

# Dimensionamiento de las interfaces de *core network* de la red móvil de ETECSA para soportar VoIP

Por Ing. Alberto Cruz Torres, Especialista en Telemática, Departamento de Planeamiento, Dirección de Desarrollo e Inversiones, DVSM, ETECSA  
[alberto.cruz@cubacel.cu](mailto:alberto.cruz@cubacel.cu)

## Introducción

El actual incremento en el número de usuarios y servicios en las redes de telecomunicaciones ha motivado a la industria a buscar formas de disminuir los costos para satisfacer la demanda de este gran mercado. Unido a esto, el propio proceso de integración al que se están sometiendo dichas redes y el desarrollo exitoso de Internet ha llevado a los proveedores de servicio y, en consecuencia, a los fabricantes de equipamiento a implementar soluciones basadas en el uso del protocolo de Internet (IP).

La calidad de servicio (QoS) es extremadamente importante en la concepción de una red con tecnología de voz sobre IP (VoIP), debido a las características intrínsecas de las redes de paquetes y los requerimientos que demandan los servicios de voz. El logro de una QoS aceptable es uno de los retos más grandes que ha tenido, y todavía tiene, que vencer esta tecnología.

En la actualidad, el núcleo de la red móvil de ETECSA está compuesto por tres centrales de commutación. De ellas, una es de tecnología Ericsson, cumple con el estándar 3GPP\_R99 y presta servicio al 12% del total de los abonados. Existen, además, otras dos centrales de tecnología Huawei, con en el 88% del total de los abonados bajo el estándar 3GPP R4, es decir, con arquitectura *Split* (MSC-Server/MGW), en la cual el control de las llamadas se separa de la commutación. La central de Ericsson no está preparada tecnológicamente para conectarse al resto del *core network* (CN) o núcleo a través de la red de transporte IP, por lo tanto no será parte de este análisis.

En la figura 1 se muestra un esquema con la estructura del CN de la red de Huawei, así como las interfaces de conexión entre sus nodos. Hoy, estas centrales se enlazan a nivel TDM y sus interfaces están al 90 % de ocupación, sin posibilidad de incremento. Por otra parte, están equipadas —en hardware y software— para el manejo de la VoIP. El empleo de esta tecnología permitiría el incremento de la capacidad de interconexión entre ellas y la optimización en el uso del ancho de banda por concepto de transmisión.

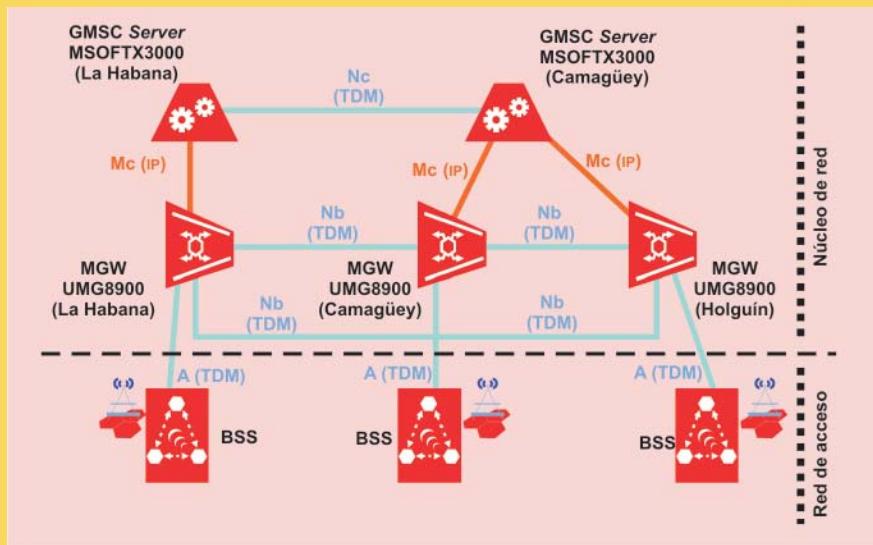


Figura 1 Estructura actual del CN de Huawei (Fuente: elaboración propia).

Sobre la base de lo anterior, se propone el redimensionamiento de las interfaces Nb y Nc para la interconexión entre los nodos de conmutación Huawei de la red móvil de ETECSA y el manejo de voz, utilizando como transporte la red IP existente.

#### Elementos implicados en el dimensionamiento

La introducción de VoIP de forma total en el CN de Huawei de la red móvil de ETECSA requiere implementar IP en las interfaces Nc y Nb. Para lograr este cambio es preciso calcular el ancho de banda necesario en cada una de esas interfaces, así como la cantidad de enlaces en cada una de ellas.

