP del nodo que lo ha detectado. Este mensaje no modifica el estado de la ruta en los nodos por los que pasa.
- **Mensaje de error de reserva(Reservation Error, ResvErr).** Cuando se produce un error al *enviar un mensaje de Reserva (Resv)*, se envía un *mensaje de error (ResvErr)* hacia los receptores.

Mensaje de confirmación de reserva (RESVCONF)

Si un receptor desea confirmación de la solicitud de reserva tramitada, ésta debe incluir el objeto *QoS RESV_CONFIRM* con su dirección IP en el *mensaje de Reserva(Resv)*.

En cada punto de concentración solo pasa el *mensaje de reserva (Resv)* con flowspec mayor y si este lleva una petición de confirmación entonces se manda el *mensaje de confirmación de reserva (Reservation Confirmation, ResvConf)* hacia el receptor.

De ello se deduce que:

- Sólo se obtendrá una confirmación extrema a extremo si el mensaje de Reserva (Resv) es mayor a lo largo de toda la ruta de datos.
- El mensaje de confirmación de Reserva (ResvConf) es sólo una indicación y no una garantía de que la reserva se mantiene durante toda la ruta hacia el emisor.

1.5.2 – Modelos y estilos de Reserva

El establecimiento de una solicitud de reserva se realiza siguiendo un modelo de reserva. Existen dos modelos de reserva.

- **Modelo de Reserva RSVP de una Pasada (One Pass).** Es un modelo de reserva básico que se basa en que un receptor envía una solicitud de reserva y cada nodo acepta o rechaza la petición con este modelo, el receptor desconoce el resultado del servicio extremo a extremo.
- **Modelo de Reserva RSVP de una pasada con Notificación (One Pass UIT Advertiding, OPWA).** Es un modelo de reserva de una pasada complementado con el envío de paquetes de control RSVP a través de la ruta de datos establecida,

recogiendo la información que predice el comportamiento extremo a extremo. Los resultados llegan al receptor y la aplicación los utiliza para ajustar la solicitud de reserva.

Estilos de reserva

Es un conjunto de opciones que configuran una solicitud de reserva. Dichas opciones son:

1. Números de reservas a establecer para los siguientes emisores

- **Reserva de Estilo Individual (Distinct Style).** Corresponde a una reserva por emisor.
- **Reserva de Estilo Compartida (Shared style).** Corresponde a una única reserva para los emisores.

2. Tipos de selección de emisores

- **Selección Explícita (Explicit).** Se fija cada uno de los emisores de modo que, cada Filter Spec se ajuste exactamente a cada emisor
- **Selección Tipo Comodín (WillCard).** Se selecciona todos los emisores y, no se necesita Filter Spec.

De combinación de ambas opciones se obtienen los siguientes. *Estilos de Reserva:*

- **Estilo Filtro Comodín (Willcard Filter, WF).** Comprende una reserva compartida y selección de todos los emisores.
- **Estilo Filtro Fijo (Fixed-Filter, FF).** Comprende diferentes reservas y selección explícita de emisores.
- **Estilo compartido Explícito (Shared Explicit, SE).** Comprende una reserva compartida y selección explícita de emisores.

En la figura 18.6 se representan los estilos de reserva en RSVP.

	Atributos de la Reserva	
Selección de Emisor	Individual	Compartida
Explícita	Filtro Fijo (FF)	Explícita Compartida (SE)
Comodín	-----	Filtro Comodín (WF)

Figura
Estilos de reserva RSVP

1.8

1.5.3 - Mecanismos de reserva de recursos

Dado que cualquier protocolo de establecimiento de las reservas ha de ser capaz de trabajar con cualquier servicio de QoS, éstos no definirán los objetos propios y necesarios para definir la misma. Para la gestión de la QoS el protocolo RSVP, define tres objetos propios, como son el *FLOWSPEC*, *ADSPEC* y *SENDER_TSPEC*.

En cada elemento de red, el *ADSPEC* se pasará al módulo de *control de tráfico*, el cual determinará si el servicio QoS especificado está implementado en el nodo. Por defecto se generará un objeto que soportará todos los servicios QoS que admite el emisor. Cuando el mensaje *Path* llega a un receptor, los datos del *SENDER_TSPEC* y *ADSPEC* se pasan a través de la *API (Application Programming Interface)* a la aplicación, la cual interpretará estos datos, y los utilizará para seleccionar parámetros de reserva de recursos.

Todo elemento en una red, utiliza un conjunto de parámetros de caracterización (usados para caracterizar el camino) y de control (usados para dar información a la red sobre las peticiones de QoS) denominados generales (definición común, pero significado compartido por todos los servicios de QoS) para describir las propiedades del camino [RFC2210] [30]. En general a estos valores se les asigna un valor por defecto, y si en algún nodo algún parámetro contiene un valor distinto, se deberá definir un valor de servicio específico para este parámetro. Además, las especificaciones de los distintos servicios QoS pueden implementar estas definiciones de parámetros, así como definir parámetros específicos adicionales, y todos ellos vendrán identificados por un ID, basado en 2 parámetros, el *service_number* que identifica el servicio asociado con el parámetro, y el *parameter_number* que identifica al propio parámetro.

Política de control

La **Política de Control** sirve para proporcionar trato referente a determinados usuarios a la hora de acceder a los recursos de la red. Tal y como se indicó con anterioridad, cuando una solicitud de reserva llega a un nodo RSVP, ésta pasa por los componentes *Control de Admisión* y *Control del Sistema*. El *Control de Admisión* se encarga de verificar si hay recursos suficientes para atender la solicitud de reserva y el **Control del Sistema** se encarga de verificar si el usuario está autorizado para realizar dicha reserva [28].

Así pues, cada usuario debe identificarse a la hora de solicitar la reserva, utilizando para ello el objeto *POLICY_DATA* el cual incluye las credenciales que

identifican la clase de usuario, cuotas, límites, etc. **POLICY_DATA** es una objeto opaco a RSVP, que pasa al módulo *Control de Sistema*.

1.5.4 - Estructura de los mensajes RSVP

Los mensajes RSVP constan de Cabecera y un número variable de *Objetos* (véase la figura 1.8).

Figura. 1.8 Estructura de los mensajes RSVP

- El formato de **cabecera** es el indicado en la figura 1.9 :

32	28	24	16
0			
Versión	Flag	Tipo Mensaje	Checksum RSVP
Send_TTL		(Reservado)	Longitud RSVP

Figura 1.9 .

cabecera de los

donde:

Cabecera
Objeto 1
Objeto 2
Objeto n

Formato de

mensajes RSVP

versión de

RSVP.

- Versión.** En la protocolo Actualmente = 1.

- Flags.** Valores no definidos en el estandar.
- Tipo mensajes:** es un campo que indica el tipo de mensajes. Los valores posibles son:
 - Mensajes de Ruta (*Path*)
 - Mensaje de Reserva (*R. esv*).
 - Mensaje de Error de Ruta (*Path_Err*).

4. Mensaje de Error de reserva (*Resv_Err*).
 5. Mensaje de Finalización de Estado de Ruta (*PathTar*).
 6. Mensaje de Finalización de Estado de Reserva (*ResvTear*).
 7. Mensaje de Confirmación de Reserva (*ResvConf*).
- **Checksum RSVP.** Se calcula como el complemento a uno de la suma del mensaje.
 - **Send_ TTL.** Es el tiempo de vida del paquete IP valor definido sobre el sistema de control.
 - **Longitud RSVP.** Es la longitud total del mensaje RSVP en *bytes*.

El formato de cada **objeto x** es el descrito en la figura 1.10

Longitud (bytes)	Id Clase	Tipo-C
Objeto		

Figura.1.10 Formato de los objetos RSVP

donde:

- **Longitud.** Es un campo de 16 bits que contiene la longitud del objeto en *bytes*. Debe de ser múltiple de 4 y ≥ 4 .
- **Id Clase.** Identifica la clase de objeto. Éstas pueden ser:
 - **Nulo (Null).** Indica que los campos Objeto y Tipo-C se ignoran por el receptor. Id Clase = 0.
 - **Sesión.** Contiene la dirección IP destino, el identificador del protocolo IP y, opcionalmente, el número de puerto destino. Obligatorio en cada mensaje RSVP. Id Clase = 1.
 - **Nodo RSVP (RSVP_ Hop).** Contiene la dirección IP del nodo RSVP que envía el mensaje en curso y la interfaz lógica de salida (LIH). Id Clase = 3.
 - **Valores de tiempo (Time_Values).** Contiene el período de refresco del estado de reserva. Objeto obligatorio en mensajes Resv y Path. Id Clase = 5.

