

# Propuesta de Mejoras en el Soporte de Mecanismos QoS en el Sistema de Modems de Cable ComUNITY de Com21

Luisa M. REGUERAS, María J. VERDÚ y Rafael MOMPÓ  
Dpto. Teoría de la Señal, Comunicaciones e Ingeniería Telemática  
E.T.S.I.T., Universidad de Valladolid  
Valladolid, 47011, España

## RESUMEN

En este artículo se lleva a cabo un estudio de cuáles son los mecanismos de soporte QoS (*Quality of Service*) ofrecidos por el sistema de modems de cable ComUNITY de Com21, el cual está basado en el uso del protocolo propietario UPSTREAMS, y cómo se lleva a cabo la asignación de ranuras (o slots temporales) en el canal ascendente. Además, para solucionar el problema de la asignación de *grants* para el servicio ABR, se propondrá el uso de un controlador difuso.

**Palabras Claves:** ABR (*Available Bit Rate*), modems de cable, QoS (*Quality of Service*), sistema de acceso ComUNITY de Com21, lógica difusa, protocolo UPSTREAMS, redes HFC.

## 1. MODEMS DE CABLE

Los modems de cable permiten la transmisión digital, bidireccional y a alta velocidad a través de la red de cable de cualquier servicio de datos; siendo los más frecuentes acceso a Internet a alta velocidad e interconexión de redes LANs. En concreto, con la creciente demanda de servicios de datos a alta velocidad, los operadores de cable se encuentran en una posición óptima; ya que los modems de cable constituyen una efectiva y económica solución que permite conectar a los usuarios residenciales y de las PYMES a la Sociedad de la Información. De hecho, los modems de cable presentan algunas características particulares que los hacen ser una tecnología de acceso única de cara a este tipo de usuarios [1]:

- a) Infraestructura de banda ancha. Permite alta velocidad de transmisión; hasta 36 Mbps en la dirección descendente y hasta 10 Mbps en la dirección ascendente.
- b) Posibilidad de llegar a todos los usuarios, incluso a los usuarios residenciales y a las pequeñas empresas; y sin la necesidad de contratar una línea telefónica adicional.
- c) Economía. Toda la capacidad se reparte dinámicamente entre todos los usuarios. Además, estos servicios hacen uso de una red que ya estaba instalada para ofrecer otro servicio (difusión de televisión), lo que permite generar ingresos adicionales de una infraestructura ya existente.
- d) Conexión permanente. El usuario puede estar *on-line* las 24 horas del día, si bien sólo consume ancho de banda cuando está transfiriendo información a través de la red. Asimismo, no tiene necesidad de hacer llamadas (marcación previa), ni siquiera identificarse con un nombre de usuario y una contraseña (*login* y *password*), ya que la autenticación la realiza el módem de cable [4].

- e) Sintonizable. Estos equipos pueden colocar sus portadoras en cualquier zona del espectro que se encuentre libre, e incluso conmutar de manera automática de un canal ruidoso a otro en mejores condiciones, sin interrumpir el servicio. Esto puede resultar muy útil para esquivar el ruido en el canal ascendente o simplemente para repartir la carga de tráfico entre distintas portadoras.
- f) Fácil instalación y configuración. Los modems de cable son verdaderos dispositivos *plug and play*, comienzan a funcionar automáticamente con tan sólo conectarlo al PC y a la roseta CATV. El proceso de configuración es transparente al usuario final, quien, a su vez, no puede modificar los parámetros de configuración; lo que también supone un factor adicional de seguridad. De la misma forma, un módem no puede comenzar a funcionar si no ha sido dado de alta previamente en el órgano de gestión central.
- g) Posibilidad de absorber cómodamente un gran aumento del número de abonados y de la demanda de todo tipo de servicios: cualificando nuevas portadoras, reduciendo el número de usuarios en cada canal de retorno, llevando el nodo óptico más cerca de los usuarios, etc.
- h) Posibilidad de tarifa plana. La tasa de usuario es una función del tipo de servicio y/o tipo/cantidad de la información transferida.
- i) Facilidades broadcast y multicast. Permite la difusión de datos a todos o a grupos específicos de usuarios (broadcast y multicast) para servicios de noticias, juegos multiusuario o descarga de software, entre otras posibilidades. En las redes con circuitos dedicados esto sólo es posible haciendo copias de la información para cada usuario y enviándolas por cada circuito a cada uno de ellos, lo cual es poco eficiente.
- j) Transmisión de datos bidireccional y asimétrica. La técnica de modulación y el ancho de banda del canal determinan la máxima velocidad de transmisión. Por regla general, la capacidad de recepción (entre 1 y 30 Mbps) es superior a la de transmisión por el canal de retorno (entre 0,2 y 14 Mbps). Tan solo algunas pocas compañías, como LANcity, proporcionan sistemas de modems de cable con capacidades simétricas en ambos canales. Esta característica responde al hecho de que, en la actualidad, la mayoría de servicios requieren capacidades ascendentes bastante pequeñas comparadas con las descendentes. De todas formas, las aplicaciones tienden a requerir capacidades ascendentes cada vez mayores, por lo que la demanda de ancho de banda por parte de los usuarios

