Nuevos servicios para la red académica de banda ancha: Experiencias

Jordi Domingo Pascual, Josep Solé Pareta, Xavier Martínez Álvarez y Carles Veciana Nogués
Centro de Comunicaciones Avanzadas de Banda Ancha (CCABA)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Jordi Girona 1-3. 08034 Barcelona

Juan Quemada Vives, Tomás Robles Valladares, Joaquín Salváchua y Héctor L. Velayos Muñoz
Departamento de Ingeniería Telemática. ETSI Telecomunicación
Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Ciudad Universitaria. 28040 Madrid

Arturo Azcorra Saloña y David Larrabeiti
Universidad Carlos III de Madrid (UC3M). Butarque 15. 28911 Leganés (Madrid)

José Luis Díez Barba, Lola Echevarría Lence y Rafael López da Silva
Telefónica Investigación y Desarrollo (TID). Emilio Vargas, 6.28043 Madrid

RESUMEN

El proyecto SABA (Nuevos Servicios para la red académica de Banda Ancha) ha sido desarrollado conjuntamente por las entidades participantes (UPM, UPC, y TID) con la colaboración de RedIRIS y Telefónica. Se ha puesto en marcha una plataforma de red en la que se han realizado una serie de experiencias con distintas configuraciones utilizando los nuevos protocolos de Internet.

En este artículo se describe la plataforma de red y la configuración de los equipos, y se presentan los resultados más destacados de las experiencias realizadas, así como los resultados de la evaluación de los nuevos protocolos. En concreto, se presentan cuatro experiencias: 1) Configuración y evaluación del protocolo IP v6 sobre el enlace ATM entre Madrid y Barcelona; 2) Pruebas y evaluación del protocolo de reserva de recursos (RSVP) y el diseño de un agente de reservas y su utilización con la aplicación ISABEL; 3) Evaluación de la utilización de LANE y MPOA en un entorno local; y 4) Experiencias de procesado distribuido sobre una red local ATM.

La experiencia adquirida durante el proyecto y los resultados obtenidos permiten determinar unos criterios prácticos para la configuración y puesta en marcha de una red de banda ancha de altas prestaciones.

`Palabras clave`: comunicaciones de banda ancha, protocolo IP v6, protocolo de reserva de recursos (RSVP), interfaz de aplicación RSVP (RAPI, SCRAPI), redes ATM (clases de servicio ATM, LANE, MPOA), provisión de calidad de servicio (QoS), redes virtuales privadas (VPN), aplicaciones de videoconferencia (Mbone, MINT), aplicación ISABEL.

1. INTRODUCCIÓN

La plataforma SABA es una red de banda ancha que conecta las redes de las instituciones participantes. Se diseñó y construyó para adquirir experiencia en la implantación de redes de banda ancha de área extensa y para permitir la experimentación de nuevos servicios avanzados.

El proyecto se estructura en cinco actividades que se desarrollan simultáneamente. La primera, Arquitectura de red, es de carácter teórico y su objetivo es estudiar el estado del arte de las técnicas para la provisión de calidad de servicio y la evolución de las tecnologías asociadas. La recopilación de información y las recomendaciones de uso se pueden encontrar en [1].

La segunda actividad se centra en la adaptación de aplicaciones y está dedicada al estudio de las aplicaciones disponibles para realizar las experiencias y, en particular, al desarrollo y adaptación de la aplicación ISABEL [2].

La tercera actividad corresponde a la creación de la plataforma de red, configuración y puesta en marcha de la plataforma de red en cada una de las entidades y la interconexión de las mismas. El núcleo de la red está formado por la interconexión de las redes de banda ancha de tres instituciones: el Centro de Comunicaciones Avanzada de Banda Ancha de la Universidad Politécnica de Cataluña (CCABA–UPC), el Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad Politécnica de Madrid (DIT-UPM) y los laboratorios de Telefónica Investigación y Desarrollo, S.A. en Madrid (TIDSA). En una segunda fase, la plataforma de red se amplía para dar soporte al proyecto SABA-ext a través de la red SABA-IRIS (gestionada por RedIRIS y soportada por Telefónica) y las redes de acceso propias de cada Comunidad Autónoma. Los detalles de la red se encuentran en [3].

La cuarta actividad, experiencias y evaluación, engloba todas las experiencias realizadas en el proyecto, incluyendo el soporte a los eventos realizados con la aplicación ISABEL (seminarios y congresos distribuidos, cursos de doctorado y reuniones del proyecto). Las experiencias realizadas incluyen la evaluación de distintas aplicaciones y de las adaptaciones realizadas, así como las experiencias con los nuevos protocolos y evaluación de las distintas configuraciones de red. Este artículo se restringe a la descripción de las experiencias realizadas en la plataforma de la red destacando los aspectos tecnológicos, la metodología de evaluación y los resultados obtenidos. La información detallada y completa de todas las experimentos realizados se puede encontrar en [4].

Finalmente, la quinta actividad se centra en la documentación del proyecto y en la transferencia de resultados.

2. PROTOCOLO IP V6 SOBRE ATM

La principal implementación probada fue la de Sun para su sistema operativo Solaris 2.5.1 (disponible en el servidor http://playground.sun.com/pub/solaris2-ipv6/html/solaris2-ipv6.html).

En cada red local se desplegó IPv6 nativo y para la interconexión de estas LANs de IPv6 se utilizaron túneles de IPv6 sobre IPv4. Las tecnologías de red soportadas por esta implementación son Ethernet y LANEmulation. Las conexiones WAN utilizadas fueron circuitos virtuales ATM que a través de Gigacom interconectaban las tres sedes (ver Figura 1). Los túneles fueron necesarios debido a la falta de soporte de IPv6 por los routers y la falta de soporte de IPv6 sobre ATM en plataforma Sun que fue utilizada como router.

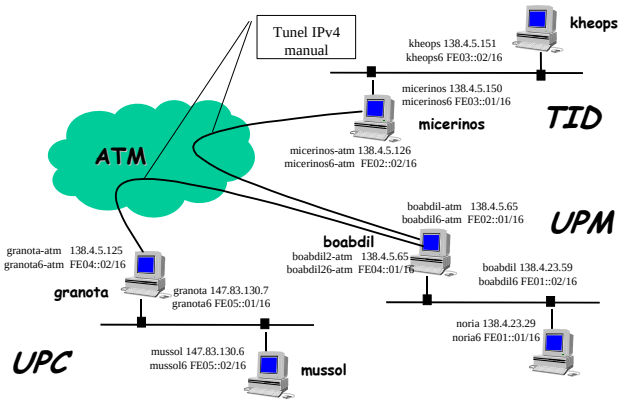

Figura 1: **Escenario de pruebas IPv6**

Las aplicaciones probadas fueron las que vienen incluidas en la distribución de Sun, esto es aplicaciones básicas como son ping, telnet, etc. y un cliente/servidor de Web (Mosaic). Existieron problemas con la resolución nombre-dirección IPv6 en el cliente Mosaic.

Uno de los principales problemas encontrados fue la falta de compatibilidad entre las implementaciones de IPv6 de Sun con la implementación de RSVP (RSVP 0.4.11) del mismo fabricante.

