

Arquitectura de los Terminales DVB-RCS para la Provisión de Calidad de Servicio

Autores: Borja de la Cuesta*, Javier M. Aguiar*, Belén Carro*, Carlos Baladrón*, María de la Luz López[†]

*Universidad de Valladolid, Campus Miguel Delibes 47011, Valladolid (España). E-mail:

bcuedie@ribera.tel.uva.es, javagu@tel.uva.es, belcar@tel.uva.es, cbalzor@ribera.tel.uva.es,

Fax: +34983423667

[†] Accenture S.L., Plaza Pablo Ruiz Picasso s/n 28020, Madrid (España), E-mail:

maria.d.lopez.martin@accenture.com, Fax: +34915966695.

Resumen

En este artículo se presenta la arquitectura del terminal del canal de retorno con el fin de proporcionar calidad de servicio en los sistemas DVB-RCS. Las nuevas aplicaciones multimedia están demandando elevadas tasas de transmisión y servicios diferenciados. Con el fin de proporcionar un sistema de calidad de servicio extremo a extremo diferenciado, se propone un sistema vía satélite basado en la arquitectura DiffServ integrada con los mecanismos ofrecidos por DVB-RCS. El estudio se centra en la arquitectura del terminal para permitir su funcionamiento como un nodo DiffServ. Teniendo en cuenta este objetivo se definen y optimizan los distintos bloques (clasificador de paquetes, acondicionador de tráfico y envío de paquetes) de acuerdo con las necesidades de la integración.

1. Introducción

En los últimos años se ha producido un aumento considerable del interés en proporcionar servicios multimedia interactivos, aumentando la demanda de los sistemas que proporcionan calidad de servicio extremo a extremo.

Debido al uso extendido de las redes IP (*Internet Protocol*) terrestres, los servicios basados en IP se han hecho muy populares, como por ejemplo las aplicaciones multimedia. La demanda de nuevos servicios multimedia (como Voz sobre IP, distribución de contenidos, etc.) ha provocado que el servicio “*best effort*” que ofrece Internet se haya quedado obsoleto e inadecuado para su provisión.

En este contexto los sistemas basados en satélites juegan un papel crucial como tecnología de acceso en las redes integradas de próxima generación para la provisión de los nuevos servicios multimedia. Las principales ventajas que presentan este tipo de redes son: elevada cobertura, la capacidad *multicast* y *broadcast*, escalabilidad, y coste independiente de la distancia.

Con la finalidad de reducir costes, en base a la estandarización de sistemas, surge el Consorcio *Digital Video Broadcasting* (DVB) [1], centrado en los sistemas de difusión. Los servicios multimedia requieren comunicaciones bidireccionales. La especificación del canal de retorno ha sido definido por el *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) en el estándar DVB - *Return Channel via Satellite* (DVB-RCS) [2]. Aunque este estándar ha sido concebido como una red capaz de proporcionar calidad de servicio, es necesario la colaboración con otras redes IP para conseguirlo

extremo a extremo. Por lo tanto, para proporcionar una solución para la provisión de calidad de servicio (QoS, *Quality of Service*) extremo a extremo es necesario que se integre con mecanismos de QoS de capa 3.

Este artículo se organiza de la siguiente manera. La Sección 2 introduce brevemente las diferentes arquitecturas de calidad de servicio. La arquitectura del sistema DVB-RCS se presenta en la Sección 3. La Sección 4 describe la arquitectura del terminal. Finalmente, las principales conclusiones obtenidas se exponen en la Sección 5.

2. Arquitecturas de Calidad de Servicio

La implementación de la calidad de servicio en un sistema involucra las siguientes funciones:

- *Nivel de aplicación:* La especificación de los parámetros de calidad de servicio, así como técnicas para la coordinación de las diferentes calidades extremo a extremo a través de los diferentes elementos de red.
- *Nivel de sistema:* Marcado de paquetes, gestión de colas, planificación, etc. Proporcionados por los dispositivos de la red de acceso, y cuando sea necesario la adaptación de los mismos a la capa 2.
- *Nivel de gestión del rendimiento:* Gestión de los acuerdos (SLA), facturación, etc.

Existen dos tipos básicos de gestión de la calidad de servicio: la reserva de recursos (*Integrated Services, IntServ*) y la gestión de prioridades (*Differentiated Services, DiffServ*).

2.1. Integrated Services (IntServ)

El modelo *IntServ* [3] busca garantizar recursos sobre protocolo IP proporcionando una diferenciación entre flujos de datos.

