

# Usando RSVP para Soportar Servicios Adaptativos en Redes Móviles

**María E. Villapol**

Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Escuela de Computación,  
Av. Los Ilustres, Los Chaguaramos, Caracas, Venezuela  
Tel: +212 58 605 1132, Fax: +212 58 605 1131  
mvillap@strix.ciens.ucv.ve

y

**Pedro L. Guzmán**

Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Escuela de Computación,  
Av. Los Ilustres, Los Chaguaramos, Caracas, Venezuela  
Tel: +212 58 605 1132, Fax: +212 58 605 1131  
pguzman@strix.ciens.ucv.ve

## Abstract

The *Internet Engineering Task Force* is working on extending the traditional TCP/IP model for supporting multimedia and real-time applications on the Internet. Thus, new protocols have been developed such as the *Resource Reservation Protocol*. With the rapid growth of mobile networks, the IETF is also working on creating and extending the existing protocols to support mobile users. This has led to the development of *Mobile IP*. At the same time, there has been a growing interest in developing services which are able to adapt the rapid and massive fluctuations in the *Quality of Service (QoS)* provided by the underlying communications infrastructure and the heterogeneous processing environment. These services have been called *adaptive*. In this paper, we describe a model for service adaptation, which includes the ideal scenario, which provides adaptation at all levels of the architecture. RSVP can provide adaptation support at the transport level. We have outlined the problems, which arise from the operation of RSVP over mobile environments. The proposals for solving the problems have been grouped in four reservation models and described briefly. We also propose architecture for supporting adaptive services in the proposed mobile-wireless network in our University. RSVP is one of the key components of the architecture. Future works include defining the architecture in more details, to include other components for supporting service adaptation and implement the architecture.

**Keywords:** RSVP, Quality of Service, Adaptive Services, Mobile Networks.

## Resumen

El *Internet Engineering Task Force (IETF)* está trabajando para extender el modelo de TCP/IP tradicional de forma tal que soporte aplicaciones multimedia y en tiempo-real en la Internet. Así, se han desarrollado nuevos protocolos, tales como el *Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP)*. Adicionalmente, con el rápido crecimiento de las redes móviles, el IETF está también trabajando en la creación y extensión de los protocolos existentes para el soporte de usuarios móviles. Esto ha guiado al desarrollo de IP Móvil. Al mismo tiempo, ha habido un interés creciente en el desarrollo de servicios capaces de adaptarse a las fluctuaciones rápidas y masivas de la *Calidad de Servicio (Quality of Service, QoS)* proporcionada por la infraestructura de comunicación y a los ambientes de procesamiento heterogéneos. Estos servicios se denominan *adaptativos*. En este artículo, describimos un modelo para la adaptación al servicio que incluye el escenario ideal, el cual proporciona adaptación a todos los niveles de la arquitectura. RSVP puede proporcionar soporte a la adaptación en el nivel de transporte. Hemos reseñado los problemas que surgen de la operación de RSVP en ambientes móviles. Las propuestas para resolver los problemas han sido agrupadas en cuatro modelos de reservación que se describen brevemente. También se propone una arquitectura para soportar servicios adaptativos en una red móvil e inalámbrica que estamos diseñando para nuestra Universidad. RSVP es uno de los componentes claves de esta arquitectura. Trabajos futuros incluyen el definir la arquitectura a un mayor nivel de detalle, incluir otros componentes para el soporte de los servicios adaptativos e implementar la arquitectura.

**Palabras claves:** RSVP, Calidad de Servicio, Servicios Adaptativos, Redes Móviles.

## 1 Introducción

El creciente desarrollo de las comunicaciones móviles / inalámbricas, aunado al creciente auge del uso de la Internet ha forzado al *Internet Engineering Task Force (IETF)* a extender el modelo TCP/IP original [7]. Uno de los resultados de dichos esfuerzos ha sido *IP Móvil* [18], el cual es una extensión de IP para el soporte del encaminamiento de paquetes en ambientes móviles. Adicionalmente, ha habido una gran cantidad de trabajos orientados a subsanar otra de las grandes carencias del modelo TCP/IP, como lo es el soporte de la *Calidad de Servicio (Quality of Service, QoS)* [23] requerido para las nuevas aplicaciones multimedia que usan la Internet. Han sido varias las soluciones provenientes del IETF para resolver este problema [23]. Unas de dichas propuestas son el modelo de *Servicios Integrados* [3] y el *Protocolo de Reservación de Recursos (Resource Reservation Protocol, RSVP)* [4]. RSVP es un protocolo de señalización concebido, en un principio, para el transporte de información de QoS a lo largo del camino de comunicación de un flujo de datos (donde un *flujo de datos* se define como una secuencia de paquetes que viajan entre un emisor y uno o más destinos).

En un futuro muy cercano, los usuarios móviles desearán tener niveles de servicio (QoS) para las aplicaciones multimedia y en particular para las de tiempo real, similares a los proporcionados para este tipo de aplicaciones en ambientes fijos. Durante estos últimos años, RSVP ha demostrado ser un protocolo eficiente para la reservación de recursos en redes fijas [1]. Sin embargo, al igual que muchos de los protocolos creados para este tipo de redes (e.g. IP), RSVP presenta varios problemas en ambientes móviles, existiendo ya varias propuestas para la solución de los mismos [15].

El aprovisionamiento de niveles de servicio que permitan el buen funcionamiento de las aplicaciones multimedia en ambientes móviles se ha convertido en un verdadero reto. Esto es debido a las características del medio de transmisión (mayor retardo, menor ancho de banda) y a la movilidad del usuario (que puede provocar la interrupción del servicio y degradación de la señal transmitida). Estos problemas han impulsado el desarrollo de sistemas capaces de *adaptarse* dinámicamente a los cambios de la calidad de servicio en redes móviles [8][9]. El soporte de la calidad de servicio adaptativo para comunicaciones móviles multimedia puede ocurrir no sólo en las capas de acceso a la red sino también a nivel de los sistemas finales, siendo el caso ideal, pero difícil de ejecutar [8], la adaptación en todos los niveles.

Algunas de las características de RSVP [4], como la necesidad de refrescamiento periódico de las reservaciones (*soft state*) y las reservaciones iniciadas por el receptor, lo hacen un protocolo idóneo para el soporte de servicios adaptativos a nivel de transporte. En este artículo se explica como RSVP puede ser usado en un sistema que soporte calidad de servicio adaptativa para comunicaciones móviles multimedia. El artículo también resume los problemas que deberían abordarse para el uso de RSVP en ambientes móviles. Existen diversas técnicas para solucionar estos problemas, las cuales hemos agrupado en varios modelos de reservación para redes móviles. Finalmente, se presenta una arquitectura para el soporte de servicios móviles adaptativos basado en RSVP.