2.1 Aplicaciones MBone sobre IPv6

Las aplicaciones evaluadas fueron sdr, vat y mMosaic con IPv6 sobre sistema operativo Solaris de Sun. El objetivo principal era la evaluación de aplicaciones multimedia con soporte de tecnología multicast.

Las pruebas fueron satisfactorias por lo que respecta al VAT (http://irl.cs.ucla.edu/software.f.html). Sin embargo, no se pudieron obtener resultados concluyentes del resto de aplicaciones debido a su inestabilidad y poca madurez.

2.2 Experimentos de IPv6 sobre ATM con SVC

El experimento consistió en establecer conectividad IPv6 entre las estaciones conectadas a la subred y analizar la interacción. Este experimento no es de ningún modo trivial dado el estado de las implementaciones, razón por la que ha sido preciso un cierto desarrollo software, y la complejidad que, como se describirá a continuación, implica la mera conectividad IPv6 sobre ATM via SVCs.

Dos principios fundamentales de diseño de IPv6 dificultan la implementación de IPv6/ATM empleando SVCs: 1) El soporte obligatorio de multicast por IPv6 y su utilización generalizada para su señalización ICMP (solicitud de vecinos incluida). 2) La suposición por parte de IPv6 de que todo enlace lógico tiene soporte de multicast. Esto precisa la inclusión obligatoria de un elemento adicional en ATM: el MARS (Multicast Address Resolution Server rfc2022) para asociar direcciones IPv6 multicast a direcciones ATM de los nodos suscritos a dichos grupos. Este protocolo es raramente implementado por los principales fabricantes de routers y estaciones. Por ejemplo, Cisco, Sun, Fore no lo implementan.

Los resultados de conectividad fueron positivos tanto entre el router y la estación NT como entre estaciones NT. En el caso del router, la interfaz IPv6 activaba un cliente de MARS que interaccionaba con el servidor residente en el mismo router a través del conmutador, lo que permitía analizar su interacción con el servidor.

Las dificultades encontradas han sido fundamentalmente la escasez de manejadores IPv6 para ATM y de implementaciones de MARS. Respecto a MARS sólo se han encontrado implementaciones procedentes del NIST limitado a: la plataforma Linux, a circuitos punto a punto (el API ATM de Linux sólo da servicio SVCs punto a punto) y sólo para IPv4. Por tanto ha sido necesario portar el código a IPv6 y al servicio multipunto que si ofrecen los manejadores ATM de FORE para NT. El servidor y cliente de MARS de Telebit funcionaron perfectamente y el soporte IPv6 sobre ATM SVC fue completo, recomendándose este fabricante para este tipo de configuraciones. El driver NT para IPv6 sobre ATM se implementó empleando un proxy driver.

3. PROTOCOLO DE RESERVA DE RECURSOS

En este apartado se describe el trabajo realizado con el protocolo de reserva de recursos (RSVP) cuyo objetivo es garantizar una cierta calidad de servicio para los flujos seleccionados. Se omite deliberadamente la descripción del protocolo y de las interfaces de programación RAPI y SCRAPI, así como los parámetros de caracterización del tráfico asociado a un flujo. La documentación completa puede encontrarse en [4].

En esta actividad del proyecto se estudiaron y evaluaron las siguientes aplicaciones con RSVP disponibles: VIC-RSVP, VAT-RSVP, MINT, y RTAP. Para algunas versiones de estas aplicaciones se puede obtener el código fuente. De todas formas, son implementaciones muy rudimentarias y difíciles de modificar.

La mayoría de aplicaciones multimedia que podemos encontrar hoy en día en Internet no pueden beneficiarse del protocolo RSVP. Debido a esto surge la idea del Agente de Reservas RSVP. Se trata de una aplicación que puede ser ejecutada en paralelo con cualquier aplicación multimedia, proporcionándole QoS gracias al protocolo RSVP.

3.1 Diseño e implementación del Agente de Reservas

Para añadir RSVP a una aplicación nos encontramos con algunos problemas: En primer lugar, es necesario familiarizarse con el código de la aplicación multimedia para usar los parámetros y variables necesarios. Esto supone un esfuerzo importante. En segundo lugar, muchas veces no se dispone del código fuente de una aplicación, sólo de los binarios. En estos casos es imposible integrar RSVP a la aplicación.

El diseño y la implementación del agente de reservas se aborda en tres fases consecutivas: agente manual (RAPI y SCRAPI), API genérica de calidad de servicio, y agente de reservas automático.

Para evitar los problemas anteriormente comentados se desarrolla un Agente Reservas como una aplicación independiente. El Agente dispone de una interfaz gráfica de usuario para entrar manualmente los parámetros RSVP, y así poder efectuar la petición de reserva de recursos necesaria. También de manera manual el usuario entra la dirección de sesión correspondiente y se ejecuta en paralelo a la aplicación multimedia donde se utilizará RSVP. Los detalles de la implementación están recogidos en [4]. Esta aproximación permite estudiar el comportamiento de las aplicaciones con distintos perfiles de reserva e identificar las configuraciones óptimas.

Siguiendo la propuesta de la QoS API del *Quality of Service Internet2 Working Group* se implementa una API genérica de QoS. El diseño está orientado al soporte transparente de distintas tecnologías con QoS, como pueden ser RSVP, CoS de LAN Emulation, IEEE 802.1Q/p, etc., tal como muestra la figura 3.1. Se implementan las tres primitivas básicas:

a) *QoS_Bind(Destination, Profile, Role, Handler, Source, QoS_Authenticator) returns QoS_SID*
b) *QoS_Rebind (QoS_SID, Profile, Role, QoS_Authenticator)*
c) *QoS_Unbind (QoS_SID, QoS_Authenticator)*

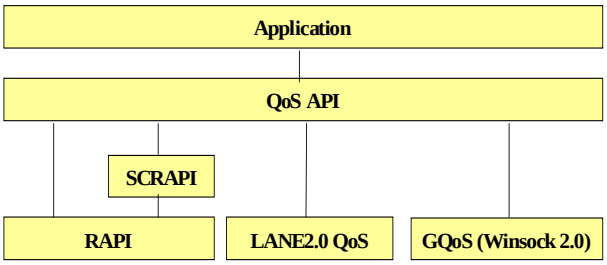

Figura 3.1: **Esquema de la QoS API genérica**

La tercera fase del diseño corresponde al desarrollo de un agente que sea capaz de ajustar la reserva a los parámetros de tráfico reales de forma dinámica. La funcionalidad más destacable de este nuevo Agente de Reservas es que detecta cambios en los flujos a los cuales va a proporcionar QoS y, automáticamente, envía nuevos mensajes de PATH en el caso del emisor, o realiza nuevas reservas en el caso del receptor.