Con la finalidad de proporcionar servicios diferenciados, se requiere que cada nodo, a lo largo del camino entre origen y destino, sea capaz de reservar recursos para los flujos específicos de paquetes. Por lo tanto, en *IntServ* es necesario el conocimiento del estado de todos los nodos participantes para poder garantizar la calidad de servicio acordada.

Por este motivo, es necesario un flujo adicional de datos que transmita la información del estado de la red, así como el uso de un mecanismo y un protocolo que permita configurar y comunicar las variaciones de red. Generalmente para estas funciones se utiliza el protocolo de señalización *Resource ReSerVation Protocol* (RSVP) [4].

Este sistema proporciona tres niveles de servicio: *Best-Effort* que no ofrece garantías, *Guaranteed Services* (GS) [5] que ofrece un estricto umbral en el retardo, acorde con un perfil predefinido, y *Controlled Load Services* (CLS) [6] que ofrece bajo retardo y baja pérdida de paquetes, pero con un umbral menos estricto que el de GS.

2.2. Differentiated Services (DiffServ)

El modelo *DiffServ* [7] proporciona mecanismos de calidad de servicio a través del mapeo de los paquetes de tráfico en distintas clases de servicio. A cada una de las categorías se le asigna una prioridad, de tal forma que cada uno de estos conjuntos sufre un tratamiento distinto dentro de la red. Los paquetes se marcan mediante el código de servicio diferenciado (DSCP, *Differentiated Service Code Point*) que se ubica en la cabecera IP.

DiffServ no garantiza un nivel de calidad de servicio cuantitativamente hablando, pero sí los medios para gestionarla a través de una determinada red (dominio *DiffServ*). La diferenciación entre los distintos servicios se consigue a través de la definición de distintos comportamientos para cada una de las clases de tráfico, conocidos como comportamiento por tramos (PHB, *Per-Hop Behaviour*). El tratamiento que se le dará a los paquetes en función del PHB al que resulten agregados estará configurado previamente en los nodos que formen la red *DiffServ*, definidos en un contrato de acuerdo de nivel de servicio (SLA, *Service Level Agreement*) firmado entre el usuario y el proveedor de servicios.

La arquitectura *DiffServ* está basada en un modelo en el cual los paquetes que entran en la red se clasifican y posiblemente acondicionan, en el extremo de la red, asignándolos a distintos conjuntos (PHBs).

DiffServ define dos PHBs y dos grupos PHBs:

- *Expedited Forwarding* PHB (EF PHB) [8]: Proporciona bajo retardo, bajo jitter y bajas pérdidas.
- *Best-Effort* PHB (BE PHB): Equivale al tratamiento *Best-Effort* que proporciona IP.
- Grupo *Assured Forwarding* PHB (AF PHB) [9]: Proporciona el envío de paquetes IP en cuatro clases, tratadas independientemente. Para cada una de ellas se definen tres prioridades de descarte.
- Grupo *Class Selector* PHB (CS PHB): Especifica PHBs con el objetivo de preservar parcialmente la compatibilidad con la antigua prioridad proporcionada por IP.

En los sistemas *DiffServ* (Fig. 1) se distinguen dos tipos de nodos dependiendo de su funcionalidad:

- Nodos externos: Clasifican y establecen las condiciones de ingreso de los flujos de tráfico al dominio *DiffServ*.
- Nodos internos: Sólo se conectan a otros nodos internos o nodos externos dentro de su propio dominio. La selección del PHB se realiza únicamente analizando el DSCP.

2.3. DiffServ vs. IntServ

La filosofía *IntServ* proporciona diferenciación de servicios a nivel de sesión, manteniendo en cada nodo información relativa a cada sesión, mientras que en *DiffServ* los flujos de datos se clasifican en diferentes clases, tratándose cada una de ellas de forma distinta. Las principales diferencias entre *IntServ* y *DiffServ* son:

- En *DiffServ* la funcionalidad extremo a extremo se consigue mediante la concatenación de varios PHBs.
- En *DiffServ* no se produce la reserva de capacidades. Los paquetes que llegan a un nodo se tratan de acuerdo a su DSCP.

Por tanto, *DiffServ* ofrece ventajas con respecto a la escalabilidad y simplicidad a la hora de implementarse debido a la ausencia de mecanismos de señalización extremo a extremo. La aplicación de *IntServ* se encuentra limitada por la capacidad de procesamiento y de información que se tiene que mantener en cada uno de los nodos, lo que limita su utilización en grandes redes, provocando importantes problemas de escalabilidad.