A continuación se presenta la estructuración del artículo. La Sección 2 introduce el modelo de Servicios Integrados y RSVP. Seguidamente, la Sección 3 describe brevemente un modelo adaptativo para comunicaciones móviles multimedia. La Sección 4 explica el mecanismo de encaminamiento de paquetes IP en redes móviles, en el cual se soportan mecanismos de transporte, tales como RSVP. La Sección 5 relata los problemas que se derivan del uso de RSVP en ambientes móviles y describe los modelos de reservación que agrupan las soluciones propuestas. La Sección 6 presenta una arquitectura que soporta servicios adaptativos para comunicaciones móviles multimedia. Finalmente, la Sección 7 concluye este artículo.

## 2 Introducción a IntServ/RSVP

### 2.1 Servicios Integrados

El IETF propuso un modelo para el soporte de QoS en redes TCP/IP [3], llamado *Servicios Integrados (IntServ)*. Este modelo incluye una *especificación de QoS* y una serie de *mecanismos para el aprovisionamiento de QoS*. Los parámetros de servicio son definidos a través de los tipos de servicio los cuales han sido divididos en tres: los *servicios garantizados* (guaranteed services, GS), los *servicios de carga controlada* (controlled-load services, CES) y los *servicios del mejor esfuerzo* (best-effort services, BES) [10]. Los servicios garantizados proporcionan garantías en el ancho de banda y retardo que el tráfico puede experimentar en la red y son adecuados para aplicaciones con restricciones en el retardo de transmisión como por ejemplo telefonía IP. Por otra parte los servicios de carga controlada ofrecen baja tasa de pérdida de paquetes debido a la congestión y poco retardo, y es apropiado para aplicaciones que se pueden adaptar a las variaciones de las condiciones de tráfico de la red, tales como el audio en tiempo real. Finalmente, el servicio del mejor esfuerzo es el servicio provisto por TCP/IP tradicionalmente, donde la red no se compromete a ofrecer ninguna garantía de QoS pero si hará su mejor esfuerzo para que los paquetes

lleguen a su destino. Este servicio es adecuado para aplicaciones de la Internet tradicionales, tales como Telnet y FTP.

Los servicios integrados definen los siguientes mecanismos para el soporte del aprovisionamiento de QoS: la *planificación de paquetes*, la *clasificación de paquetes*, el *control de admisión*, un *protocolo de señalización* de la información de QoS y opcionalmente el *control de políticas*. Cuando un paquete llega a un nodo (i.e. host o encaminador) es colocado en una cola basado en la identificación del flujo de datos [3] al cual pertenece el paquete (e.g. esto puede incluir las direcciones IP y los puertos TCP/UDP). El planificador de paquetes, entonces, decide que paquete será transmitido próximamente basado en las políticas de planificación [10], tipo de servicio provisto para el flujo de datos y sus requerimientos de QoS. Cada requerimiento de QoS es transportado por un protocolo de señalización encargado de instalar dicha información en cada nodo. RSVP es el protocolo usado por IntServ. Cada nuevo requerimiento de QoS debe ser aceptado por el control de admisión, quien decide si existe la cantidad de recursos suficientes en la porción de la red para proporcionar dichos requerimientos, de lo contrario, el requerimiento es rechazado. RSVP también es el encargado de transportar cualquier respuesta negativa dada a la petición. Cada requerimiento de QoS puede requerir la autorización del control de política, quien establece si el usuario tiene la autorización para obtener los recursos o no.

## 2.2 RSVP

RSVP crea y mantiene información de QoS en la forma de reservaciones de recursos en cada nodo (i.e. *hosts* o encaminadores) que se encuentran en la ruta de un flujo de datos que viaja desde uno o más emisores a uno o más destinos (destinos de la multi difusión). RSVP fue diseñado para adaptarse a las redes IP, caracterizadas por ser pocos confiables (con posibles pérdidas de paquetes y retardos) y no orientadas a conexión. Estas condiciones impusieron varios retos al grupo que diseño al mismo [2][26]. El resultado fue un protocolo con las siguientes características:

1. **Reservaciones iniciadas por el receptor:** los receptores del flujo de datos asociados a una aplicación son los que inician la reservación de recursos ya que ellos conocen la disponibilidad y limitaciones de la red a la que se encuentran conectados.
2. **Reservaciones *soft-state*:** las reservaciones no son permanentes por lo cual deben ser refrescadas periódicamente, en caso contrario serán removidas automáticamente del sistema. Esta aproximación permite adaptar las reservaciones a los cambios dinámicos de rutas en redes IP, cambios en la calidad de servicio (i.e. reservaciones), pérdidas ocasionales de paquetes de control, y los cambios en los miembros de un *grupo de multi difusión*. Un *grupo de multi difusión* es un conjunto de *hosts* identificados por una misma dirección y que reciben todos los paquetes cuya dirección destino corresponde a su dirección de *multi difusión* [10].
3. **Orientado al flujo de datos:** RSVP reserva recursos para los flujos de datos que viajan en una dirección particular y no para paquetes individuales.
4. **Soporte de receptores heterogéneos:** cada receptor en un grupo de *multi difusión* puede tener requerimientos de QoS distintos. RSVP transporta y maneja requerimientos heterogéneos.

RSVP reserva recursos para una *sesión*, la cual incluye todos los flujos de datos desde uno o más emisores a uno o más receptores identificados con la misma dirección IP de destino.

Los requerimientos de reservaciones se definen en términos de la *especificación de filtro* y la *especificación de flujo*. Una especificación de filtro se usa para identificar el flujo de datos que recibirán los niveles de servicio indicados en la especificación de flujo. Una especificación del flujo define los niveles de servicio y comprende una *especificación de la reservación (RSpec)* y una *especificación del tráfico (TSpec)*. El RSpec define las características de la reservación (i.e. QoS) del flujo, por ejemplo, tasa del servicio. El TSpec define las características de tráfico del flujo, por ejemplo, la tasa de datos pico.

La funcionalidad de RSVP es soportada por una serie de mensajes, los cuales se describen a continuación junto con sus funciones generales. La Figura 1 es utilizada en la explicación. Cuando un receptor desea reservar ciertos recursos de la red, él comienza a enviar mensajes de *Resv* (1(b)). Estos mensajes viajan en la dirección contraria al flujo de datos siguiendo la ruta previamente establecida usando los mensajes de *Path* (1(a)) Estos últimos son además encargados de distribuir las características de tráfico asociadas al flujo de datos y otra información que puede ser de utilidad en los receptores, para requerir sus reservaciones. Tanto la información de reservación como la de *Path* establecida por los mensajes de *Resv* y *Path*, respectivamente, deben ser refrescadas periódicamente a través del envío de nuevos mensajes de *Resv* y *Path*. Si un mensaje de refrescamiento no llega a un nodo antes de que termine el tiempo de remoción (*cleanup time*), la información de estado será removida y un mensaje de *PathTear* (1(c)) o *ResvTear* (1(d)) será enviado hacia el emisor o receptor. Los mensajes de *PathTear* remueven la información de *Path* y los de *ResvTear* la de reservación. Estos mensajes también pueden ser generados como consecuencia de que un nodo final cerró la sesión RSVP. Adicionalmente, tanto los requerimientos de *Path* como de

Resv pueden fallar en cualquier nodo en el camino, ocasionando la generación y envío de un mensaje de *PathErr* o *ResvErr*, respectivamente, hacia el emisor o receptor que originó el requerimiento.