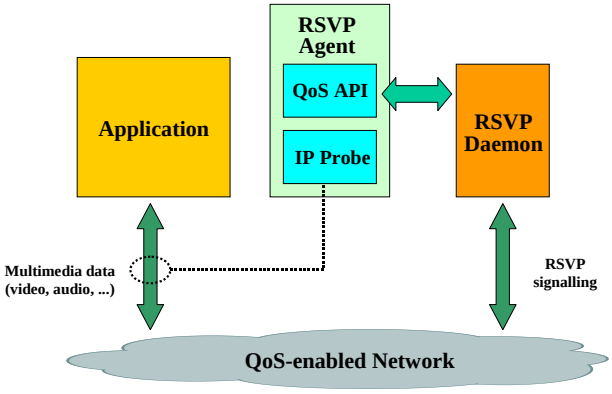

Figura 3.2: **Agente de reservas automático**

La Figura 3.2 presenta el esquema del agente automático. Periódicamente, sondea la red capturando los paquetes que pertenecen a los flujos que envía la aplicación (IP Probe). Si la variación es superior al 10% respecto al flujo anterior se realiza una nueva reserva a través de la QoS API.

3.2 Plataforma de red RSVP

La Figura 3.3 muestra la configuración de la red correspondiente al escenario de pruebas. El objetivo era evaluar y familiarizarse con las implementaciones de ese momento. Las limitaciones principales que se encontraron fueron la escasez y poca madurez del software con soporte de RSVP. Uno de los aspectos que más limitaron el despliegue de una red de pruebas más consistente fue la falta de soporte de RSVP en ese momento por parte de los routers involucrados en las pruebas.

Las pruebas que se realizaron fueron muy básicas debido al bajo soporte de RSVP en entornos WAN basados en ATM

por parte de la plataforma Cisco. Las interfaces ATM únicamente soportaban la señalización RSVP, pero ningún mecanismo efectivo de colas, aparte de una falta de otras prestaciones como son QoS por VC, traffic shaping, etc.

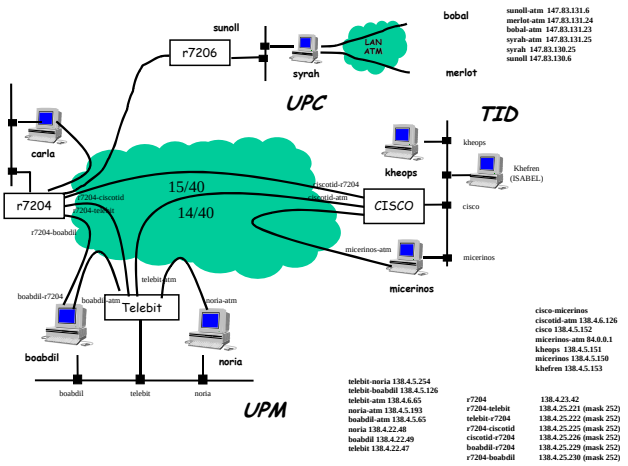

Figura 3.3: **Escenario de las pruebas de integración**

Por ello, no se pudieron realizar pruebas de prestaciones. Únicamente se realizaron pruebas de señalización mediante configuración estática entre C.CABA-UPC y DIT-UPM. Estas pruebas demostraron que los mensajes RSVP (*PATH* y *RESV*) eran interpretados y enviados correctamente por parte de los routers.

3.3 Evaluación del agente RSVP con aplicaciones reales

La configuración de red empleada se presenta en la figura 3.4. El router Cisco 7206 conecta dos segmentos Ethernet y una red local ATM. La red local ATM está formada por dos conmutadores ATM y varias estaciones de trabajo conectadas directamente con interfaces STM-1.

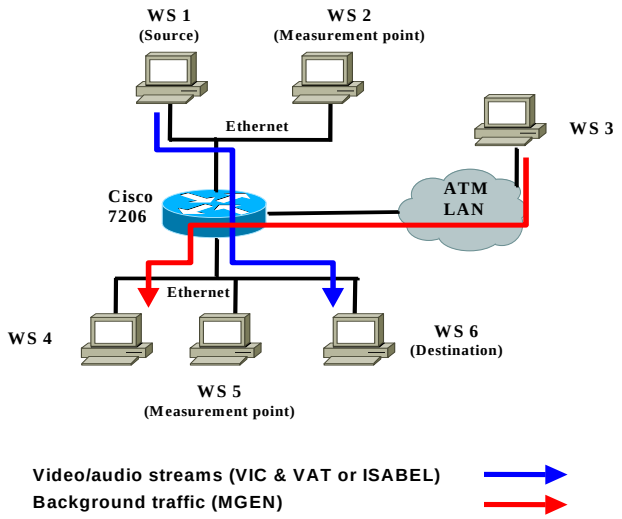

Figura 3.4: **Entorno de pruebas del agente de reservas**

Algunas de las estaciones de trabajo se emplean para producir y recibir tráfico multimedia (WS1 y WS6), el tráfico de fondo o tráfico interferente es generado por WS3, mientras que las estaciones de trabajo WS2 y WS5 se encargan de monitorizar el tráfico en cada uno de los segmentos Ethernet. Los equipos utilizados son estaciones de trabajo Sun con Solaris 2.5.1 y PCs con Linux RedHat 6.0.

Las aplicaciones utilizadas fueron las versiones de VIC y VAT para Sun y la versión de Isabel para Linux. El tráfico interferente se genera con la aplicación MGEN. Los detalles de configuración de los equipos se pueden encontrar en [4] y [5].

A continuación se presentan los resultados más destacados, donde se verifica el comportamiento del protocolo RSVP y el funcionamiento correcto del agente de reservas desarrollado.

3.3.1 Agente de reservas estático con VIC y VAT

En este primer ejemplo, el agente de reservas se utiliza manualmente con reservas estáticas para poder ver mejor el comportamiento global con las aplicaciones de videoconferencia de Mbone.

En la figura 3.5 se representa el flujo instantáneo (en Mbits/s) de cada aplicación y la influencia del tráfico interferente y la acción de las reservas. Con el objeto de hacer más sencilla la interpretación de los resultados se distinguen varios puntos de referencia:

a) No hay tráfico interferente y el router utiliza colas FIFO.
b) Tráfico interferente formado por tres flujos distintos.
c) Sin tráfico interferente.
d) VAT transmite audio PCM a 64 Kbits/s.
e) VIC transmite vídeo NV a 3’1 Mbits/s de media.
f) Tráfico interferente con VIC y VAT (colas FIFO).
g) Se activa el Fair Queueing (FQ) del router.
h) Se activa RSVP en el router.

Como se observa en la figura 3.5, las interferencias sin RSVP provocan importantes pérdidas en el flujo de vídeo (en el instante f se pierden el 32% de los paquetes). Cuando se aplica el mecanismo FQ las pérdidas son mayores (punto g, con el 57% de paquetes perdidos) ya que el mecanismo FQ da preferencia a los flujos con paquetes pequeños y con poco ancho de banda. Finalmente, al aplicar RSVP (instante h) se recupera completamente el flujo de vídeo (0% de pérdidas) en detrimento de los flujos no protegidos (tráfico interferente).

En conclusión, RSVP funciona correctamente y proporciona la calidad de servicio requerida para los flujos de audio y vídeo.

3.3.2 Agente de reservas automático con ISABEL

La misma metodología de pruebas se aplicó a ISABEL (versión 3R4 para Linux) obteniendo los resultados esperados.

Para comprobar el funcionamiento automático del agente de reservas se utilizan tres modos de operación de la aplicación ISABEL: dos ventanas (para entrevistas entre

dos interlocutores), una ventana grande de vídeo (presentador, moderador), y el modo conferencia con una ventana pequeña de vídeo con el ponente y las trasparencias de fondo. La misión del agente de reservas es modificar la reserva cada vez que se cambia de modo de operación para adaptarlas al tráfico real generado por la aplicación en cada caso.