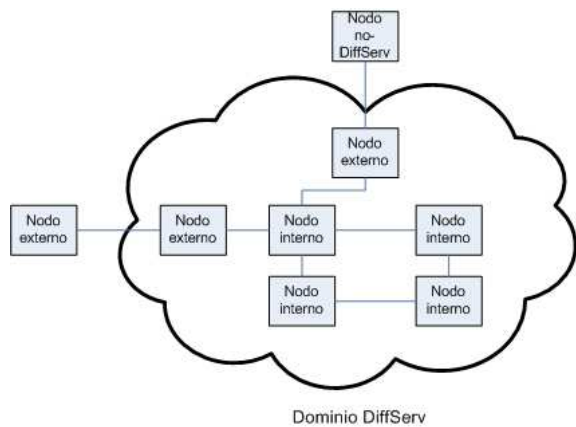


Figura 1. Arquitectura DiffServ

3. Digital Video Broadcasting – Return Channel via Satellite

El estándar DVB-RCS se especificó por un grupo técnico “ad-hoc” de ETSI. El principal documento que estandariza los sistemas DVB-RCS es ETSI EN 301 790 [10]. La especificación proporciona un canal interactivo para las redes de satélite GEO. Las características descritas en el estándar no están pensadas únicamente para redes transparentes, aunque en este caso son las de interés, sino que también son válidas para redes regenerativas.

DVB-RCS especifica un terminal (conocido como *Return Channel Satellite Terminal* - RCST), que soporta un sistema DVB de satélite bidireccional.

Los protocolos necesarios para la implementación del sistema DVB-RCS están divididos en dos grupos: por un lado, los protocolos independientes de la red (para capas medias y altas) y, por otro lado, los protocolos dependientes de la red (mecanismo de acceso, estructura de paquetes y sincronización, modulación, codificación de canal, rango de frecuencias, filtrado y potencia). Solo estos últimos pertenecen al ámbito de la especificación DVB-RCS.

3.1. Arquitectura de Sistema

DVB ha definido el modelo general de sistema para los servicios interactivos, que propone el establecimiento de dos canales entre el proveedor de servicios y el usuario (Fig. 2).

En el sistema típico descrito, el RCST recibe la señal de bajada, basada en la especificación DVB-S ó DVB-S2 [11]. En un sistema no regenerativo, como el definido en este artículo, las señales transmitidas a través del canal de subida por cada uno de los RCSTs son recibidas por uno o varios *Gateways*, que a su vez interactuarán con el Centro de Control de la Red (CCR). En sistemas regenerativos, es posible la comunicación directa RCST a RCST.

La transparencia en el satélite requiere que los RCST estén basados en MPEG-2/DVB, y su transmisor en DVB-RCS. El canal de subida basado en el uso de ATM será la base de este estudio, lo que además permite utilizar varios haces mediante MF-TDMA (*Multiple Frequency - Time Division Multiple Access*).

La Fig.2 muestra los elementos de la red descritos en el estándar DVB-RCS, para un sistema transparente:

- *Centro de Control de la Red (CCR)*: Proporciona las funciones de control y monitorización (CMF). Para permitir el funcionamiento interactivo de la red vía satélite son necesarios el control y las señales de referencia temporal (generadas por este dispositivo).
- *Gateway*: Este dispositivo es el encargado de la recepción de las señales procedentes de los RCSTs, las funciones de facturación, el acceso a los servicios interactivos y la conexión a servicios de proveedores y redes, públicas, privadas y/o propietarias.
- *Alimentador*: Se encarga de enviar las señales a través del canal que transmite información del proveedor al usuario, de acuerdo con el estándar DVB-S (o DVB-S2).

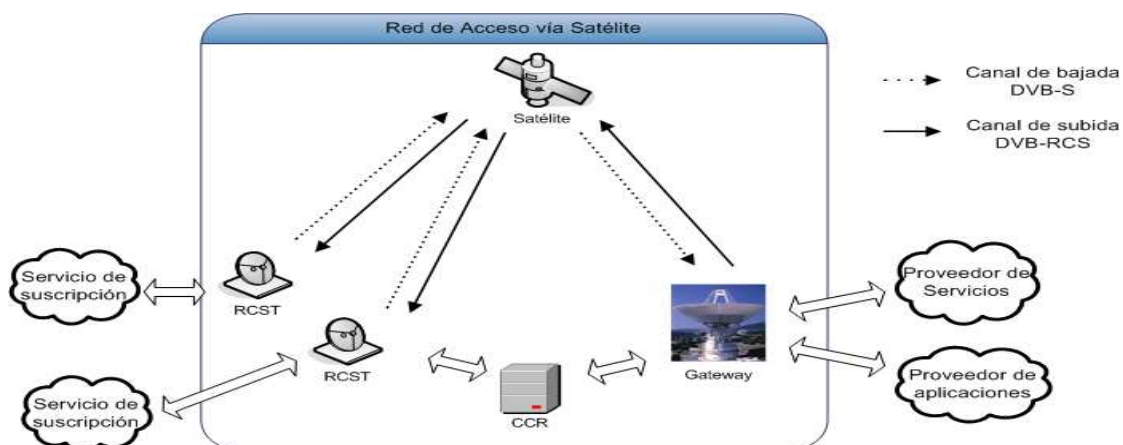


Figura 2. Arquitectura del sistema transparente.