Cuando un mensaje de reservación llega a un nodo, el proceso de RSVP en ese nodo debe comunicarse con el componente de *Control de Admisión*, quien decide si existen los recursos necesarios para cumplir con el requerimiento. Adicionalmente, el requerimiento es mezclado (*merging*) con otros requerimientos instalados en el nodo. Por ejemplo, en la Figura 1(b) los requerimientos de reservación provenientes de los encaminadores B y C son mezclados en el encaminador A. Esto tiene como finalidad disminuir el número de mensajes de Resv que viajan en la red, ya que el resultado de la mezcla puede determinar que no hay necesidad de enviar un requerimiento, debido a que los recursos necesarios han sido ya reservados en el resto del camino hacia el (los) emisor (es). Este proceso es complejo y es descrito en detalle en [4][10].

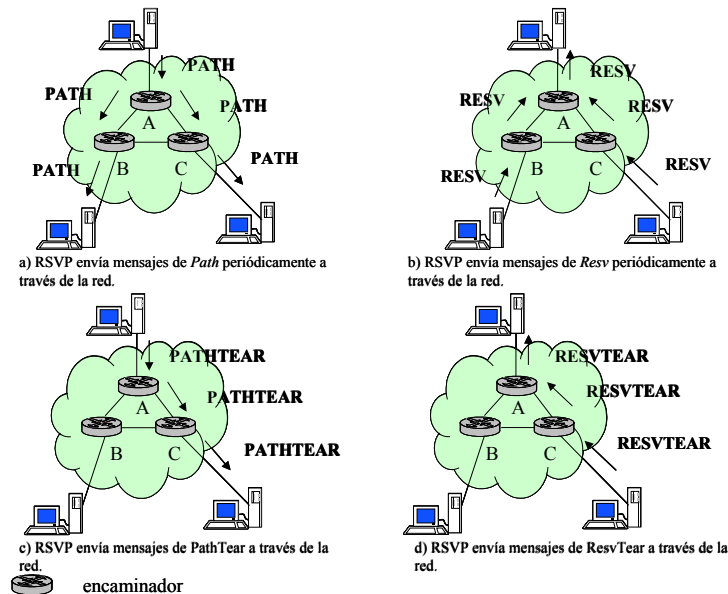


Figura 1: Flujo de mensajes RSVP.

### 3 Servicios Adaptativos

Los servicios provistos por redes que operan sobre infraestructuras de red fijas se caracterizan por proporcionar niveles de servicio específicos para el tipo de red. Por ejemplo, los servicios provistos por ATM han sido especificados sobre la base de las características de este tipo de red, la cual es de alta velocidad y tiene baja tasa de errores. El advenimiento de las redes móviles ha creado la necesidad de desarrollar servicios que puedan responder ante los cambios en la infraestructura de comunicación, producto de la movilidad del usuario. Esta nueva clase de servicio se conoce como *adaptativo* [9] y tiene la capacidad de ajustarse a las fluctuaciones que puedan ocurrir en los niveles de servicio provistos por la infraestructura de comunicación, a través del monitoreo y manejo de la QoS suministrada por la red.

Los servicios adaptativos tienen varias ventajas:

1. Son portables, es decir, pueden operar sobre diversas plataformas, tales como, un computador conectado a una red de alta velocidad o un teléfono celular conectado a una red de baja velocidad.
2. Tienen la capacidad de explotar los niveles de servicio que pueden cambiar de un momento a otro.
3. Pueden operar en una amplia gama de redes.

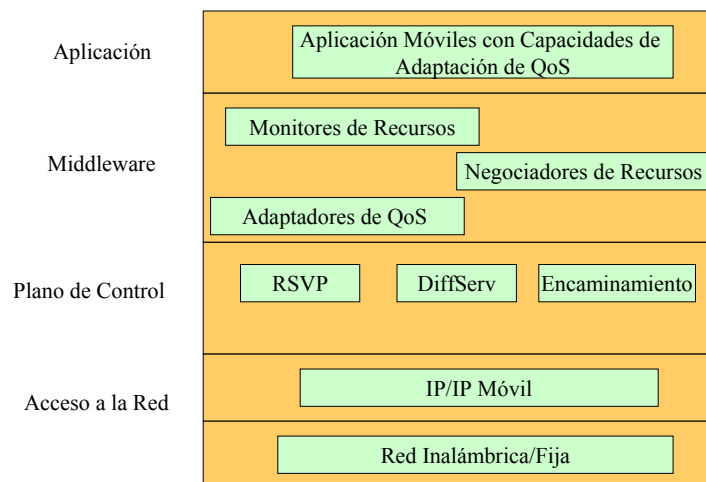
Actualmente, existe una extensa variedad de técnicas desarrolladas para proporcionar tales servicios. En particular, Friday et al. [13] las clasifica según el nivel del sistema sobre el cual operan. Dichos niveles incluyen los niveles hasta la capa de transporte (capa de acceso de red y plano de control), *middleware* y aplicación. La relación de estos niveles se ilustra en la Figura 2, la cual presenta el caso ideal donde la adaptación se realiza en todos los niveles:

1. **Nivel de Aplicación:** las aplicaciones pueden emplear ciertas técnicas para adaptarse a las condiciones de la red en un momento dado [13]. Por ejemplo, una aplicación puede cambiar sus requerimientos de QoS o reestructurar la carga de trabajo de las tareas asociadas, por ejemplo, re-localizándolas en otros sitios remotos.

Una aplicación puede igualmente adaptar el formato en que desea recibir la información, por ejemplo, eligiendo en un momento determinado, sólo recibir el audio de una video conferencia.

2. **Nivel Middleware:** se caracteriza por proporcionar un ambiente de programación uniforme y un enmascaramiento de la heterogeneidad de las redes, sistemas operativos, hardware y lenguajes de programación. Por lo cual, las soluciones a este nivel se adaptan a los sistemas móviles los cuales pueden operar sobre distintas redes y pueden incluir una serie de dispositivos con diferentes características y ambientes operativos. En este nivel se pueden implementar los componentes encargados de gestionar, monitorear, adaptar y reservar los recursos de red por medio de la interacción con los componentes de niveles inferiores. Algunas técnicas basadas en *middleware* han sido propuestas por Campbell et al [8] y Nahrstedt et al [16].
3. **Nivel de Transporte:** idealmente los componentes de las capas superiores requieren el soporte de los mecanismos y protocolos en el nivel de transporte para lograr una adaptación integral. Son diversas las técnicas que se pueden implementar en este nivel para alcanzar los objetivos de adaptabilidad planteados. Por ejemplo, un algoritmo de encaminamiento podría ser optimizado para tratar con posibles cambios en la topología de la red (eg debido a fallas de los enlaces) y cambios en las condiciones de propagación, como lo propone [22]. Igualmente, los mecanismos de planificación de paquetes pueden determinar el próximo paquete a ser enviado tomando en cuenta las condiciones de la red. Los protocolos de señalización, tales como RSVP, también juegan un papel importante en el proceso de adaptación, siendo ellos los encargados de propagar la información de QoS a lo largo de los nodos de la red, a medida de que el usuario se mueve de una localidad a otra. La capacidad de estos protocolos de comunicar y re-negociar los requerimientos de QoS a lo largo de la ruta desde el emisor a la nueva localidad que visita el usuario móvil y viceversa, va a influir en la continuidad del servicio, retardos de propagación y disponibilidad de los recursos. En la Sección 5 se analizan estos factores en más detalles basados en RSVP.

