

Gestión Integrada de la Calidad de Servicio para VoIP en Redes UMTS Interconectadas con Redes IP Externas

G. Gómez, R. Cuny, H. Montes y J. F. Paris*

Nokia Networks, IP Mobility Networks, WNP-Málaga SCT, P.T.A, Málaga (Spain)

*Dept. Ingeniería de Comunicaciones, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos s/n, Málaga (Spain)

E-mail: {ext-gerardo.gomez, renaud.cuny, ext-hector.montes}@nokia.com, paris@ic.uma.es

Abstract. In this work, an end-to-end Quality of Service (QoS) framework for Voice over IP (VoIP) services when UMTS interworks with an external IP packet data network (IP-PDN) is described. For this scenario, the interaction between UMTS and IETF's protocols and mechanisms for a VoIP call is analyzed. By signaling flowcharts, it is shown that both groups of protocols and mechanisms can cooperate to provide seamless end-to-end VoIP services. Finally, a more detailed description of the interaction between UMTS and RSVP protocols is tackled, proposing a possible solution about the mapping between the QoS attributes used by both protocols.

1 Introducción

Los servicios de Voz sobre IP (*Voice over IP*, VoIP), como la telefonía sobre IP, se encuentran de plena actualidad en el negocio de las redes móviles [1]. La capacidad de proveer servicios VoIP es un aspecto clave para la evolución hacia las redes de telefonía basadas en conmutación de paquetes IP. Una tendencia de estandarización interesante es el desarrollo de una arquitectura basada en IP para UMTS que permita la convergencia entre las redes de telefonía y las tecnologías basadas en IP [2].

La gestión y el control de la calidad de servicio entre usuarios finales representa uno de los principales desafíos en UMTS. La capacidad de suministrar calidad de servicio extremo a extremo implica que los operadores de Redes Móviles (*Public Land Mobile Networks*, PLMN) deberán ofrecer servicios portadores, entre origen y destino, con unas características muy concretas. En UMTS versión 1999 se aborda el problema de la garantía de la calidad de servicio para un servicio portador dentro de UMTS [3]. Sin embargo, para extender dicho servicio portador de extremo a extremo y con garantías de calidad, deberá tenerse en cuenta la interacción con las Redes de Paquetes externas basadas en IP (*IP Packet Data Networks*, IP-PDN). Esta necesidad ya se ha identificado para la versión 4 y posteriores de UMTS.

Para proporcionar un servicio portador extremo a extremo de VoIP con una determinada calidad de servicio, deben tenerse en cuenta dos aspectos básicos: la calidad de servicio y el control de la llamada. En primer lugar debe abordarse la interacción entre los protocolos de calidad de servicio usados en UMTS y los protocolos y mecanismos usados en las IP-PDNs. En segundo lugar, una vez establecida la arquitectura de calidad de servicio extremo a extremo, los servicios VoIP requieren que los mecanismos y protocolos de calidad de servicio,

tanto de UMTS como de las redes externas IP-PDN, cooperen con los protocolos de control de llamada como el *Session Initiation Protocol* (SIP) del IETF o el H.323 del ITU.

En este trabajo se analiza, mediante diagramas de flujo, la integración de la calidad de servicio entre UMTS y IP-PDNs para las distintas fases de una llamada VoIP de manera conjunta con el control de dicha llamada. Se presta especial atención a la señalización en el plano de control para el establecimiento y liberación de la llamada. Para la reserva de recursos en la IP-PDN externa se ha considerado el uso del *Resource Reservation Protocol* (RSVP) del IETF [4], así como la utilización de SIP para el control de la llamada al nivel de aplicación [5].

El resto de este artículo está organizado como se detalla a continuación. En la sección 2 se describe la arquitectura de calidad de servicio extremo a extremo para el escenario considerado. En la sección 3 se presenta el análisis de la señalización para una llamada VoIP. En la sección 4 se profundiza en la interacción entre los protocolos UMTS y RSVP. En la sección 5, se plantea la posibilidad de incorporar a la arquitectura de la sección 2, protocolos del IETF específicos para preservar la calidad de servicio durante la llamada en el plano de usuario. Por último, en la sección 6 se establecen las conclusiones finales.