- *RCST*: Terminales de satélite de bajo coste y elevado rendimiento que proporcionan la interfaz a los usuarios finales. Estos terminales transmiten señales basadas en DVB-RCS y las reciben basadas en DVB-S o DVB-S2.

El *gateway* y el alimentador, así como el CCR pueden estar integrados en un mismo dispositivo. Éste controla la red interactiva y da servicio a las peticiones de acceso al satélite desde los terminales subscritos al sistema. Asimismo, proporciona la interfaz para las redes externas.

3.2. Soporte de Calidad de Servicio en DVB-RCS

Los mecanismos para la provisión de calidad de servicio de capa 2 se refieren a las funciones definidas en los planos de usuario y de control de la capa MAC. Las funciones del plano de usuario garantizan el transporte del tráfico según el formato definido por la capa de enlace. Las del plano de control son responsables de la gestión de los recursos del satélite para lograr los requisitos de envío asociados con las clases de tráfico soportadas por el sistema.

4. Arquitectura de los Terminales DVB-RCS

Para aprovechar las categorías de servicio ofrecidas por los sistemas DVB-RCS, a nivel 2, es necesario integrarlas en las arquitecturas preexistentes que proporcionan calidad de servicio en capa 3. En el apartado 2.3 se eligió la arquitectura *DiffServ* como la más adecuada para los sistemas de satélites debido a los requisitos de escalabilidad y su simplicidad.

El terminal RCST funcionará como un nodo *DiffServ*. Los elementos funcionales que conforman la arquitectura de un nodo *DiffServ* genérico son:

- *Clasificador de Paquetes*: Selecciona qué flujos son susceptibles de recibir un determinado servicio.
- *Acondicionador de Tráfico*: Consta de tres elementos funcionales, pudiendo estar cada uno de ellos presente o no en un nodo *DiffServ*. Los acondicionadores están presentes principalmente en los nodos fronterizos del dominio, aunque pueden formar parte de otros nodos. Sus funciones son:
 - *Medir*: Debe identificar si los paquetes están o no dentro del perfil predefinido, para cada tipo de tráfico. En función del SLA y la política del dominio, la información obtenida por este elemento puede ser usada para

funciones de marcado, modelado o descarte.

- *Marcado*: Este bloque se encarga de fijar el valor del campo DSCP, de acuerdo con las políticas del SLA y los resultados de la clasificación y medida. El valor del campo DSCP determina las futuras actuaciones que serán aplicadas a los distintos paquetes.
- *Modelado / Descarte*: Las funciones de modelado garantizan que los flujos de tráfico están conformes con los parámetros fijados para cada perfil de tráfico. Esto puede provocar que algunos paquetes sufran retardos, o incluso que sean descartados, si un flujo en particular excede en demasía su perfil.
- *Envío de los PHB*: Cuando un *router* convencional debe enviar un paquete, éstos entran en una cola *First-In-First-Out* (FIFO), con el fin de realizar un envío ordenado. En un *router DiffServ*, la cola FIFO se reemplaza por varias distintas (una para cada PHB), con su propia política de servicio. Un planificador es el encargado de atender las diferentes colas y distribuir la capacidad de transmisión disponible entre las mismas, según dicha política.

La arquitectura básica de un nodo *DiffServ* se redefine y se adapta con el fin de integrarlo con la arquitectura de QoS de DVB-RCS (Fig. 3). A continuación se describe cada uno de estos bloques, así como los algoritmos utilizados en cada uno de ellos.

4.1. Clasificador de Paquetes

El clasificador es el primer elemento que una trama encuentra al llegar al nodo. Se encarga de clasificar los paquetes entre las diferentes clases seleccionando qué flujos reciben un servicio particular. Este es el fundamento de la provisión de los servicios diferenciados.

Existen dos tipos de clasificadores de paquetes:

- El clasificador de comportamiento integrado (CI) que utiliza solamente el valor del campo DSCP en la cabecera de la trama IP. La ventaja que presenta este tipo de clasificación es su simplicidad y que solamente existe un número limitado de estados dentro del nodo.

