

# White Paper

## ¿Qué ofrece Wimax frente a otras tecnologías?

Rev. A1, 31 Enero 2008

# Información de copyright y confidencialidad

Albentia Systems, S.A., owns the sole copyright to this manual and equipment it describes. Under International copyright laws you may not distribute this work to others. This is an unpublished **proprietary** and **confidential** work that belongs to Albentia Systems, S.A.

*Albentia Systems, S.A.*

Albentia Systems, S.A. posee el copyright sobre este manual y el equipamiento que describe. Al amparo de las leyes de internacionales de copyright esta documentación no puede ser distribuida o transmitida a otros. Esta documentación y el software que describe es un trabajo **proprietario** y **confidencial** que no ha sido publicado y que pertenece a Albentia Systems, S.A.

*Albentia Systems, S.A.*

## HISTORIAL DE REVISIONES

El historial de revisiones de este documento se encuentra en la siguiente tabla.

Rev.	Autor	Fecha	Descripción
A1	<i>Asier Couto</i>	<i>30 de Enero</i>	Primera versión del documento.

**Tabla 1 - Historial de revisiones**

## CONTENIDO

1. SOBRE ESTE DOCUMENTO.....	8
1.1. Objetivo.....	8
1.2. Introducción a WiMAX.....	8
2. SISTEMAS DE BACKHAUL.....	9
2.1. Eficiencia espectral total.....	9
2.2. Eficiencia espectral con la distancia.....	9
2.3. QoS en backhaul.....	12
2.3.1. QoS extremo a extremo.....	12
2.3.2. Bifurcaciones con garantías.....	12
2.3.3. Backup.....	12
2.4. Eficiencia “salto a salto”.....	12
3. SISTEMAS DE ACCESO.....	13
3.1. QoS.....	13
3.2. Evita el mal uso de la red.....	13
3.3. Sobreprovisionamiento.....	14

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ejemplo de transmisión en <i>IEEE 802.11</i> .....	10
Figura 2 - Ejemplo de transmisión en <i>IEEE 802.16-2009</i> .....	11

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 - Historial de revisiones.....	3
Tabla 2 - Glosario de Términos.....	7

## GLOSARIO

En la Tabla 2 se resumen las abreviaturas y términos utilizados en el documento.

<b>Término</b>	<b>Descripción</b>
<i>ACK</i>	<i>Acknowledge</i>
<i>BS</i>	<i>Base Station</i>
<i>BW</i>	<i>Band Width</i>
<i>DL</i>	<i>Down Link</i>
<i>FFT</i>	<i>Fast Fourier Transform</i>
<i>GSM</i>	<i>Global System for Mobile communication</i>
<i>IEEE</i>	<i>Institute of electrical and Electronics Engineers</i>
<i>LAN</i>	<i>Local Area Network</i>
<i>MAC</i>	<i>Medium Access Control</i>
<i>MAN</i>	<i>Metropolitan Area Network</i>
<i>NLOS</i>	<i>Non Line Of Sight</i>
<i>OFDM</i>	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexion</i>
<i>PtMP</i>	<i>Point to Multi Point</i>
<i>PtP</i>	<i>Point to Point</i>
<i>QoS</i>	<i>Quality of Service</i>
<i>RTT</i>	<i>Roudt Trip Time</i>
<i>SNR</i>	<i>Signal to Noise Ratio</i>
<i>SS</i>	<i>Subscriber Station</i>
<i>TDD</i>	<i>Time Division Duplex</i>
<i>UL</i>	<i>Up Link</i>
<i>UMTS</i>	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
<i>Wi-Fi</i>	<i>Wireless Fidelity</i>
<i>Wimax</i>	<i>Worldwide Interoperability for Microwave access</i>

**Tabla 2 - Glosario de Términos**

# 1. SOBRE ESTE DOCUMENTO

## 1.1. Objetivo

La gama de productos de Albertia Systems está estructurada en dos grandes familias: **Acceso** y **Transporte**, tanto en configuraciones Punto-a-Punto (PtP) como Punto-a-Multipunto (PtMP), respondiendo así de manera eficiente a las necesidades de sus clientes.

En este documento se van a explicar algunas de las características que han convertido a WiMAX en una de las tecnologías inalámbricas más atractivas del momento, comentando las ventajas respecto a otras tecnologías alternativas para cada uno de estos dos modos de funcionamiento.