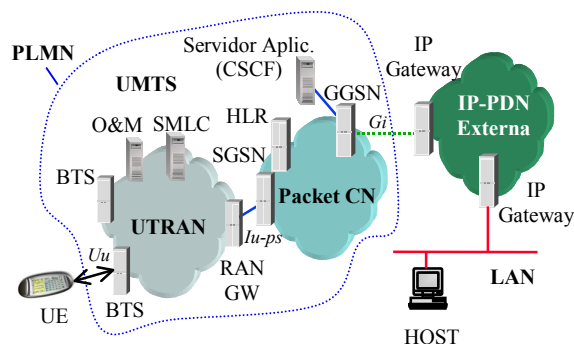


Figura 1: Arquitectura de red extremo a extremo.

2 Arquitectura para la Calidad de Servicio Extremo a Extremo

2.1 Descripción General

En la Fig.1 se muestra una visión general de la arquitectura de red considerada, cuando UMTS interactúa con redes externas de datos basadas en IP. En [6] y [7] pueden encontrarse descripciones detalladas de las entidades, interfaces y protocolos en UMTS, que suponemos son familiares para el lector. Además del Equipo de Usuario (*User Equipment*, UE), las principales entidades involucradas en la gestión de la calidad de servicio son:

- *UMTS Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN)
- *Serving GPRS Support Node* (SGSN)
- *Gateway GPRS Support Node* (GGSN)
- *Nodos RSVP: IP Gateways, IP routers* intermedios y el *host*.

La calidad de servicio extremo a extremo en UMTS versión 4 y posteriores se basa en el concepto de Servicio Portador IP (*IP Bearer service*, IP BS). Como se muestra en la Fig. 2, un servicio portador IP consiste en la extensión del servicio portador UMTS definido en la versión 1999 [3] para tener en cuenta la calidad de servicio en la IP-PDN externa.

RSVP se usa para la coordinación del control de admisión en la red externa y para la reserva de recursos en cada nodo RSVP. En el modelo considerado, el GGSN soporta RSVP y es el nodo encargado de la negociación de calidad de servicio entre la red UMTS y la red externa IP-PDN. Se supone que el UE no soporta RSVP.

El modelo basado en políticas para IP (*IP Policy Model*) permite crear una arquitectura integrada para la gestión de los servicios portadores IP. Las políticas representan acuerdos en el nivel de servicio (*Service Level Agreements*, SLAs) entre proveedores de servicio y usuarios. Los SLAs especifican un conjunto de reglas acordadas para el control de admisión, de forma que ésta no se base únicamente en la disponibilidad de los recursos solicitados, sino en otros parámetros como: calidad de servicio, seguridad u otros aspectos de funcionamiento de red.

En la Fig. 2 se observa el uso del protocolo *Common Open Policy Service* (COPS) [8] del IETF entre el *Policy Control Function* (PCF), situado en principio en un servidor de políticas, y el *Policy Enforcement Function* (PEF) situado en el GGSN. En el modelo de políticas de tipo *outsourcing*, el PCF responde activamente a las peticiones provenientes del PEF.

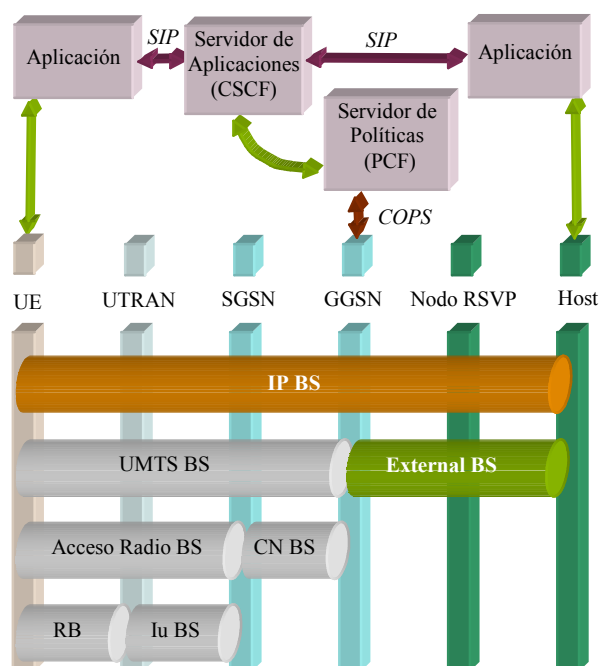


Figura 2: Arquitectura de calidad de servicio extremo a extremo

El PEF en el GGSN recibe decisiones del PCF, pudiendo actuar como una puerta que restringe el conjunto de destinos IP alcanzables por un determinado servicio.