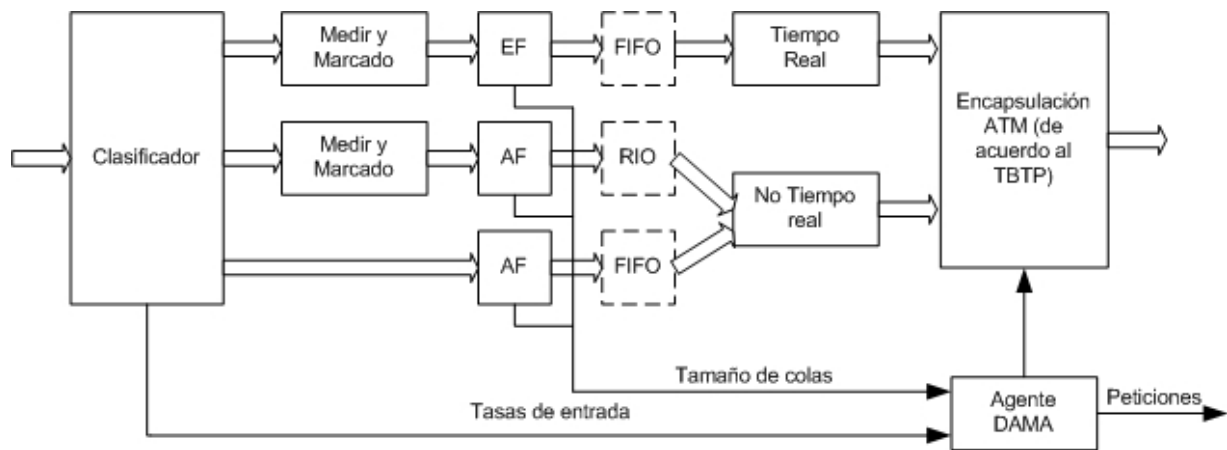


Figura 3. Arquitectura del RCST.

- El clasificador multi-campo (MC) utiliza distintos campos de la cabecera de las tramas con el fin de identificarlas como parte de un flujo de tráfico.

Si los paquetes se marcan para una clase de servicio, se puede utilizar un clasificador CI. En el caso de que la trama no tenga marcado el campo DSCP ó el valor no sea soportado por el dominio QoS de la red de satélite, el paquete se puede remarcar con uno de los valores DSCP soportados o se puede utilizar el segundo tipo de clasificador, que emplea también la información adicional proporcionada por la cabecera de la trama IP, por ejemplo el número de puerto típicamente asociado con una aplicación.

Normalmente el campo DSCP en la cabecera IP se marca por la aplicación con el fin de obtener una determinada clase de servicio por parte de la red. Como las aplicaciones esperan recibir un servicio determinado, que no puede ser reconocido por el dominio *DiffServ*, en el diseño del Terminal se considera el clasificador multi-campo, que tendrá en cuenta las siguientes características para su funcionamiento:

- La dirección IP origen y la máscara.
- La dirección IP destino y la máscara.
- El tipo de protocolo (por ejemplo TCP, UDP, etc.)
- El campo DSCP.
- El puerto de origen.
- El puerto de destino.

El clasificador CI se puede considerar como un caso particular del clasificador MC.

La utilización del clasificador multi-campo requiere de reglas de clasificación, basadas en las políticas del operador de red, definidas y configuradas en el MFC como parte de algoritmos de clasificación. Por ejemplo, las tramas asociadas a un determinado puerto se marcan para una clase de servicio.

4.2. Acondicionador de Tráfico

Este bloque incluye elementos activos (modelado, marcado) y pasivos (monitorización). Los elementos encargados del acondicionamiento se agrupan en los llamados bloque de acondicionamiento de tráfico (TCB, *Traffic Conditioning Block*), de tal manera que varios de estos bloques pueden ser usados para alcanzar los requisitos de cada PHB.

4.2.1. Mecanismo *Token Bucket*

Token Bucket [12] es un mecanismo típicamente usado para el control y la medida de las tasas de llegada de paquetes. Depende de una serie de parámetros que pueden ser fácilmente asociados con las características de las distintas clases de tráfico.

En este mecanismo, un número predeterminado de “testigos” controlan la tasa a la que los paquetes están siendo transmitidos. Estos testigos se generan a una tasa prefijada R (dada en *tokens/s*). Sólo pueden generarse testigos hasta alcanzar un determinado umbral (B). Los paquetes que llegan al búfer se envían en función de los testigos disponibles. Cuando se agotan los testigos, los paquetes pueden ser descartados o retardados hasta que sean generados más testigos. Cuando los testigos no se consumen y se generan B testigos, los posteriores se van descartando hasta que haya algún consumo.