## 1.2. Introducción a WiMAX

Wimax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) es una tecnología inalámbrica incluida dentro del estándar IEEE 802.16-2009 que ofrece conectividad de banda ancha, tanto para transporte de datos y *backhauling* como para acceso. Permite alcanzar un máximo de hasta 34 Mbps con canales de 10 MHz para transmisiones a grandes distancias (dependiendo de las antenas utilizadas), e incluso en situaciones de no-visión directa (NLOS).

WiMAX es radicalmente diferente a otros protocolos habituales como Ethernet o Wi-Fi. Se parece en su concepto más a una tecnología tipo GSM o UMTS. De hecho WiMAX está concebido como un protocolo de área metropolitana (MAN) frente al área local (LAN) de Wi-Fi. Esta concepción del sistema hace que el control sobre el medio radio quede centrado en la estación base y esa es la responsable de gestionar toda la trama. Esta forma garantiza que se puede realizar un estricto control sobre las transmisiones y asegurar la QoS.

Se citan a continuación algunas de las características más destacables de esta tecnología:

- Gran eficiencia espectral.
- Modulación OFDM adaptativa con FFT de 256 puntos, con la que puede establecer la modulación más adecuada para caso concreto.
- Posibilidad de trabajar tanto en banda libre como en banda licenciada.
- BW variable entre 1.75 MHz y 10 MHz.
- Sistema escalable.
- QoS: *Wimax* implementa mecanismos de Calidad de Servicio hasta nivel 2 que permite ofrecer servicios diferenciados.

Todos los productos de *Albertia Systems* están basados en la tecnología *WiMAX* y cumplen por completo el estándar *IEEE 802.16-2009*, convirtiéndolo en equipamiento 100% interoperable con equipos de otros fabricantes que también cumplan el estándar.



## 2. SISTEMAS DE BACKHAUL

### 2.1. Eficiencia espectral total

Una de las características que hacen tan interesante a la tecnología *WiMAX* es su alta eficiencia espectral, superior a la de otras tecnologías como *Wi-Fi*. Esto es posible debido a la combinación de muchos elementos: modulación OFDM adaptativa, MAC optimizado, mínima redundancia, gran utilización del medio físico,...

Esta alta eficiencia hace posible que se pueda mantener el mismo rendimiento en condiciones de menor relación señal a ruido (SNR) respecto a otras tecnologías similares, con lo que se pueden utilizar antenas de menor ganancia, que son más pequeñas y por lo tanto más baratas y más fáciles de instalar.

La demostración es clara: si por ejemplo nuestra alta eficiencia nos permitiera reducir la SNR total del enlace en 6 dB, podríamos utilizar antenas transmisoras y receptoras de 3dB menos de potencia, justo la mitad. Teniendo en cuenta que en una antena parabólica estándar de apertura circular (las más utilizadas para radioenlaces) la máxima ganancia se calcula como

$$G \approx (\pi^2 D^2) / \lambda^2$$

(siendo D el diámetro del reflector), se observa que la ganancia depende directamente del cuadrado del radio del reflector, con lo que si los requisitos de ganancia son menores el tamaño de la misma se reduce notablemente.

La instalación de antenas parabólicas en las torres de comunicaciones resulta costosa y compleja. Como los equipos de *Albertia Systems* requieren menores antenas (integradas o externas) para un funcionamiento óptimo, el cliente reduce gastos e puede invertir en tecnología *WiMAX*.

### 2.2. Eficiencia espectral con la distancia

*Wimax* también ofrece una gran eficiencia en función de la distancia. Otras tecnologías reducen drásticamente su eficiencia al aumentar la separación entre dos nodos, ya que se ven afectadas por el tiempo de RTT (*Round Trip Time*), que se define como el tiempo que tarda un paquete o trama desde que es transmitido hasta que retorna al mismo punto. En un caso genérico de 2 estaciones comunicantes separadas por una distancia  $d$ , el RTT de cada paquete transmitido se calcula como

$$RTT \approx \frac{2d}{c} + t_{proc}$$

siendo  $c$  la velocidad de la luz y  $t_{proc}$  el tiempo de procesado del paquete en la estación destino, que normalmente puede ser despreciable.