- **Estilos de reserva.** Define el estilo de reserva. Obligatorio en cada mensaje *Resv* Id Clase = 8.
 - **Flowespec.** Define las QoS en mensajes *Resv* Id clase = 9.
 - **Filter_Spec.** Define el conjunto de sesiones de paquetes de datos que se beneficia de una determinada QoS, en mensajes *Resv*. Id Clase = 10.
 - **Sender_Template.** Describe el formato de los paquetes de datos que el emisor enviará. Se define la dirección IP del emisor y, opcionalmente, su puerto. El protocolo será el mismo que el de la sesión en curso. Obligatorio en mensajes *Path*. Id Clase = 11.
 - **Sender_Tspec.** Defina las características del tráfico de datos del emisor. Objeto obligatorios en mensajes *Path*. Id Clase = 12.
 - **Adspec.** Información OPWA en mensajes **Path**. Id Clase = 13.
 - **Error_Spec.** Especifica un error en los mensajes *PathErr* o *ResvErr* o una confirmación en un mensaje *Resvconf*. Id Clase = 6
 - **Datos de politica de control (Policy_Data).** Contiene información para que el modulo de política de control de termine si la reserva puede efectuar. Puede aparecer en mensajes *Path*, *Resv*, *PathErr* o *ResvErr*. Id Clase = 4.
 - **Integridad (Integrity).** Contiene información sobre la autenticidad del nodo anterior y sobre la integridad del mensaje RSVP. Id Clase=4.
 - **Scope.** Contiene la lista de emisores a los que les debe llegar el mensaje. Puede aparecer en mensajes *Resv*, *ResvErr* o *ResvTear*. Id Clase = 15.
 - **ResvConf.** Contiene la dirección IP del receptor que solicita confirmación. Puede aparecer mensajes *Resv* o *resvConf*. Id Clase = 15.
- **Tipo –C.** define el tipo de objeto. En la actualidad indica el tipo de protocolo *IPv4*. Si *Tipo-C=2* entonces el protocolo *IPv6*.

Como puede verse, RSVP es, en esencia, un protocolo de señalación que establece unas reservas de recursos, similares a un circuito. La diferencia fundamental es que la reserva

se cancela si no se renueva periódicamente por lo que se dice que es una reserva de *soft*, en contraposición a la reserva de *hard* realizada en los circuitos permanentes o conmutados, que permanece hasta que se libera por el plano de control o por el plano de gestión, respectivamente.

Capítulo 2. Servicios Integrados en las redes ATM.

ATM ofrece QoS en su núcleo mediante el establecimiento de CoS para cada conexión que se establece. Sin embargo, cuando ATM se acopla con otros estándares y se aplica solamente en el núcleo o red dorsal no puede garantizar QoS fuera del núcleo y el tráfico arribará a ATM con mayor o menor calidad y rapidez en dependencia del tratamiento que le ofrezca el estándar acoplado y del medio físico de interconexión entre el usuario final y el primer dispositivo ATM en la frontera. Otro aspecto importante es que prácticamente ningún estándar posee diferenciación de tráfico, por lo que no podría establecerse una CoS adecuada para el flujo que lo requiera. Una solución sería establecer ATM nativo extremo-extremo pero su alto costo en cuanto a equipamiento e implementación en la última milla lo hacen poco recomendable económicamente para la mayoría en la actualidad.

Dentro de los estándares existentes que se integran con ATM se destaca Frame Relay (FR) por su capacidad de ofrecer cierta calidad en la transmisión al establecer garantías de entrega de las tramas a una velocidad que puede ser determinada en el establecimiento de la conexión. Además el Forum FR definió en su especificación FRF 11.1 las condiciones para permitir la inserción de voz sobre FR con calidades competitivas con la RPT. Incluso existen hoy en el mercado dispositivos capaces de ofrecer transmisiones de videoconferencia a través del estándar. Sin embargo, por su naturaleza de transmitir tramas de longitud variable, le es imposible controlar la variabilidad en la demora de estas. Por tanto, las soluciones de FR para transmitir voz y video ofrecen inestabilidad en la calidad. No obstante, la integración FR-ATM brinda un resultado global que ha demostrado su eficacia y buenos resultados.

El aspecto más importante es que en la comunidad Internet el protocolo más difundido es IP, el cual es un protocolo no orientado a conexión basado en el mecanismo de entrega del *mejor esfuerzo* y que no es capaz de ofrecer garantías de QoS ni diferenciación de tráfico de forma inherente. Es por esto que la IETF (Equipo de Trabajo de Ingenieros de la Internet - *Internet Engineering Task Force*) y otras organizaciones y corporaciones han trabajado en estándares de protocolos que permiten la integración de IP con el formato de celdas de ATM con el fin de llevar QoS hasta el usuario final.

No existen dudas del triunfo de IP y de las aplicaciones desarrolladas para este protocolo en el mundo de la tecnología de la información, que dejaron de ser útiles solo a los centros de estudios para llegar a todas las esferas de la sociedad actual. Por otra parte, el

esfuerzo de desarrollar una infraestructura capaz de soportar todas las aplicaciones existentes y las futuras aplicaciones de banda ancha dieron lugar al surgimiento de ATM, ampliamente utilizado por los proveedores de transporte y que brinda soporte con calidad de servicio, concepto que no se tuvo en cuenta en el desarrollo de IPv4. Es así como surge la necesidad de aprovechar las ventajas de cada tecnología mientras se evoluciona hacia las redes de próxima generación.

Sin embargo, a pesar de los avances de velocidad aun existía un gran problema. Aunque los servicios Frame Relay sobre ATM estaban muy bien definidos, la inmensa mayoría de los clientes emplea en sus redes el casi universal protocolo IP, lo que provoca una sobrecarga adicional en las redes al ser necesario realizar el encapsulado de este protocolo IP sobre Frame Relay y posteriormente emplear ATM en el corazón de la red para la transmisión de los datos. Por lo anterior es necesario buscar nuevas soluciones para poder migrar hacia una plataforma multiservicios donde se garanticen de una manera armónica los ya tradicionales servicios Frame Relay y los nuevos servicios IP.

Por otro lado, el surgimiento de nuevos servicios tales como la video conferencia, la telemedicina y la transmisión de voz sobre datos, impone exigencias más elevadas que no son solubles directamente por los servicios Frame Relay o IP, aun cuando el transporte ATM si garantiza la calidad de servicio necesario para brindar los mismos. Es por ello que se impone la necesidad de brindar no solamente servicios IP al cliente final, sino además garantizarle diferentes niveles de calidad de servicio para los requerimientos de las nuevas aplicaciones [23].

En las diversas fases de las inversiones para la red CUBADATA se han considerado todos estos aspectos, tomando decisiones que han permitido ir preparando la red para una migración a una plataforma multiservicio de una forma ordenada. Ello se ha manifestado tanto en la compra del equipamiento necesario para que los nodos ya existentes brinden servicios y otras funcionalidades IP como en la adquisición de equipamiento destinado específicamente a proveer la máxima flexibilidad posible en la red.

La utilización del protocolo IP sobre redes ATM es ciertamente compleja, debido a las importantes diferencias de diseño que existen entre ambos. La naturaleza orientada a conexión de las redes ATM no constituye el entorno ideal para un protocolo no orientado a conexión como IP.

Habitualmente, la configuración de las redes ATM, tanto en entornos WAN como en redes de acceso basadas en tecnologías xDSL (sus dos ámbitos tradicionales), es estática, basada en el uso exclusivo de circuitos permanentes (PVC) preconfigurados [14]. El uso de PVC simplifica significativamente la utilización conjunta de IP y ATM. Sin embargo, tiene importantes inconvenientes a la hora de aplicarse a un entorno como el de nuestra red cuyo núcleo es puramente ATM, ya que no permite la realización de reservas de QoS dinámicas –que deben traducirse en el establecimiento dinámico de circuitos ATM (SVC)– ni el aprovechamiento del servicio multipunto ATM para soportar tráfico multicast IP, ambos requisitos fundamentales a la hora de soportar las aplicaciones multimedia [1].

Sin embargo, como se apreciará más adelante, las soluciones basadas en SVCs tienen como contrapartida una mayor complejidad, debido principalmente al importante número de circuitos ATM a gestionar, lo cual redundaría en una mayor dificultad de implementación y problemas de escalabilidad.

La solución inicial planteada para llevar datagramas IP sobre SVC se especificó siguiendo el modelo clásico de IP, que se basa en definir cómo un datagrama IP viaja sobre una determinada subred. Dicha solución, denominada CLIP (*Classical IP over ATM*), engloba dos entidades: el servidor de ATMARP [21] y el servidor MARS (*Multicast Address Resolution Server* [17]). El primero se encarga de la resolución de direcciones IP a ATM. Esta función, que se resuelve de una forma sencilla en las redes locales utilizando sus mecanismos de difusión, ha de realizarse de forma centralizada en ATM. Todos los clientes mantienen una conexión con el servidor, y a él dirigen sus preguntas cuando necesitan obtener la dirección ATM que corresponde a una determinada dirección IP.