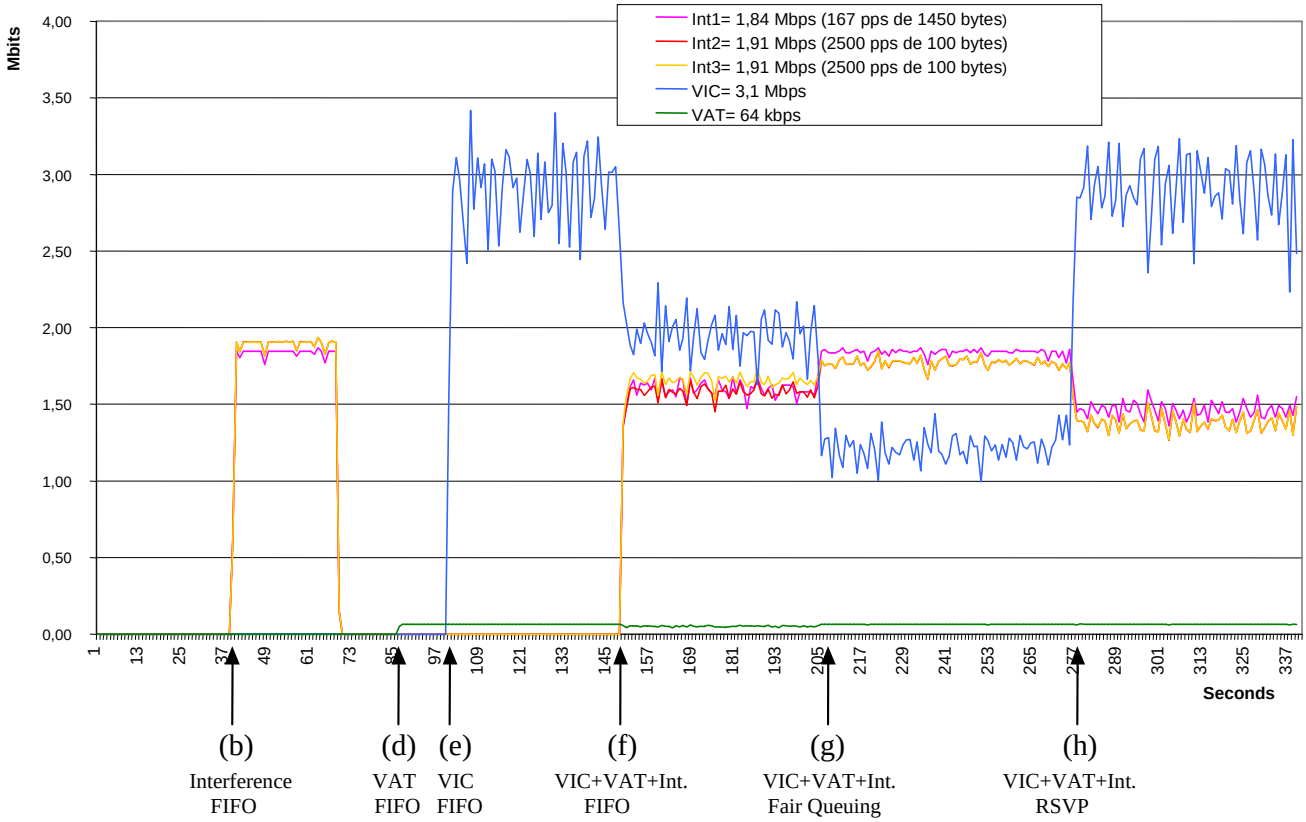

Figura 3.5: **Evaluación de RSVP con VIC y VAT**

El tráfico interferente se genera con MGEN y es un flujo UDP de 7500 paquetes/s de 100 octetos (5'72 Mbits/s en media). La versión para RedHat del agente trabajaba con la API genérica de QoS, implementándose en ésta únicamente el soporte de RAPI. No se ha podido implementar el soporte de SCRAPI debido a problemas con la versión de software de RSVP para Linux. El software de RSVP utilizado es la versión rel4.2a3 para Linux.

La figura 3.6 muestra el comportamiento de los tres modos de operación con tráfico interferente cuando no se aplica reserva de recursos. Se observa como las interferencias afectan seriamente el flujo de la aplicación.

En la figura 3.7 se presenta la misma secuencia de modos de operación con el agente de reservas activo. Se ve claramente el efecto de las reservas de manera que el flujo de ISABEL prevalece sobre el flujo interferente. Se puede observar perfectamente que, gracias al agente de reservas, se establece una reserva RSVP y el flujo de vídeo no sufre pérdidas en ninguno de los modos de operación de Isabel. También es importante destacar que el agente se adapta a los cambios en la transmisión del vídeo, modificando la petición de reserva de recursos cuando es necesario.

4. LAN EMULATION Y MPOA EN UN ENTORNO LOCAL

El objetivo de este conjunto de experiencias es evaluar de forma cuantitativa, a través de medidas con tráfico real, el comportamiento de LANE y MPOA en el caso concreto de la interconexión de dos redes locales.

4.1 Configuración del escenario de pruebas

La red basada en *LAN Emulation/Multiprotocol over ATM* que se ha desplegado, sobre la que se han realizado pruebas de funcionamiento y evaluación de comportamiento, está basada en elementos de red de dos fabricantes: FORE Systems y CISCO. Estos elementos de red poseen las siguientes características hardware/software:

a) Tarjetas ATM Fore-SBA200E (bus SUN) y Fore PCA-200EUX (bus PCI) para estaciones de trabajo Sun. STM-1. Software ForeThought 5.0 bajo Solaris 2.5.1.