evolucionará también hacia capacidades ascendentes cada vez mayores.

- k) Posibilidades QoS. El sistema de modems de cable tiene un control de acceso al medio centralizado que permite controlar la asignación de ancho de banda a cada usuario. Esto permite definir diferentes tipos de servicio y por lo tanto, ofrecer diferentes velocidades de acceso a través de la red de cable.

### El problema de la estandarización

Los modems de cable no son entidades independientes, sino que para poder ser utilizados necesitan disponer del correspondiente módulo de cabecera. Por tanto, resulta evidente que para su correcto funcionamiento debe haber un acuerdo previo sobre los detalles del protocolo de comunicación a utilizar entre ambos sistemas (la cabecera y los modems de cable). De esta forma, la instalación de un determinado equipo de cabecera por parte del operador de cable, fuerza a utilizar modems de ese mismo fabricante en las premisas del cliente.

La elaboración de un modelo de referencia permitirá utilizar equipos de distintos fabricantes en un mismo sistema, garantizar la compatibilidad de sucesivas generaciones de modems, dejar en manos del usuario final la adquisición del módem, conseguir economía de escala en los componentes comunes con la consiguiente reducción de precios, disminuir el riesgo de los fabricantes frente a esta nueva tecnología, etc.

En principio, a la hora de elegir un modelo de referencia para la transmisión de datos a través de la red de cable existían principalmente dos alternativas, las especificaciones de MCNS (*Multimedia Cable Networks Systems*) y de IEEE 802.14 [15]. En ambos casos la topología del sistema es la misma, es decir, un sistema asimétrico con canales descendentes de mayor capacidad que los ascendentes. El modelo MCNS es más sencillo; por el momento, tan sólo, se centra en la transmisión de datos (en concreto de tráfico IP), aunque lo presentan como un sistema abierto capaz de soportar futuras evoluciones. Por su parte, el comité IEEE 802.14 ha desarrollado un modelo de referencia más ambicioso, pujando por la tecnología ATM, que ofrece desde un principio mayores prestaciones [21]. Estas dos especificaciones han adoptado esquemas radicalmente diferentes para el protocolo MAC. En [18] se comparan las cargas de datos para estas dos especificaciones, con marcadas diferencias en las *overheads* ascendente y descendente. En concreto, se llega a la conclusión de que asumiendo *overheads* FEC óptimas, la especificación descendente es más eficiente en MCNS y la ascendente en IEEE 802.14, asimismo en ambos casos la especificación descendente es más eficiente que su equivalente ascendente

Aunque lo más deseable es que haya un solo estándar y que los equipos sean compatibles entre sí, por el momento ambos modelos han previsto que gran parte de sus parámetros sean configurables remotamente para que un mismo módem pueda trabajar con diferentes modelos de equipos de cabecera; ya que, por ejemplo, el algoritmo empleado para gobernar la asignación de ancho de banda se deja a elección del fabricante.

Los vendedores de modems de cable ven a MCNS como el estándar de-facto, ya que la norma DOCSIS (*Data Over Cable Service Interface Specifications*) asegura compatibilidad con los equipos basados en estándares de otros vendedores. Así, por ejemplo, BayNetworks ha diseñado el protocolo UniLINK (seguido por la familia de modems de cable LANCity) y Com21 ha propuesto el protocolo UPSTREAMS basado en IEEE 802.14; pero ambos, también disponen de modems de cable que

cumplen con el estándar DOCSIS, Versalar Cable Modem 100 y Com21 DOX 1000, respectivamente.