El segundo –servidor MARS– se encarga de la gestión de los grupos multicast. A diferencia de lo que sucede en las redes locales, la correspondencia directa entre direcciones IP multicast y direcciones ATM no es posible, puesto que en ATM no existen direcciones multicast asignables dinámicamente. La solución pasa por gestionar la correspondencia entre direcciones IP multicast y el conjunto de las direcciones ATM de los clientes que en cada momento desean recibir el tráfico dirigido a dicha dirección de grupo. Ésta es precisamente la función del servidor de MARS que puede observarse en la figura 2.1

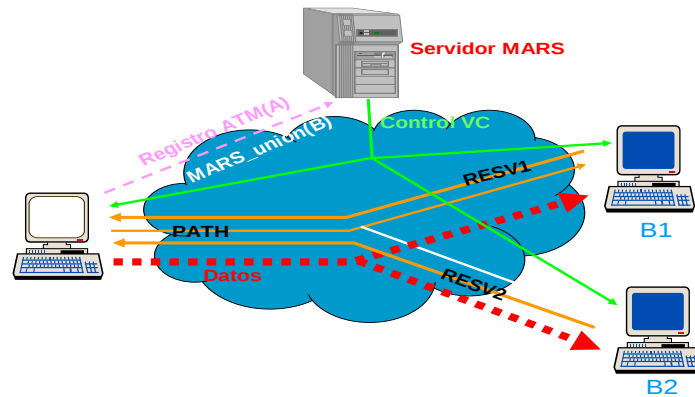


Figura 2.1 RSVP con ATM multicast

Como se aprecian en las figuras 2.2 y 2.3 a la hora de enviar tráfico multicast, el estándar MARS define dos posibles escenarios. El centralizado está basado en la existencia de un servidor de multicast (*MultiCast Server*) [26], todos los emisores que envían tráfico a un grupo multicast establecen una conexión con una misma máquina, que es raíz de un único circuito multipunto compartido hacia los miembros del grupo. El segundo escenario es el distribuido (*VC mesh*), donde cada emisor realiza una consulta al servidor de MARS para obtener las direcciones ATM de los miembros del grupo, abriendo posteriormente un circuito multipunto directamente con ellos. Esta última opción resulta más eficaz ya que, a pesar de presentar más problemas de escalabilidad, para grandes redes es la única que soporta de una manera estandarizada la especificación del soporte de QoS.

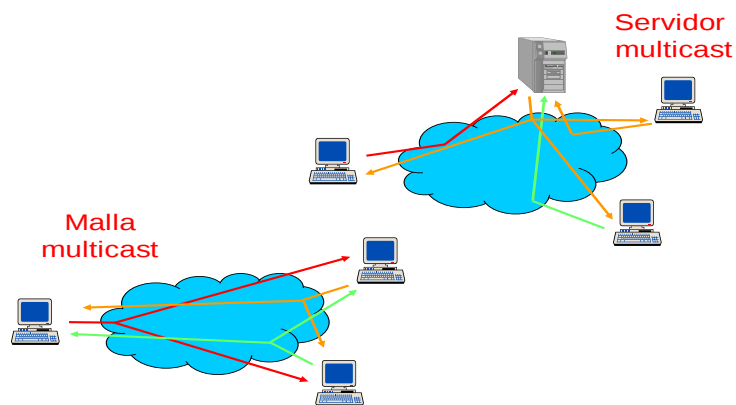


Figura 2.2 ATM multicast

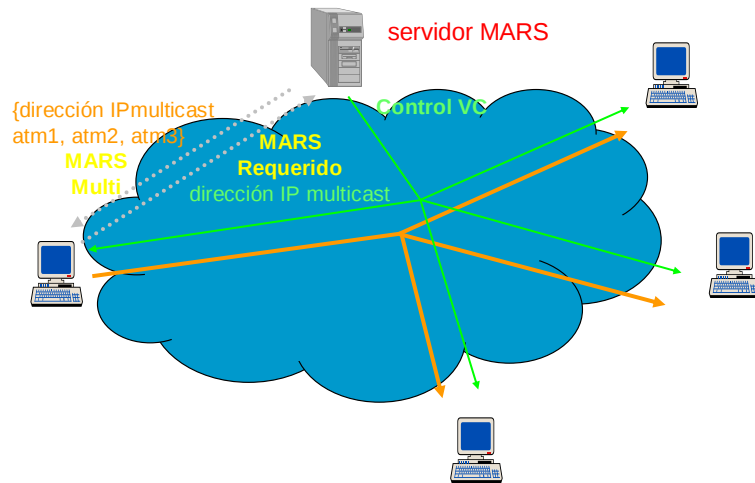


Figura 2.3 Servidor de resolución de direcciones multicast. MARS

2.1 - Funcionamiento de RSVP y Servicios integrados en ATM

Dentro del modelo de Internet de Servicios Integrados (IntServ) propuesto para dotar a las redes IP de soporte de QoS, se propone la utilización del protocolo RSVP como protocolo de señalización que permita a los sistemas finales realizar peticiones de reserva de recursos para sus flujos de datos. RSVP como ya vimos se basa principalmente en dos tipos de mensajes denominados: PATH, cuyo objeto es informar acerca de las características de los flujos de datos enviados; y RESV, para realizar las reservas de recursos. Sin embargo, la aplicación del modelo *IntServ* a escenarios ATM no es sencilla, debido a las sustanciales diferencias entre ambos modelos de soporte de QoS. Cabe mencionar, como aspectos más relevantes a este respecto, los siguientes [20]:

- RSVP establece peticiones de reserva iniciadas en el receptor, mientras que la señalización ATM relacionada con la apertura de circuitos es iniciada en el emisor. La solución requiere comunicar al emisor la necesidad de apertura de un circuito ATM, junto con la QoS requerida, para que sea él mismo el que realice la apertura. La propia señalización que RSVP transporta realiza de hecho esta función.

- RSVP permite cambios dinámicos en los parámetros de QoS en una sesión, sin embargo los parámetros en un circuito ATM son estáticos: para cambiarlos, es necesario cerrar el circuito y abrir otro.
- La reserva de recursos que se define en RSVP es unidireccional. En el caso de circuitos ATM, esta reserva es bidireccional si el circuito es unicast, y unidireccional si es multicast (aunque se permiten reservas asimétricas, e incluso una reserva nula en uno de los sentidos).
- RSVP permite heterogeneidad en las reservas hechas por los diferentes miembros de una sesión multicast. Pero un circuito ATM multicast proporciona la misma calidad de servicio a todos los receptores.

A pesar de la dificultad que entraña la implementación de IntServ sobre ATM, el esfuerzo invertido en los últimos años ha dado como resultado una serie de estándares que especifican de forma detallada cómo debe realizarse.

Las situaciones relacionadas con RSVP y servicios integrados sobre ATM están dentro de las interrogantes siguientes:

- ¿Cómo hacer que RSVP corra sobre ATM ahora y en futuro?
- ¿Cuándo se establece un circuito virtual (VC) para una calidad de servicio específica con RSVP?
- ¿Cómo delinear el modelo de Intserv a los modelos de QoS en ATM?
- ¿Cómo saber que una red ATM está provista de la QoS necesaria para un flujo?
- ¿Cómo manejar IP multicast no orientado a conexión y RSVP con el mundo ATM orientado a conexión?

2.2 - Vías para establecer QoS con RSVP

Veamos algunas vías para establecer QoS por RSVP

UNI 3.x y 4.0

En la Interface de Red de Usuario (UNI) especificaciones 3.0, 3.1 y 4.0, los circuitos virtuales permanentes (PVC) y los circuitos virtuales conmutados (SVC) pueden establecerse con una categoría de servicio específica (CBR, VBR, y UBR para UNI 3.x y VBR-rt y ABR para 4.0) y parámetros de tráfico específico en configuraciones punto a punto y punto-multipunto. El nivel de control de QoS disponible en UNI 3.x están algo limitado, sin embargo es posible usar RSVP y el modelo de Intserv. ATM 4.0 con la

especificación gestión de tráfico permite controlar la QoS y suministra los detalles de mapeo del modelo de Intserv para las categorías de servicio y parámetros de tráfico de UNI 3.x y 4.0

Circuitos Virtuales permanentes (PVCs)

Los PVCs emulan líneas dedicadas punto a punto en una red, así el funcionamiento de RSVP puede ser idéntico al funcionamiento de cualquier red punto a punto. La QoS del PVC debe ser coherente y equivalente al tipo de tráfico y modelo de servicio usado. Los equipos en cualquier extremo del PVC tienen que proporcionar los servicios de control de tráfico para los flujos múltiples sobre el mismo PVC. Con PVCs, no hay ningún problema de cuando o cuánto tiempo toma para configurar VCs, están hechos de antemano, pero se limitan los recursos del PVC a los que se han pre-asignado. Los PVCs que no se utilizan totalmente pueden bloquear los recursos de la red ATM que puede ser usado por circuitos virtuales conmutados [19].