2.2 Integración del Control de la Llamada y los Mecanismos de Calidad de Servicio

Al igual que en redes de conmutación de circuitos, las redes de conmutación de paquetes necesitan alguna entidad encargada de coordinar las llamadas VoIP mediante el protocolo SIP. En UMTS, esta entidad se conoce como *Call State Control Function* (CSCF) y suele estar localizada en el servidor de aplicaciones, donde también se podría ubicar el PCF (ver fig. 1 y 2). Bajo esta suposición, la información referente a las llamadas puede ser compartida por ambas entidades (CSCF y PCF), por lo que únicamente se necesita un interfaz abierto (COPS) para interactuar con el GGSN.

3 Análisis de una Llamada VoIP con Calidad de Servicio

3.1 Descripción del Escenario

En esta sección se presenta el análisis de un servicio VoIP a través de la arquitectura de red representada en la Fig.1. El estudio se centra en una llamada VoIP originada por el UE hacia el *host* situado en la red externa, de manera que se requieren características específicas de calidad de servicio. Se ha asumido la necesidad de usar dos *Packet Data Protocol* (PDP) *Contexts* en UMTS (ver [6]).

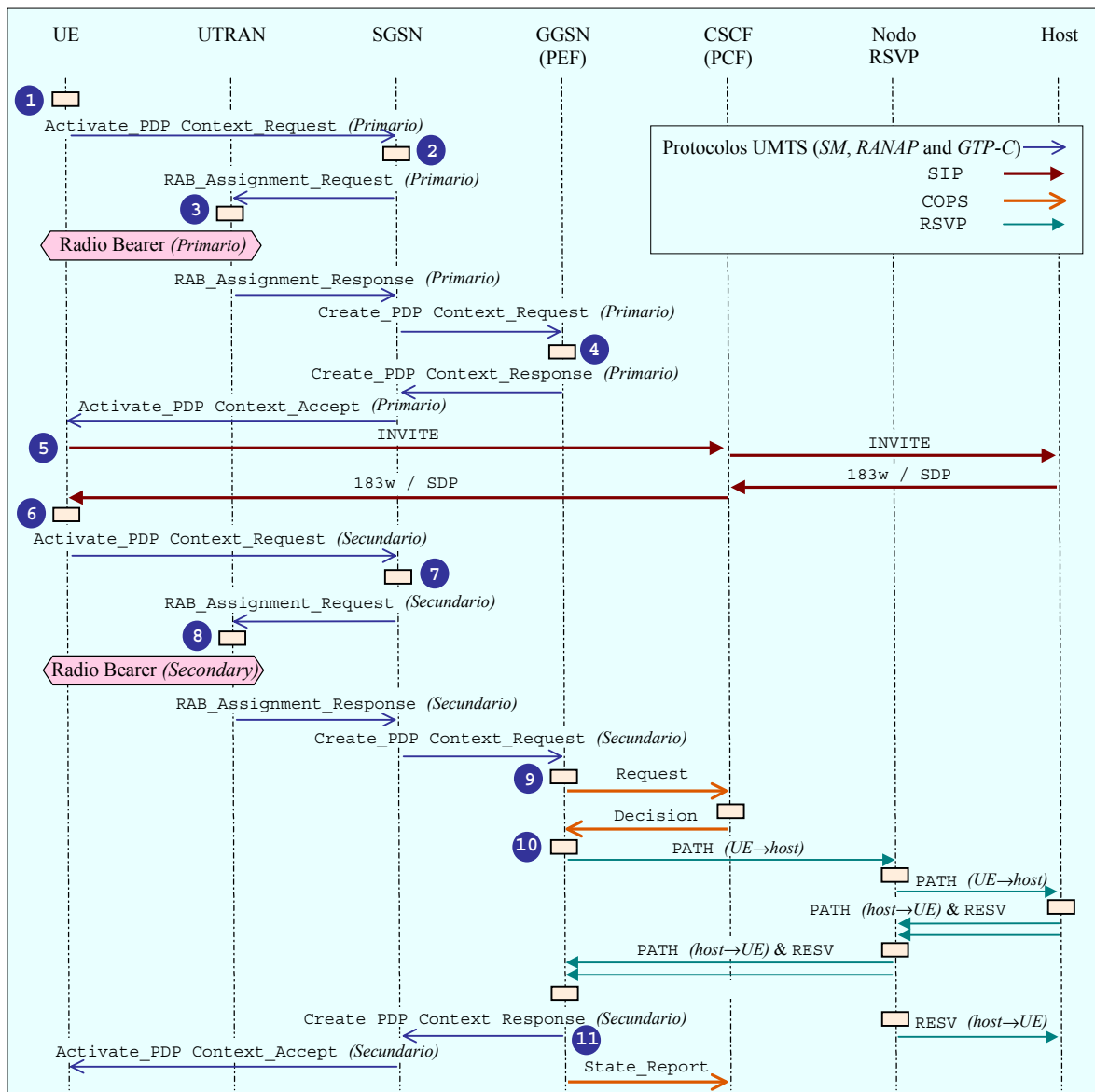


Figura 3: Diagrama de flujo del establecimiento de llamada.

El *PDP Context* primario se dedica a la señalización en el plano de control (SIP), mientras que el *PDP Context* secundario se usa para los datos de usuario y el control de dichos datos (p.e. *Real Time Protocol (RTP)* y *Real Time Control Protocol (RTCP)*). Como se explica posteriormente, la duración de la llamada se puede dividir cronológicamente en tres fases: establecimiento de la llamada, utilización del servicio y liberación de la llamada.

3.2 Establecimiento de la Llamada

Esta fase se extiende desde la petición de la activación del servicio por parte del UE hasta el momento en el cual la aplicación comienza a enviar datos de usuario. Toda la señalización asociada a esta fase es soportada por el plano de control a través de diferentes funciones de gestión de la calidad de servicio como son: gestión del servicio portador, suscripción, translación y admisión (ver [3] para más detalles). Estas funciones del plano de control están distribuidas en diferentes capas a través de

varias entidades de la red. Asumiendo que el establecimiento de la llamada es satisfactorio, en la Fig. 3 se muestra un diagrama de flujo con una descripción detallada del desarrollo de esta fase.