De todas formas, además de DOCSIS y IEEE 802.14 también hay otros grupos de estandarización [13], como es el caso de DAVIC (*Digital Audio Visual Council*) [19], un grupo constituido por más de 200 compañías del sector de las Tecnologías de la Información. Su norma, que cubre todos los niveles (desde el nivel físico hasta diferentes niveles de aplicación), comenzó centrándose en el transporte ATM; pero en su última RFP (*Request For Proposals*) se ha movido hacia el transporte IP y sus servicios asociados, pasando desde una filosofía broadcast audiovisual a un entorno interactivo y multimedia. Como resultado de todo esto, muchos de los operadores europeos se han comprometido con DVB-RCC/DAVIC, otros grandes proveedores han elegido desarrollar la tecnología DOCSIS, y otros muchos están contando con equipos propietarios.

## 2. SISTEMA COMUNITY

El sistema de acceso ComUNITY de Com21 es una red de distribución de datos bidireccional basada en modems de cable. Este sistema proporciona acceso de datos Ethernet, usando para ello la tecnología de transporte ATM, y consta de tres componentes [2]: el equipo de cabecera ComCONTROLLER, los módems de cable ComPORT y el sistema de gestión.NMAPS.

A nivel de funcionamiento, los fundamentos de transmisión del sistema ComUNITY están basados en el uso del protocolo propietario UPSTREAMS (*Upstream Protocol for Sharing Transmission Resources among Entities using an ATM-based Messaging System*), el cual se puede resumir en los siguientes puntos:

- Uso de celdas ATM de 53 bytes con 5 bytes de cabecera; y con 1 byte extra de protocolo e información FEC.
- Las celdas ATM descendentes se transmiten a velocidad constante; de forma que si no hay datos a transmitir se envían celdas vacías para mantener la sincronización.
- Transmisión de celdas a diferente velocidad: 25 Mbps a 10 Gbps.
- ComUNITY proporciona una velocidad fija de 30,336 Mbps en el canal descendente y hasta 12 canales ascendentes de 2,56 Mbps (si se usa el chasis de expansión). Cada uno de estos canales ascendentes se corresponde con un módulo Rx RF instalado en el equipo ComCONTROLLER, lo que facilita un desarrollo paulatino, según la evolución de las necesidades y del número de usuarios.
- Para la interconexión de redes Ethernet, los paquetes Ethernet, con una longitud de 64 a 1582 bytes, se encapsulan en celdas ATM con un *payload* de 48 bytes. El módulo Ethernet/SAR de la cabecera es el encargado de llevar a cabo tanto la conversión de paquetes Ethernet a celdas ATM para la transmisión a través de la red HFC, como la conversión de celdas ATM a paquetes Ethernet para su transmisión a una de las cuatro posibles VLANs.
- En el campo *payload* de las celdas ATM se mezclan datos OAM (*Operations, Administration and Management*), para realizar funciones de operación y de gestión.

- Para asignar el ancho de banda requerido por cada módem de cable se le conceden a éste tantas celdas como sean necesarias.

Muchas de las características del protocolo UPSTREAMS, propuesto por Com21, se han visto reflejadas en el estándar IEEE 802.14; aunque también existen algunas diferencias. En concreto, Com21 no contempla la transmisión de fragmentos de longitud variable ni la asignación de más de un VPI por estación. Además, el protocolo de resolución de contienda que emplea UPSTREAMS es p-persistente, y no *n-tree* como en 802.14 [8].

Como puede verse Com21 ha optado por el uso de ATM como tecnología de transporte. En [7] se especifican las causas de esta elección, las cuales pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Soporte de un amplio rango de servicios, así como la posibilidad de la incorporación de servicios integrados sobre ATM.
- Buen control sobre la latencia extremo-a-extremo y el algoritmo de *scheduling* elegido.
- Escalabilidad vía conmutación ATM en el equipo de cabecera.
- Muy similar al estándar IEEE 802.14 sobre HFC.