Otro modelo de QoS que ha tenido bastante aceptación en la comunidad de la Internet es el de los Servicios Diferenciados (Differentiated Services, DiffServ) [1]. En este modelo, se marcan los paquetes, los cuales son manejados por los nodos intermedios de acuerdo a esta marca. Los servicios diferenciados pueden también soportar servicios adaptativos haciendo uso del remarcado de paquetes para adaptarse a las distintas redes que visita un usuario móvil.



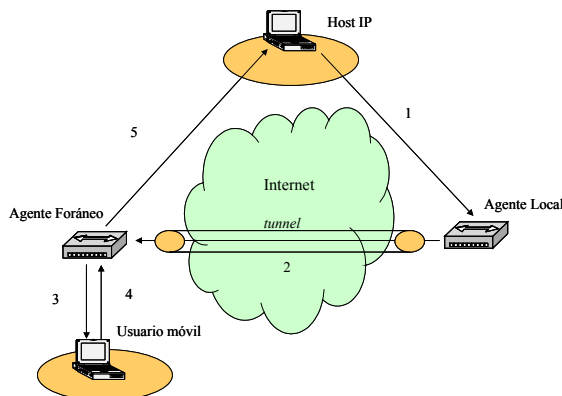
**Figura 2: Modelo de adaptación.**

## 4 Modelo Móvil

### 4.1 IP Móvil

En una red fija, un *host* IP tiene una dirección permanente, la cual es usada por los usuarios de la red para comunicarse con él. El mecanismo de entrega de IP trabaja basado en esta premisa. Cuando se encaminan paquetes en redes IP móviles, hay que tomar en cuenta que el usuario móvil cambiará su dirección cuando pasa de una red a otra. El proceso de cambio de un usuario móvil desde una localidad a otra se denomina *handoff* e implica, entre otros, el cambio de frecuencia de transmisión a nivel físico y de la dirección (emisor / destino) a nivel de la red. En el nivel de red, el problema ha sido abordado por el IETF, quien ha propuesto un modelo de encaminamiento en redes móviles y posteriormente algunas optimizaciones al mismo [18]. La Figura 3 ilustra este modelo. Un usuario móvil tiene asignada dos direcciones IP, una dirección la cual permanece constante sin importar donde él se encuentra y se denomina *dirección local*. La otra es de carácter *temporal* y la adquiere cuando llega a una nueva red

y se denomina dirección de cuidado (*care of address*). Adicionalmente, cada usuario móvil debe estar registrado en una red local, en la cual reside un *agente local*, el cual sirve a uno o más usuarios móviles. Su función principal es la de mantener la dirección del usuario móvil cuando está lejos de su red local. Cuando el usuario está en una *red foránea* es servido por un *agente foráneo*. El usuario móvil puede usar al agente foráneo para adquirir su dirección de cuidado.



**Figura 3: Encaminamiento en redes móviles.**

Cuando un usuario se mueve de una localidad a otra, manejada por otro agente foráneo, se debe realizar un proceso de registro que incluye los siguientes pasos:

- El agente foráneo envía mensajes periódicos anunciando su existencia. Así cualquier usuario móvil que ha llegado recientemente a la localidad manejada por el agente foráneo puede identificar al mismo y determinar si se encuentra en su red local o no.
- Un usuario móvil también puede explícitamente solicitar un anuncio por parte del agente foráneo en la nueva localidad.
- El usuario móvil puede ahora registrar su nueva localización a su agente local, probablemente, a través del agente foráneo. La información de registro incluye la dirección temporal en la red foránea y alguna otra información relativa a la red donde se encuentra [18].
- Cuando el usuario móvil recibe una replica de su agente local, probablemente, a través de su agente foráneo el proceso de registro ha sido completado.

El intercambio de información entre un *host IP* (móvil o no) y un usuario móvil ocurre de la siguiente manera:

- El agente local intercepta los mensajes enviados a un usuario móvil (Figura 3 (1)), que no está en su red local y los envía al agente foráneo usando la dirección temporal previamente registrada.
- El agente local encapsula los paquetes destinados al usuario móvil usando la dirección temporal. Este proceso se denomina *tunneling* y existen varias técnicas para ello [18] (Figura 3 (2)).
- El agente foráneo desencapsula el paquete y lo envía al usuario móvil (Figura 3 (3)).
- Los paquetes enviados desde un usuario móvil al *host IP* son entregados usando el mecanismo IP estándar. En la Figura 3 (4,5) estos mensajes pasan por el agente foráneo por que este está actuando como el encaminador por defecto.

## 4.2 Optimización del Encaminamiento

Todos los paquetes destinados a un usuario son encaminados vía el agente foráneo y los paquetes enviados por el usuario móvil a un *host IP* son enviados directamente. Este tipo de encaminamiento se le denomina *triangular* y puede resultar ineficiente, cuando, por ejemplo, el *host IP* está alejado de su agente local o cuando el usuario móvil está en una localidad foránea cercana a la ubicación del *host IP*.

La optimización del encaminamiento es una propuesta para eliminar el encaminamiento triangular [18]. La idea básica que soporta esta propuesta es la siguiente. El *host IP* envía paquetes encapsulados directamente a la dirección temporal del usuario móvil, de forma tal que no tengan que ser interceptados por el agente foráneo. En la optimización del encaminamiento cierta información asociada a la movilidad del usuario, tal como, su dirección temporal debe ser suministrada al *host IP*.

Un agente local envía un mensaje de actualización que incluye la dirección temporal del usuario móvil al *host IP*, después que, por ejemplo, ha interceptado un paquete que se le está enviando al usuario móvil. El agente local puede requerir un reconocimiento del mensaje anterior y recibir algún mensaje de advertencia indicándole que un *host IP*

se puede beneficiar de una dirección temporal de un usuario móvil. Adicionalmente, un *host* IP puede requerir dicha información de actualización al agente local.