El controlador de media gateway MSOFTX3000 funciona como núcleo de la red y emplea diferentes tecnologías de transporte como IP y TDM. Puede realizar las funciones MSC Server, VLR, GMSC Server, TMSC Server y MSC/SSP. Además, utiliza la plataforma de hardware OSTA —*Open Standards Telecom Architecture*—, la que permite insertar tarjetas tanto en la parte delantera como trasera del *subrack* en los conectores del *backplane*. Este último, posee varias capas de circuitos impresos que conectan todas las tarjetas a través del bus requerido. Algunos de los protocolos que son soportados por el MSOFTX3000 son BICC, CAP, BSSAP, RANAP, MAP, ISUP, TUP, BSSAP+ [1].

Por su parte, el media gateway UMG8900 o *Universal Media Gateway* es un producto de Huawei para el CN, el cual posee las siguientes características [2]:

- ♦ Codificadores de voz en GSM —FR, HR, EFR— y codificadores de voz basados en la transmisión IP — G.711a, G.711u, G.723.1, G.726, G.729, AMR—.
- ♦ Mecanismos para garantizar calidad de voz tales como la cancelación de eco —*Echo Cancellation* (EC)—, la detección de actividad de voz —*Voice Activity Detection* (VAD)—, y el control de ganancia adaptativa —*Adaptive Gain Control* (AGC)—, entre otros.
- ♦ Métodos para garantizar QoS asignando prioridades a los servicios de voz y datos —*Jitter Buffer* dinámico, IP *Type of Service* (ToS), DSCP, 802.1P/Q y prioridad de la red LAN virtual—.
- ♦ Gateway de señalización (SG) para la adaptación y el envío de señalización entre los portadores TDM —MTP2, MTP3— e IP basados en M2UA, M3UA, IUA, V5UA, lo que contribuye a reducir la complejidad de la red.
- ♦ Protocolo IP sobre E1 que encapsula los paquetes IP en paquetes TDM y los transmite de forma transparente a través de los routers.
- ♦ Protocolo MPLS que brinda mayor capacidad en cuanto a la velocidad de transmisión y garantizando QoS.

- ♦ H.248.11 y H.248.10 para el control de sobrecargas y de congestión, respectivamente.

En la figura 2 se representan las principales interfaces a través de las cuales se comunican, mediante protocolos, las entidades que forman parte del CN. De igual forma, se indica la pila de protocolos para el transporte sobre IP en cada caso.

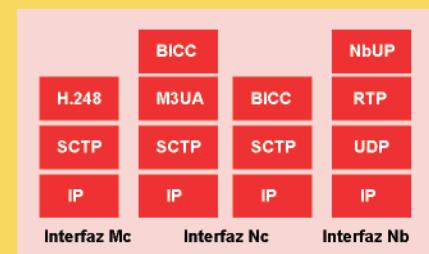


Figura 2 Pila de protocolos en la interfaces Mc, Nc y Nb (Fuente: [3])

Las interfaces quedan definidas de este modo:

- ♦ Interfaz Mc: Está situada entre el servidor MSC y el MGW. El servidor MSC controla y administra el MGW a través de esta interfaz y del protocolo H.248 cuando la señalización es transportada sobre IP [3].
- ♦ Interfaz Nc: Es la que interconecta a los controladores de los MGW para realizar el enruteamiento de las llamadas. También provee los canales necesarios para la negociación de IPBCP. Los protocolos utilizados para esta interfaz son SIP y BICC para soluciones IP, e ISUP si el transporte es sobre enlaces TDM [3].
- ♦ Interfaz Nb: Es el canal de transmisión entre dos MGW, el cual puede ser sobre TDM o IP. Cuando se está utilizando el transporte sobre IP, los protocolos de aplicación son RTP/RTCP, NbUP e IPBCP. Asimismo, soporta los códecs AMR, EFR y G.711[4].