Canal	Características	Retardo
Descendente	64QAM, ITU J.83 Anexo B, Modo 1	6 ms. + retardo propagación <sup>1</sup>
Ascendente	QPSK, canal a 2,56 Mbps	2·750 ms. FEC + retardo propagación <sup>1</sup>
Retardo de acceso Ascendente	Asignación CBR	Bien dentro de los límites del jitter
	Asignación Best-effort	<20 ms. en canales ligeramente cargados

Tabla 1. Canales HFC: retardo unidireccional.

Asimismo, es importante señalar, de cara a las posibles aplicaciones a implementar sobre la red de cable (y particularmente a aquellas sensibles al retardo de red), que el uso de ATM garantiza límites en el retardo y en el jitter, que pueden satisfacer la mayoría de presupuestos TR-303 (tal y como se muestra en la Tabla 1), salvo en lo referente al retardo del bucle de abonado. Por el contrario, con redes basadas en IP (como ocurre con el estándar MCNS), el control de garantías en los valores del retardo y del jitter no es tan bueno debido a la mezcla de paquetes.

### Grupos QoS en el sistema ComUNITY

En el sistema de acceso ComUNITY, la arquitectura ATM gestiona el flujo ascendente y descendente de datos. Asimismo, el criterio de asignación de ancho de banda se basa en la QoS contratada por cada abonado; si bien, este sistema únicamente ofrece dos de los tipos de servicio definidos en ATM:

- ABR o tasa de bit variable a disposición del usuario con garantías de servicio mínimo.

<sup>1</sup> ~400 milisegundos máximo.

- CBR o tasa de bit constante asignada de forma permanente, o durante el uso del canal.

La provisión de los grupos QoS conlleva establecer los parámetros QoS para hasta 16 niveles de servicio diferentes configurables estáticamente por el operador de cable. En principio, a través del sistema de gestión NMAPS, se definen los diferentes grupos QoS, y luego al proveer cada módem, éste es asignado a uno de estos grupos. Para proveer los grupos QoS se debe seleccionar el tipo de servicio junto con las tasas de datos correspondientes.

Es importante señalar que estos 16 niveles de funcionamiento se asignan por suscriptor y por sesión. Cuando se provee el módem de cable para un determinado usuario, se deben determinar una serie de parámetros. Estos parámetros se configuran de forma estática, y sin la posibilidad de separar el tráfico perteneciente a diferentes aplicaciones; el módem se provee con un determinado grupo QoS, que no puede modificarse. Sólo es posible modificarlo si se vuelve a proveer dicho módem desde el sistema de gestión NMAPS.

### 3. PROBLEMA: ASIGNACIÓN DE SLOTS TEMPORALES EN EL SERVICIO ABR

Como se ha visto, en el sistema de acceso ComUNITY de Com21, la arquitectura ATM gestiona el ancho de banda ascendente y descendente basándose en la QoS contratada por cada abonado: el tipo de servicio (ABR y CBR) junto con las tasas de datos correspondientes. En concreto, la gestión y asignación de ancho de banda es responsabilidad del equipo de cabecera. La cabecera es responsable de asignar los recursos ascendentes, basándose en la categoría de servicio contratada así como en la recepción de peticiones de ancho de banda de cada estación, mediante el uso de *grants* o permisos que especifican quién y qué tipo de mensajes se pueden enviar en cada slot ascendente: *invite\_grants*, *contention\_grants* y *direct\_grants*.

De esta forma, a partir de la clase de servicio ATM y de la tasa asignada a una estación en el canal ascendente, denominada ACR (*Allocated Cell Rate*), la cabecera determinará el número de slots que debe asignar a ese usuario. Por ejemplo, si el módem tiene establecido un servicio CBR a 64 kbps, el gestor de ancho de banda debe asignarle *grants* a una tasa igual o superior a la requerida para el servicio de 64 kbps. Por tanto, el gestor de ancho de banda tendrá que calcular las asignaciones adicionales de ancho de banda necesarias para el tráfico best-effort ABR y al mismo tiempo, deberá asignar suficientes permisos (*grants*) ascendentes para el mantenimiento de la tasa CBR.

En este punto es importante señalar que, tal y como se comenta en [14], para el sistema de gestión de ancho de banda, el servicio CBR es muy poco problemático dado que se puede entregar justo la tasa contratada mediante el envío de *direct\_grants* en los intervalos apropiados. De hecho, donde está realmente la complicación es en el servicio ABR y la asignación mediante contienda de *direct\_grants*. Por tanto, el uso realmente interesante del controlador difuso vendrá relacionado con la asignación de slots y de búferes para el servicio ABR. En este sentido, resulta interesante recordar el trabajo presentado en [6] donde se trata el problema del control de tasa para la clase de servicio ABR.