Algunos de los mensajes dirigidos a un usuario móvil se pueden descartar debido a que el mismo se ha movido a otra localidad. Para solucionar este problema, el agente foráneo actual puede registrar la dirección temporal del usuario móvil con el agente foráneo previo. De esta forma, si este último recibe un mensaje dirigido al usuario móvil cuando este ya se ha movido, lo puede reenviar a la nueva dirección temporal.

## 5 Opciones de RSVP para Soportar Servicios Móviles

### 5.1 Problemas de RSVP en Ambientes Móviles

Aunque hemos visto que algunas de las características de RSVP son favorables para el soporte de los servicios adaptativos, existen diversos problemas [15][19][20] derivados del hecho de que este protocolo fue concebido para redes fijas y no móviles. Ellos se resumen a continuación:

1. **Retardo en el establecimiento de las reservaciones:** aunque RSVP pueden reestablecer las reservaciones en las nuevas localidades visitadas por un usuario móvil, este proceso puede causar retardos los cuales pueden no ser tolerados por ciertas aplicaciones. Dichos retardos pueden empeorarse cuando el usuario cambia de localidad frecuentemente. El problema es ocasionado por el hecho de que un nodo debe esperar por el próximo período de actualización de estado para que se puedan establecer los recursos a lo largo del nuevo camino. Este problema puede ser subsanado disminuyendo el tiempo de refrescamiento, pero esto produciría una mayor cantidad de mensajes viajando en la red, lo cual puede ser crítico en redes de bajo ancho de banda. Otra solución es que el *host* IP envíe un mensaje de *Path* inmediatamente después de que recibe la información de enlace proveniente del usuario móvil.
2. **Interrupción del Servicio:** el retardo en el reestablecimiento de la reservación durante periodos de *handoff* puede ocasionar interrupción del servicio los cuales no son tolerados por aplicaciones que tiene un servicio garantizado (ver Sección 2.1) y a las cuales se le han ofrecido ciertos límites en el retardo.
3. **Degradación del servicio o no disponibilidad de los recursos:** la llegada de un usuario a una nueva localidad exige que el usuario renegocie sus niveles de servicio con la red. Esto puede ocasionar que se degraden los niveles de servicio de los usuarios que se encuentran en dicha localidad, sobre todo en aquellas que tienen muchos usuarios. Peor aún, puede ser que durante el proceso de renegociación, el usuario recién llegado no obtenga los niveles de servicio que tenía en su localidad previa. El problema puede ser subsanado manteniendo un registro de las localizaciones que el usuario visitará con mayor probabilidad [20].

Otro aspecto importante a tomar en cuenta cuando se usa IntServ/RSVP en redes móviles es la información de tráfico y de QoS a ser transportada a lo largo de la red. El IETF ha definido dichos parámetros para ambientes fijos [10], los cuales pueden no adaptarse adecuadamente a las características de las redes móviles. Fodor et al [11] presenta una propuesta de ciertos parámetros que complementan los ya definidos para los servicios de carga controlada (ver Sección 2.1).

Cuando RSVP usa los servicios de IP Móvil se presentan otros problemas. Uno de ellos está asociado a la ineficiencia del encaminamiento triangular (ver Sección 4.2). El otro problema es que los mensajes RSVP que viajan desde el emisor al receptor son encapsulados y transportados en otro paquete IP, haciéndolos invisibles a los encaminadores intermedios sobre la ruta entre el agente local y el foráneo (ver Figura 3). Este problema ya ha sido abordado por el IETF, el cual ha propuesto una solución [21].

### 5.2 Modelos de Reservación en Redes Móviles

Varias han sido las propuestas para mejorar el funcionamiento de RSVP en ambientes móviles [15][19][20]. En este artículo, las hemos agrupados de la siguiente manera: *reservaciones en avance*, *optimización de rutas*, *reservaciones dinámicas* y *optimización de los tiempos dinámicos de reservación*.

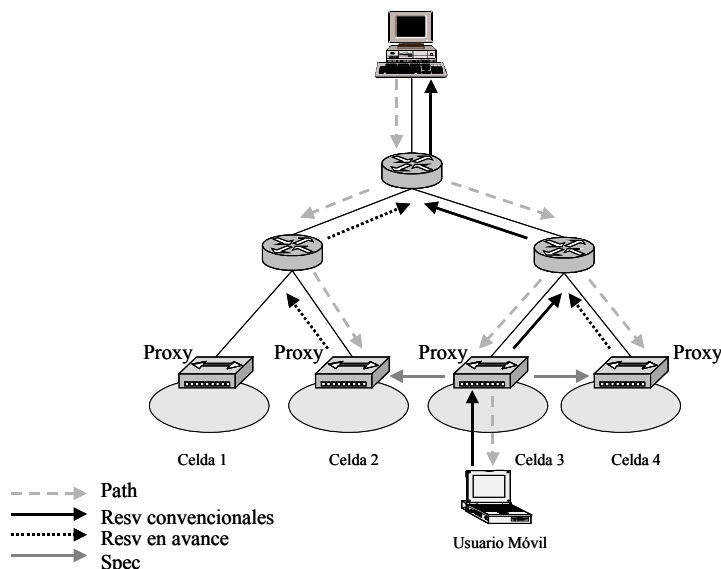
#### 5.2.1 Reservaciones en Avance

El objetivo de las reservaciones en avance es el de reservar recursos no sólo en la localidad donde el usuario móvil se encuentra en un momento dado sino también en las localidades que el usuario móvil podría visitar próximamente. La Figura 4 ilustra el proceso cuando el usuario móvil es el receptor. Los mensajes de *Path* se propagan no sólo a la localidad donde se encuentra el usuario móvil sino también a las localidades que podría visitar el mismo. El usuario móvil inicia el proceso de reservación de la manera convencional a través del intercambio de mensajes de *Resv* como fue explicado en la Sección 2. Adicionalmente, se deben intercambiar mensajes usados para establecer

reservaciones en avance. En la figura, se muestran ciertos elementos denominados *proxies* que realizan reservaciones en nombre de los usuarios móviles cuando estos se encuentran en otras localidades (e.g. ver proxy en la celda 2 de la figura). Un proxy local (i.e. el proxy en la localización actual del usuario) entrega información de enrutamiento y de especificación del flujo (Spec) a los proxies en las localidades a las que el usuario podría moverse próximamente.

Algunas propuestas han sido desarrolladas para las reservaciones en avance. Por ejemplo, Talukdar et al. [20] propone el establecimiento de *reservaciones activas* (reservaciones convencionales) en la localidad actual del usuario y *reservaciones pasivas* en las localidades que el usuario podría visitar próximamente. Estas localidades se especifican a través del MSpec. Cuando un usuario llega a una localidad, las reservaciones pasivas se convierten en activas.