En el estándar *IEEE 802.11* (Wi-Fi) se transmite paquete a paquete. Esto hace que en distancias cortas, en donde el RTT es mínimo, todo funcione bien, pero que al aumentar la distancia el rendimiento se vea reducido drásticamente. Esto es debido fundamentalmente a que con esta tecnología hay lapsos de tiempo en los que no se

transmite información, y estos lapsos aumentan proporcionalmente con la distancia del enlace.

Una estación que transmite un paquete y que no puede transmitir el próximo hasta que reciba el *Acknowledge* de la estación receptora, cómo mínimo deberá esperar un tiempo RTT para poder enviar un segundo paquete. Durante todo ese tiempo RTT la estación transmisora no está haciendo uso del canal, con lo que estos “silencios” suponen un claro desaprovechamiento del medio. Como ya se ha comentado, el RTT es proporcional a la distancia del enlace, con lo que a mayor distancia, mayor inutilización del canal.

Pongamos el ejemplo de comunicación más sencillo posible para entender todo esto más claramente. Sean A y B dos estaciones, transmisora y receptora respectivamente, que desean comunicarse. Concretamente, la SS<sub>A</sub> desea enviar datos a la SS<sub>B</sub>, datos que irán encapsulados en paquetes [P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, ...P<sub>N</sub>]. La estación A inicia la transmisión con el primer paquete (P<sub>1</sub>), que tardara en llegar a B un tiempo proporcional a la distancia entre ambas. Cuando B lo recibe y lo procesa, envía una confirmación o *ACK*. La Figura 1 representa este esquema simple de transmisión de paquetes:

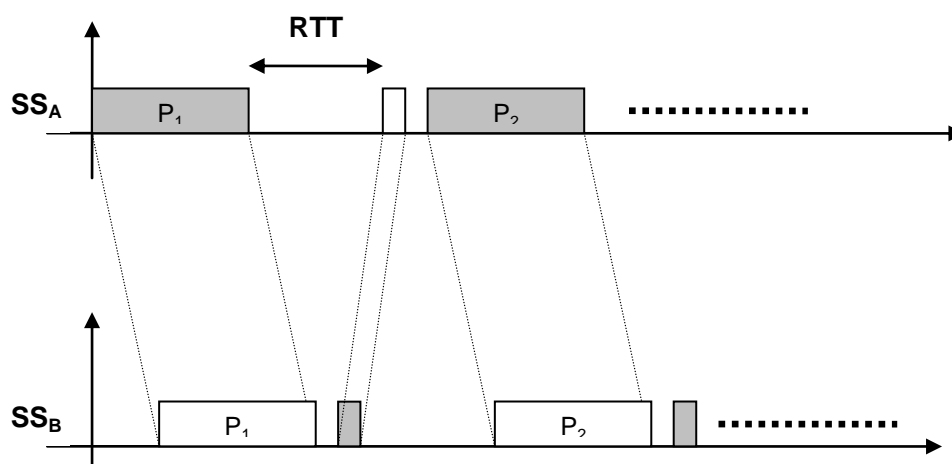


Figura 1 - Ejemplo de transmisión en *IEEE 802.11*

Para que la estación A transmita el segundo paquete (P<sub>2</sub>), debe esperar al menos un tiempo RTT. Esto supone que el canal no se está utilizando, así que cuanto mayor sea la distancia entre estaciones, mayor será este desaprovechamiento de capacidad del medio.

Con la tecnología *WiMAX*, sin embargo, se evita en gran medida este problema, debido en gran parte a su particular estructura de trama. A diferencia de *Wi-Fi*, que transmite la información paquete a paquete, la tecnología *WiMAX* es un sistema entramado y por tanto transmite trama a trama, agrupando en cada una muchos paquetes. En la banda libre de 5 GHz, *WiMAX* usa el modelo TDD (*Time Duplexion Division*) en el que las transmisiones se alternan en el tiempo y la información es introducida en *time slots* asignados por la estación base (BS).

La trama *WiMAX* es variable y se divide en 2 partes, la trama de DL (*Downlink*) y la de UL (*Uplink*), separadas ambas por un *gap* o espacio de tiempo. Este espacio va a permitir reducir los tiempos sin transmitir, como se explica a continuación.

