

Propuesta para la extensión extremo a extremo de la calidad de servicio en redes de cuarta generación

Iván Vidal, Jaime García, Francisco Valera, Ignacio Soto, Arturo Azcorra
Universidad Carlos III de Madrid
Departamento de Ingeniería Telemática
Avda. Universidad, 30. 28911, Madrid
Correo Electrónico: {ividal,jgr,fvalera,isoto,azcorra}@it.uc3m.es

Resumen

Hoy en día existen numerosas iniciativas de investigación en el campo de las redes de próxima generación, con el principal objetivo de integrar las diferentes tecnologías de acceso actualmente desplegadas en el mercado para proporcionar servicios Triple Play (voz, video y datos). A este respecto, el grupo TISPAN, dentro de ETSI, está trabajando en la especificación de una red de próxima generación basada en el Subsistema Multimedia IP (IMS) como arquitectura de señalización de servicios. Sin embargo, las especificaciones publicadas por TISPAN hasta la fecha únicamente consideran mecanismos de provisión de calidad de servicio en la red de acceso, no teniendo en cuenta el entorno residencial del usuario. En este escenario, la figura de una pasarela residencial puede jugar un papel vital. En este artículo se propone una arquitectura para una pasarela residencial que permite configurar automáticamente la calidad de servicio en un entorno residencial conectado a una red compatible con la red de próxima generación de TISPAN. La arquitectura soporta, asimismo, configuración directa por parte del proveedor desde la red de acceso.

1. Introducción

El desarrollo de especificaciones para redes de próxima generación ha introducido un nuevo paradigma de red que proporciona las características y capacidades necesarias para asegurar la provisión de los nuevos servicios multimedia de valor añadido sobre las tecnologías de acceso de banda ancha que actualmente están siendo desplegadas en el mercado. De acuerdo con la definición proporcionada por el ITU-T, estas redes se basan en tecnologías de conmutación de paquetes (como el protocolo IP) y proporcionan soporte de calidad de servicio (QoS) en el transporte de la información, garantizando la independencia entre las funciones de control de los servicios y las tecnologías de transporte en las que estos se basan, y soportando al mismo tiempo la movilidad de usuarios y servicios.

Un componente clave en numerosas arquitecturas de redes de próxima generación es el subsistema multimedia IP (IMS), introducido en la versión 5 de estándares del 3GPP en 2002 como una arquitectura basada en IP para señalar los nuevos servicios multimedia de valor añadido con requisitos de calidad de servicio previstos para UMTS. Sin embargo, y aunque IMS fue conceptualmente diseñado para ser independiente de la tecnología de la red de acceso, los estándares desarrollados por el 3GPP se basan principalmente en la red de acceso de UMTS. A este respecto, en 2004 ETSI y 3GPP comienzan a cooperar en el grupo TISPAN, tratando de extender IMS a otras redes de acceso, como xDSL, Ethernet o *Wireless LAN*. Como resultado de este trabajo, la primera versión de estándares para la red de próxima generación de TISPAN [1] fue publicada a principios de 2006. Con respecto a la calidad de servicio, la red de acceso es considerada el segmento de transporte más crítico, de modo que las especificaciones correspondientes a esta primera

versión no contemplan mecanismos de provisión de calidad de servicio en el entorno residencial ni en el núcleo de la red. Sin embargo, la calidad de servicio real percibida por el usuario es extremo a extremo, y mientras que en el núcleo de la red se puede asumir que este problema puede resolverse mediante sobredimensionamiento, el soporte de calidad de servicio en el entorno residencial presenta un problema mayor.

Por otro lado, existen otras iniciativas igualmente relevantes en relación al paradigma de las redes de próxima generación, entre las que se encuentra el proyecto europeo MUSE [2] (*Multi Service Access Everywhere*). En MUSE, el ámbito de aplicación de la calidad de servicio cubre el camino completo de comunicación extremo a extremo entre usuarios finales. En concreto, en el entorno residencial del usuario, la calidad de servicio se proporciona mediante una figura clave: la pasarela residencial

Sin embargo, en el modelo definido actualmente por TISPAN únicamente se considera provisión de calidad de servicio en la red de acceso. En este artículo se propone una ampliación de dicho modelo que permite extender la provisión de la calidad de servicio al entorno residencial del usuario final, utilizando para ello una pasarela residencial.