Otra propuesta ha sido planteada por Chen et al. [5]. Los mensajes RSVP son entregados a lo largo de un árbol de multi difusión y encaminados de acuerdo a los protocolos IP de encaminamiento de multi difusión [10]. El árbol de multi difusión se actualiza a medida que un usuario se mueve de una localidad a otra, usando los mecanismos convencionales de multi difusión en IP [7]. La raíz del árbol es el emisor y las ramas constituyen los caminos al usuario móvil en su localidad actual y en las localidades vecinas. Cuando un usuario se mueve, el árbol se actualiza. Los mensajes de Path se propagan a lo largo del árbol hasta la localidad del usuario actual y las vecinas. En las localidades vecinas los proxies invocarán reservaciones predictivas, las cuales son similares a las reservaciones pasivas en la propuesta anterior, mientras que el usuario móvil enviará mensajes de reservación convencionales. Adicionalmente, cuando el usuario móvil llega a una nueva localidad envía mensajes de Spec a los vecinos para que estos puedan unirse al grupo de multi difusión. Similarmente al caso anterior, una reservación predictiva se convierte en convencional cuando el usuario llega a esa localidad.



**Figura 4: Modelo de reservaciones en avance.**

Las ventajas de las reservaciones en avance son que se minimiza el retardo en el establecimiento del servicio debido a los *handoff* y la posibilidad de la interrupción del servicio debido a la movilidad del usuario. Sin embargo, existen algunos problemas asociados al modelo, tales como, el desperdicio de recursos producto de las reservaciones en avance. Adicionalmente, puede no ser sencillo determinar las localizaciones que un usuario visitará próximamente. Para evitar el problema de no disponibilidad de recursos, el usuario tiene que esperar hasta que los recursos estén disponibles en todas las localizaciones (i.e. la actual y las que podría visitar). Otra desventaja es que estas técnicas usualmente requieren extensiones de RSVP para manejar las reservaciones en avance.

Adicionalmente, los mensajes RSVP son encaminados entre el *host* IP y el usuario móvil usando IP Móvil por lo que se pueden presentar los problemas ocasionados por el encaminamiento triangular (ver Sección 4.2).

### 5.2.2 Optimización de Rutas

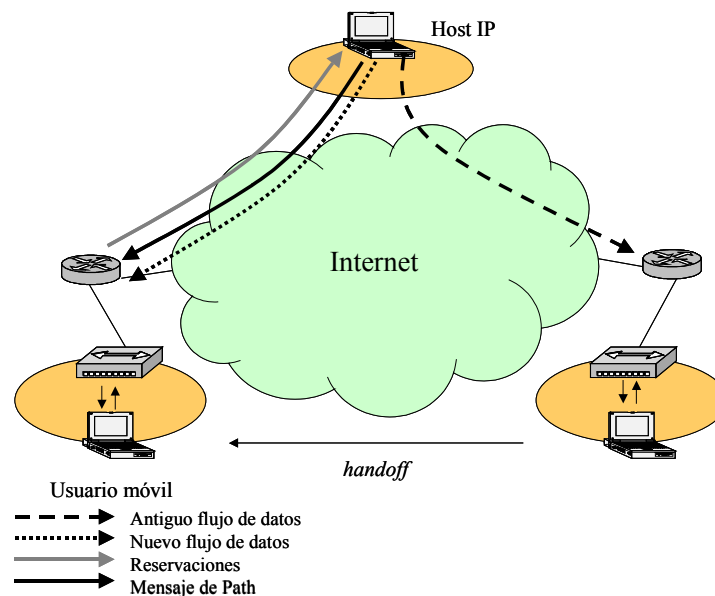
Existe un conjunto de técnicas desarrolladas para mejorar el encaminamiento de los mensajes RSVP en redes móviles. El objetivo de estas técnicas es enviar los mensajes RSVP directamente desde el *host* IP hasta el usuario móvil sin pasar por el agente local (ver Figura 5). Jain et al [14] proponen un mecanismo basado en el registro de la



dirección temporal que adquiere el usuario móvil en una localidad foránea en una base de datos (e.g. el registro de localización local (HRL) en los sistemas celulares 3G). Cuando el *host IP* tiene algo que enviar, primero adquiere la dirección del usuario móvil accediendo esta base de datos y después envía los mensajes RSVP directamente al usuario móvil.

Por otra parte, Chiruvolu et al [6] han propuesto otro mecanismo basado en la optimización de rutas incorporada en IPv6. Cuando un usuario se mueve a una nueva localidad, se activa el proceso de renegociación de recursos a través del intercambio de mensajes RSVP. Cuando el *host IP* obtiene la nueva dirección del usuario móvil a través del proceso de actualización (ver Sección 4.2), puede enviar los mensajes de Path directamente a dicho usuario. Una vez que el usuario móvil recibe el mensaje de Path, puede enviar los requerimientos de reservación hacia el *host IP*.

Las técnicas de optimización de rutas tienen la ventaja de resolver el problema del encaminamiento triangular, sin embargo, ellas no consideran el problema de la disponibilidad de recursos en la nueva localidad visitada por el usuario móvil y el *overhead* de señalización en el que incurre RSVP cuando un usuario se mueve. Adicionalmente, cuando un usuario cambia de localidad puede suceder que existan una serie de encaminadores que sean comunes a la ruta antigua y a la nueva ruta. Esto trae como consecuencia que puedan haber intercambio mensajes de RSVP innecesarios, ya que en una porción de la red los recursos ya estaban reservados. Shen et al. [19] proponen una solución al problema estableciendo reservaciones solo en las porciones que son incorporadas a la nueva ruta del flujo de datos.



**Figura 5: Modelo de optimización de rutas.**

### 5.2.3 Reservaciones Dinámicas

Recientemente se ha propuesto un esquema basado en los tipos de servicio definidos para los Servicios Integrados (ver Sección 2.1) [15]. El esquema consiste en darle preferencia a estos tipos de servicio, otorgándoles mayor prioridad al servicio garantizado, GS, en el momento del *handoff*, la siguiente prioridad al tráfico de carga controlada, CLS, y por último al tráfico del mejor esfuerzo, BES. Adicionalmente, cuando se produce un *handoff* de un tráfico garantizado (GS), él puede hacer uso de los recursos disponibles en la nueva localidad con prioridad sobre el tráfico BES. Cuando el tráfico CLS llega a una nueva localidad se encola después del tráfico BES ya encolado. El tráfico BES nunca es descartado sino encolado en espera de los recursos.

Esta estrategia no está claramente definida. Aunque tiene las ventajas de minimizar la interrupción del servicio cuando se producen el *handoff* y de proporcionar una mejor garantía de los servicios en las nuevas localidades, tiene la desventaja de no controlar el retardo en el establecimiento de las reservaciones producto del tiempo de reacción de los procesos de RSVP en los encaminadores.