El acceso al medio se realiza sin contienda, ya que la BS ejerce de árbitro y asigna *time slots* a los diferentes usuarios: la BS le dice a cada SS cuándo tiene que transmitir. Lo que sucede es que las SS saben que debido a la distancia existirá un tiempo RTT perdido, con lo que cuando reciben la correspondiente indicación de la BS de “se adelantan” y transmiten antes de lo que deberían. Este adelanto es posible debido al *gap* existente entre las tramas de DL y UL.

Así, y mediante técnicas de *Ranging*, las SS pueden estimar la distancia a la que se encuentran de la BS, con lo que todas pueden reajustar sus transmisiones, y esto se traduce en que el uso del canal en *WiMAX* es mucho más eficiente, ya que aumenta el tiempo en el que se transmite información, evitando por tanto los indeseados “silencios”.

En la Figura 2 se muestra más gráficamente lo comentado anteriormente. Podemos apreciar las tramas DL y UL en una comunicación entre una BS y una SS. Como hemos dicho, el SS debería transmitir en la trama UL, dentro del *slot* establecido de la BS, pero para optimizar al utilización del medio la estación SS se adelanta, transmitiendo en una trama que podríamos denominar UL'. El tiempo RTT se reduce y por tanto estamos aprovechando mejor la capacidad de nuestro sistema.

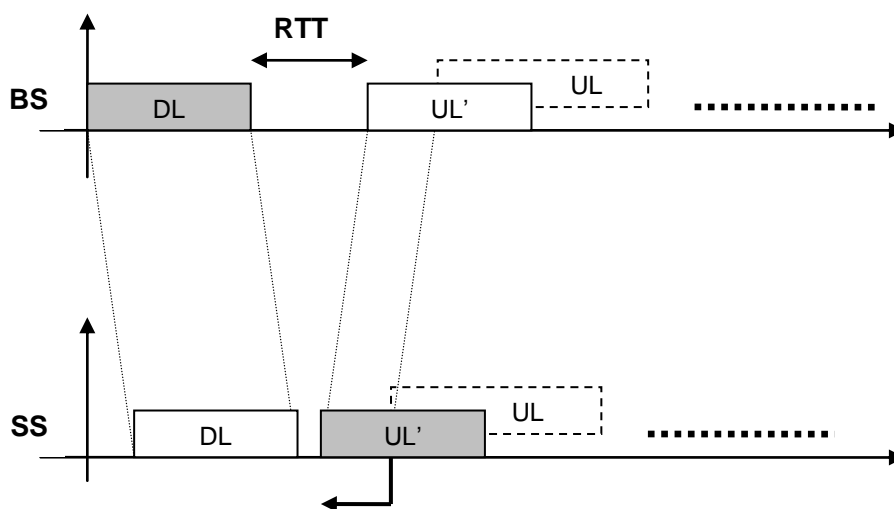


Figura 2 - Ejemplo de transmisión en *IEEE 802.16-2009*

Por lo tanto se concluye que en cualquier tecnología de transmisión inalámbrica, la distancia entre nodos aumenta el RTT y esto afecta al rendimiento final de la comunicación, pero la tecnología *WiMAX*, con su transmisión de tramas, implementa mecanismos que optimizan el tiempo de uso del canal. De nada sirve tener un canal con gran capacidad si luego se dejan grandes intervalos de tiempo en los que nadie transmite, y la tecnología *WiMAX* es especialmente cuidadosa en este aspecto. Queda así demostrado que en distancias largas siempre es más eficiente la transmisión de tramas que de paquetes.

## 2.3. QoS en backhaul

El control de QoS es algo que generalmente se asocia a las tecnologías de Acceso, pero también es un concepto muy importante en redes de Transporte. En los siguientes puntos se comentan algunos aspectos en donde se demuestra la utilidad de los mecanismos de QoS aplicados sistemas de transporte o *backhaul*.

### 2.3.1. QoS extremo a extremo

En un enlace entre 2 puntos, es importante realizar una comunicación *responsable* y equilibrada para poder aprovechar al máximo la capacidad del medio. A veces puede ocurrir que uno de los extremos de la comunicación se encuentre saturado y no pueda admitir toda la información que le manda el otro extremo. Se necesita realizar una transmisión de datos que ambas estaciones puedan soportar, y las garantías de QoS que proporciona la tecnología *WiMAX* nos ofrecen mecanismos para realizar esto. Así, la comunicación extremo a extremo es mucho más eficaz y se adapta a las posibilidades de transmisión en cada momento.