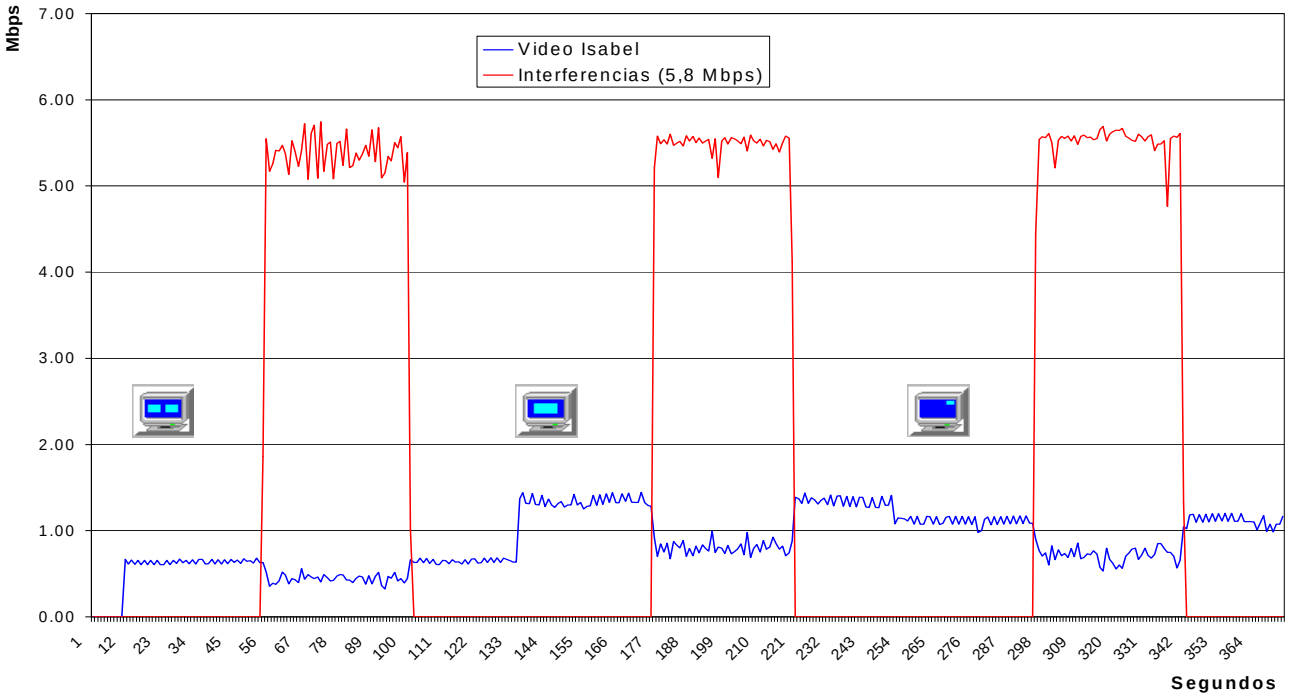

Figura 3.6: **Modos de operación de ISABEL con tráfico interferente**

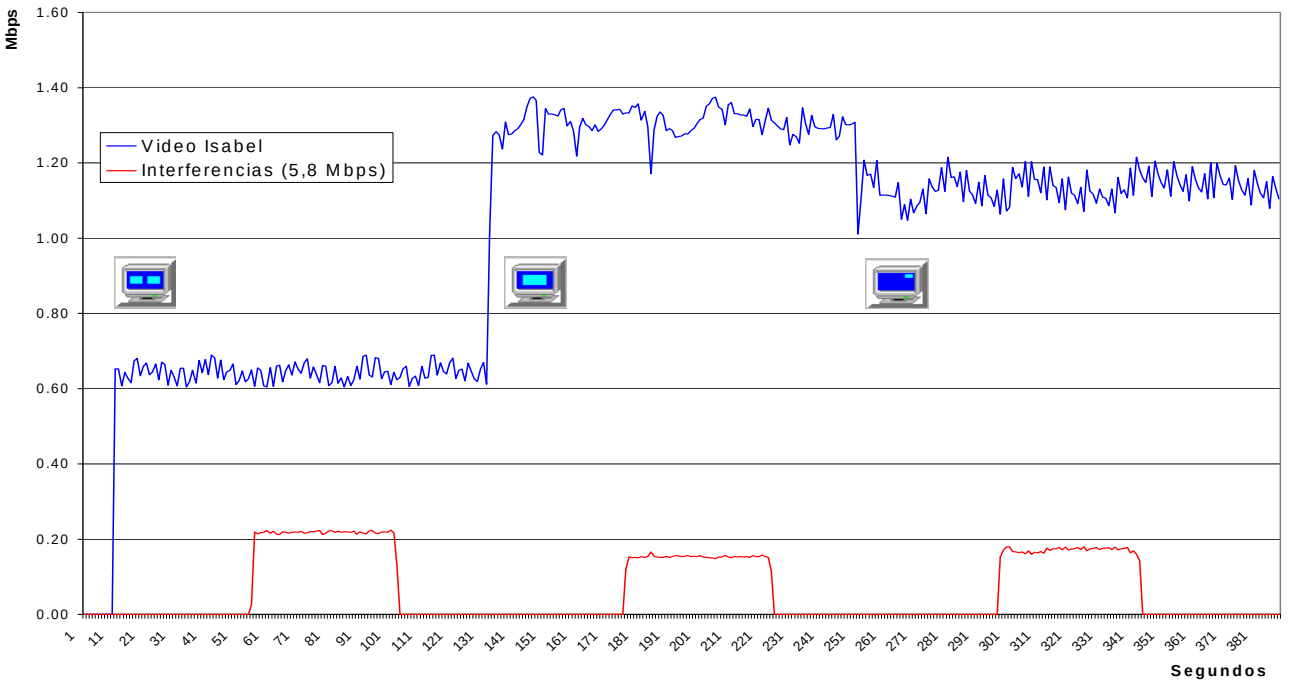

Figura 3.7: **Aplicación del agente de reservas a ISABEL con distintos modos de operación**

b) Tarjeta ATM Fore PCA-200EPC para PC Pentium-II. Puerto óptico multimodo STM-1. Software ForeThought 5.0 bajo Windows 95. Software para Linux obtenido de http://lrcwww.epfl.ch/linux-atm/. Sistema operativo Linux RedHat.

c) Conmutadores ATM Fore ASX-200BX y LE-155. Puertos ópticos multimodo y monomodo STM-1. Software ForeThought 5.1.

d) Router Cisco 7206. Puerto ATM (PA-A2). Adaptador de 4 puertos Ethernet (PA-4E). Software utilizado IOS 12.2.

Los equipos utilizados y la red desplegada para las distintas pruebas se muestran en la Figura 4.1. De cara a no interferir en la red estable SABA, se ha utilizado un direccionamiento privado, creándose una red paralela a la red SABA. Los detalles de la configuración de cada uno de los equipos se describe en [4].

En la metodología de pruebas que se ha seguido en los distintos experimentos se ha hecho especial hincapié en el seguimiento de estándares de medidas y métricas de red como son las recomendaciones de los siguientes grupos de trabajo del IETF: IP Performance Metrics (IPPM) y Benchmarking Methodology (BMWG).

Las medidas se realizan con tráfico TCP y UDP utilizando conexiones sencillas y múltiples sobre una plataforma de red con distintas ELANs, tanto con MPOA activado como desactivado. Para comprobar las prestaciones de la red en situaciones de carga elevada se introduce tráfico de fondo (interferente). Se han utilizado herramientas de generación tráfico unicast y multicast (Mgen), de análisis de máximas prestaciones (NetPerf), de medida (ping, echoping, tcpdump modificado) y aplicaciones multimedia (Mbone tools e Isabel).

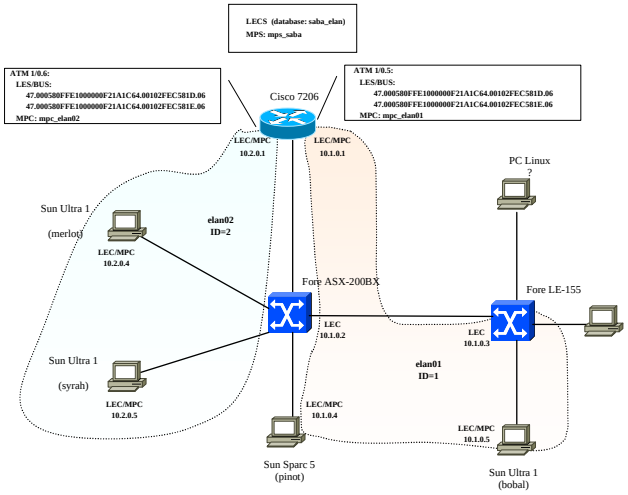

Figura 4.1: **Configuración del escenario de pruebas**

A continuación se presentan algunos de los resultados obtenidos. La descripción completa de las pruebas realizadas y el análisis de los resultados se puede encontrar en [4]. Los resultados más significativos están recogidos en [8].