Paso 1- Los requisitos de calidad de servicio de la aplicación son mapeados en atributos de calidad de servicio de UMTS. Puesto que el primer *PDP Context* es usado para señalización SIP, éste requiere baja velocidad binaria y alta fiabilidad. Por tanto, para este caso, resulta apropiado un perfil de calidad de servicio con clase de tráfico *Interactive*, alta prioridad y baja tasa de error. Un mensaje desde el UE al SGSN a nivel del protocolo *Session Management (SM)* inicia el procedimiento de activación del *PDP Context* primario.

Paso 2- Después de que el SGSN valide el servicio a dicho usuario, éste realiza un control de admisión basado en su estado interno, comprobando los *buffers*, carga de la CPU, etc... Posteriormente, el SGSN mapea los atributos de calidad de servicio en

atributos de servicios portadores al nivel de acceso radio (*Radio Access Bearer*, RAB, ver Fig.2), disparando un procedimiento de asignación de RAB en UTRAN mediante el *Radio Access Network Application Protocol* (RANAP).

Paso 3- El control de admisión en UTRAN está basado principalmente en la disponibilidad de recursos radio. Una vez que el nuevo *PDP Context* se ha aceptado, los atributos RAB son mapeados a parámetros *Radio Bearer* (RB) correspondientes a las capas física y de enlace (como los códigos de ensanchamiento, necesidad de retransmisiones,...). Tras establecer un RB de estas características, el SGSN utiliza el *GPRS Tunneling Protocol* en el plano de control (GTP-C) para indicar al GGSN el establecimiento del *PDP Context*.

Paso 4- Debido a que el primer *PDP Context* no se usa para tráfico de tipo tiempo real, no se requiere realizar reserva de recursos en la red externa. El GGSN realiza un control de admisión similar al realizado por el SGSN y, posteriormente, notifica al SGSN el correcto establecimiento del *PDP Context*. El SGSN lo notifica al UE mediante un mensaje con el protocolo SM.

Paso 5- Una vez que el servicio portador está disponible para la señalización SIP, se inicia un diálogo a nivel de aplicación entre el UE y el *host*, intermediado por el CSCF, con el objeto de establecer una sesión SIP. En este paso, se realiza la negociación de los parámetros de la aplicación (codificadores de voz, etc...) [9].