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera. En el siguiente apartado se revisa brevemente la arquitectura de provisión de calidad de servicio especificada en la primera versión de estándares de la red de próxima generación de TISPAN. En el apartado 3 se describe la arquitectura de la pasarela residencial desarrollada en el proyecto MUSE dentro del ámbito de redes de acceso de alta velocidad. En el apartado 4 se proponen extensiones sobre la arquitectura del RGW para soportar la configuración automática de

la calidad de servicio en un entorno residencial de la red de próxima generación de TISPAN. Finalmente, el apartado 5 concluye el artículo resumiendo las principales contribuciones presentadas así como las líneas de investigación futuras.

2. Gestión de la calidad de servicio en la red de próxima generación de TISPAN

En esta sección se presenta una breve descripción de la arquitectura de provisión de calidad de servicio en la primera versión de la red de próxima generación de TISPAN. La arquitectura funcional de esta red se describe con detalle en [3] y el resto de este artículo sigue la terminología definida por TISPAN. La figura 1 muestra una visión simplificada de dicha arquitectura para facilitar la lectura de este documento.

2.1. Control de admisión y recursos en la red de próxima generación de TISPAN

El subsistema RACS [4] (*Resource and Admission Control Subsystem*) es la entidad funcional que, en la red de próxima generación de TISPAN, provee los mecanismos de reserva de calidad de servicio sobre el nivel de transporte. De esta manera, el RACS provee a los ASF y a los subsistemas de control de servicios con medios para solicitar y reservar recursos de las redes de transporte que se encuentran bajo su control.

Por otro lado, en el ámbito de esta primera versión de TISPAN, la red de acceso se considera el segmento de transporte más crítico con respecto a la provisión de calidad de servicio. Por este motivo, esta primera versión se centra principalmente en este segmento de la red de transporte con respecto a

la proporción de calidad de servicio, asumiendo que ésta se provee en el núcleo de la red (red *core*) mediante otros mecanismos (por ejemplo, mediante sobredimensionamiento).

Así, el ámbito del RACS se limita a la red de acceso, al punto de interconexión entre la red de acceso y la red *core* y a los puntos de interconexión entre las diferentes redes *core*. Las especificaciones publicadas no requieren que el subsistema RACS proporcione cobertura de servicio en la red *core* en sí misma ni en el entorno residencial del usuario final.

Las funcionalidades básicas del subsistema RACS se indican a continuación:

- Control de políticas: el RACS autoriza cada solicitud, verificando si es consistente con el conjunto de reglas definidas por el operador. Esta funcionalidad también se realiza sobre la red de acceso, aplicando las políticas específicas a cada línea de acceso particular.
- Control de admisión: el RACS verifica si cada solicitud de reserva de recursos puede ser satisfecha con los recursos disponibles en la red de acceso.
- Reserva de recursos: el RACS implementa un mecanismo de reserva de recursos que permite que las aplicaciones en la red de próxima generación soliciten y reserven recursos sobre el segmento de acceso de la red de transporte.
- Control de NAT y filtrado de paquetes (*gate control*). El RACS controla el NAT y las funciones de filtrado de paquetes en los límites de la red *core* y en el límite entre la red de acceso y la red *core*.