4.2 Resultados comparativos del retardo

La Figura 4.2 representa el tiempo de ida y vuelta (RTT) medido en milisegundos para diferentes niveles de tráfico de fondo tanto con MPOA activado o desactivado. Los resultados fueron obtenidos mediante la herramienta ping con un tamaño de paquete muy elevado (60 Kbytes) de cara a resaltar el comportamiento de la red en un caso extremo. Es importante hacer notar el menor RTT obtenido en los casos en que MPOA está activo. Otro aspecto también muy importante y representado en la figura es la carga de CPU del router que en el caso de interferencia constante de 100 Mbps llega al 50% provocando unas pérdidas muy importantes en el tráfico de ping.

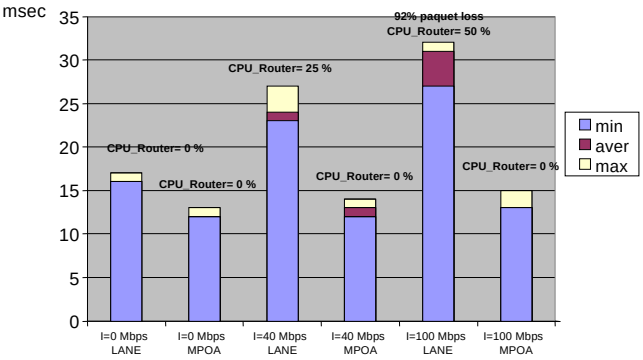

Figura 4.2: **RRT (ms) con tráfico interferente (I) con y sin MPOA para un mensaje ping de 60000 octetos**

En la Figura 4.3 se presenta un estudio comparativo entre la utilización de ping (ICMP) y echoping (UDP) con el mismo tamaño de paquete (100 bytes) e idénticas condiciones de contorno (tráfico de fondo). Los resultados continúan reflejando una mejora sustancial en los casos de activación de MPOA.

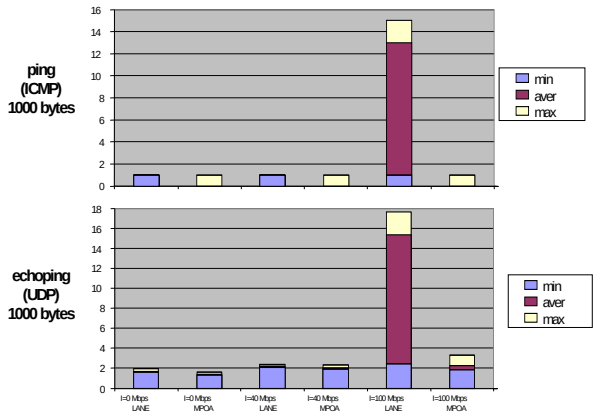

Figura 4.3: **RTT (ms) con tráfico interferente (I) con y sin MPOA**

El objetivo de utilizar ambas herramientas de medida del RTT viene causado por el diferente tratamiento que los routers realizan sobre el tráfico ICMP respecto al TCP o UDP. Los routers dan prioridad al tráfico ICMP (tal y como se puede observar en los resultados). Por ello, y debido a que el tráfico de fondo era UDP se tienen resultados con ambos tráficos de medida de RTT.

4.3 Resultados comparativos del flujo máximo TCP y UDP

En la Figura 4.4 se representa el máximo desempeño (throughput) de tráfico TCP entre dos estaciones Sun situadas en redes distintas con MPOA activado y desactivado. Este parámetro bajo medida (throughput) se representa en función de otros dos parámetros: el tamaño de los buffers de emisión y recepción y el tamaño de paquete IP. Los resultados muestran una ligera mejora

en las prestaciones cuando se utiliza MPOA y para tamaño de paquete grande.

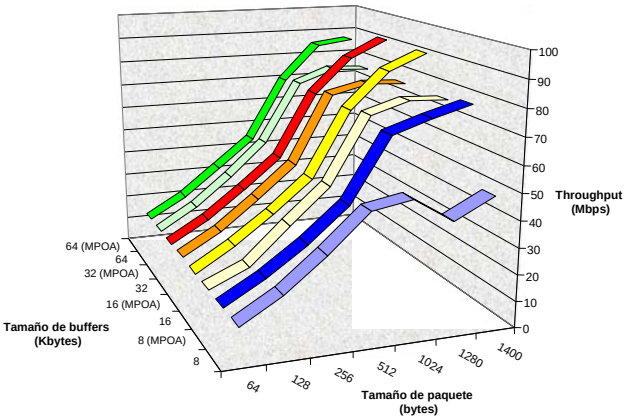

Figura 4.4: **Comparación del flujo máximo TCP**

En la Figura 4.5 se representa el máximo desempeño (throughput) de tráfico UDP entre dos estaciones Sun situadas en redes distintas con MPOA activado y desactivado. Este parámetro bajo medida (throughput) se representa en función de otros dos parámetros: el tamaño de los buffers de emisión y recepción y el tamaño de paquete IP. Los resultados muestran una importante mejora en las prestaciones cuando se utiliza MPOA y para tamaño de paquete grande. Se obtienen desempeños que rozan la máxima capacidad de carga útil de los enlaces STM-1 utilizados (140 Mbps sin contar sobrecargas de AAL5).

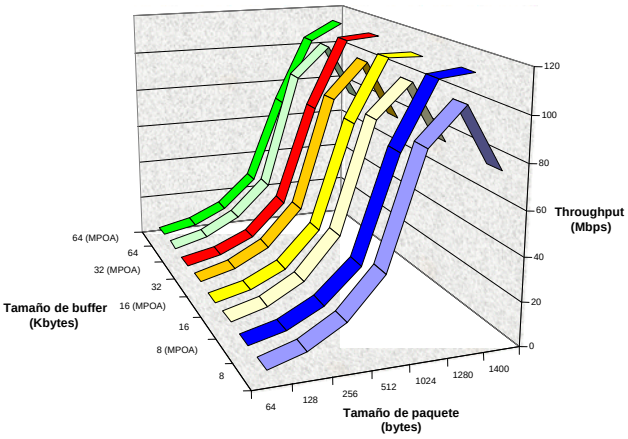

Figura 4.5: **Comparación del flujo máximo UDP**

En resumen, los desempeños para ambos tipos de tráfico (TCP y UDP) se mejoran cuando se utiliza MPOA. Queda pendiente el realizar el mismo tipo de medida en el caso de un número elevado de flujos distintos, donde la mejora podría ser más evidente.

4.4 LANE sobre ATM WAN basado en PVP CBR

Dentro del programa de experimentos de SABA se han realizado diversas experiencias de configuración y uso de LANE sobre el servicio ATM WAN actual basado en trayectos virtuales permanentes (PVP) con servicio CBR.