### 2.3.2. Bifurcaciones con garantías.

En la red existen puntos llamados bifurcaciones en donde confluyen dos o más radioenlaces. Si la suma de la capacidad total de los enlaces que confluyen es superior a la del enlace saliente, se pueden formar "*cuernos de botella*" en este punto si no se reparten bien los recursos. Es por tanto de vital importancia gestionar bien la multiplexación de ambos canales, y con los mecanismos de control de QoS de *WiMAX* se puede realizar una gestión muy eficiente, priorizando el tráfico, realizando una división proporcional y equitativa del canal para todos los usuarios.

### 2.3.3. Backup

A veces un operador no puede permitir que un enlace se caiga, con lo que se contratan canales de redundancia o de *backup* que se usan en caso de avería del canal principal. Estos canales normalmente seguirán una ruta alternativa para llegar al destino, con lo que utilizarán otras redes con otros usuarios.

Cuando el enlace principal no responde, el operador redirige sus comunicaciones al canal de *backup*. El problema es que sin un control de tráfico adecuado se puede saturar esta otra red, afectando a los demás usuarios.

Con la tecnología *Wimax* y sus garantías de QoS se puede controlar el impacto de estos canales de *backup* en las redes y asignarles una capacidad máxima, para que los demás usuarios no se vean perjudicados por una avería de un operador ajeno.

## 2.4. Eficiencia "salto a salto"

En un radioenlace es muy frecuente es que se establezcan comunicaciones a través de diferentes vanos, con lo que los datos pasan por diferentes equipos intermedios hasta llegar al destino, en lo que podríamos denominar "*saltos*".

Todas las redes de comunicaciones pierden capacidad "*salto a salto*"; a medida que los enlaces intermedios aumentan, existen más *saltos* y es más complicado poder proporcionar la capacidad establecida en enlaces largos.

La tecnología *WiMAX* está preparada para enlaces formados por varios sub-enlaces, implementando mecanismos que permiten la comunicación en distancias largas. Se evita la pérdida de eficiencia salto a salto, con lo que se pueden dimensionar enlaces formados por mas vanos.

## 3. SISTEMAS DE ACCESO

Albertia Systems ha creado la serie ALB, equipos ideales para aplicaciones de acceso fijo inalámbrico, tanto en configuraciones punto-punto (PtP) como punto-multipunto (PtMP). Estos equipos soportan configuración de estación base y estación de usuario, y son una herramienta excepcional para poder ofrecer acceso a usuarios sobre tecnología WiMAX. Su mayor ventaja es la Garantía de Servicio, que entre otras cosas proporciona al operador la gestión de la QoS, mecanismos de eliminación de usuarios maliciosos y la posibilidad de un sobreprovisionamiento eficiente.

### 3.1. QoS

La QoS es un parámetro muy deseable para los operadores de servicios, ya que les permite garantizar a sus clientes ciertas condiciones mínimas, como un ancho de banda mínimo o un máximo retardo extremo a extremo. También pueden proporcionar diferentes prioridades a usuarios o flujos de datos diferentes. Sin un control de QoS, es imposible ofrecer a los clientes diferenciación de servicios y poder establecer diferentes tarifas en función de las prestaciones ofrecidas. Hay clientes con tráfico crítico que estarán dispuestos a pagar más por que el operador les dé prioridad a en la red, y otros, en cambio, que no requerirán unas condiciones tan exigentes y por lo tanto el operador les podrá ofrecer un servicio con menos prestaciones pero más económico. Los mecanismos de QoS permiten realizar estas distinciones.

Uno de los puntos fuertes de la tecnología WiMAX es que implementa mecanismos de QoS en el acceso al medio, eficientes hasta en situaciones de redes con mucho tráfico cursado y usuarios. El operador pueda ofrecer a sus clientes servicios diferenciados, tarifas personalizadas,

### 3.2. Evita el mal uso de la red

Es importante que en la red existan mecanismos para evitar el mal uso que algunos usuarios puedan darle, ya que si nuestra red es vulnerable, la capacidad que podamos ofrecer nunca estará garantizada.

En redes con control de acceso estadístico pueden existir usuarios que deseen apropiarse de todo el medio. El acceso al medio se realiza en contienda, o lo que es lo mismo, los usuarios compiten para usar la red. Cuantos más paquetes se introduzcan en la red, más probabilidad de colisiones habrá, con lo que el *throughput* total del sistema se reduce.