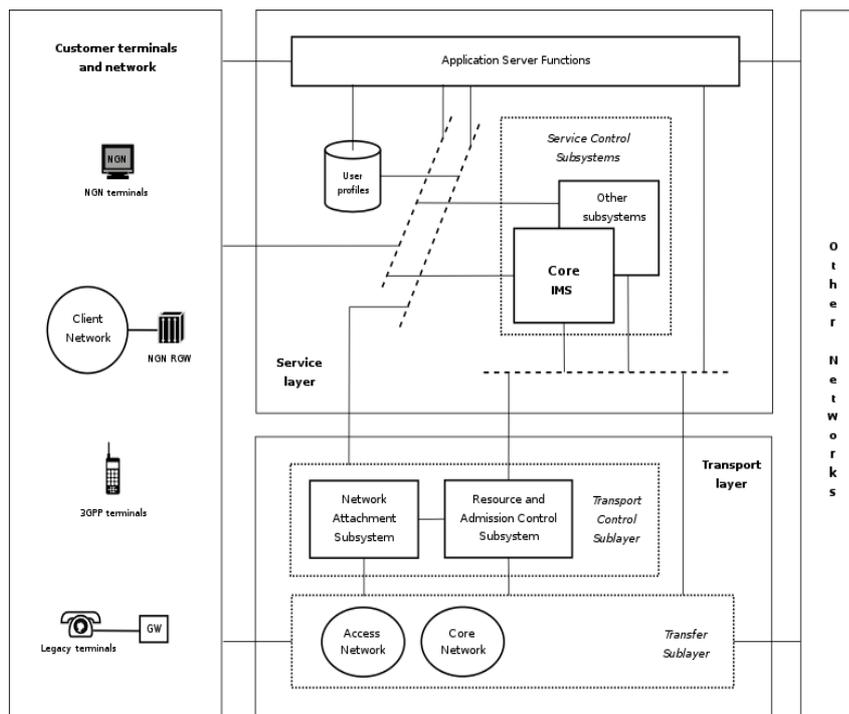


Figura 1: arquitectura funcional de la red de próxima generación de TISPAN, versión 1

Por consiguiente, el RACS provee al nivel de servicio con una única interfaz para solicitar servicios de control del nivel de transporte, actuando como intermediario entre las entidades del nivel de servicio y las entidades funcionales en el subnivel de transferencia. De este modo, el subsistema RACS asegura que las entidades del nivel de servicio no necesitan ser conscientes de los detalles de la red de transporte, tales como la topología de red o las tecnologías de transmisión.

El RACS soporta varios modos de operación con respecto a la gestión de los recursos. Dos de estos esquemas se indican a continuación:

- Esquema de gestión de recursos “*reserve-commit*”: en este modo de operación los recursos son reservados en una primera fase y finalmente se encuentran disponibles en la red de transporte tras un procedimiento de compromiso.
- Esquema de gestión de recursos “*single-stage*”: en este caso los procedimientos de reserva y compromiso se realizan simultáneamente.

Finalmente, el RACS soporta dos modelos de gestión de la calidad de servicio. Dichos modelos se detallan a continuación:

- Calidad de servicio garantizada. En este modelo la calidad de servicio se garantiza con límites absolutos en todos o algunos de sus parámetros, tales como el caudal (*throughput*) o el *jitter*. La calidad de servicio garantizada se controla en la red de acceso mediante la aplicación de técnicas tales como el control de caudal (*throughput control*) o *traffic policing*.
- Calidad de servicio relativa. En este modelo la calidad de servicio se garantiza mediante diferenciación de clases de tráfico. Igualmente, la calidad de servicio relativa se controla en la red de acceso, aunque en este caso mediante la aplicación de técnicas tales como el marcado de paquetes (*packet marking*).

Arquitectura funcional del RACS. La figura 2 muestra la arquitectura funcional del subsistema RACS.

La entidad funcional AF (Application Function) interactúa con el RACS para solicitar servicios de control del nivel de transporte para proporcionar calidad de servicio a los servicios de valor añadido. Esta funcionalidad es implementada en algunas entidades del nivel de servicio, tales como los ASF o el P-CSCF del *core* IMS (véase apartado 2.2). El AF convierte las demandas de calidad de servicio de las aplicaciones en información de servicio adecuada para el subsistema RACS, e incluye esta información en un mensaje de solicitud, el cual se envía al SPDF a través de la interfaz Gq'. Los detalles concernientes al protocolo utilizado en la interfaz Gq' se encuentran especificados en [5].