La clase de servicio ABR ofrece un servicio best-effort intentando optimizar los recursos de la red. En concreto, hace uso de un mecanismo de control de flujo extremo-a-extremo,

conocido como mecanismo basado en tasa, que controla la tasa de fuente ABR. Las fuentes ABR ajustan su tasa de celdas en función de la información ER (*Explicit Rate*) transportada en las celdas RM (*Resource Management*). Una fuente comienza a enviar sus datos a una tasa ICR (*Initial Cell Rate*) establecida previamente y luego, de manera periódica envía celdas RM, mezcladas con las celdas de datos, hacia los destinos finales. Cuando las celdas RM llegan al destino son devueltas a la fuente, donde cualquier nodo de conmutación intermedio puede actualizar la información de feedback. En concreto, cuando una celda RM pasa a través de un switch ATM, su valor ER es examinado y posiblemente modificado. Así, la fuente de datos, después de recibir una celda RM, ajusta su tasa de celda basándose en el valor del campo ER.

Por otra parte, el fuerte crecimiento en el número de aplicaciones multimedia en tiempo real ha llevado a la necesidad de medir y evaluar la calidad percibida por los usuarios; ya que es la calidad subjetiva la que determinará finalmente el éxito o no de estas aplicaciones [12] [17]. Por tanto, el sistema de acceso ComUNITY no sólo debe preocuparse de asignar *slots* en función de los recursos disponibles sino que también debe tener en cuenta la QoS demandada y percibida por los usuarios finales.

#### 4. SOLUCIÓN: PROPUESTA DEL USO DE UN CONTROLADOR DIFUSO

La lógica difusa o lógica borrosa (*fuzzy logic*) fue presentada por Lotfi Zadeh en 1965 como un medio para modelar la incertidumbre propia del lenguaje natural [22]. La lógica difusa es una familia de teorías y técnicas alrededor del concepto de conjunto borroso. Así, mientras la teoría tradicional define ser miembro como un predicado binario (pertenece o no pertenece), la teoría difusa permite representar el ser miembro como una distribución de posibilidades, asignando un grado o probabilidad de pertenencia. Por lo tanto, tal y como se comenta en [10], la lógica difusa puede interpretarse como una extensión de la lógica tradicional con el fin de manejar el concepto de “parcialmente verdadero” (valor de verdad entre “absolutamente verdadero” y “absolutamente falso”)

Los sistemas basados en lógica difusa pueden controlar de manera más adecuada aquellos procesos que están gobernados por reglas intuitivas y que son difíciles de expresar matemáticamente. En concreto, parte de la gran potencia de esta metodología se debe a la posibilidad de expresar operaciones y las reglas de control del sistema mediante palabras de uso cotidiano. El lenguaje natural abunda en conceptos ambiguos e imprecisos, de forma que estas expresiones son difíciles de traducir en un lenguaje preciso sin perder parte de su valor semántico. Sin embargo, los sistemas difusos pueden controlar mejor y de forma más sencilla los procesos gobernados por reglas intuitivas y expresados mediante el empleo del lenguaje natural.

La lógica difusa elimina los altos contenidos de la matemática y la física de un proceso y va directo al nivel en el que el sistema trabaja, lo cual permite, mediante la formulación de reglas borrosas, aproximarse intuitivamente a la solución del problema. De hecho y de acuerdo a Jantzen, la lógica difusa puede describirse como calcular con palabras en lugar de con números y el control difuso como controlar con sentencias en lugar de con ecuaciones.

Por tanto, puede verse como la lógica difusa será una buena solución a nuestro problema. En concreto, en este artículo se

propone y define el uso de un sistema de control difuso que ayude en la tarea de la asignación de *grants*.

#### Definición del sistema de control difuso

Para definir un sistema de control difuso, como es el que aquí nos ocupa, será necesario definir (1) los conjuntos difusos para los parámetros de control del gestor de ancho de banda, tal como ACR (tasa de celda asignada) o TAG (tasa de generación de *grants*), (2) las funciones de pertenencia y (3) una base de reglas adecuada, es decir, los componentes propios de todo sistema de control difuso.