El núcleo de la red móvil de ETECSA está distribuido en tres sitios tecnológicos ubicados en Cubanacán (La Habana), Camagüey y Holguín. Para la interconexión IP entre los diferentes

nodos existe una red IP de Telecomunicaciones o IPTN, la cual está compuesta en cada sitio por dos commutadores (*switches*) trabajando en la capa 2, los cuales permiten definir las 4 VLAN —facturación, gestión, señalización y aprovisionamiento— que se encargan de separar el tráfico según el tipo de información que transportan, así como de establecer los parámetros de calidad de servicio. Como parte de esta arquitectura se ubican dos cortafuegos (*firewalls*) en cada sitio a fin de garantizar la seguridad. Existen otros dos commutadores trabajando en la capa 3 que tiene la función de enrutar todo el tráfico desde la Red Interna, hacia el exterior empleando la red Ethernet sobre SDH y, del mismo modo, de la red WAN externa hacia la Red Interna (Figura 3). Estos equipos mantienen el aislamiento del tráfico según las VLAN definidas y cooperan en la aplicación de las políticas de calidad de servicio establecidas.

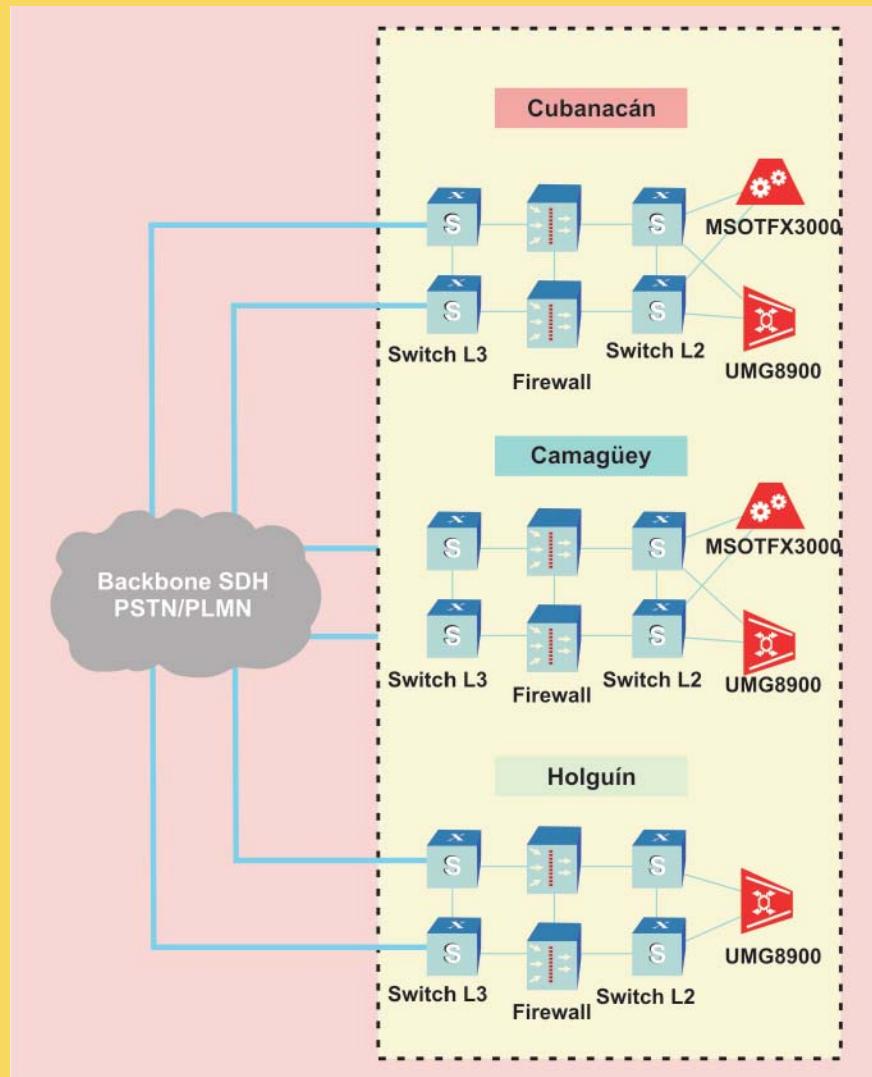


Figura 3 Interconexión del CN Huawei a través de la IPTN (Fuente: elaboración propia).

## Método para el dimensionamiento de las interfaces en el core network brindado por Huawei [3]

Mediante los procedimientos que ofrece el suministrador se pueden calcular los tráficos que serán cursados sobre las interfaces Nb y Nc, así como el número de enlaces BICC o M3UA para la interfaz Nc.