El SPDF (*Service Policy Decision Function*) autoriza la solicitud, verificando su contenido con respecto a las reglas definidas por el operador para el AF solicitante. Si la solicitud es autorizada, el SPDF determina si debe contactar al A-RACF y/o al BGF para proporcionar el servicio de control del nivel de transporte.

El A-RACF (*Access-Resource and Admission Control Function*) se encuentra localizado en la red de acceso y provee las funcionalidades de control de admisión y de reserva de recursos sobre la red de acceso al SPDF. El A-RACF puede aceptar o rechazar las solicitudes recibidas desde el SPDF basándose en la ejecución de los procedimientos de control de admisión.

El RCEF (*Resource Control Enforcement Function*) se encuentra localizado en el nodo extremo IP de la red de acceso (*IP edge node*). y provee al subsistema RACS con medios para aplicar las políticas de tráfico que garantizan el control de la calidad de servicio y la disponibilidad de los recursos. Estas políticas de tráfico son especificadas por el subsistema RACS a través de la interfaz Re y están basadas en funcionalidades de filtrado de paquetes, marcado de paquetes y *traffic policing*.

Finalmente, el BGF (*Border Gateway Function*) provee la interfaz entre dos dominios IP. El BGF provee funcionalidades de NAT y de aplicación de políticas de tráfico bajo el control del SPDF a través de la interfaz Ia.

2.2. Establecimiento de sesión y reserva de recursos

El establecimiento de sesión en IMS está basado en el protocolo SIP [6] (*Session Initiation Protocol*) e involucra un diálogo de señalización extremo a extremo entre los terminales participantes en la sesión. Para negociar los parámetros asociados con la información que se desea intercambiar (audio,

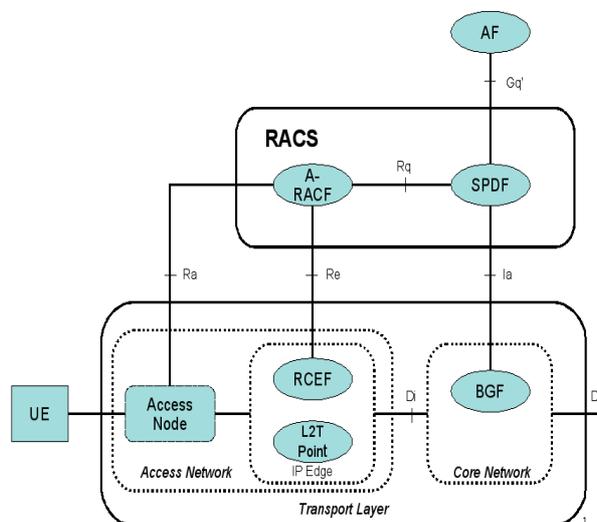


Figura 2: arquitectura funcional del subsistema RACS

vídeo, etc.) se utiliza el modelo de oferta/respuesta de SDP [7]. SDP [8] (*Session Description Protocol*) es un protocolo que permite describir sesiones multimedia, mientras que el modelo oferta/repuesta de SDP permite negociar la descripción de una sesión multimedia entre los participantes en la misma.

Por otro lado, en IMS el P-CSCF (*Proxy-Call Session Control Function*) es la entidad funcional que actúa como punto de entrada al sistema. De este modo, todos los mensajes de señalización SIP enviados o recibidos en el entorno residencial del usuario deben obligatoriamente pasar por esta entidad funcional.