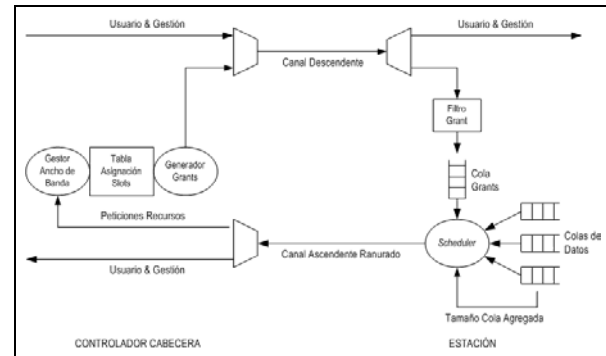


Figura 1. Flujo de datos y *grants* en UPSTREAMS

En el caso particular del controlador de ancho de banda, las variables lingüísticas difusas serán la calidad observada por el usuario junto con información relacionada con el estado de las colas ABR del controlador de cabecera (cuyo esquema se muestra en la Figura 1). En concreto, además del grado de calidad  $\delta QoS$  se van a emplear otras variables de entrada como son la longitud de la cola  $q$  y la tasa de cambio de la longitud de la cola  $\Delta q$ , dado que esta última describe de una forma efectiva la diferencia entre la tasa de solicitud (o demanda de transmisión) y la tasa de servicio. Asimismo, como variable de salida del sistema se utilizará una señal de control a la que se denominará factor de corrección o FC, que es un número comprendido entre  $-1$  y  $1$ , encargado de ajustar la nueva tasa de generación de *grants* para ese usuario. Así, dado que en último término la calidad vista por un usuario en un sistema de modems de cable está relacionada con el número de slots asignados a dicho módem, la salida del sistema lo que hará será ajustar ese valor.

Según el conocimiento existente sobre control de congestión [3] [5] [6] [20], para describir la longitud de la cola se usarán los términos “vacío (V)” y “lleno (L)” mientras que la variación de la longitud de la cola estará compuesta de los conceptos “positivo (P)” y “negativo (N)”. Asimismo, los términos usados para describir el grado de calidad serán “buena (B)” y “mala (M)”, o lo que es lo mismo aceptable o no-aceptable, respectivamente. Por otra parte, conforme al conocimiento expuesto en [9], con el fin de proporcionar un adecuado control y evitar límites incontrolables para la generación de permisos y al mismo tiempo lograr una adaptación instantánea, para la variable de control FC se deben usar dos umbrales. Es decir, la salida del sistema estará formada por cinco niveles: “disminuir fuertemente (DF)”, “disminuir suavemente (DS)”, “no cambiar (NC)”, “incrementar suavemente (IS)” e “incrementar fuertemente (IF)”.

Las funciones de pertenencia de los diferentes términos deben seleccionarse con la forma y posición adecuada; por lo que se considerarán funciones de pertenencia trapecoidales y

triangulares (ver la Figura 2). Además, el uso de este tipo de funciones viene justificado porque, como se señala en [23], estas funciones además de ser las más simples (están formadas mediante el uso de líneas rectas) y populares, son muy adecuadas para trabajar en tiempo real y de hecho, son las que se eligen normalmente en los sistemas de control. Además, según [11], si las funciones de pertenencia se especifican con formas simples, se garantiza que el sistema basado en reglas difusas presenta un *overhead* de rendimiento equivalente al de un sistema tradicional, basado en reglas clásicas.

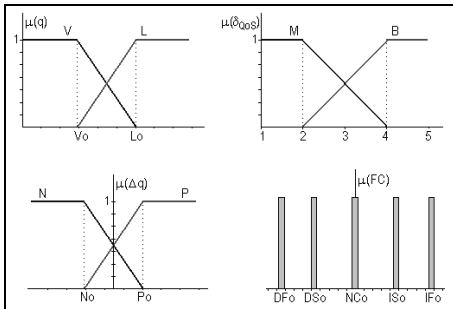


Figura 2. Funciones de pertenencia del controlador difuso de ancho de banda

Asimismo, de acuerdo a la teoría difusa, la base de reglas estará constituida por un total de ocho reglas. En concreto, para definir la base de reglas se puede hacer uso de la estructura optimizada mediante algoritmos genéticos presentada en [3] y adaptarla a las condiciones particulares de esta situación y obtener así la base de reglas que se muestra en la Tabla 2.