Un problema adicional por usar PVCs es que frecuentemente, los circuitos permanentes virtuales múltiples son establecidos como si todos los PVC estuvieran corriendo a la capacidad máxima, el enlace va a ser sobre-subscrito. Esto frecuentemente usó "el multiplexado estático" lo que hace proporcionando Servicios Integrados sobre los PVCs muy difícil e inestable. Cualquier aplicación de Intserv sobre PVC tiene que garantizar que los PVCs pueden recibir toda la QoS solicitada.

Circuitos Virtuales conmutados (SVCs)

Permitir rutas de SVCs en las redes ATM equivale a realizar una demanda. Esto permite la flexibilidad en el uso de RSVP sobre ATM pero con algo de complejidad. Los VCs pueden prepararse para permitir mejor-esfuerzo y mejorar las rutas de clase de servicio a través de la red. El costo y tiempo para establecer SVCs pueden impactar su uso. Por ejemplo, puede ser mejor inicializar tráfico con QoS sobre VCs existentes hasta un SVC con la calidad de servicio deseada que puede ser establecida para cada flujo. Los problemas de escalamiento pueden llegar si solo un flujo RSVP es usado por circuitos virtuales. El número de VCs en cualquier dispositivo de ATM también puede ser limitado por el número de flujos RSVP que pueden ser soportados por un dispositivo, puede limitarse estrictamente al número de VCs disponible, si asumimos un flujo por VC.

Mientras RSVP es receptor orientado, ATM es emisor orientado. Esto podría parecer un problema pero el emisor o punto de ingreso recibe los mensajes RSVP RESV y puede determinar si un nuevo VC tiene que ser establecido al destino o punto de partida.

Existen otras que no se detallarán como son:

- Punto - multipunto
- Servidor multicast

2.3 - Bases para aplicar Intserv y RSVP sobre ATM

Para hablar de las bases de la aplicación de servicios integrados y RSVP sobre ATM hay que tener en cuenta dos áreas distintas: [15]

- a) Delinear el modelo de servicios integrados en las categorías de servicio y parámetros de QoS en ATM.
- b) El funcionamiento de RSVP sobre ATM.

Delinear el modelo de servicios integrados en las categorías de servicio y parámetros de QoS en ATM, es una cuestión de determinar qué categorías pueden soportar los objetivos de los modelos de servicio y unir los parámetros y variables entre la descripción de IntServ y ATM. Desde que ATM tiene gran variedad de categorías de servicio y parámetros, más de una categoría de servicio ATM debe ser capaz de soportar cada uno de los dos modelos de IntServ. Esto proporcionará gran flexibilidad en la configuración y despliegue..

El funcionamiento de RSVP sobre ATM requiere dirección cuidadosa de VCs para corresponder con la dinámica del protocolo de RSVP. Los VCs necesitan ser manejados para ambos los datos de QoS RSVP y los mensajes de señalización RSVP.

2.4 - Encapsulamiento

Desde que RSVP es usado como protocolo de señalización para el control de flujos de paquetes de datos IP, Se definió el encapsulamiento para ambos paquetes RSVP y datos IP asociados. Los métodos para transmitir paquetes IP sobre ATM (IP Clásico sobre ATM, LANE, y MPOA) están todos basados en el encapsulamiento definido en RFC1483 [18]. La RFC1483 especifica dos encapsulamientos, LLC Encapsulamiento y multiplexado basado en VC. El primero permite encapsular los protocolos múltiples sobre el mismo VC y el último requiere VCs diferente para los distintos protocolos.

Para los propósitos de RSVP sobre ATM, cualquier encapsulamiento puede usarse con tal de que los VCs se manejen de acuerdo a los métodos ya mencionados. Obviamente, correr multiples protocolos de datos sobre un mismo Vc con encapsulamiento LLC puede causar el mismo problema que correr multiples flujos sobre el mismo Vc.

Mientras ninguno de los métodos de transmisión que aborda el tema de calidad de servicio, sugiera algún valor para la configuración de circuitos virtuales para el tráfico de mejor esfuerzo, se debate la relación de la RFC 1755 [22], configuración de parámetros y aquellos que necesitan soportar flujos de Intserv.

Capítulo 3. Modelo de Servicios Integrados para la Red CUBADATA

Los primeros intentos de establecer una red pública de datos en Cuba fueron a finales de los años 70 y comienzo de los 80 mediante la red X.25 de la Academia de Ciencias de Cuba, en 1996 comenzó a apreciarse un desarrollo, en los servicios que se brindaban, los que se ajustaban a las condiciones existentes en los medios de transporte analógicos nacional y provinciales, para proporcionar la interconexión de las redes locales. Luego la instalación de una microondas nacional digital permitió enlaces digitales y el desarrollo de servicio Frame Relay sobre esta misma red. Para satisfacer el aumento de la demanda de servicio y de velocidad de interconexión mediante Frame Relay se hizo necesario la implementación de otra red dorsal nacional, la decisión fue utilizar ATM por su capacidad de portar múltiples servicios y por la escalabilidad que permite un incremento en las velocidades de acuerdo a la demanda.

CUBADATA, ha montado su infraestructura ATM basada en equipamiento NewBridge, que luego fuera adquirido por Alcatel, para ello ha instalado nodos en cada una de las capitales de provincia del país y múltiples puntos de acceso en los lugares de mayor concentración de clientes. Ello le ha permitido ir cubriendo las necesidades del tráfico de datos en el país y al contar con una plataforma potente pero flexible, estar preparada para brindar los nuevos servicios.

La red ATM está compuesta por conmutadores de la firma Alcatel-newbridge soportado sobre SDH a través la fibra óptica nacional. En la Ciudad de la Habana existe un anillo a 622 Mbps soportado por la plataforma de conmutación y ruteo formada con los equipos 7670 y 7470, este anillo tiene conexiones a 155 Mbps con las principales provincias del país que cuentan con conmutadores 7470 y conexiones a 34 Mbps con el resto de las provincias que tienen conmutadores 7270. La red de acceso al núcleo ATM está formada por multiplexores 3600 y 3630, también de Alcatel y que posibilitan una gestión integrada y centralizada de toda la red, en algunos de los cuales se incluyen tarjetas que proporcionan capacidad de conmutación Frame Relay, así como IP y que se encuentran en todas las provincias y algunos de los principales municipios y centros de importancia del país

La figura 3.1 muestra la topología que presenta la red ATM, que puede estar sujeta a cambios que obedecen principalmente a la evolución de la red de transporte nacional de fibra óptica que permitirá la evolución de la topología hacia una más segura con la presencia de redundancia en los enlaces.

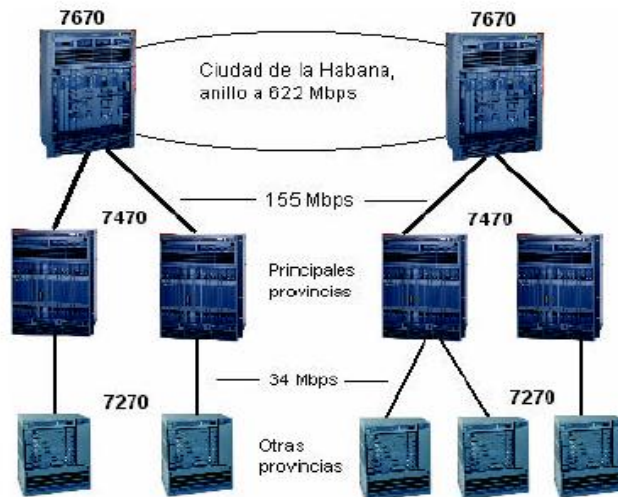


Figura 3.1 Topología general de la red ATM en Cuba.

El desarrollo de la red de fibra óptica permitirá la implementación de anillos entre las principales provincias conectadas a la red ATM, que proporcionen seguridad a las conexiones entre nodos ante averías de los enlaces nacionales. La figura 3.2 muestra el estado actual y las perspectivas futuras de la red de fibra óptica nacional y los puntos de presencia de la red de transporte de datos CUBADATA de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, ETECSA.