En el mecanismo *Token Bucket* simple, parametrizado por los valores (R , B), un flujo de datos está dentro del perfil cuando el sistema recibe en un intervalo de tiempo T una cantidad que no supera $R \cdot T + B$ paquetes. Si esto no es así, se dice que el flujo está fuera del perfil.

El número de “testigos” (NT) viene dado por:

$$\text{Si } NT < B \quad NT(n+1) = NT(n) + R \cdot T$$

$$\text{En otro caso, } NT = B$$

Existen dos variantes del *token bucket* que se pueden implementar:

- Si se usa un cumplimiento estricto del *Token Bucket*, un paquete se procesa si hay suficientes testigos para todo el paquete, en el instante en el que éste llega. Si cuando el paquete llega no hay suficientes testigos disponibles, éste será descartado o retrasado.
- Una alternativa a esta posibilidad es el uso de *Token Bucket* de cumplimiento más permisivo, según el cual, cuando llegan los paquetes pueden tomarse prestados algunos testigos futuros, hasta un valor prefijado. Según esta implementación, se permite que la tasa de llegadas se exceda en ciertas ocasiones, lo cual puede resultar útil debido a que suele tratarse de tráfico a ráfagas.

De acuerdo con la descripción dada para el *Token Bucket* simple (conformidad estricta), este mecanismo sería el más acorde a las necesidades de EF PHB, ya que este tráfico es poco tolerante al retardo, pero admite un cierto descarte de paquetes.

Otra versión del mecanismo *Token Bucket* es la que emplea dos tasas, de tal manera que se parametriza por (R_1, R_2, B) . Las dos tasas R_1 y R_2 pueden estar asociadas, por ejemplo, a las tasas media y de pico, respectivamente. Los paquetes que no exceden la primera se consideran totalmente dentro del perfil y se protegen, siendo marcados con la mínima probabilidad de descarte. Los que llegan con tasas entre R_1 y R_2 , se consideran parcialmente dentro del perfil, y son marcados con una probabilidad intermedia de descarte. Aquellos que superen R_2 estarán fuera del perfil, siendo marcados con la mayor probabilidad de descarte. Las probabilidades de descarte serán empleadas por los planificadores y el bloque de descarte para realizar una selección en función de la congestión de la red y de la capacidad disponible.

El *Token bucket* de dos tasas es el mecanismo que mejor se ajusta a las características del tráfico AF PHB, puesto que el descarte de paquetes es más improbable (ya que su tolerancia a la pérdida de paquetes es menor o nula) y el retardo de los mismos es más probable (pero el tráfico AF PHB, asimismo, es más tolerante a retardo y *jitter*).

Debido a las características del tráfico *Best Effort*, los paquetes pasan directamente a la correspondiente cola PHB sin ser medida ni marcada.

Debe ser mencionado que los paquetes AF se encolan con diferentes probabilidades de descarte, incluso cuando están fuera del perfil, pudiendo, por tanto, ser atendidos, compitiendo con el tráfico BE.

El resumen de la configuración del *Token Bucket* en el acondicionador de tráfico se presenta en la tabla 1.

4.2.2. Planificación y Gestión de Colas

Conjuntamente con el acondicionamiento, y con la finalidad de proporcionar un tratamiento específico a cada PHB, se realiza una gestión de las colas (que incluye el descarte) y una planificación.

La gestión de colas forma parte de los mecanismos básicos de *DiffServ*, y se emplea para modelar la transmisión de paquetes pertenecientes a los diferentes conjuntos de tráfico, determinando su orden, su posible almacenamiento temporal o su descarte. El resultado de esta gestión es la alteración de las propiedades temporales de los flujos de tráfico.

El elemento encargado de la planificación controla la salida de los paquetes entrantes por cada una de sus entradas en una única línea de salida, según el algoritmo utilizado, que dependerá de los requisitos asociados a las clases de tráfico. La gestión de colas y la planificación están, generalmente, implementadas en un único proceso, ya que los paquetes son almacenados antes de ser planificados.

4.2.2.1 Planificación

El gestor de la cola IP segmenta los paquetes procedentes de dichas colas en celdas de tamaño fijo, en un formato que se adecue a la transmisión de los mismos en el canal de subida, e insertándolos en las colas MAC correspondientes.

Para las clases EF y BE, la segmentación es un proceso directo, puesto que hay una correspondencia uno a uno entre las colas IP y MAC involucradas. Este proceso es más complicado para las cuatro clases AF, ya que se corresponden con una única cola MAC. Por este motivo, la gestión de colas se emplea para planificar las colas IP (*AF1*, *AF2*, *AF3* y *AF4*) en la cola MAC apropiada. Además, no debe haber prioridad entre las clases AF.