En la red de próxima generación de TISPAN el P-CSCF implementa una funcionalidad AF, según se especifica en el apartado 2.1, interactuando con el RACS para solicitar calidad de servicio para los servicios negociados entre los usuarios finales. Según se detalla en [5], el P-CSCF envía información de servicio al subsistema RACS cada vez que recibe un mensaje SIP con una carga de respuesta SDP. Esta información de servicio se deriva de la respuesta SDP y de su correspondiente oferta SDP. Conjuntamente, la oferta y la respuesta SDP contienen toda la información que es necesaria para configurar la calidad de servicio sobre la red de acceso, tal como los tipos de información que se van a intercambiar durante la sesión (por ejemplo, audio o vídeo), las direcciones IP y puertos o los requisitos de ancho de banda para los distintos flujos de información negociados. El anexo B, en el documento [5], describe el proceso que permite derivar la información de servicio requerida por el subsistema RACS a partir de la información SDP intercambiada durante una negociación de sesión.

3. Arquitectura del RGW

Hasta la fecha, existen varias iniciativas en el campo de redes de próxima generación. Una de ellas es el proyecto MUSE (*Multi Service Access Everywhere*) [2], y su principal objetivo es la investigación y desarrollo de una red de acceso futura, multi-servicio y de bajo coste, capaz de proporcionar los servicios multimedia de próxima generación a cualquier ciudadano europeo. El trabajo en MUSE se divide en varios subproyectos, en los que se consideran diferentes tecnologías, con la participación de 36 entidades.

En MUSE, la pasarela residencial es considerada un bloque importante para extender la calidad de servicio al entorno del usuario final. La pasarela residencial es parte de la red del usuario, encontrándose en el límite entre el entorno residencial del usuario y la red de acceso.

La figura 3 muestra la arquitectura de la pasarela residencial que se ha diseñado y desarrollado en el proyecto MUSE en el ámbito de redes de acceso de alta velocidad (su funcionamiento se demuestra en [9]).

Según se indica en esta figura, la arquitectura se ha dividido en dos niveles de implementación: el nivel de aplicación y el nivel de datos.

El nivel de aplicación está basado principalmente en componentes Java flexibles capaces de gestionar los nivel inferiores y de tratar diferentes protocolos de señalización y de aplicación. Un componente clave en este nivel es el CSD (*Click! Signalling Dispatcher*). Este componente puede ser utilizado para configurar el nivel de datos para extraer o copiar ciertas tramas que atraviesan la pasarela y redirigirlas a aplicaciones específicas. Por ejemplo,