Regla	$q$	$\Delta q$	$\delta_{QoS}$	$FC$
1	V	N	B	IF
2	V	N	M	IF
3	V	P	B	IS
4	V	P	M	IF
5	L	N	B	IF
6	L	N	M	IF
7	L	P	B	DS
8	L	P	M	NC

Tabla 2. Base de reglas del controlador difuso de ancho de banda

Finalmente, a partir de la salida del controlador difuso de ancho de banda (es decir, del valor de  $FC$ ), se ajustará la tasa de generación de permisos, o lo que es lo mismo la tasa de transmisión de la fuente. En concreto, en la Figura 3 se muestra cuál es el algoritmo empleado por el controlador de ancho de banda para determinar el número de slots o permisos a asignar a cada usuario, el cual está basado en el modo de funcionamiento de la clase de servicio ABR y en el mecanismo utilizado en [16]. En esta figura  $TAG$  es la actual tasa de asignación de *grants* para ese usuario (salida del generador de permisos visto en la Figura 1);  $TAG'$  es la nueva tasa de asignación de permisos, calculada a partir de la salida del controlador difuso;  $TAG_{min}$  y  $TAG_{max}$  son la mínima y máxima tasa de asignación

permitida, respectivamente, determinadas a partir del servicio contratado por el usuario;  $v$  es un factor multiplicativo, comprendido entre 0 y 1; y  $\eta$  es un factor aditivo.

---

IF  $FC < 0$  THEN  $TAG' \leftarrow \max (TAG \cdot v, TAG_{min})$

IF  $FC = 0$  THEN  $TAG' \leftarrow TAG$

IF  $FC > 0$  THEN  $TAG' \leftarrow \min (TAG + \eta, TAG_{max})$

---

Figura 3. Algoritmo del controlador de ancho de banda

En definitiva, lo que quiere decir este algoritmo es que si el factor de corrección es negativo, se disminuirá la tasa de asignación de manera multiplicativa a través de un factor de disminución de tasa; si es nulo se mantendrá la misma tasa de asignación; y si es positivo se aumentará la tasa de asignación de manera aditiva con un factor de incremento de tasa previamente establecido. Asimismo, en caso de que esto no sea posible el sistema de gestión puede negociar una nueva configuración de la aplicación, que requiera una menor cantidad de recursos de red (adaptación a través del uso de configuraciones alternativas).

## 5. CONCLUSIONES

Analizando el sistema de modems de cable ComUNITY de Com21 y sus posibilidades o mecanismos de soporte QoS, se ha comprobado la dificultad que supone la asignación mediante contienda de *direct\_grants* en el servicio ABR. En este artículo se ha mostrado como el uso de un controlador difuso soluciona este problema, ya que facilita y ayuda en la tarea de la asignación de *grants* teniendo en cuenta no sólo los recursos del sistema, sino también, lo que es más importante, la calidad requerida y vista por el usuario final.

## REFERENCIAS

- [1] B. Carro, L. M. Regueras, M. J. Verdú, J. Redoli y R. Mompó, "Different Broadband Access Options for Specific Infrastructure Conditions", Proceedings of the Broadband Access Conference BAC'99, pp. 194-198, Fundacji Postepu Telekomunikacji, Cracovia, Polonia, Octubre 1999.
- [2] "ComUNITY Access Products", Com21, 1999. URL: <http://www.com21.com/products/pdf/C21ProdBr.pdf>
- [3] R-G. Cheng y C-J. Chang, "Design of a fuzzy traffic controller for ATM networks", IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol 4, No. 3, pp. 460-469, Junio 1996.
- [4] F. García, "Cable Módem el futuro que viene", iWorld, No. 10, Noviembre 1998.
- [5] E. Hernandez, "Fuzzy Logic and Adaptative Sampling", HCS Lab., 2002. URL: [www.cise.ufl.edu/~ehernand/research/mypresentations/fuzzy\\_logic\\_intro.ppt](http://www.cise.ufl.edu/~ehernand/research/mypresentations/fuzzy_logic_intro.ppt)
- [6] Q. Hu, D.W. Petr y C. Braun, "Self-tuning fuzzy traffic rate control for ATM networks", IEEE International Conference on Communications, ICC'96, pp. 424-428, Dallas, Texas, USA, 1996.
- [7] M. Laubach, "Why Com21 Selected ATM", Presentation to PacketCable Group, Cablelabs, Noviembre 1997.