### Cálculo del tráfico sobre la interfaz Nb [3]

Para calcular el de ancho de banda IP son necesarios los parámetros de tráfico de entrada y de salida en una dirección determinada. Además, se tiene en cuenta la inclusión o no del factor VAD, es decir, la supresión de silencios durante la conversación en el origen. En estos momentos la licencia para implementar esta funcionalidad no está comprada, pero se considerará dicho factor durante los cálculos para valorar su implementación en el futuro debido a la reducción de ancho de banda que proporciona su empleo. Se utiliza un codificador *multirate* para la voz (AMR) que abarca desde los 4,75 kbps hasta los 12,2 kbps, capaz de cambiar cada 20ms la tasa de codificación en función de un comando. Con estos parámetros y otros datos adicionales se resuelve la siguiente fórmula para obtener así el valor de tráfico estimado.

$$BW_{Nb} = \frac{T_{(IN+OUT)} * RAMR * FVAD}{1000 * FIP} \quad [\text{Mbps}] \quad (\text{Expresión 1})$$

$BW_{Nb}$  = Ancho de banda de la interfaz Nb

$T_{(IN+OUT)}$  = Tráfico de entrada en una dirección determinada + Tráfico de salida en una dirección determinada

$R_{AMR}$  = Razón de AMR 12,2K (20ms) basado en IP sobre Ethernet

$F_{VAD}$  = Factor de compresión VAD

$F_{IP}$  = Factor de redundancia IP

### Cálculo del tráfico y del número de enlaces BICC o M3UA sobre la interfaz Nc [3]

Para calcular el ancho de banda IP, son necesarios los parámetros de número de intentos de llamada en la hora activa —*Busy Hour Call Attempt* (BHCA)— y el tráfico de entrada y de salida en una dirección determinada. Con estos parámetros y otros datos adicionales se resuelven las siguientes fórmulas para obtener así el valor de tráfico estimado.

$$CAPS = \frac{BHCA_{IMSC}}{3600} \quad (\text{Expresión 2})$$

$$BICC PPS = CAPS \cdot N_m \quad (\text{Expresión 3})$$

$$N = \frac{BICC PPS}{M3UA PPS} \quad (\text{Expresión 4})$$

$$N_{si} = 2^N \quad (\text{Expresión 5})$$

$$BW_{Nc} = CAPS \cdot Nc_{max} \cdot \frac{8}{(1000 \cdot F_{IP})} \quad [\text{Mbps}] \quad (\text{Expresión 6})$$

donde:

$BW_{Nc}$ : Ancho de banda de la interfaz Nc	$Nc_{max}[\text{bytes}]$ = Número máximo de bytes por llamada
$BHCA_{I-MSC}$ : BHCA Inter MSC	$N_{SI}$ =Número de enlaces de señalización BICC o M3UA
CAPS: Intentos de llamadas por Segundo	BICC PPS: Paquetes por segundo calculados
Nm: Número de mensajes BICC por llamada	M3UA PPS: Paquetes por segundo que admite el protocolo.

### Método para el dimensionamiento de las interfaces en el core network brindado por el Instituto de Tecnología Stevens de New Jersey (SIT)<sup>1</sup>[5]

Existen otros métodos para calcular el ancho de banda en las interfaces involucradas en el CN de las redes de nueva generación con arquitecturas donde las funcionalidades de control y de conmutación de llamadas están separadas en nodos diferentes. Para su aplicación se requiere de datos como el tráfico y el tiempo promedio de llamada, los que varían según los usuarios y las políticas aplicadas en la red por cada operador. En esta investigación utilizaremos el método desarrollado por los profesores Ye Ouyang y M. Hosein Fallah, ambos del Instituto de Tecnología Stevens de New Jersey, como referencia para la comparación de los resultados obtenidos por el método sugerido por cada suministrador.

#### Cálculo del tráfico IP sobre la interfaz Nb

Existen tres interfaces Nb distribuidas como aparece en la figura 1. Los cálculos se realizan tomando en cuenta los valores de tráfico en un período de tiempo de 3 meses. Se considera también el lógico crecimiento de la red en el futuro, así como un margen de respaldo para fechas especiales donde históricamente ocurren picos de tráfico que provocan el congestionamiento de la red; razón por la cual se trabaja con el valor máximo del tráfico en ese período más el 25 %. Los datos de tráfico se obtuvieron a través del Sistema de Gestión de Operaciones (SIGESTOP) (Tabla 1).

Datos	Interfaces Nb		
	UMG Cam UMG Hol	UMG Cub UMG Cam	UMG Hol UMG Cub
Tráfico [ $T_{(IN+OUT)}$ ]	470,6 E	916,4 E	300,2 E
Razón de AMR 12.2k basado en IP sobre Ethernet [ $R_{AMR}$ ]	30 kbps	30 kbps	30 kbps
Factor de compresión VAD [ $F_{VAD}$ ] <sup>*</sup>	0,6	0,6	0,6
Factor de redundancia IP [ $F_{IP}$ ] <sup>*</sup>	0,7	0,7	0,7

\* Valores calculados por Huawei para estos factores en su equipamiento.