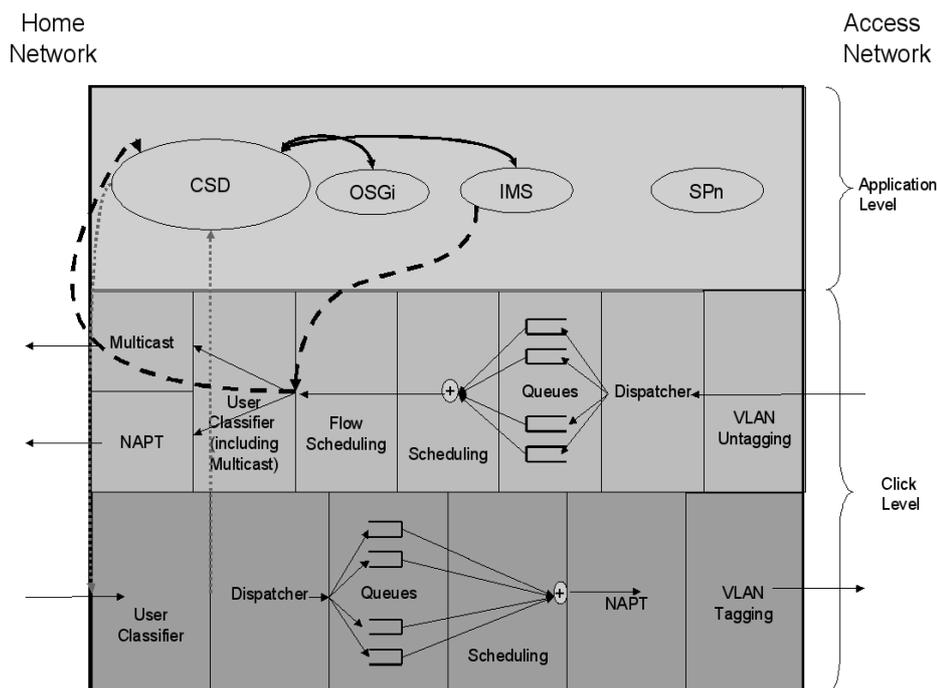


Figura 3: arauitectura del RGW

el CSD podría ser utilizado para extraer todos los mensajes SIP que atraviesan la pasarela residencial y redirigirlos a una aplicación específica del nivel de aplicación, donde serían tratados. Las aplicaciones desarrolladas a este nivel, cuyo fin es el tratamiento de los mensajes de señalización, se denominan procesos de señalización (en adelante SP, *Signalling Processes*).

El nivel de datos está basado en la plataforma del *router* modular Click! [10] y provee toda la funcionalidad específica de conmutación de los datos transmitidos en la red de transporte. Para diseñar una arquitectura flexible a este nivel, diferentes bloques fueron definidos para realizar distintas tareas. Siguiendo el esquema indicado en la figura 3, algunos de estos bloques se explican a continuación para cada dirección de tráfico:

- Sentido entorno residencial del usuario a red de acceso:
 - *User classifier*: el administrador puede definir reglas de clasificación para permitir o denegar ciertos flujos. Por ejemplo, podría añadir una nueva regla para clasificar todos los paquetes que llegan desde un teléfono IP como de alta prioridad.
 - *Dispatcher*: usando el resultado del clasificador previo, este bloque envía la trama a la cola apropiada.
 - *Queues*: este es un bloque configurable que permite al administrador implementar un cierto número de colas, fijando el tamaño de cada una de ellas en términos del número máximo de paquetes almacenados.
 - *Scheduling*: este es el algoritmo utilizado para extraer paquetes de las colas.
 - *VLAN tagging*: basándose en el resultado del *User Classifier*, este bloque introduce un *tag* VLAN 802.1p en la trama Ethernet.
- Sentido red de acceso a entorno residencial del usuario (*User Classifier*, *Dispatcher*, *Queues* y *Scheduling* presentan la misma funcionalidad comentada anteriormente):
 - *VLAN untagging*: el *tag* VLAN se extrae de la trama ethernet y una marca interna se añade al paquete (en forma de meta-información),
 - *Flow Scheduling*: este clasificador es usado por el CSD para añadir o eliminar reglas para extraer o copiar tramas. Cuando un nuevo SP se registra a nivel de aplicación, el CSD modifica este bloque en el nivel de datos para añadir una regla.

4. Gestión de la calidad de servicio en la pasarela residencial

Como hemos visto, las especificaciones de la primera versión de la red de próxima generación de TISPAN se centran en la red de acceso con respecto

a la provisión de calidad de servicio. Sin embargo, una arquitectura de servicios completa con soporte de calidad de servicio obligatoriamente requerirá extender el ámbito de la calidad de servicio al local del cliente, para proporcionar calidad de servicio extremo a extremo. Por otro lado, en MUSE la pasarela residencial, cuya arquitectura en el ámbito de redes de acceso de alta velocidad ha sido revisada en el apartado anterior, permite proporcionar calidad de servicio en el entorno residencial del usuario. A este respecto, esta sección describe una nueva arquitectura para la pasarela residencial presentada en la sección anterior que soporta la gestión automática de la calidad de servicio en un entorno residencial de una red compatible con la primera versión de la red de próxima generación de TISPAN. Dicha arquitectura se muestra en la figura 4.