### 5.2.4 Optimización de los Tiempos de Refreshamiento

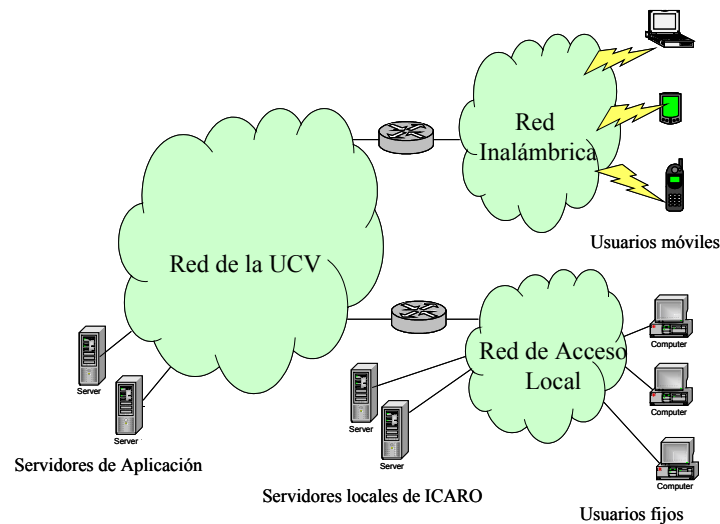
Finalmente, nosotros estamos planteado un esquema que complementa las estrategias anteriores. Este tiene como objetivo optimizar los tiempos de refreshamiento asociados a los mensajes de RSVP, basado en las características de

la red. La idea es poder calcular el valor óptimo de los tiempos de refrescamiento para la información de *Path* y de reservación basado en las características de la red. Este tiempo buscaría minimizar el *overhead* producido por los mensajes RSVP y maximizar el tiempo de respuesta de la red ante los cambios de rutas debido a la movilidad del usuario o de la adaptación de los algoritmos de encaminamiento. Dichos tiempos de refrescamiento, que en la actual especificación de RSVP [4] son fijos, podrían cambiarse dinámicamente para adaptarse a las condiciones de la red siguiendo una estrategia similar a la propuesta en [17].

## 6 Usando RSVP para el Soporte de Aplicaciones en una Red Móvil Experimental

El grupo del Laboratorio de Redes Móviles e Inalámbricas de la Universidad Central de Venezuela (UCV), ICARO, está proponiendo una red móvil / inalámbrica para el soporte de servicios y aplicaciones y el desarrollo de experiencia de investigación en el área [24]. Uno de los puntos de interés de este grupo es el soporte de aplicaciones multimedia usando algunos mecanismos de adaptación, tales como los mencionados en la Sección 3.

La Figura 6 muestra una vista general de la red propuesta. Los usuarios móviles de la Facultad de Ciencias de la UCV se conectarán a través de una red móvil / inalámbrica experimental. Inicialmente, la red móvil abarcará el área donde se encuentra localizado el Laboratorio ICARO, la biblioteca de la Facultad de Ciencias y el Centro para el Procesamiento Paralelo y Distribuido de la Escuela de Computación, dispersos en un espacio de aproximadamente 500 mts. La red inalámbrica estará conectada al *backbone* de la UCV que ya existe y a la red local del laboratorio ICARO donde se desarrollarán aplicaciones y se realizarán pruebas de ciertos mecanismos y protocolos.

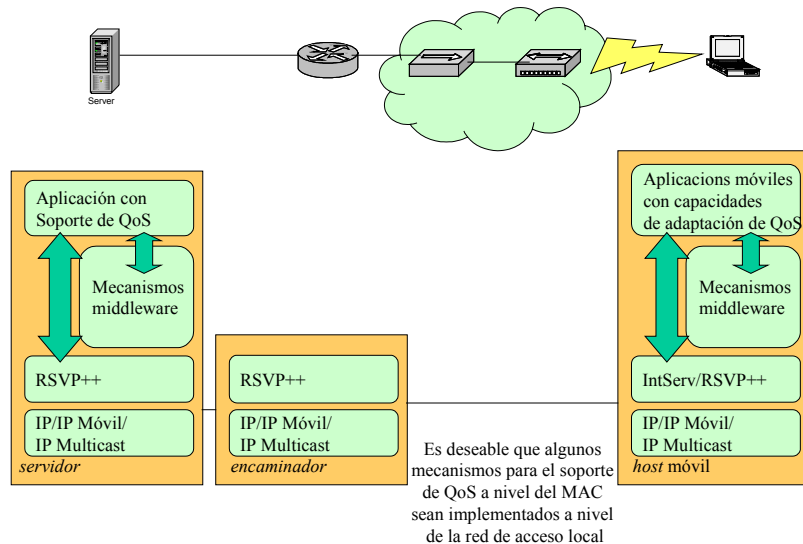


**Figura 6: Vista general de la red de la UCV con soporte para usuarios móviles.**

La Figura 7 muestra los protocolos y mecanismos para el soporte de aplicaciones multimedia móviles en la red descrita anteriormente. Los usuarios móviles usando dispositivos, tales como laptops y computadoras de bolsillo, correrán aplicaciones móviles con capacidades de adaptación de los niveles de servicio. A nivel *middleware* se pueden implementar mecanismos de gestión de recursos como los mencionados en la Sección 3. A nivel de transporte, se plantea el uso de RSVP extendido para el soporte de usuarios móviles (denominado RSVP++) no solo para el mantenimiento de la información de QoS a lo largo del camino del flujo de datos sino también para la comunicación de información de tráfico y QoS a las aplicaciones y componentes *middleware*. La mayor ventaja de RSVP es que los mensajes viajan en ambas direcciones pudiendo comunicar dicha información tanto a los emisores como a los receptores de los datos. Los emisores pueden usar dicha información para, por ejemplo, adaptar la tasa del tráfico que está enviando en un momento dado, mientras que los receptores pueden usar esta información para adaptar los recursos a las condiciones de la red. A nivel de acceso de la red, IP es el protocolo para la entrega de paquetes y debe contar con el soporte de IP móvil y multi difusión. Este último es requerido para el manejo de aplicaciones de multi difusión. Algunos dispositivos móviles podrían no soportar la funcionalidad propuesta debido a su limitación de recursos computacionales. En dicho caso se puede requerir el uso de proxies para realizar estos procesos de gestión de los recursos.

RSVP no opera correctamente en redes de área local, debido a ello han surgido algunas soluciones por parte del IETF [25]. Por lo tanto, para reservar recursos en la parte local de red se necesita cierto soporte de QoS a nivel de la capa 2 de una red local. Algunas de estas opciones han sido descritas en [12].

En el enrutador se deben ejecutar las funciones de transporte realizadas por RSVP++ y de entrega de paquetes con soporte a la movilidad y multi difusión. Finalmente, en los servidores, las aplicaciones multimedia deberían estar en la capacidad de comunicar sus requerimientos de QoS al protocolo de transporte (i.e. RSVP++). Los componentes de *middleware* pueden realizar funciones de gestión de servicio. Entre las capacidades de gestión del servicio se pueden incluir funciones de adaptación y agregación de contenidos antes de enviarlos a un usuario móvil. Note por ejemplo que la información que un dispositivo móvil tal como, una computadora de bolsillo, puede recibir, procesar y desplegar no es igual a la de un *laptop*. Esto lleva a la necesidad de elementos que realicen algún proceso de adaptación de la información antes de ser entregadas a los dispositivos móviles.