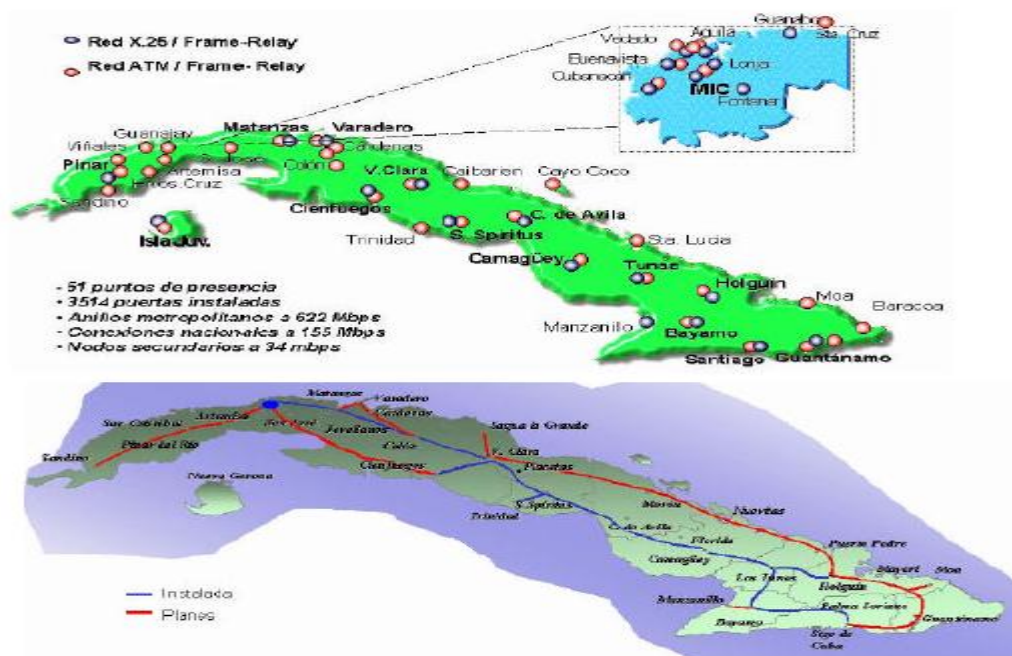


Figura 3.2 Puntos de presencia de CUBADATA y red de fibra óptica.

Los servicios que se ofrecen son fundamentalmente interconexión de redes corporativas, para formar redes privadas virtuales sobre Frame Relay, y acceso a los proveedores de servicio internet, a velocidades que van desde los 19,2 Kbps hasta los 2 Mbps utilizando técnicas DSL en las redes de cables locales de cobre de ETCSA. La interconexión se soporta en Conexiones Virtuales Permanentes (PVC) Frame Relay soportadas sobre conexiones permanentes ATM en el transporte, para las que solo se comercializa la Razón de Información Comprometida (*CIR, Committed Information Rate*) que el usuario escoge para sus conexiones de forma asimétrica y es el único parámetro reflejado en los acuerdos de nivel de servicio. La composición de los clientes por velocidades es como se muestra en la figura 3.3

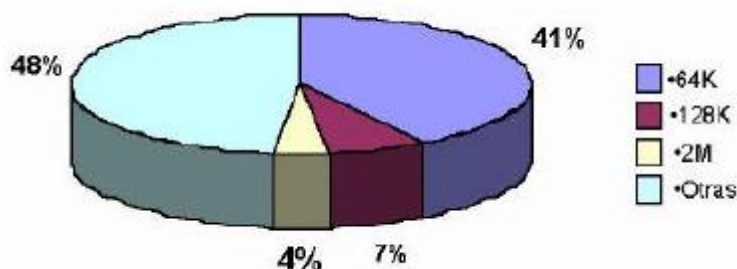


Figura 3.3 Porcentaje de clientes por velocidades.

3.1 - Proyecciones para establecer el Modelo de Servicios Integrados en la Red CUBADATA

CUBADATA basa su equipamiento fundamentalmente en 3 equipos del proveedor Alcatel. El nodo de acceso 3600, los nodos 7470 para la red ATM y los equipos 7670 para el soporte multiservicio [3] (ver anexo I). El hecho de poseer un proveedor único garantiza la interoperatividad entre todo el equipamiento, además, ya que todos se gestionan desde una plataforma común, se evita tener varios centros de gestión, concentrando toda esta actividad en un solo punto nacional.

Aun cuando la red ya se encuentra en proceso de migración hacia una plataforma multiservicio, aun no se cuenta con un mercado establecido para los mismos, pero es necesario prepararse con vistas a los esfuerzos que se están realizando para la informatización de nuestra sociedad. Dada las características de los enlaces que se ofertan a los clientes finales, en la mayoría de los casos se requiere de inversiones para poder hacer un uso eficiente de estos, garantizando los diferentes niveles de calidad de servicio que se brindan por la red.

En este momento solamente unos pocos clientes cuentan con las condiciones necesarias para explotar dichos servicios, y recibir calidad de servicio a través de servicios integrados especialmente los proveedores de servicios de Internet (ISP) que ya cuentan con una infraestructura nacional establecida y con equipos capaces de asimilar las nuevas tecnologías o de migrar a las mismas con inversiones mínimas. Existen grandes Empresas en el país que han solicitado garantías de calidad ya que corren un grupo de aplicaciones que demandan estos servicios para su correcto funcionamiento.

El costo del equipamiento para realizar los enlaces a través de soporte IP con Intserv es algo que debe tenerse en cuenta por los clientes potenciales, por un lado los ISP generalmente tienen mejores posibilidades de realizar inversiones para mejorar los servicios que brindan, o para crear nuevos servicios, pues estos gastos se amortizan relativamente rápido. Las empresas sin embargo son mas conservadoras en este aspecto, ya que sus redes generalmente se encuentran diseñadas para dar soporte interno a la propia entidad y no con carácter lucrativo como en el caso de los ISP.

El equipamiento de redes de mayor calidad incluye soporte de QoS en sus enrutadores, lo que puede representar la necesidad de un cambio total de equipamiento para aquellas empresas que han optado por abaratar sus costos empleando equipamiento de redes de menor calidad. Para una referencia del orden de los valores que se requieren para implementar una red IP con QoS, un enrutador Cisco, de la serie 3600 o 4500 con el sistema operativo y las interfaces necesarias para brindar servicio, puede llegar a costar entre 20 000 y 30 000 USD.

En encuesta realizadas a diferentes empresas del país se comprobó que ninguna posee planes a mediano o corto plazo para la implementación de algún tipo de calidad de servicio sobre IP.

Aun cuando los equipos Alcatel 7470, existentes en la mayoría de la provincias y los 7670 solo en Ciudad Habana, además funcionan con RSVP, no puede concebirse en este momento una red en su plenitud con servicio integrados a nivel nacional, debido a que el equipamiento frontera no está preparado para ello.

En la investigación realizada se encontró que las redes de los actuales clientes de CUBADATA, tanto los ISP como las empresas más representativas poseen niveles muy disímiles en cuanto a compatibilidad de su equipamiento con las futuras redes

que brinden garantías de calidad de servicio, resultando necesario en una parte importante de los casos realizar inversiones significativas para lograr que el equipamiento de sus redes se encuentre en condiciones de explotar las ventajas de una red IP con QoS.

3.2 - Situación actual de los ISP

En el país existen cinco ISP:

- ENET
- CUBACEL
- CITMATEL
- COLOMBUS/TELEDATOS
- T-DATA - Cuba

Los ISP se encuentran conectados al NAP del país, desde donde se realizan los enlaces entre los ISP nacionales y las comunicaciones de entrada y salida al país.

Para brindar un servicio IP con QoS entre dos ISP diferentes, resulta necesario implementar protocolos que soporten estas características en el NAP. El equipamiento existente consta de enrutadores Cisco 7100 y 7200 que permite implementar dichas prestaciones en caso necesario.

Los enlaces inter ISP con el NAP también requieren transitar sobre soportes con capacidad de QoS para realizar la implementación total, esta operación resulta compleja en este momento por la variedad de tipos de enlace que emplean los ISP para sus conexiones al NAP.

Hoy ENET se ha convertido en el principal proveedor de servicios de internet del país, desde sus inicios desplegó un esquema de acceso a base en puntos de presencia (POP) regionales enlazados a un nodo central, desde donde se controlan y supervisan centralizadamente todos los servicios. Esta estructura le permite una mayor flexibilidad, al no afectar a los clientes en servicio durante las operaciones de incrementos de los POP, así como la facilidad para implementar nuevos servicios de forma nacional controlando los mismos desde un solo punto central.

ENET posee generalmente sus POP localizados en los nodos de CUBADATA, lo que facilita el enlace a los nuevos servicios de esta red, especialmente aquellos basados en el protocolo IP. Los enlaces actuales de los POP de ENET con su nodo central se realizan a

través de circuitos Frame Relay fundamentalmente; aunque en algunos casos ya estas conexiones se encuentran realizadas a través de enlaces IP (bridge). ENET posee POP no solamente en las capitales provinciales, sino además en aquellos puntos que por sus características lo ameritan, por ejemplo localidades municipales con fuertes intereses económicos o turísticos (Ej. Varadero).