Tabla 1. Sumario de la configuración del *Token Bucket*

	Tipo	Configuración
EF	<i>Token bucket</i> simple	Cumplimiento estricta
AF	<i>Token bucket</i> doble tasa	Cumplimiento permisivo

Las disciplinas típicas de planificación incluyen *Weighted Fair Queuing* (WFQ) [13] y sus variantes, *Virtual Clock Algorithm* (VCA) [14], *Self-Clocked Fair Queuing* (SCFQ) [15], *Start Time Fair Queuing* (STFQ) [16], etc.

Mientras que WFQ ofrece el mejor rendimiento, su complejidad es muy elevada. Tanto SCFQ como STFQ son más fáciles de implementar, aunque introducen mayores retardos. Teniendo en cuenta que AF PHB no presenta requisitos muy estrictos en cuanto a retardo, ambos algoritmos son candidatos aceptables para su implementación en el planificador AF.

Se podría plantear la posibilidad de utilizar un único planificador con múltiples líneas de salida, atendiendo a paquetes en todos los grupos PHB. Cada uno de ellos tendrá su propia línea de salida, así como una serie de recursos dedicados (de ancho de banda y espacio en búfer). Por tanto, servir los paquetes de un grupo no afecta negativamente a la atención recibida por el resto de los grupos; al contrario, esto permite aprovechar los recursos infrautilizados en otros PHBs. Ya que BE PHB no tiene asignado ningún ancho de banda, es una práctica efectiva, limitar el ancho de banda máximo que puede dedicarse a las clases AF y EF a un valor menor que la tasa máxima de salida, con el fin de evitar que se prive a BE PHB de ser atendido.

Como ya se ha mencionado, la gestión de colas y la planificación forman parte de un único proceso, que incluye el descarte de paquetes. Las técnicas empleadas para la gestión de colas son específicas para cada PHB.

4.2.2.2. Gestión de Colas

Una vez realizada la clasificación, los paquetes EF se envían directamente a una cola FIFO – si están dentro del perfil –, o se descartan – si están fuera. Esto significa que no hay gestión de colas ni planificación, y que la cola EF FIFO puede ser dimensionada para ajustarse al tamaño máximo de paquete.

Del mismo modo, los paquetes BE se dirigen a otra cola FIFO, sin ningún tipo de acondicionamiento. Los paquetes permanecen en la cola hasta que haya recursos en nivel 2 disponibles. Cuando los paquetes almacenados exceden el tamaño de la cola los paquetes se descartan. Los paquetes BE se descartan indiscriminadamente, afectando negativamente al rendimiento a nivel de transporte.

Los paquetes AF, tras ser clasificados, son objeto de un marcado acorde con alguno de los niveles de descarte (en función del nivel de conformidad), antes de ser dirigidos a las colas AF. A continuación, estos paquetes, son planificados y descartados, si procede, según el nivel de ocupación del búfer y su

probabilidad de descarte. Las colas AF necesitan por tanto estar activamente gestionadas, de forma que una disciplina FIFO no es apropiada.

Random Early Detection (RED) [17] es el método más popular para la gestión de colas activas. Se ha ampliado como RIO (*RED with In/Out bit*) [18], es decir, RED con dos niveles, que corresponden a los paquetes dentro y fuera del perfil. RIO consiste en un conjunto de parámetros que definen los pesos de las colas (por clase / por preferencia de descarte), los umbrales de descarte y algunas probabilidades de referencia para el descarte.

Este mecanismo, cuando es combinado con la monitorización que proporciona el mecanismo *Token Bucket*, garantiza un ajuste automático de las tasas de los flujos entrantes a la tasa disponible de la línea de salida, de tal manera que no será necesario que se realimente información de capa 2 a capa 3.

Se emplea un mecanismo basado en dos prioridades estrictas para administrar las colas:

- Prioridad estricta preventiva para EF respecto del resto de clases.
- Prioridad estricta no preventiva de AF respecto de BE.

Esto significa que los paquetes AF y BE solo serán planificados cuando no haya paquetes esperando en la cola EF. En este caso, la cola AF tendrá prioridad respecto de la BE.

5. Conclusiones

Las comunicaciones vía satélite son sistemas complejos caracterizados por su capacidad *broadcast/multicast*, con elevada cobertura, que proporcionan conectividad multipunto-a-multipunto y flexibilidad en la configuración. La arquitectura de QoS que presenta mayores ventajas en el escenario de satélites es *DiffServ* debido a que es fácilmente escalable y sencilla de implementar.