En estas redes un usuario malintencionado puede colapsar la capacidad total de la red y afectar al rendimiento de los demás usuarios "inocentes", con mecanismos tan simples como transmitir paquetes indiscriminadamente, con lo que los demás usuarios se verán seriamente perjudicados.

Estas tramas maliciosas serán debidamente filtradas y reguladas a la entrada del *core* de la red por equipos con función *Traffic Shaping*, pero no existe control hasta llegar a este equipo con lo que desde el *core* de la red hasta el usuario final, con lo que esta parte de la red es vulnerable a ataques y sobrecargas malintencionadas.

El control de acceso al medio MAC en WiMAX es determinista, no estadístico. Los usuarios no tienen que competir por el medio, ya que una vez que se encuentran dentro de la red la estación base controla las transmisiones y asigna *time slots* a los

diferentes usuarios, con lo que cada usuario solo transmite en los *slots* que se le han asignado. Aquí un usuario malintencionado no puede colapsar la red, sólo colapsaría su propio intervalo de transmisión, con lo cual los demás usuarios no se ven afectados, y el rendimiento total de la red se mantiene óptimo.

### 3.3. Sobreprovisionamiento

El sobreprovisionamiento es una estrategia muy utilizada por los operadores, ya que permite “*vender*” a sus clientes más capacidad que la que realmente poseen. Es justamente el término opuesto al *sobredimensionamiento*, en donde la red se diseña con más capacidad que las necesidades previstas. El sobreprovisionamiento en cambio consiste en ofrecer más capacidad que la que existe. Esto se consigue gracias a los conceptos de tasa máxima y tasa mínima ofrecidas.

Cuando se ofrecen tecnologías de Acceso, la tasa binaria que los operadores venden a sus clientes es realmente la tasa binaria *máxima* que pueden ofrecerles, aunque en la práctica el usuario no siempre llegará esa cifra. Dependerá mucho del tráfico de los otros usuarios con los que comparta la red. Lo único que se le garantiza al usuario es una tasa binaria *mínima*, como queda establecido en su contrato. Por tanto de lo que se tiene que encargar el operador es de que la tasa mínima garantizada se cumpla, que es el compromiso con el cliente. Sin embargo, garantizar esta tasa mínima no resulta tan sencillo en todos los medios.

En medios de acceso estadísticos como *Wi-Fi*, la tasa binaria total no se reparte proporcionalmente entre todos los usuarios. Los mecanismos de contienda que se utilizan para acceder al medio introducen tráfico de control en la red, con lo que a medida que el número de usuarios aumenta las colisiones resultan más frecuentes y el *throughput* total disminuye de una forma no proporcional con el número de usuarios.

Podría llegar a darse un caso límite en el que existan tantos usuarios con peticiones de transmisión, que todo este tráfico de control llene la red e imposibilite las comunicaciones. En estas redes se pueden dar por lo tanto situaciones en las que el operador no pueda cumplir su contrato de tasa mínima con el cliente, con los perjuicios que esto le supone.

Por contra, la tecnología *WiMAX* funciona mediante una asignación de recursos determinista, que permite crear tantos flujos de datos como usuarios en nuestra red.

Estos flujos son creados de forma dinámica, dependiendo de la situación de la red en cada momento. En caso de que exista poca afluencia de tráfico, cada usuario aprovecha la capacidad de la red que no se esté usando y puede alcanzar su tasa binaria máxima establecida. Pero la gran ventaja es que en situaciones de mayor tráfico o gran número de usuarios, la tasa binaria del usuario se reducirá, pero *nunca por debajo de su tasa mínima establecida*.

Se puede decir por tanto que en *WiMAX* existe un reparto equitativo de la capacidad del sistema: lógicamente la tasa binaria ofrecida disminuye proporcionalmente según aumenta el número de usuarios, pero nunca debajo de la tasa mínima garantizada. Esto es una cualidad muy interesante para los operadores ya que les permite el cumplimiento de los contratos establecidos. Además, el operador puede aumentar el número de usuarios y crear más “*flujos mínimos garantizados*” simplemente haciendo estos flujos más estrechos, con lo que se tiene un sistema fácilmente escalable.