En la capital del país ENET posee un enlace Ethernet para las conexiones IP, un enlace E3 (34 Mbps) y varios enlaces E1 (2 Mbps) secundarios para su conexión a la red CUBADATA.

ENET basa su conectividad casi totalmente en equipamiento Cisco, que varia desde enrutadores de la serie 3600 en los POP hasta los de serie alta, como el 7100 y 7200 empleado en la conexión al NAP, todos ellos soportan el protocolo RSVP lo que les permite brindar a través de Servicios Integrados QoS.

ENET es el único ISP que ha expresado sus intenciones de implementar diferentes grados de QoS a sus clientes, sin embargo, estos planes aun se encuentran en las fases iniciales por lo que resulta muy prematuro aventurar posibles resultados. El equipamiento de ENET sirve de soporte al portal CUBASI, que entre otras facilidades brinda la difusión de audio y video en tiempo real, aplicaciones estas muy susceptibles de pasar de inmediato a una red IP con QoS tan pronto esta se encuentre disponible.

3.3 - Tarjeta de servicios IP de los Nodos.

A través de una tarjeta de servicios IP que tienen los nodos de Cubadata (7670, 7470, etc) soportan un rango de aplicaciones IP tales como acceso a internet y redes virtuales, los cuales usan para:

- proveer acceso a los nodos sobre un número de puertos como son xDSL, Ethernet, y frame relay.
- soportar y gestionar todos los servicios sobre la infraestructura de la red ATM.
- proveer servicios integrados, diferenciación de clases de servicio (CoS) y MPLS para todo tipo de servicios
- gran ancho de banda en las redes IP.
- coexistir con otros servicios que ofrece el nodo.

La clasificación de paquetes de clases de servicio IP en el nodo 7470 permiten ofrecer QoS a través de servicios diferenciados e integrados con RSVP, así como MPLS. Los

servicios integrados se establecen a través de servicios de cola de salida para cada CoS y por el uso separado de circuitos virtuales en cada interfase. Cada circuito virtual está asociado con uno o más CoS [24].

Existen 8 niveles de CoS que son enumerados desde el de más prioridad al de menos. Los niveles de CoS de 1 a 8 son usados para el tráfico de datos, el control de tráfico usa solo la CoS 2.

La clase de servicio asociada a cada paquete es obtenida desde la clasificación de paquete, este determina la CoS sobre el tráfico que llega y se ubica en la cola de salida con una CoS apropiada.

Existen 3 niveles de clasificación de paquetes para proveer servicios integrados (RSVP) o servicios diferenciados:

- Clasificación de Circuitos virtuales
- Clasificación de servicios de interface
- Clasificación de diferenciación de servicios código de punto / tipo de servicio

En la figura 3.4 se muestra ejemplos de parámetros de trafico ATM con su correspondiente CoS para circuitos virtuales.

CoS para circuitos virtuales	Categoría de servicio	Ej. de parámetro de tráfico
CoS 1 y 2	rt-VBR	PIR=149 760 kbs SIR=256 kbs MBS=33 cells
CoS 3 y 4	nrt-VBR	PIR=149 760 kbs SIR=128 kbs MBS=33 cells
CoS 5,6 y 7	UBR	PIR=149 760 kbs SIR=64 kbs MIR=32kbs MBS=33 cells
CoS 8		PIR=149 760 kbs MIR=0 kbs

Figura 3.4 Parámetros de tráfico ATM

A esta tarjeta de servicios IP que presentan los nodos puede conectarse directamente los clientes, actualmente Cubadata tiene conectado solo la red corporativa de ETECSA y el nodo de Teledatos, los cuales pueden acceder a los servicios que brinda la misma.

Como ya hemos visto la red ATM de Cubadata está preparada para ofrecer QoS, sin embargo cuando analizamos la red en su conjunto vemos que para ofrecer QoS de

extremo a extremo chocamos con los puntos frontera entre la red ATM y la red IP y es precisamente donde tenemos que garantizar que el equipamiento (enrutador frontera) sea capaz de correr el protocolo RSVP para que llegue al usuario los requerimientos de QoS a través de servicios integrados.

Los ruteadores que pueden usarse en la frontera deben estar soportados en las siguientes plataformas [9]:

- Cisco 1700 series routers
- Cisco 2600 series routers
- Cisco 3600 series routers
- Cisco 4500 series routers
- Cisco 7200 series routers
- Cisco 7500 series routers

Por defecto, RSVP viene deshabilitado esto lo hace compatible con los sistemas que no lo tienen implementado[8]. Para configurar el enrutador con el protocolo RSVP se utilizan los siguientes comandos: `rsvp bandwidth` y `ip rsvp sender`, se usan otros comandos para verificación como: `show atm map` y `show atm svc` (ver anexo II)

El equipamiento alcatel con que cuenta Cubadata (7470 y 7670) es capaz de dar garantías de QoS, fundamentalmente a través de Intserv con RSVP, Diffserv, y en parte MPLS ahora bien como los enrutadores que tienen los usuarios no los garantiza Cubadata debe establecerse un acuerdo entre ambas partes para que sean adquiridos de manera que corran RSVP, fundamentalmente los mencionamos anteriormente, teniéndose en cuenta en las posibles tarifas a implantar.

La arquitectura de Servicios Integrados resulta adecuada para desarrollar las soluciones a las futuras demandas de QoS de los clientes de CUBADATA ya que cuenta con las características necesarias para ello; es una arquitectura establecida, respaldada en la parte teórica (RFC) y en equipamiento (Múltiples fabricantes le dan soporte). Este conjunto de atributos la convierten en una opción correcta para dar solución a los futuros servicios de IP con QoS en el país.

De esta forma hemos demostrado teóricamente las posibilidades de ofrecer QoS a través de Servicios integrados en redes IP/ATM y específicamente en la red nacional de datos Cubadata, lo cual conlleva a realizar cambios significativos en la plataforma instalada.

Conclusiones

El desarrollo de las redes de telecomunicaciones es continuo, pero la inversión en nuevas tecnologías debe estar justificado por la imposibilidad de las redes instaladas en responder a la demanda de nuevos servicios. El conocimiento por parte de los operadores y usuarios de las potencialidades del equipamiento instalado y de las aplicaciones que se pueden desarrollar es esencial para que exista una demanda y utilización de las capacidades de la red actual; por tanto es imprescindible tener una base teórica sólida que permita evaluar las posibilidades reales de contar con garantías de Calidad de Servicio en nuestra red nacional de datos, a través de los servicios integrados, aspecto del cual adolecíamos al comenzar este trabajo.

Se logró realizar un estudio de las condiciones existentes en el país para implementar redes IP/ATM con garantías de servicio, caracterizamos la tecnología adquirida por ETECSA, reflejando las posibilidades de brindar QoS que en lo fundamental puede ser a través de los modelos de Servicios diferenciados, MPLS y Servicios Integrados, siendo este último el que analizamos y proponemos implementar.

Como limitante de usar servicios integrados con RSVP son los problemas con la escalabilidad ya que necesita mantener información de estado en cada enrutador de cada flujo. Esto hace complejo usar RSVP en grandes redes, por ejemplo en Internet lo cual no invalida su aplicación en redes más pequeñas Ej. Cubadata y las redes de entorno corporativo que corren aplicaciones críticas. RSVP ha sido implementado en muchas empresas en el mundo.

Las redes de los actuales clientes de CUBADATA, tanto los ISP como las empresas más representativas poseen niveles muy disímiles en cuanto a compatibilidad de su equipamiento con las futuras redes que brinden garantías de calidad de servicio, resultando necesario en una parte importante de los casos realizar inversiones significativas para lograr que el equipamiento de sus redes se encuentre en condiciones de explotar las ventajas de una red IP con QoS. Aspecto que puede ser superado a corto plazo.

CUBADATA cuenta con equipamiento capaz de brindar no solamente los servicios X.25 y Frame Relay, sino que también se encuentra en condiciones para iniciar la migración hacia una plataforma multiservicio, donde se oferten los nuevos enlaces con protocolo IP, incluidos aquellos con calidad de servicio lograda a través de servicios integrados, creando mejores condiciones en el desarrollo de la informatización de nuestra sociedad.

Recomendaciones

A partir de las transformaciones hay que realizar en la red, incluyendo el equipamiento de los usuarios (enrutadores) y que la tecnología ATM que adquirió ETECSA ofrece múltiples prestaciones, recomendamos:

- La utilización del modelo de servicios integrados para brindar calidad de servicio en Cubadata a corto plazo, lo cual permite una evolución coherente hacia la red multiservicios, se garantiza que el país mantenga una red de datos pública con altas prestaciones, garantizando el servicio continuado a los clientes de la misma.
- Desarrollar nuevos servicios partiendo de las capacidades actuales de la tecnología instalada, como el servicio ATM a nivel de usuario, el servicio de IP sobre ATM y el servicio Ethernet soportado por la red ATM instalada por CubaDATA todos con QoS.