Pasos 6 a 8- El procedimiento de activación del *PDP Context* secundario se realiza de forma similar a la descrita en los pasos 1, 2 y 3. Sin embargo, existen algunas diferencias debido a que el *PDP Context* secundario se va a emplear para datos de usuario VoIP. Ello implica que el perfil de calidad de servicio de este *PDP Context* ha de utilizar clase de tráfico *Conversational*, unos requisitos de retardo de transferencia severos (media y varianza) y una tasa de error no demasiado estricta. Además, se necesita realizar reserva de recursos en toda la red para soportar el perfil de calidad de servicio descrito para la llamada de VoIP.

Paso 9 - Una vez que el GGSN lleva a cabo un control de admisión local basado en su propia capacidad, similar al realizado por el SGSN, éste consulta al PCF (localizado junto al CSCF en el servidor de aplicaciones) enviando un mensaje mediante el protocolo COPS.

Paso 10 - El GGSN mapea los atributos de calidad de servicio UMTS en atributos RSVP con objeto de comenzar la reserva de recursos en la red

externa. Esta translación de parámetros no es directa ya que no hay una correspondencia entre ambos tipos de atributos (por ejemplo, no existe atributo de retardo en RSVP, véase la sección 4 para más detalles). En cada nodo RSVP se lleva a cabo un control de admisión y, finalmente, se establece un camino bidireccional con los recursos necesarios a lo largo de la IP-PDN externa.

Paso 11 - El GGSN confirma al SGSN y al PCF el establecimiento del *PDP context* secundario. Para finalizar, el SGSN envía el correspondiente mensaje SM al UE, de forma que éste conozca el fin de la fase de establecimiento de llamada.

3.3 Utilización del Servicio

Una vez que la aplicación del UE tiene el servicio portador IP apropiado para VoIP, el tráfico de datos de usuario y de control de datos pueden ser dirigido hacia el *host* externo. Durante la utilización del servicio, la calidad de servicio negociada se mantiene gracias a varios mecanismos pertenecientes a diferentes capas y entidades en el plano de usuario: mapeado, clasificación, condicionamiento del tráfico y gestión de los recursos [3]. Existen diversos protocolos del IETF relacionados con la calidad de servicio en el plano de usuario (*Diffserv* y MPLS), tal y como se describe en más detalle en la sección 5. No obstante, cuando el plano de usuario no es capaz de preservar la calidad de servicio negociada, puede dispararse un procedimiento de modificación del *PDP Context* secundario iniciado por diferentes entidades de UMTS: UE, UTRAN, SGSN y GGSN. Este procedimiento en el plano de control permite renegociar el antiguo perfil de calidad de servicio para el *PDP Context* secundario, siempre que el UE acepte la calidad ofrecida por la red en dicha renegociación [6].

3.4 Liberación de la Llamada

En la Fig. 4 se muestra un diagrama de flujo con una propuesta para el procedimiento de liberación de la llamada.

Paso 1 - La aplicación en el UE indica al CSCF su intención de finalizar la sesión SIP. Este mensaje es reenviado al *host* externo.

Paso 2 - El CSCF fuerza en el GGSN la desactivación del *PDP Context* secundario.

Paso 3 - El SGSN se encarga de indicar al UE que el *PDP Context* secundario ha sido desactivado y que los recursos reservados en UTRAN (p.e. el servicio portador radio) van a ser liberados.

Paso 4 - El *host* externo recibe la aceptación de la finalización de la sesión mediante un mensaje