El interés de este tipo de experimentos radica en la posibilidad de utilizar pilas protocolos no portados a ATM, la facilidad de configuración de una subred, la integración en una misma subred IP lógica de máquinas con interfaz ATM y máquinas físicamente conectadas a una red ethernet convencional vía un bridge con interfaz ATM, la comprobación del grado de interoperabilidad de diversas plataformas y finalmente, la utilización del servicio multicast provisto por LANE en el BUS (Broadcast and Unknown Server) en los experimentos de difusión de videoconferencia. Al igual que en las configuraciones de LIS (Logical IP subnet) basadas en SVCs y MPOA.

las siguientes consideraciones son de especial trascendencia e interés: a) LANE provee un servicio UBR, por lo que es preciso conformar el tráfico antes de inyectarlo en los trayectos CBR WAN. Esto debe realizarse en un elemento externo a la estación de trabajo, ya sea un router o un conmutador ATM, con el buffering dimensionado de acuerdo con las características de tráfico de las aplicaciones a utilizar. b) Las mejores prestaciones se obtienen con aplicaciones que siguen un patrón de tráfico predeterminado no best-effort y autoregulado como la aplicación de videoconferencia Isabel. Aplicaciones internet típicas basadas en TCP provocarían pérdidas periódicas de células ATM dando lugar a bajas prestaciones si no se emplean técnicas de descarte inteligente de células. c) Es preciso trasladar adecuadamente la señalización UNI, transportada normalmente en el VPI/VCI 0/5, al VP provisto por el operador. Los rangos de VPIs y VCIs suelen ser un problema frecuente. d) Se ha constatado la compatibilidad entre los diversos fabricantes probados: Cisco (routers y conmutadores), Fore (interfaces de red y conmutadores), Virata (bridge conmutador mixto ATM-ethernet).

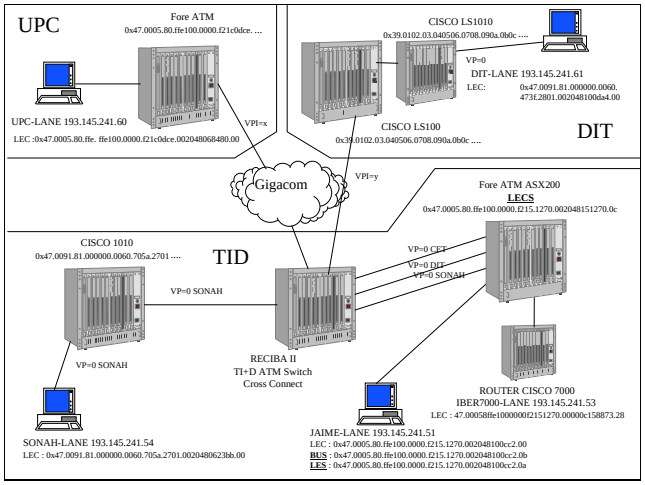

Figura 4.6: **Configuración de LANE sobre ATM PVP**

La Figura 4.6 muestra la configuración utilizada.

4.5 Conclusiones y recomendaciones de utilización

De forma esquemática las ventajas que se derivan de la

utilización de MPOA se pueden resumir en los puntos siguientes: a) Es ventajoso en entorno ATM end-to-end. Tecnología idónea para crear VLANs. b) Se obtienen mejores resultados en lo que se refiere a throughput y latencia en la transmisión de paquetes. Cumplimiento de estándar ATM Forum. Permite la interoperabilidad de equipos de distintos fabricantes. c) Libera capacidad de procesado en los routers. Permite utilizar recursos de CPU para el enrutado a entornos no ATM-nativos. d) Simplifica la gestión y mantenimiento de una compleja estructura ATM compuesta por distintas sub-redes. Manejo automático (SVC's) de circuitos entre hosts. e) Unificación de las características de la red (Ethernet): MTU's, interfaz directa a aplicaciones estándar, etc. Posibilidad de utilizar directamente multicast y broadcast en estaciones finales ATM (intra-ELAN).

Los principales inconvenientes se centran en la escalabilidad. Como trabajo futuro queda pendiente la evaluación de las nuevas versiones de LANE y MPOA.

5. EXPERIENCIAS DE PROCESADO DISTRIBUIDO

En la plataforma del proyecto SABA hemos estado desarrollando y estudiando una máquina paralela virtual (MPV) sobre una red de estaciones de trabajo, estas estaciones de trabajo se comunican a través de una red multiservicio de cobertura amplia basada en ATM. El objetivo es conseguir, por experimentación, el mejor rendimiento posible en estos entornos de procesado paralelo distribuido (E-PPD), tanto bajo entornos de área local como de cobertura amplia. Esto es importante porque no hemos encontrado ningún análisis del uso de E-PPD sobre plataformas formadas por estaciones de trabajo comunicadas por ATM, salvo bajo condiciones ideales [7]. El trabajo que hemos realizado está basado en el desarrollo de un E-PPD sobre una red de área local ATM.

Sabemos que el rendimiento de un E-PPD está limitado por el rendimiento de la tecnología de red sobre la que está desarrollada [7]. Por ello, hemos orientado nuestros experimentos sobre E-PPD a medir el efecto que en el rendimiento de la plataforma tiene la selección de la tecnología de red y el nivel de tráfico de fondo que la atraviesa. Este trabajo propone una plataforma que puede llegar a ser un buen adversario de los grandes supercomputadores y, por ello, vamos a utilizar como punto de referencia medidas del rendimiento de esta MPV en un supercomputador SGI Origin2000.

5.1 Máquina paralela virtual

La máquina paralela virtual utiliza PVM (*Parallel Virtual Machine*). PVM es un paquete de software que permite a un grupo heterogéneo de computadores trabajar juntos utilizando la red que los conecta para formar un único gran computador paralelo. El sistema PVM utiliza el paradigma de paso de mensajes para computación distribuida y se ha convertido en un estándar de facto de esta tecnología. La plataforma sobre la que vamos a implementar nuestra PVM se ha de configurar antes de poder ejecutar las aplicaciones. El sistema PVM posee un proceso *deamon* que funciona en cada una de las máquinas que forman la plataforma y se utiliza para intercambiar información sobre la configuración y el estado de la PVM. Las aplicaciones están implementadas utilizando la librería de paso de mensajes de PVM y las funciones que este estándar suministra. Tradicionalmente, el demonio de PVM y la librería de mensajes están construidas para usar el software de red basado en BSD Sockets y la pila de comunicaciones TCP/IP y UDP/IP como protocolos de comunicación de datos. La Figura 5.1 muestra el entorno de comunicaciones que PVM utiliza.