DiffServ (arquitectura de QoS a nivel 3) y los mecanismos para la provisión de QoS en DVB-RCS convergen en el terminal con el fin de proporcionar capacidades de QoS extremo a extremo. El nodo *DiffServ* genérico se ha adaptado a las necesidades del RCST, presentando tres partes: clasificador de paquetes, acondicionador de tráfico y envío de los PHBs.

DiffServ define varios tratamientos de flujo (PHB), por lo tanto los diferentes bloques del RCST se definen de acuerdo con los distintos PHBs (EF, AF y BE).

Agradecimientos

El presente artículo se centra en el trabajo realizado en los proyectos “*Application Layer QoS in DVB-RCS systems*” financiado por la Agencia Espacial Europea, y “*SATSIX – Satellite based communications systems within IPv6*” financiado por la Comisión Europea dentro del Sexto Programa Marco, a cuyos consorcios y entidades financiadoras los autores desean expresar su agradecimiento y reconocimiento.

Referencias

[1] G. Bensberg, “Digital Satellite transmission standards: an overview of the DVB satellite specification and its implementation”, *Digitally Compressed TV by Satellite*, IEEE Colloquium on, London, Noviembre 1995.

[2] H. Skinnemoen, R. Leirvik, J. Hetland, H. Fanebust and V. Paxal, “Interactive IP-network via satellite DVB-RCS”, *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on*, On page(s): 508- 517, vol. 22, Issue: 3, Abril 2004.

[3] R. Braden, D. Clark and S. Shenker, "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview", IETF, RFC 1633, Junio 1994.

[4] L. Jianxian, Z. Ling and F. Suili, "A survey of RSVP performance", *Communications*, 1999. APCC/OECC '99. Fifth Asia-Pacific Conference on, and Fourth Optoelectronics and Communications Conference , vol. 2, no. pp.1200-1203, 1999.

[5] S. Shenker, C. Partridge and R. Guerin, “Specification of Guaranteed Quality of Service,” IETF, RFC 2212, Septiembre 1997.

[6] J. Wroclawski, “Specification of the Controlled-Load Network Element Service,” IETF, RFC 2211, Septiembre 1997.

[7] Y. Jia and M. Chen, “A novel architecture of providing guaranteed services for differentiated services network”, *Proceedings EUROCON 2001*, vol. 2, pp. 492-495, Julio 2001.

[8] J. Karlsson, U. Bodin, A. Brodnik, A. Nilsson and O. Schelen, “Extended expedited forwarding: the in-time PHB group”, *Computers and Communication. (ISCC 2003). Proceedings. IEEE Symposium on*, 2003, pp. 291 – 298, vol.1, July 2003.

[9] K. Kumazoe, Y. Hori, T. Ikenaga, and Y. Oie, "Quality of assured service through multiple DiffServ domains," *Communications, Computers and signal Processing*, 2001. PACRIM. 2001 IEEE Pacific Rim Conference on, vol.1, no.pp.83-86, 2001.

[10] ETSI TR 101 790, “Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for Satellite Distribution Systems; Guidelines for the use of EN 301 790”, Enero 2003.

[11] A. Morello and V. Minone, “DVB-S2: the second generation standard for satellite broad-band services”, *Proceedings of the IEEE*, vol.94, no.1, pp. 210- 227, Enero 2006.

[12] Andrew S. Tanenbaum, “Computer Networks”, 3^o Edition, *Prentice-Hall*, 1996.

[13] A. Demers, S. Keshav, S. Shenker, "Analysis and simulation of a fair queueing algorithm", *Internet Res. and Exper.*, vol. 1, 1990

[14] L. Zhang, "VirtualClock: A New Traffic Control Algorithm for Packet-Switched Networks," *ACM Transaction on Computer Systems*, Vol. 9, No. 2, pp. 101-124, Mayo 1991.

[15] S. J. Golestani, "A self-clocked fair queueing scheme for high speed applications", in *Proc. INFOCOM '94*, Abril 1994.

[16] P. Goyal, H. M. Vin, H. Cheng, "Start-time Fair Queueing: A Scheduling Algorithm for Integrated Services Packet Switching Networks", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 5, No. 5, Octubre 1997.

[17] Floyd, S., and Jacobson, V., “Random Early Detection gateways for Congestion Avoidance” .*IEEE/ACM Transactions on Networking*, V.1 N.4, p. 397-413, Agosto 1993.

[18] J. Orozco and D. Ros, ”An Adaptive RIO (A-RIO) Queue Management Algorithm”. *Proceedings of QoFIS 2003*. Stockholm, Octubre 2003.