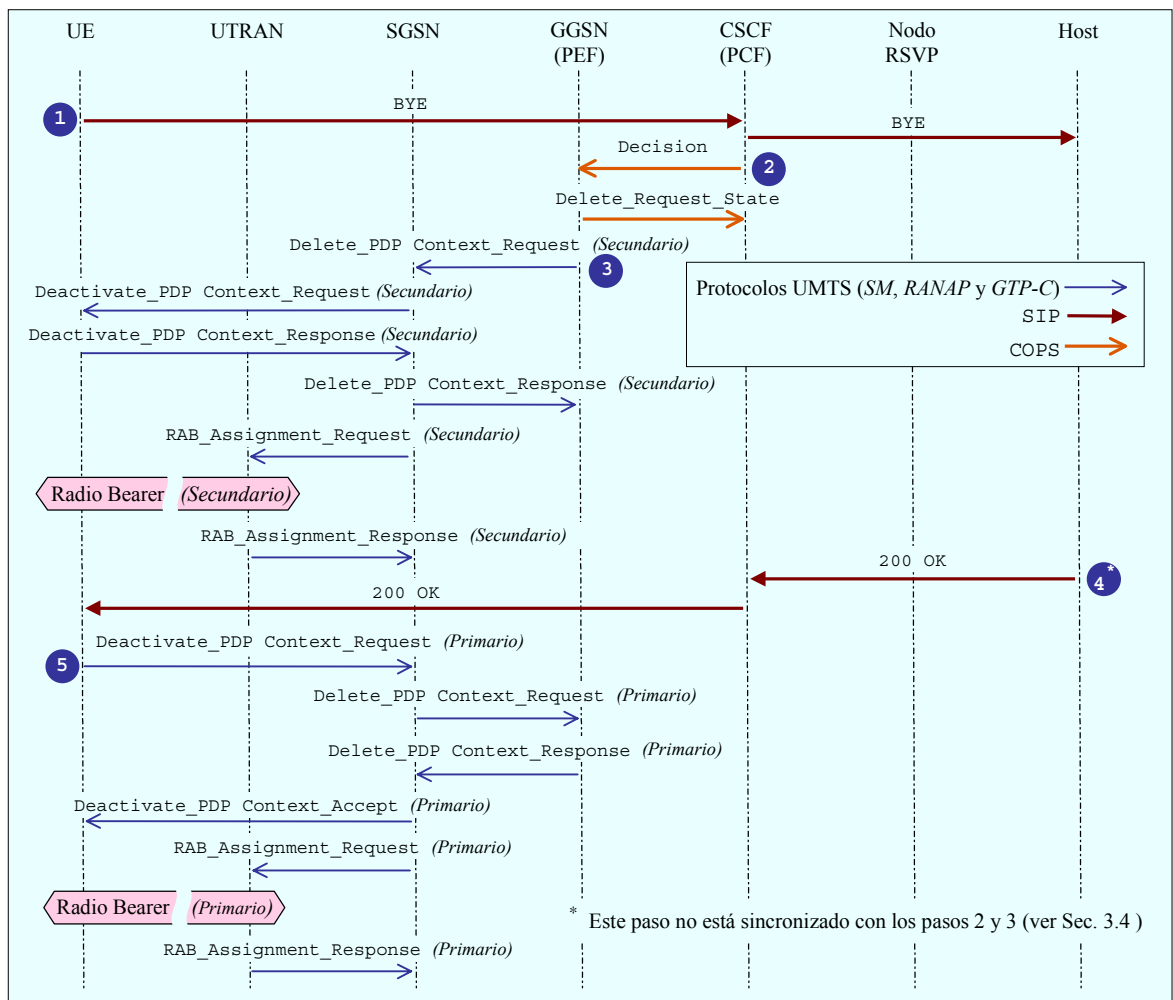


Figura 4: Diagrama de flujo para la liberación de llamada.

200 OK. Este paso no está necesariamente sincronizado con los pasos 2 y 3, ya que dicho mensaje puede ser recibido con anterioridad a los pasos 2 y 3 en el nivel de aplicación del UE.

Paso 5 - El UE dispara el procedimiento de desactivación del *PDP Context* primario. Aunque este paso es consecutivo al paso 4, también se podría superponer en el tiempo al paso 3, cuando el mensaje 200 OK, así como el mensaje `Deactivate_PDP Context_Request` son recibidos por el UE durante el paso 3. Realmente, es en este punto del desarrollo del paso 3 cuando el UE sabe que el *PDP Context* secundario se está desactivando, por lo tanto ya no se necesita más el primer *PDP Context* para señalización SIP.

Otra posible solución alternativa para la liberación de la llamada, podría estar basada en cierta señalización COPS añadida entre el CSCF y el GGSN cuando el CSCF recibe el mensaje 200 OK desde el *host* externo. En este punto, el GGSN podría disparar la desactivación del primer *PDP Context* en lugar del UE. Esta alternativa permitiría mayor control por parte de la red de todo el proceso de liberación. El principal inconveniente de esta solución es que

introduce mayor retardo y redundancia de señalización en el plano de control.

4 Interacción de RSVP con UMTS

Como se comentó en la sección 3.2, la interacción entre los protocolos UMTS y RSVP llevada a cabo en el GGSN no es inmediata, ya que no existe una correspondencia directa entre los atributos de calidad de servicio soportados por ambos.