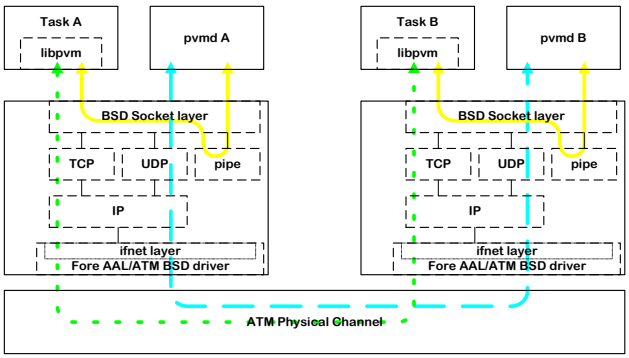

Figura 5.1: **Entorno software utilizado por PVM**

5.1 Configuración de la red de pruebas

Con tal de conocer el efecto que en el rendimiento de nuestra MPV tiene la selección la tecnología de red y el nivel del tráfico de fondo existente, hemos introducido tráfico de fondo controlado en la red ATM de nuestra plataforma. La generación del tráfico de fondo se ha realizado gracias a un equipo formado, básicamente, por un Sistema de Pruebas de Cobertura Amplia de Hewlett-Packard (SPCAHP). Este sistema de pruebas permite crear un flujo de celdas preprogramadas en formato SDH OC-3, el cual puede adaptarse a diferentes velocidades y distribuciones estadísticas. Con tal de distribuir el efecto del tráfico de fondo entre las cuatro estaciones de trabajo, hemos configurado los canales virtuales de los conmutadores tal y como muestra la Figura 5.2.

Utilizando simples canales PVCs generamos un determinado flujo de fondo con el SPCAHP que es direccionado hacia el conmutador ATM ASX-200BX. Este conmutador utiliza dos canales PVC para enviar tráfico al otro conmutador y un canal PVC para cada una de las estaciones de trabajo que directamente están conectadas con él. Finalmente, el conmutador ForeRunnerLE, que recibe dos canales PVC, envía el tráfico a cada una de las estaciones de trabajo que tiene conectadas.

5.3 Evaluación de los resultados

Debido a la limitación de espacio en este artículo no se

incluyen todas las pruebas y resultados obtenidos. Estos se pueden encontrar en [4], [9], [10] y [11].

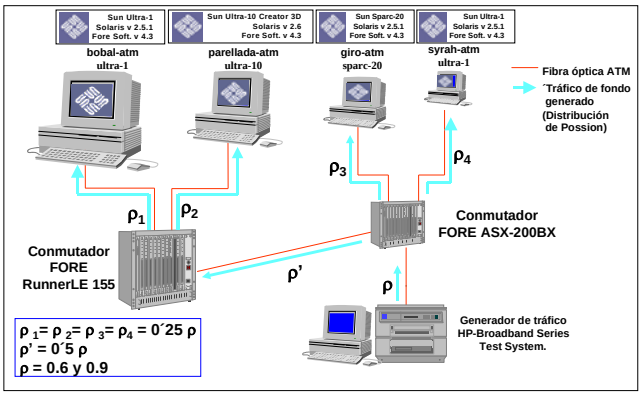

Figura 5.2: **Configuración de red y distribución de carga**

Las actuales redes basadas en ATM están potencialmente capacitadas para soportar satisfactoriamente aplicaciones de computación paralela distribuida. El uso de esta tecnología de red tiene sentido cuando el soporte de aplicaciones paralelas va a ser integrado con otros servicios sobre una única red. Por lo tanto, no es necesario utilizar una red dedicada a computación distribuida. Muchas organizaciones podrían utilizar una red ATM existente para proporcionar computación paralela además de otras aplicaciones de red. Por esta razón, un buen diseño de los mecanismos de la interfaz de red, optimizando tanto la latencia en el procesado del protocolo de comunicaciones como la efectividad de los procedimientos de recuperación en la congestión, es vital para que la red proporcione un rendimiento adecuado en la ejecución de aplicaciones de computación paralelas bajo estas condiciones.

Los experimentos muestran que la reducción de la latencia en la interfaz de red puede ser suficiente para conseguir un rendimiento adecuado, suponiendo que la carga de la red provocada por otras aplicaciones es suficientemente baja. En situaciones de extrema congestión, los mecanismos de recuperación de celdas perdidas rápidamente degradan el rendimiento y, por lo tanto, necesitamos ciertas optimizaciones para cubrir estas circunstancias.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto SABA ha sido financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) dentro del Programa de Aplicaciones y Servicios Telemáticos como proyecto coordinado (TEL97-1054-C03). Los autores agradecen la inestimable colaboración de RedIRIS y Telefónica en las tareas de configuración de la red SABA-IRIS y en la provisión de los enlaces entre las entidades participantes.
Asimismo, merecen un agradecimiento particular todos aquellos miembros de los grupos de investigación de las distintas entidades que han colaborado en alguna de las fases del proyecto y que no constan como autores de este artículo. En especial, un recuerdo para Joan Vila Sallent de la UPC (e.p.d.) que no pudo terminar el proyecto.

REFERENCIAS

[1] Proyecto SABA. Liberado 1. *Recomendaciones para la creación de redes con calidad de servicio*. Rafael López da Silva et al. Julio 1999.
[2] Proyecto SABA. Liberado 2. *Evaluación de las aplicaciones y recomendaciones de uso*. Joaquín Salváchua Rodríguez et al. Julio 1999.
[3] Proyecto SABA. Liberado 3. *Descripción de la plataforma SABA*. Héctor L. Velayos et al. Julio 1999.
[4] Proyecto SABA. Liberado 4. *Evaluación de experiencias*. Xavier Martínez Álvarez et al. Julio 1999.
[5] Xavier Martínez-Álvarez, Jordi Domingo-Pascual, Esteve Majoral-Coma, Angel Luna-Lambies. *Design, implementation and test of a RSVP Agent based on a generic QoS API*. Research Report. UPC-DAC-36-1999.
[6] Esteve Majoral Coma. *Avaluació i implantació d'aplicacions multimèdia sobre els nous protocols d'Internet*. PFC ETIS. Facultat d'Informàtica de Barcelona, Febrero 1999.
[7] Cristina Camacho Romaguera. *Desenvolupament d'una eina de proves del suport de la QoS a Winsock2*. PFC EI. Facultat d'Informàtica de Barcelona, Junio 1999.
[8]Xavier Martínez-Álvarez, Josep Mangues-Bafalluy, Jordi Domingo-Pascual, Josep Solé-Pareta. *Redes Virtuales ATM basadas en LANE/MPOA. Evaluación de un entorno real*. TELECOM I+D, Noviembre 1999.
[9] Joan Vila-Sallent, Josep Solé-Pareta. *Potencial Capability of ATM to support Network-based Parallel Computing*. GLOBECOM, 1997.
[10] Javier Corbacho-Lozano, Oscar-Iván Lepe-Aldama, Josep Solé-Pareta, Jordi Domingo-Pascual. "Experiences Deploying a Distributed Parallel Processing Environment over a Broadband Multiservice Network". *Recent Advances in Parallel Virtual Machine and Message Passing Interface*. Jack Dongarra, Emilio Luque, Tomás Margalef (Eds.). Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1697. Springer-Verlag. 1999.
[11] Javier Corbacho. *Experiencias desarrollando un entorno de procesado paralelo distribuido sobre una red multiservicio de cobertura amplia*. PFC ETIS. Facultat d'Informàtica de Barcelona, Junio 1999.

Información del proyecto:
http://selva.dit.upm.es/~saba/
http://www.ccaba.upc.es/
http://isabel.dit.upm.es/
Información del autor:

jordi.domingo@ac.upc.es
http://www.ac.upc.es/cba/