- [8] "The UPSTREAMS Protocol for HFC Networks Revision 2", Com21, SCTE Contribution SCTE-DSS-97-3, M. Laubach (Ed.), Junio 1997.
- [9] A. Kasiolas y D. Makrakis, "A Fuzzy-Based Traffic Controller for high-speed ATM Networks Using Realistic Traffic Models", Proceedings of the International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS99), Florencia, Italia, Junio 1999.
- [10] H. Kirschfink y K. Lieven, "Basic Tools for Fuzzy Modeling", Tutorial on Intelligent Traffic Management Models, Technical Committee 'Traffic' of ERUDIT, Helsinki, Finlandia, Agosto 1999. URL: [http://www.erudit.de/erudit/events/tc-c/03\\_FuzzyModeling.pdf](http://www.erudit.de/erudit/events/tc-c/03_FuzzyModeling.pdf)
- [11] B. Li, "Agilos: A Middleware Control Architecture for Application-Aware Quality of Service Adaptations", Ph.D. Thesis, Dpto. Computer Science, University of Illinois, Urbana-Champaign, USA, Mayo 2000.
- [12] I. Marsh, F. Li y Gunnar Karlsson, "Wide Area Measurements of VoIP Quality", Proceedings of QoFIS 2003, Estocolmo, Suecia, Octubre 2003.
- [13] A. Murillo, "Cablemodems. Estándares y productos en marcha", Comunicaciones World, IDG Communications, No. 113, junio 1997.
- [14] K.M. Nichols y M. Laubach, "On Quality of Service in an ATM-based HFC Architecture", Proceedings of ATM96, San Francisco, USA, Agosto 1996.
- [15] E. Parrilla, R. Pérez, J. Redoli y R. Mompó, "Modems de cable: detalles técnicos sobre su funcionamiento", Cable y Satélite Profesional, No. 29, pp. 8-11, Mayo-Junio 1997.
- [16] A. Pitsillides y Y.A. Sekercioglu, "Fuzzy Logic Based Effective Congestion Control", Proceedings of Workshop 'Application of Computational Intelligence Techniques in Telecommunications', ERUDIT (Ed.), Imperial College, Londres, Reino Unido, Abril 1999.
- [17] L.M. Regueras, "Contribución al estudio de la Calidad de Servicio de las Aplicaciones para la Sociedad de la Información sobre Redes Híbridas Fibra-Coaxial", Tesis Doctoral, Dpto. Teoría de la Señal Comunicaciones e Ingeniería Telemática, Universidad de Valladolid, Octubre 2003.
- [18] C. Smythe, P. Tzerefos, S. Cvetkovic, I. Stergiou y C. Sullivan, "A Comparison of the IEEE 802.14 Broadband Metropolitan Area Network Protocol and the MCNS Cable Modem Specifications", Proceedings of IEEE IBC'98, pp.52-57, 1998.
- [19] C. Smythe, P. Tzerefos y S. Cvetkovic, "CATV Infrastructures and Broadband Digital Data Communications", Electronic Engineering Encyclopedia, Wiley, Abril 1999. URL: <http://www.dunelm.com/dunelm/Documents/Papers/WileyEEEd.pdf>
- [20] G. Trajkovski, B. Cukic y M. Bogatinovski, "A Comparison of Two Buffer Occupancy Control Algorithms in ATM Networks", IEEE Symposium on Application-Specific Systems and Software Engineering & Technology (ASSET 99), Dallas, Texas, USA, Marzo 1999.
- [21] P. Tzerefos, C. Smythe, I. Stergiou y S. Cvetkovic, "Standards For High Speed Digital Communications Over Cable TV Networks", IEEE Conference on Telecommunications, No. 451, pp. 224-229, Edinburgh, Reino Unido, 1998.
- [22] L.A. Zadeh, "Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 3, No. 1, pp. 28-44, Enero 1973.
- [23] H-J. Zimmerman, "Fuzzy Set theory and its Applications", 2nd edition, New York: Kluwer, 1991.