El primer paso para la utilización del protocolo RSVP es la creación del camino que seguirá el flujo de datos con los requisitos de calidad de servicio necesarios. El mensaje RSVP que realiza este cometido es el mensaje `PATH`. Cada emisor transmite mensajes `PATH` en el sentido del flujo de datos por las rutas proporcionadas por el protocolo de encaminamiento. En el caso de un servicio bidireccional, como el de VoIP para telefonía, se requiere el envío de estos mensajes en ambos sentidos. El mensaje `PATH` contendrá información para definir el tipo de tráfico que el emisor espera generar. Esto servirá a los receptores a la hora de calcular las necesidades de calidad de servicio, de forma que dicho tráfico se reciba correctamente.

En este primer paso surge el problema de la correspondencia entre el perfil de calidad de servicio que la aplicación en el UE ha solicitado, el cual viaja en el *PDP Context* secundario hacia el GGSN, y los atributos de calidad de servicio soportados por el protocolo RSVP.

Es importante destacar la carencia de ciertos atributos de calidad de servicio en RSVP, como son el retardo de transferencia u otros atributos referentes a errores y prioridades entre flujos con respecto a los atributos UMTS. En la Tabla 1 se muestra una posible solución de compromiso para establecer una correspondencia entre ambos tipos de atributos.

Tabla 1: Correspondencia entre atributos UMTS y RSVP.

Atributos UMTS	Atributos RSVP
<i>Traffic Class</i>	<i>Service Class</i>
<i>Maximum Bitrate</i>	<i>Peak Data Rate</i>
<i>Guaranteed Bitrate</i>	<i>Token Bucket Rate</i>
<i>Maximum SDU Size</i>	<i>Maximum Packet Size</i>
<i>Delivery Order</i>	-
<i>SDU Format Information</i>	-
<i>SDU Error Ratio</i>	-
<i>Residual Bit Error Ratio</i>	-
<i>Delivery of Erroneous SDUs</i>	-
<i>Transfer Delay</i>	-
<i>Traffic Handling Priority</i>	-
<i>Allocation/Retention Priority</i>	-
-	<i>Token Bucket Size</i>
-	<i>Rspec (Rate/Slack Term)</i>
-	<i>Minimum Policed Unit</i>

Una vez establecido el camino, cuando un nodo RSVP que recibe un datagrama IP perteneciente a una de las reservas que tiene instaladas, debe enviar el paquete de datos siguiendo el camino en el que se ha instalado la reserva. El estado de reserva en cada nodo del camino debe ser refrescado periódicamente, dado que sólo son válidos durante un cierto periodo de tiempo, por lo que se dice que los estados RSVP en los nodos son blandos (*soft states*) en el sentido de que deben refrescarse continuamente.

Esta característica de RSVP implica un exceso de señalización, que unido a la señalización previa necesaria para el establecimiento del camino, resulta un inconveniente para su uso dentro de la red UMTS. Este continuo envío de mensajes entre *routers* puede dar lugar a cuellos de botellas en la red de transporte. Además, un nuevo camino tendría que establecerse para cada *handover* que ocurriera en la red. Esto conllevaría un retardo inaceptable para servicios VoIP como el que se analiza en este trabajo.

Por este motivo, otros mecanismos de calidad de servicio en plano de usuario serían más adecuados dentro de UMTS, como son *Differentiated Services (DiffServ)* [10] o *MultiProtocol Label Switching (MPLS)* [11], ambos del IETF.

5 Utilización de *DiffServ* y MPLS

Una vez establecido el *PDP Context* secundario, la red dispone de los recursos necesarios para comenzar el servicio VoIP. Sin embargo, se hace necesaria la utilización de algún mecanismo añadido en el plano de usuario encargado de diferenciar flujos con diferentes requisitos de calidad de servicio y tratarlos de forma diferente, ya sea dándoles diferente prioridad y/o enviándolos por caminos distintos. Esta es la filosofía de funcionamiento de los protocolos *DiffServ* y MPLS, respectivamente.