Referencias Bibliográficas

- [1]. Azcorra, E. J. Hernández-Valencia, J. Berrocal, D. Larrabeiti, "IP/ATM Integrated Services over Broadband Access Copper Technologies", IEEE Communications Magazine, vol. 37, May 1999, pp. 90-97.
- [2]. Terzis, J. Krawczyk, J. Wroclawski, L. Zhang, "RSVP Operation over IP Tunnels", RFC 2746, January 2000.
- [3]. Alcatel, "Documentation, Alcatel 7670", Alcatel; Enero 2002 Almquist, P., "Type of Service in the Internet Protocol Suite", RFC 1349, 1992.
- [4]. ATM Forum Technical Committee. *LAN Emulation over ATM Version 2 – LUNI Specification* - December 1996.
- [5]. B. Davie, J. Lawrence, K. McCloghrie, E. Rosen, G. Swallow, Y. Rekhter, P. Doolan, "MPLS using LDP and ATM VC Switching", RFC 3035, January 2001.
- [6]. Braden R., Zhang L., Berson S., Herzog S., Jamin S., "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) – Version 1, Functional Specification". RFC 2205, 1997.
- [7]. Cisco Systems. "Q2 CY00 VPN and security MarketShare Report". Cisco; Agosto 2000.
http://www.cisco.com/warp/public/cc/so/neso/vpn/vpne/cy00v_ai.pdf
- [8]. Cisco White Paper. "Equipos Cisco para instalaciones en Clientes (CPE): Creando crecimiento y nuevos flujos de ingresos para los servicios Cisco Powered Network", Cisco; 2002
<http://www.cisco.com/global/LA/assets/pdfs/cpespanol.pdf>
- [9]. Comer, Douglas E. "Internetworking with TCP/IP - Principles, Protocols and Architecture". Prentice Hall, 1995. ISBN 0-13-018380-6.
- [10]. D. Awduche, A. Hannan, X. Xiao, "Applicability Statement for Extensions to RSVP for LSP-Tunnels", RFC 3210, December 2001.
- [11]. D. Grossman, "New Terminology and Clarifications for Diffserv", RFC 3260, April 2002.
- [12]. Draoli, M., Gambosi, G., Lancia, M. "Videoconferencing on a LAN/MAN architecture: service evaluation and system dimensioning. *International*

Conference on Communication Technology, Beijing, pp. 120-187
Octubre1996.

- [13]. Draoli, M., Lancia, M., Laureti-Palma, A. "Videoconferencing on a LAN/MAN interconnected system: QoS evaluation". *Proc. International Conference on Computer Communications'95*. p. 125-228. Mayo 1995.
- [14]. E. Crawley, L. Berger, S. Berson, F. Baker, M. Borden and J. Krawczyk. *A framework for Integrated Services and RSVP over ATM*, RFC 2382 – August 1998.
- [15]. Eric W. Gray. "Multi-Protocol Label Switching: Implementing the technology". Addison-Wesley ISBN 0-201-65762-7; Marzo 2001
- [16]. G. Armitage, "Support for Multicast over UNI 3.0/3.1 based ATM Networks.", RFC 2022, November 1996.
- [17]. J. Heinanen, "Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5", RFC 1483, July 1993.
- [18]. L. Berger, "RSVP over ATM Implementation Requirements", RFC 2380, August 1998.
- [19]. M. Borden, E. Crawley, B. Davie, S. Batsell, "Integration of Real-time Services in an IPATM Network Architecture", RFC 1821, August 1995.
- [20]. M. Laubach, "Classical IP and ARP over ATM", RFC 1577, January 1994.
- [21]. M. Perez, F. Liaw, D. Grossman, A. Mankin, E. Hoffman, A. Malis, "ATM Signaling Support for IP over ATM", RFC 1755, February 1995.
- [22]. N. Andersen, A. Azcorra, E. Bertelsen, J. Carapinha, L. Dittmann, D. Fernandez, J. Kjaergaard, I. McKay, J. Maliszewski, Z. Papir, "Applying QoS Control through Integration of IP and ATM", IEEE Communications Magazine, July 2000, ISSN 0163 6804.
- [23]. NewBridge, "Documentation, MainStreetXpress 34170", NewBridge – SIEMENS; Diciembre 2000
- [24]. R. Braden, L. Zhang, "RSVP Version 1 Message Processing Rules", RFC 2209, September 1997.
- [25]. R. Talpade, M. Ammar, "Multicast Server Architectures for MARS-based ATM multicasting", RFC 2149, May 1997.

- [26]. S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss, "An Architecture for Differentiated Service", RFC 2475, December 1998.
- [27]. S. Herzog, "RSVP Extensions for Policy Control", RFC 2750, January 2000.
- [28]. S. Yadav, R. Yavatkar, R. Pabbati, P. Ford, T. Moore, S. Herzog, "Identity Representation for RSVP", RFC 2752, January 2000.
- [29]. Shenker, S., Wroclawski, J. "General characterization parameters for integrated service network elements". RFC2210, 1997.
- [30]. Shenker, S., Wroclawski, J., "General Characterization Parameters for Integrated Service Network Elements", RFC 2215, 1997.
- [31]. Shenker S., Partridge C., Guerin R. "*Specification of Guaranteed Quality of Service*". RFC 2212, 1997.
- [32]. Tatipamula, M. Khasnabish, B. "Multimedia Communications Networks: Technologies and Services". Artech House, 1998. ISBN 0-89006-936-0.
- [33]. VIPTTEL. "Soluciones de valor agregado: VPN", Venezuela:VIPTTEL; 2002
<http://www.viptel.com/redes.html>
- [34]. Wroclawski, J., "Specification of controlled-load network element service". RFC2211, 1997.
- [35]. Xedia Corporation. "QVPN: Quality of Service in Virtual Private IP Network", Internetwk; 2002
<http://www.internetwk.com/VPN/Xediapaper.htm>
- [36]. Xiao, X. "Providing quality of service in the internet", Philosophy Doctor Degree Thesis, 2000.
- [37]. Xiao, X., Ni L. "Internet QoS: A Big Picture", IEEE Network Magazine, Marzo/Abril, pp. 8-18, 1999.
- [38]. Z. Braden, D. Clark and S. Shenker. Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview, RFC 1633 - June 1994.

Glosario de Términos

ABR	Available Bit Rate
AF	Assured Forwarding
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ATMARP	Asynchronous Transfer Mode Address Resolution Protocol
BE	Best Effort
CBR	Constant Bit Rate
CDV	Cell Delay Variation
CDVT	Cell Delay Variation Tolerance
CIR	Committed Information Rate
CLIP	Classical IP over ATM
CLR	Cell Losses Rate
CTD	Cell Transfer Delay
Diffserv	Different Service
DSL	Digital Subscriber line
FIFO	First In – First out
FF	Fixed Filter
FR	Frame Relay
FRF	Frame Relay Forum
Intserv	Integrated Service

IP	Internet Protocol
ISP	Internet Service Provider
ISBN	Integrated Service Digital Network
IETF	Internet Engineering Task Force
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISO	International Organization for Standardization
IPSEC	Internet Protocol Security
ISA	Integrated Service Architecture
Kbps	Kilo Bit Por Segundo
LSR	Label Switch Router
LANE	Local Area Network Emulation
MPLS	Multi-Protocol Label Switching
MARS	Multicast Address Resolution Server
Mbps	Mega Bit Por segundo
MPOA	Multi-Protocol Over ATM
OPWA	One Pass Wit Advertiding
PCR	Peak Cell Rate
PVC	Permanent Virtual Circuit
PIR	Peak Information Rate
QoS	Quality of Service
RFC	Request for Comments

RSVP	Resource reservation Protocol
RT-vbr	Real Time Variable Bit Rate
SCR	Sustainable Cell Rate
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SIR	Sustained Information Rate
SVC	Switching Virtual Circuit
SCL	Service Controlled Load
SG	Service Guaranteed
ToS	Type of Service
UNI	User Network Interface
UDP	User Datagram Protocol
VoD	Video bajo Demanda
VCC	Virtual Channel
VBR	Variable Bit Rate
VC	Virtual Channel
WWW	World Wide Web
WF	Wildcard Filter
WAN	Wide Area network

Anexo I. Alcatel 7470 Plataforma multiservicio



Figura A1.1 - Alcatel 7470 MSP.