Tabla I Datos para calcular el ancho de banda en la interfaz Nb (Fuente: elaboración propia).

<sup>1</sup> Stevens Institute of Technology es una universidad tecnológica fundada en 1879, ubicada en Hoboken, New Jersey, EUA.

Con este valor de tráfico y el grado de servicio del 1 %, se obtiene a través de la tabla de Erlang B, el número de líneas o canales TDM necesarios para cursar el tráfico correspondiente. Ya que cada uno de estos canales opera a una velocidad de 64 kbps, solo resta multiplicar este valor por el número de canales para obtener el ancho de banda total del enlace.

Ancho de banda actual (TDM):

$$BW_{Nb} = 946(64 \text{ kbps}) = 60,544 \text{ Mbps}$$

Aplicando la expresión 1 para el caso de la interfaz Nb entre los *Media Gateways* de Cubanacán y Camagüey, se obtiene:

$$BW_{Nb} = \frac{916,4(30 \text{ kbps})(0,6)}{1\,000(0,7)} = 23,565 \text{ Mbps}$$

Ancho de banda IP con la función VAD deshabilitada:

$$BW_{Nb} = \frac{916,4(30 \text{ kbps})}{1\,000(0,7)} = 39,275 \text{ Mbps}$$

Para tener una vía secundaria y a modo de comparación, se realizan los cálculos según el método brindado por los profesores del Instituto Técnico de New Jersey, resultando el siguiente valor:  $BW_{nb}=35,70 \text{ Mbps}$ .

De forma similar, se calculan las dos interfaces Nb restantes, cuyos resultados se resumen en la tabla 2.

Interfaces Nb	BW TDM	SIT*		HUAWEI
		BW IP	BW IP con VAD	BW IP sin VAD
Cub - Cam	60,5 Mbps	35,70 Mbps	23,56 Mbps	39,27 Mbps
Cub - Hol	20,7 Mbps	11,69 Mbps	7,71 Mbps	12,86 Mbps
Cam - Hol	31,8 Mbps	18,33 Mbps	12,1 Mbps	20,16 Mbps

\* Instituto de Tecnología Stevens de New Jersey

Tabla 2 Resultados del cálculo de ancho de banda en las interfaces Nb (Fuente: elaboración propia).

#### Cálculo del tráfico IP y del número de enlaces BICC o M3UA sobre la interfaz Nc

En la red GSM de ETECSA existe una única interfaz Nc (Figura1), definida entre los controladores de *media gateway* MSOFTX3000 ubicados en Camagüey y Cubanacán, donde se implementará el protocolo BICC.

#### Cálculo de ancho de banda actual (TDM)

El ancho de banda que en la actualidad se emplea en esta interfaz se puede calcular tomando en cuenta el empleo de ISUP y las siguientes consideraciones:

- ◆ Cada llamada genera como promedio unos 2 000 bits de señalización.
- ◆ El tiempo promedio de duración de una llamada es de tres minutos.

Partiendo de estas consideraciones generales, se tiene que en un minuto de llamada como media, cada slot en un flujo E1 genera 2000 bit/3 min = 666,6 bpm. Al convertir a bits por segundo resulta que cada llamada requiere de un flujo de señalización de  $666,6/60 \text{ s} = 11,11 \text{ bps}$  —de este resultado se deduce la conveniencia de un canal común para señalización de varias llamadas—. Entonces, si el tráfico actual en la interfaz Nc es 1216,6 Erlang — 1246 canales de voz—, el valor del ancho de banda es igual a  $1\,246 \cdot 11,11 \text{ bps} = 13,84 \text{ kbps}$ .

**Cálculo de ancho de banda previsto y número de enlaces BICC o M3UA sobre la interfaz Nc**

Los datos necesarios para los cálculos se obtuvieron a través del Sistema de Gestión de Operaciones (SIGESTOP), según se indica en la tabla 3.

Datos de tráfico	Valor
<b>Cantidad de suscriptores</b>	<b>900 000</b>
<b>Intentos de llamada por suscriptor en la hora activa</b>	<b>0,85</b>

Tabla 3 Datos para calcular ancho de banda en la interfaz Nc (Fuente: elaboración propia).