**Figura 7: Soporte adaptativo de aplicaciones multimedia en la red propuesta.**

## 7 Conclusiones

Las comunicaciones multimedia móviles ha impulsado la creación de nuevos tipos de servicios capaces de adaptarse a las fluctuaciones en las condiciones de las redes y a la disponibilidad de recursos sobre plataformas heterogéneas. Estos servicios se denominan *adaptativos*. Se pueden encontrar una amplia gamma de técnicas de adaptación en diversos niveles que van desde la aplicación hasta el acceso a la red, siendo el caso ideal el soporte de la adaptación en todos los niveles.

RSVP es el protocolo de señalización para el transporte de QoS desarrollado y soportado por la comunidad de la Internet. Aunque no fue concebido para operar sobre ambientes móviles, varias de sus características lo hacen útil en estos ambientes. En este artículo, los problemas que presenta el protocolo al operar en ambiente móviles se han descritos. Nosotros hemos propuestos ciertos modelos de reservación basados en RSVP los cuales han surgidos de las variantes del mismo para operar sobre ambientes móviles. Estos modelos han sido brevemente analizados en función de sus ventajas y desventajas. De dicho análisis se puede concluir que no hay una propuesta que solvente completamente los problemas de RSVP en estos ambientes, sin embargo, algunas soluciones podrían complementar otras para lograr una solución más integral.

Algunas de las características de RSVP lo hacen un protocolo idóneo para el soporte de servicios adaptativos en ambientes móviles. Entre ellas se encuentra los refrescamientos periódicos, el soporte para cambios de reservación dinámicos y las reservaciones iniciadas por el receptor.

Como parte de una propuesta integral para crear aplicaciones y servicios móviles en la Universidad Central de Venezuela, desarrollar experiencia y probar y analizar mecanismos de comunicaciones a nivel de red y transporte, el grupo de investigadores del recién formado Laboratorio ICARO han propuesto una arquitectura muy simple para el soporte de servicios adaptativos móviles basado en el uso de RSVP. Actualmente, estamos trabajando en esta propuesta y en un futuro tenemos planteado lograr la implementación de estos y otros componentes, tales como los descritos en [12].

## Referencias

- [1] Bernet Y. *The Complementary Roles of RSVP and Differentiated Services in the Full-Service QoS Network*. IEEE Communications Magazine, February 2000, Vol. 38, 2, pp 154-162.
- [2] Braden R. et al. *The Design of the RSVP Protocol*. Internal Report, USC/Information Sciences Institute, June, 1995.
- [3] Braden R., Clark D., and Shenker S. *Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview*. RFC 1633, IETF, June, 1994.
- [4] Braden R. et al. *Resource Reservation Protocol (RSVP) -- Version 1: Functional Specification*. RFC 2205, IETF, Sept., 1997.
- [5] Chen W.T. and Huang L.C. *RSVP Mobility Support: A signaling Protocol for an Integrated Services Internet with Mobiles Hosts*, INFOCOM 2000.
- [6] Chiruvolu G, Agrawal A. and Vandenhoute M. *Mobility Support and QoS support for IPv6 Based Real-Time Wireless Internet Traffic*, IEEE Int'l Conf. Communication, Vol 1., 1999, pp 334-338.
- [7] Comer D. *Internetworking with TCP/IP*. Prentice Hall, 1995.
- [8] Campbell A., Kounavis Michael and Liao R. *Programmable Mobile Networks*. Computer Networks, Vol 31, No 7, April 1999, pp 741-765.
- [9] Davies N. , Blair G., Cheverest K, and Friday A. *Supporting Adaptive Services in a Heterogeneous Mobile Environment*. Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (MCSA), 1994, pp 153-157.
- [10] Durham D. and Yavatkar R. *Inside the Internet's Resource Reservation Protocol*. Wiley, USA, 1999.
- [11] Fodor G. Person F and Williams B. *Proposal on New Service Parameters (Wireless Hints) in the Controlled Load Integrated Service*, Internet draft, July 2001.
- [12] Fineberg V. A *Practical Architecture for Implementing End-to-End QoS in an IP Network*. IEEE Communications Magazine, January 2002.
- [13] Friday A. Davies N., Blair G.S, Cheverest K. *Developing Adaptive Applications: The MOST Experience*. Journal of Integrated Computer Aided Engineering, 6(2), pp 143-157.
- [14] Jain R. et al. *Mobile IP with Location Registers (MIP-LR)*, Internet darft, draft-jain-miplr-01.txt, July 2001.
- [15] Moon B. Y and Aghvani H. *RSVP Extensions for Real-Time Services in Wireless Mobile Networks*. IEEE Communications Magazine, December 2001, pp 52-59.
- [16] Nahrstedt K., Xu Dongyan, Wichadakul D. y Li B. *QoS-Aware Middleware for Ubiquitous and Heterogeneous Environments*. IEEE Communications Magazine, November 2001, pp 140-148.
- [17] Pan P. and Schulzrinne H. *Staged Refresh Timers for RSVP*. Global Telecommunications Conference, GLOBECOM'97, IEEE, Vol. 3, Nov. 1997, pp 1909-1913.
- [18] Perkins C. *Mobile IP*, IEEE Communications Magazine, IEEE, May, 1997, pp 84-99.
- [19] Shen Q. et al. *On Providing Flow Transparency Mobility Support for IPv6 based Real-Time Services*, Proc. MoMuC 2000, Tokyo, Japan, Oct 2000.
- [20] Talukdar A., Badrinath B., and Acharya A. *MRSVP: A Reservation Protocol for and Integrated Services Packet Network with Mobile Hosts*. Tech report TR-337. Rutgers University. <http://brutus.snu.ac.kr/~schoi/mobile-QoS.html>. February, 2000.
- [21] Terzie A. et al., *RSVP Operation over IP Tunnels*, Internet-Draft, IETF, Aug., 1998.
- [22] Tsirigos A. y Haas Z. *Multipath Routing in the Presence of Frequent Topological Changes*. IEEE Communications Magazine, November 2001, pp 132-138.
- [23] Villapol M.E. and Billington J. *Internet Service Quality: A Survey and Comparison of the IETF Approaches*, Telecommunication Journal of Australia, 2000, Vol. 50, No 2, pp 57-69.
- [24] Villapol M.E y Guzmán P.L. *Documento de Formación de ICARO: Laboratorio de Comunicaciones Móviles, Inalámbricas y Distribuidas*. Universidad Central de Venezuela, Mayo 2002.
- [25] Yavatkar R. Et al. *SBM (Subnet Bandwidth Manager): A protocol for RSVP-Based Admission Control over IEEE 802-Style Networks*, RFC 2814, May 2000.
- [26] Zhang L., Estrin D., and Zappala D. *RSVP: A New Resource Reservation Protocol*, IEEE Network Magazine, Sept./Oct., 1993, Vol.7, pp 8-18.