DiffServ se basa en la utilización de un campo de 8 bits situado en la cabecera de los paquetes IP denominado *DiffServ CodePoint (DSCP)*. Todos los paquetes marcados con el mismo DSCP deben sufrir el mismo tratamiento por los *routers* dentro de la red, es decir, tienen la misma prioridad para ser reenviados al siguiente *router*. Esta característica se denomina “comportamiento por salto” (*Per-Hop-Behavior, PHB*). Con *DiffServ*, los *routers* no necesitan almacenar ningún tipo de información acerca de los flujos, como ocurre en RSVP.

Mediante este mecanismo, una vez comenzado el envío de los paquetes de voz, éstos deberían ser marcados con alta prioridad de manera que el retardo experimentado por dichos paquetes en cada *router* sea inferior al de otros paquetes con requisitos de calidad de servicio más relajados.

Con MPLS, el reenvío de los paquetes IP se simplifica mediante el uso de etiquetas de pequeño tamaño que identifican a los diferentes flujos. De esta forma no es necesario procesar la extensa cabecera IP para el reenvío de los paquetes.

A diferencia de *DiffServ*, en el cual se marcan los paquetes para determinar la prioridad de ese paquete frente a otro dentro de un *router*, con MPLS se marcan los paquetes para determinar el salto al siguiente *router*, de forma que todos los paquetes con la misma etiqueta deben seguir el mismo camino (*Label Switching Path, LSP*). El reenvío de los paquetes se basa en una conmutación de la etiqueta en cada salto (al igual que ocurre en ATM).

Ambos mecanismos de calidad de servicio podrían ser aplicados simultáneamente en UTRAN, ya que son mecanismos independientes que funcionan en niveles diferentes de la capa de protocolos. La utilización combinada de ambos protocolos con RSVP dentro de UTRAN sería poco recomendable según lo expuesto en la sección 4.1.

En la red externa, todos ellos (RSVP, *DiffServ* y MPLS) se podrían utilizar conjuntamente, dependiendo de la complejidad de la IP-PDN en cuestión.

6 Conclusiones

En el presente trabajo, se describe en primer lugar la arquitectura de calidad de servicio extremo a extremo para servicios VoIP cuando UMTS se interconecta con una red externa IP-PDN.

En segundo lugar, se presenta una propuesta para la coordinación entre los mecanismos y protocolos IETF y UMTS en una llamada VoIP. En tal propuesta se han considerado protocolos del IETF relacionados con la calidad de servicio en el plano de control y para el control de la llamada, a saber: RSVP, COPS y SIP. Mediante diagramas de flujo de señalización, se muestra que es posible una coordinación apropiada para cada fase de la llamada VoIP.

Finalmente, se ha analizado la posibilidad de emplear en el escenario descrito, otros mecanismos del IETF relacionados con la calidad de servicio en el plano de usuario durante la fase de utilización del servicio (*Diffserv* y MPLS).

Agradecimientos

Este trabajo está subvencionado por Nokia Networks. Los autores quieren agradecer a Z. C. Honkasalo y J. M. Melero su apoyo e interesantes comentarios.

Referencias

- [1] H. C. H. Rao, Y. B. Lin, and S. L. Cho, "iGSM: VoIP service for mobile networks", IEEE Comm. Mag., vol. 4, pp. 62-69, Apr. 2000.
- [2] 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and Systems Aspects, "Architecture for an all IP network", TR 23.922 v1.0.0
- [3] 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and Systems Aspects, "QoS concept and architecture", TS 23.107 v3.1.1, 2000
- [4] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, and S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) version 1 functional specification", IETF RFC 2205, Sept.1997
- [5] M. Handley, H. Schulzrinne, E. Schooler, and J. Rosenberg, "SIP: Session Initiation Protocol", IETF RFC 2543, March 1999
- [6] 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and Systems Aspects, "General Packet Radio Service (GPRS); service description; stage 2", TS 23.060 v3.2.1, 2000
- [7] 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and Systems Aspects, "Architectural principles for release 2000", TR 23.821 v0.2.0, 2000
- [8] R. Braden, et al., "The COPS (Common Open Policy Service) protocol", IETF RFC 2748, Jan. 2000
- [9] Alan B. Johnston, "SIP. Understanding the Session Initiation Protocol", Artech House, 2001
- [10] S. Blake, D. Black, M. Carlson, Z. Wang and W. Weiss, "Architecture for Differentiated Services", IETF RFC 2475, Dec. 1998
- [11] A. Viswanathan, and R. Callon, "Multi-protocol Label Switching Architecture", IETF RFC 3031, Jan. 2001