De los algoritmos de cálculo brindado por Huawei y utilizando las expresiones 2 y 6, se obtiene:

$$BW_{Nc} = \frac{900000 \cdot 0,85}{3600} \cdot 1665 \cdot \frac{8}{1000 \cdot 0,7} = 4,04 \text{ Mbps}$$

Sin tener en cuenta el factor de redundancia del ancho de banda de señalización IP, el resultado es:

$$BW = \frac{(900000 \cdot 0,85)}{3600} \cdot 1665 \cdot \frac{8}{1000} = 2,83 \text{ Mbps}$$

Si aplicamos la expresión 3, donde el número de mensajes BICC por llamada ( $N_m$ ) tiene valor 9, según lo establecido para este protocolo, entonces quedaría:

**BICC PPS = paquetes por segundo**

Aplicando las expresiones 4 y 5 y asumiendo que M3UA PPS = 2 000 paquetes por segundo, resulta que

$$N = \frac{BICC PPS}{M_3UA PPS} = \frac{1912,5}{2000} = 0,956$$

Por lo tanto, si se redondea al entero mayor, el número de enlaces de señalización BICC o M3UA es:

$$2^N = 2^1 = 2$$

El resultado obtenido empleando el procedimiento de cálculo dado por los profesores del Instituto de Tecnología Stevens es:

$$BW_{Nc} = 2,02 \text{ Mbps}$$

Interfaz Nc	BW TDM	SIT*	HUAWEI
		BW IP	BW IP
Cub - Cam	13,84 kbps	2,02 Mbps	4,04 Mbps

\* Instituto de Tecnología Stevens de New Jersey

Tabla 4 Resultados del cálculo de ancho de banda en la interfaz Nc (Fuente: elaboración propia).

## Análisis de los resultados

La tabla 2 resume los resultados obtenidos en cada una de las interfaces Nb y permite realizar comparaciones sobre el ahorro de ancho de banda que se logra con el uso de VoIP en las mismas. Es importante destacar la similitud de los resultados obtenidos con ambos métodos. En el caso de Huawei, se nota una diferencia entre los resultados con VAD —menor ancho de banda al emplear la técnica— y sin VAD —mayor consumo de ancho de banda—; en cambio, el método del SIT arroja un único valor, donde lo que se estima es un valor promedio en el que influye la presencia o no de VAD. De ahí que los resultados obtenidos por esta vía siempre están comprendidos en el rango de valores de los que se obtienen con el método de Huawei.

Al realizar los cálculos para la interfaz Nc (Tabla 4), se aprecia un aumento en el ancho de banda de transmisión cuando se utiliza BICC en lugar de ISUP, debido a la cantidad de mensajes utilizados por el mismo y a que este tipo de información no se puede comprimir con el uso de los códec utilizados para la voz. Para el caso del cálculo en IP, los métodos utilizados difieren en un factor de  $\frac{1}{2}$ , resultado directo de las ecuaciones de ambos métodos que son las que originan la diferencia.

## Conclusiones

Se logró obtener como resultado el dimensionamiento de las interfaces Nb y Nc para la implementación del tráfico de VoIP en el *Core Network* de Huawei de la red móvil de ETECSA. De esta forma, se pudo comprobar la veracidad de los dos métodos empleados dada la similitud de los resultados obtenidos. Se ha demostrado, además, la ventaja de implementar VoIP respecto a la tecnología TDM lo que permite un ahorro de recursos en cuanto al ancho de banda necesario. Del mismo modo, quedó confirmada la factibilidad de utilizar la funcionalidad de VAD por su contribución al ahorro -aún mayor- de este costoso recurso. ■

## Referencias Bibliográficas

- [1] Huawei Technologies Co. *MSOFTX3000 Product Description*. R.P. China, 2009.
- [2] Huawei Technologies Co. *UMG 8900 System Architecture*. R.P. China, 2009.
- [3] Huawei Technologies Co. *MSOFTX3000 VoIP User Manual*. R.P. China, 2009.
- [4] 3rd Generation Partnership Project. *3GPP TS 29.415 V8.0.0: Technical Specification Group Core Network and Terminals: Core Network Nb Interface User Plane Protocols*. Mayo 2008.
- [5] Ouyang, Ye y Hosein Fallah, M. "A Study of Throughput for Nb, Mc and Nc Interface in UMTS Core Network". IEEE 28th International Performance Computing and Communications Conference (IPCCC), Phoenix, Arizona, diciembre, 2009. <http://personal.stevens.edu/~youyang/ipccc1569260564.pdf> (acceso diciembre 18, 2011).