Características principales del equipamiento Alcatel 7470 [36][40]:

- Escalabilidad y flexibilidad
- Nuevas capacidades de servicio
- Gestión de tráfico avanzada
- Fiabilidad de calidad de operador
- Conformidad e interoperabilidad estandarizados
- Superiores facilidades de mantenimiento.
- Gestión de red y servicios (gestor de red Alcatel 5620)

Beneficios principales [40]:

Escalabilidad y flexibilidad: Reduce los gastos de capital (CAPEX) y minimiza los costes iniciales del sistema, gracias a su capacidad de rápida ampliación para responder a las cambiantes demandas del mercado; su plataforma puede ir desde un único bastidor a un sistema multiservicio y multibastidor; las ranuras universales para placas permiten a los proveedores de servicios instalar una mezcla de interfaces o tarjetas de servicio basadas en las necesidades del negocio.

Nuevas capacidades de servicio: Alcatel promociona este equipamiento como una solución a prueba de futuro que proporciona una evolución sencilla hacia los nuevos servicios de banda ancha; ofrece servicios IP que aprovechan las probadas capacidades de gestión de tráfico del Alcatel 7270 MSC.

Gestión de tráfico: Proporciona diferenciación de servicios gracias a las capacidades mejoradas de QoS; ayuda a mantener los objetivos de rendimiento de red; reduce los gastos de operación (OPEX), mediante el uso eficiente de los recursos de red; y asegura que los acuerdos de nivel de servicio (SLAs) se cumplan.

Fiabilidad: Reduce la posibilidad de interrupción del servicio en la red; mejora la satisfacción y la fidelidad de los clientes; optimiza la transmisión fiable de tráfico de misión crítica, tales como transacciones financieras y de voz, sobre una red de paquetes.

Conformidad e interoperabilidad estandarizadas: Presenta soluciones abiertas hechas para ser integradas fácilmente con las redes existentes y los sistemas de operaciones; da libertad para elegir la mejor gama de productos en cada capa funcional de la red; permite la interoperabilidad entre diferentes operadores.

Gestión de red y servicios: El flujo de aprovisionamiento de servicios reduce el tiempo requerido para la provisión de nuevos servicios o la ampliación de los existentes, lo que mejora la generación de ingresos y reduce los tiempos de reparación; ofrece a los proveedores de servicios y a sus clientes finales un mejor control y visibilidad de sus recursos de red.

Funciones de mantenimiento: aumenta la fidelidad de los clientes, gracias a una detección y resolución más rápidas de los problemas; mejora la fiabilidad de la red, mediante la reducción del trabajo de operador requerido.

Alcatel 7670 Plataforma de enrutamiento y Conmutación



Figura A2.1 - Alcatel 7670 RSP

Características principales del equipamiento Alcatel 7670 [37][40]:

Prestaciones y escalabilidad de calidad de operador: escalabilidad en servicio de 2,4 Gb/s y cerca de 450 Gb/s en el núcleo; prestaciones de envíos de datos a 610 Mbps.

Conectividad sin interrupciones: Protocolos de enrutamiento IP de la máxima redundancia para actualizaciones del software sin cambios bruscos y verdadera fiabilidad de calidad de operador.

Conjunto superior de facilidades IP: Conjunto de procesadores redundantes especializados para una serie completa de funciones del plano de control, incluyendo protocolo de pasarela de frontera 4 (BGP-4), sistema intermedio a sistema intermedio (IS-IS) y protocolos de enrutamiento de primer trayecto más corto abierto v2 (OSPFv2), protocolo de distribución de etiquetas por retransmisión de celdas (CR-LDP), señalización de protocolo de reserva de recursos - ingeniería de tráfico (RSVP-TE), ampliaciones TE para IS-IS y OSPF, ocho clases de servicio (CoS) de nivel de sistema IP definidas por el usuario con correspondiente calidad de servicio (QoS) para suministro de servicios IP garantizado y soporte de servicio diferenciado (DiffServ).

Soporte para interfaces de datos multiservicio de baja velocidad: líneas privadas, frame relay, cell relay, Ethernet, protocolo punto a punto (PPP), voz, IP y g.SHDSL

Acuerdos de nivel de servicio (SLAs) basados en QoS asegurados: ocho categorías de servicios, con múltiples clases QoS por categoría de servicio, proporcionando QoS garantizado absoluto para todas las conexiones y permitiendo la diferenciación de servicios basada en categoría de servicios y clase QoS.

Beneficios principales [40]:

Escalabilidad y flexibilidad: Reduce, maximiza y aplaza los costes de capital (CAPEX). Minimiza los costes iniciales del sistema con la capacidad para ampliarse rápidamente a las cambiantes demandas del mercado. La plataforma escala de un único bastidor a un sistema multiservicio y multibastidor, sin interrupción del servicio.

Nuevas capacidades de servicio: Proporciona una simple evolución a nuevos servicios de banda ancha. Ofrece servicios IP/MPLS avanzados que se aprovechan de las probadas facilidades de gestión de tráfico del Alcatel 7670 RSP. Permite la diferenciación de servicios mediante facilidades QoS mejoradas.

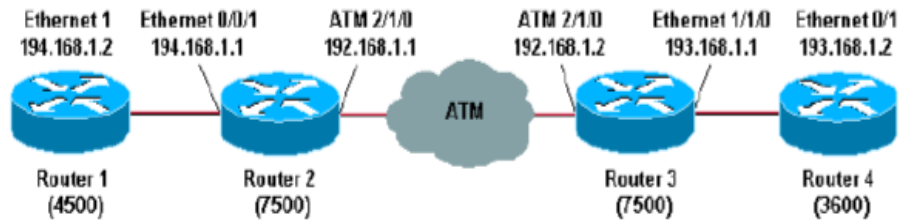
Gestión de tráfico al estado del arte: Reduce los gastos de operación (OPEX) promocionando la utilización eficaz de los recursos de red. Asegura el cumplimiento de los SLAs, lo que da como resultado una mayor satisfacción del cliente y reducir los gastos por violaciones.

Servicios, disponibilidad y fiabilidad de calidad de operador: Permiten un entorno de red sin paradas para el tráfico crítico, como las transacciones financieras y de voz sobre una red de paquetes.

Conformidad e interoperabilidad normalizados: Asegura la transparencia de servicios en una red multi-suministrador. Permite la fácil integración con los sistemas operacionales y redes existentes, debido a soluciones abiertas, al dar libertad para seleccionar los mejores productos en cada capa funcional de la red.

Gestión de redes y servicios: Proporciona a los proveedores de servicios y a sus clientes finales con mejor control y visibilidad de sus recursos de red. Reduce el tiempo requerido para aprovisionar nuevos servicios o ampliar los existentes, mejorando con ello el tiempo para obtener ingresos y reduciendo el tiempo de reparación.

Ejemplo de Configuración de Router para RSVP / ATM



```

!
interface Loopback1
ip address 194.168.2.10 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
ip rsvp bandwidth 1705033 1705033
!
interface Ethernet1
ip address 194.168.1.2 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
media-type 10BaseT
ip rsvp bandwidth 7500 7500
!
router eigrp 1
network 194.168.1.0
network 194.168.2.0
!
ip rsvp sender 193.168.2.10 194.168.2.1 UDP 20 30 194.168.2.1
Loopback1 50 10
ip rsvp sender 193.168.2.10 194.168.2.10 UDP 20 30
194.168.2.10 Loopback1 50 10
!
!

ip flow-cache feature-accelerate
!
ip cef
!
interface Ethernet0/0/1
ip address 194.168.1.1 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
no ip route-cache distributed
ip rsvp bandwidth 7500 7500
!
interface ATM2/1/0
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
ip route-cache flow
no ip route-cache distributed
!
  
```

```

ip flow-cache feature-accelerate
!
ip cef
!
interface Ethernet1/1/0
ip address 193.168.1.1 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
no ip route-cache distributed
ip rsvp bandwidth 7500 7500
!
interface ATM2/1/0
ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
ip route-cache flow
no ip route-cache distributed
no atm ilmi-keepalive
pvc qsaal 0/5 qsaal
!
pvc ilmi 0/16 ilmi
!
pvc rsvp-ctl 0/51
inarp 5
broadcast
!
ip rsvp bandwidth 112320 112320
ip rsvp svc-required
!
router eigrp 1
network 192.168.1.0
network 193.168.1.0
!

!
interface Loopback1
ip address 193.168.2.10 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
ip rsvp bandwidth 1705033 1705033
!
interface Ethernet0/1
ip address 193.168.1.2 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
ip rsvp bandwidth 7500 7500
!
router eigrp 1
network 193.168.1.0
network 193.168.2.0
!
ip rsvp reservation 193.168.2.10 194.168.2.1 UDP 20 30
193.168.2.1 Lo1 FF RATE 5 5
ip rsvp reservation 193.168.2.10 194.168.2.10 UDP 20 30
193.168.2.10 Lo1 FF RATE 5 5

```