El NGN SP (*Next Generation Signalling Process*) es el proceso de señalización que gestionará, en la pasarela residencial, la señalización SIP utilizada para negociar servicios extremo a extremo en la red de próxima generación. Procesará todos los mensajes de señalización SIP intercambiados entre el Core IMS y el equipamiento en el entorno residencial del usuario. El NGN SP proporcionará la siguiente funcionalidad:

- Funcionalidad de P-CSCF: tras recibir cualquier mensaje SIP con una carga de respuesta SDP, obtendrá la correspondiente información de servicio de la oferta SDP y de la respuesta SDP, según se indica en el anexo B de [5]. Esta información será incluida en una solicitud de reserva de recursos que será proporcionada a la funcionalidad A-RACF del NGN SP. Por otro lado, tras completarse la negociación de la sesión, esto es, una vez finalizado el establecimiento de la sesión IMS, contactará con la funcionalidad A-RACF del NGN-SP para comprometer los recursos reservados.
- Funcionalidad A-RACF: con la solicitud de reserva de recursos proporcionada por la funcionalidad P-CSCF, la funcionalidad A-RACF realizará control de admisión, verificando si la petición puede ser satisfecha con los recursos disponibles en el RGW y en el entorno residencial del usuario. La funcionalidad A-RACF soportará un esquema de gestión de los recursos “*reserve-commit*” y un modelo de control de la calidad de servicio relativa.
- *Proxy* de señalización SIP: esta funcionalidad es necesaria en escenarios en los que la pasarela residencial da servicio a terminales legados en el entorno residencial del usuario. En estos escenarios, el NGN SP se comportará como un *proxy* de señalización, generando la señalización SIP asociada con el tráfico de datos en los sentidos usuario-red y red-usuario, y realizando la reserva de recursos correspondiente en la pasarela residencial y en el entorno residencial del usuario.

Finalmente el RCEF SP (*Resource Control Enforcement Function Signalling Process*) proporcionará ciertas funcionalidades de un RCEF, según se especifica en [3]. y [4]. Dichas funcionalidades consistirán en el filtrado de paquetes IP y marcado de paquetes. El RCEF SP aplicará las políticas de tráfico establecidas por la funcionalidad A-RACF del NGN SP, garantizando de este modo el control de la calidad de servicio y la disponibilidad de los recursos.

Finalmente, el RCEF proporcionará una interfaz totalmente compatible con la interfaz Re, según se ha definido en [4]. De esta manera será posible un escenario futuro en el que el subsistema RACS en la red de próxima generación, podrá acceder directamente al RCEF SP de la pasarela residencial para configurar la calidad de servicio en el entorno residencial del usuario.

5. Conclusiones

Actualmente, existen en el mercado infraestructuras de comunicaciones capaces de transportar diferentes tipos de información. Ejemplo de ello son la infraestructura de telefonía fija, las tecnologías asociadas con la telefonía móvil (es más, en este apartado GSM, GPRS y UMTS son completamente diferentes) y otras infraestructuras para el transporte de datos, como es el caso de Internet. Un operador de telecomunicaciones que proporcione servicios de voz, datos y vídeo podría beneficiarse de una reducción en los costes si todas estas tecnologías pudieran integrarse en una única infraestructura global. En esta línea, el protocolo IP podría ser utilizado para proporcionar servicios Triple Play, sin embargo esta solución presenta aun numerosos inconvenientes que deben ser resueltos, siendo la provisión de calidad de servicio uno de ellos.

La primera versión de la red de próxima generación de TISPAN afronta estos problemas, sin embargo las especificaciones contenidas en la primera versión únicamente cubren soluciones de calidad de servicio para la red de acceso.

En este artículo se ha presentado una propuesta que permite extender la calidad de servicio a un entorno residencial conectado a una red compatible con la red de próxima generación de TISPAN. En esta arquitectura, los recursos disponibles tanto en la pasarela residencial como en el entorno del usuario son tenidos en cuenta a la hora de aceptar o no el establecimiento de una sesión multimedia. El esquema propuesto es válido para una red de acceso con o sin capacidad para configurar la pasarela residencial. En este último caso, la propia pasarela residencial intercepta los mensajes de señalización SIP, derivando a partir de las cargas SDP toda la información necesaria para configurar la calidad de servicio para la sesión en el entorno del usuario. Cómo la pasarela residencial gestiona los escenarios de NAT, así como los escenarios relacionados con la liberación y modificación de las sesiones multimedia, será objeto de estudio futuro.

Agradecimientos

Este artículo ha sido parcialmente financiado por el proyecto europeo MUSE (IST-026442).

Referencias

- [1] ETSI TR 180 001: "Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); NGN Release 1; Release definition.
- [2] MUSE: Multi Service Access Everywhere. <http://www.ist-muse.org/>

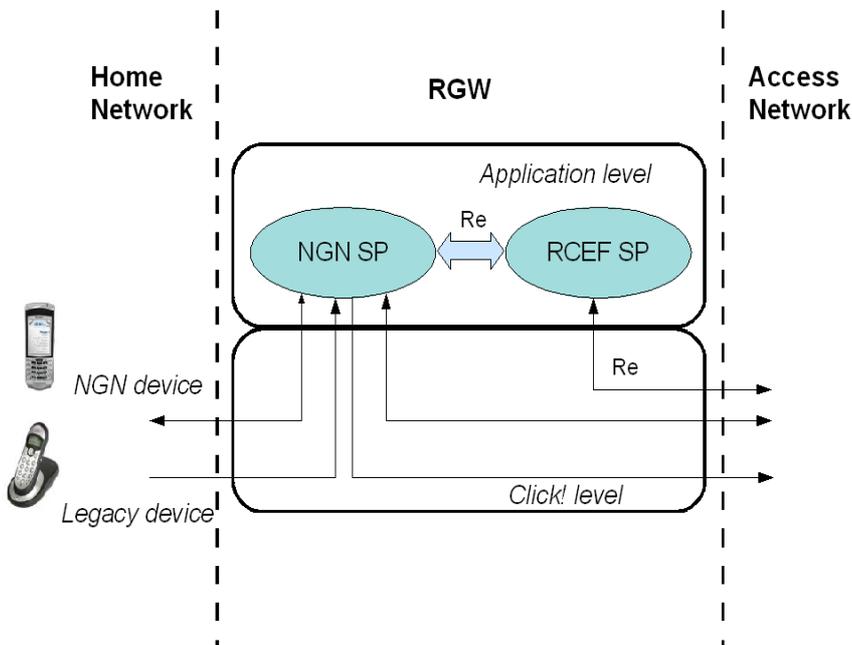


Figura 4: arquitectura de gestión de la calidad de servicio en la pasarela residencial

- [3] ETSI ES 282 001: "Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); NGN Functional Architecture Release 1
- [4] ETSI ES 282 003: "Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Resource and Admission Control Sub-system (RACS); Functional Architecture.
- [5] ETSI TS 183 017: "Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); Resource and Admission Control; DIAMETER protocol for session based policy set-up information exchange between the Application Function (AF) and the Service Policy Decision Function (SPDF): Protocol specification."
- [6] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. R. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, and E. Schooler, "SIP: session initiation protocol," RFC 3261, Internet Engineering Task Force, June 2002.
- [7] J. Rosenberg and H. Schulzrinne, "An offer/answer model with session description protocol (SDP)," RFC 3264, Internet Engineering Task Force, June 2002.
- [8] M. Handley and V. Jacobson. SDP: Session Description Protocol. RFC 2327 (Proposed Standard), Apr. 1998. Updated by RFC 3266.
- [9] F. Valera, J. García, C. Guerrero, V. M. Ribeiro and V. Pinto. Demo of Triple Play Services with QoS in a Broadband Access Residential Gateway. IEEE Infocom 2006. April 2006. Barcelona, Spain.
- [10] The Click Modular Router Project. <http://www.read.cs.ucla.edu/click/>
- [11] Guerrero, C., Garcia Reinoso, J., Valera, F., Azcorra, A.: "QoS Management in Fixed Broadband Residential Gateways". 8th International Conference on Management of Multimedia Networks and Services (MMNS 2005), LNCS 3754 (2005), 338 – 349.