

Evolución de la red de señalización en el entorno futuro de las telecomunicaciones de Cuba

Ing. Rafael Silot Trabajo

Especialista en Telecomunicaciones

Centro Telefónico Baracoa, Gerencia Territorial Guantánamo, ETECSA

fello@gtm.etcসা.су

Introducción

La industria de las telecomunicaciones se encuentra inmersa en un período de cambios profundos, lo cual posibilita la convergencia de servicios. El tráfico de datos ha crecido significativamente en comparación con el de voz. Los operadores tratan de consolidar el tráfico de voz y datos, las plataformas y los servicios con el objetivo de reducir la operación, el mantenimiento y el costo inicial de la red. En este sentido los operadores de red telefónica, tanto fija como móvil, han designado la arquitectura IP, la cual puede soportar los protocolos de señalización del SS7 Sistema de Señalización No. 7. Este protocolo permite transportar datos de usuario, de forma efectiva, y los operadores pueden expandir las redes e implementar nuevos servicios [5]. La demanda creciente de nuevos servicios, incluso el incremento del Servicio de Mensajes Cortos (SMS), contribuyen al crecimiento acelerado de la red de señalización, de su potencialidad, escalabilidad y flexibilidad.

La red telefónica es, sin dudas, la más compleja, la de mayor cobertura geográfica, la que mayor número de usuarios tiene, permite establecer una llamada entre dos abonados en cualquier parte del planeta de manera distribuida, automática y prácticamente ins-

tantánea. Este es el ejemplo más importante de una red con conmutación de circuitos.

Para trazarse la digitalización de los centros de conmutación del país, la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. (ETECSA) se basa en los planes técnicos fundamentales, dentro de los cuales se encuentra el plan de señalización. La señalización debe permitir una eficiente interconexión e interoperabilidad entre las redes, en beneficio de los usuarios y operadores de telecomunicaciones. El servicio que tradicionalmente ha sido ofrecido a los abonados en general, por medio de la PSTN, es el de comunicación de voz, es decir, la transmisión bidireccional de señales de voz, con el objetivo de que dos usuarios puedan establecer y sostener una conversación. Este servicio tiene básicamente dos componentes [1]:

- ♦ Etapa de señalización, que incluye la selección del número del destinatario, la identificación de una ruta por medio de la conmutación, la reservación de la misma y el timbre.

- ♦ Etapa de transmisión, que consiste en la conversión de las señales acústicas en señales eléctricas, su transporte a través de los medios de comunicación, y la conversión de señales eléctricas nuevamente en acústicas para ser entregadas al destinatario.

Este artículo enfatiza en la etapa de señalización, específicamente, la empleada entre las centrales públicas de conmutación.

Los protocolos de señalización de la red telefónica se definen como:

Señalización en redes telefónicas

Existen grupos de trabajo y comisiones de estudio del IETF —Grupo Especial sobre Ingeniería de Internet— y de la UIT —Unión Internacional de Telecomunicaciones— que han trabajado en las normas en evolución para la telefonía IP. Los beneficios de usar una red IP en comparación con una red basada en TDM —Multiplexación por División en Tiempo— incluyen:

- ♦ Facilidad de despliegue: cuando se usan pasarelas de señalización, no es necesario eliminar la red SS7 existente.

- ♦ Mayor eficiencia: no se requiere de enlaces físicos E1/T1 sobre SDH —Jerarquía Digital Síncrona—. Si se usan nuevas tecnologías como IP sobre SDH e IP sobre fibra óptica, se puede alcanzar rendimiento mayor.

- ♦ Mayor aprovechamiento del ancho de banda: las redes IP son mucho más flexibles que las redes TDM, usan eficientemente el medio de transmisión al emplear conmuta-

ción de paquetes, técnica en la que la ocupación del ancho de banda del soporte es compartida entre múltiples usuarios.

♦ Bajo costo del equipamiento y nuevos servicios.

La señalización es la comunicación que se establece entre los equipos de telecomunicaciones, centros de procesamiento, la central y el abonado o entre bloques de software para el establecimiento y la liberación de las llamadas o para intercambiar información de gestión, tarificación, mantenimiento, etc. [2].

En la actualidad existe en la red telefónica gran diversidad de sistemas de señalización en funcionamiento, debido a la presencia de tecnologías diferentes dentro de la misma. Existen dos tipos de sistemas de señalización: el Sistema de Señalización por Canal Asociado y el Sistema de Señalización por Canal Común.

En el Sistema de Señalización por Canal Asociado las señales entre los equipos de conmutación se intercambian utilizando la línea de conversación, la cual es, generalmente, unidireccional —un solo sentido—; dentro de esta se encuentran la señalización E&M y la R2.

En el Sistema de Señalización por Canal Común, la señalización es separada del canal de voz y es intercambiada utilizando una línea especial —enlace de datos—. En este caso, la línea de conversación puede operar en forma bidireccional —ambos sentidos—, dado que no tiene funciones de señalización. Un ejemplo de este tipo de señalización es la Señalización por Canal Común No.7 CCS7 de ANSI ó SS7 de la UIT-T.

Señalización por Canal Asociado

La Señalización por Canal Asociado se caracteriza por incluir dos tipos de señales [1]: señales de línea y señales entre registradores.

La señalización de línea se deberá transmitir enlace por enlace —tramo a tramo—. Se emplea para el establecimiento inicial y la supervisión de la línea —toma, ocupado, bloqueo, etc.—, y para la señal de respuesta y fin. Puede usarse varios métodos de transmisión: la corriente continua, dentro de banda —no se utiliza en Cuba—, fuera de banda y MIC —Multiplexación por Impulso Codificado—.

Sistema de Señalización de Línea con Corriente Continua

La Señalización de Línea con Corriente Continua —E & M decádica— emplea como portadora la corriente continua de alimentación del bucle, en circuitos de baja frecuencia de dos hilos. Este sistema de señalización deberá ser usado en cualquiera de los casos siguientes: en circuitos unidireccionales y para realizar la conexión con centrales existentes que no dispongan de señalización del tipo R2 o Canal Común No. 7.

Las señalizaciones de línea, E&M decádica y R2, deben utilizar un canal de señalización en cada sentido de transmisión por circuito telefónico. El canal de señalización corresponde al hilo *M* en transmisión de señales y al hilo *E* en recepción de señales, ambos hilos son adicionales a los de conversación —de dos a cuatro hilos—. En circuitos de portadoras, el canal de señalización corresponde a un tono fuera de banda por cambio de estado de bajo nivel. La presencia o ausencia de tierra en el canal de señalización, en cada sentido de transmisión, caracteriza una condición de funcionamiento del circuito. El uso de la señalización E&M es normal cuando el sistema de transmisión entre centrales telefónicas es de larga distancia por onda portadora.

Esta señalización se basa en el envío o recepción de potencial de tierra por el enlace de entrada/

salida y su conversión en la existencia o no de un tono en línea generado por el equipo de onda portadora. El valor nominal de la frecuencia del tono de señalización es de 3,825 Hz con una diferencia menor de +/- 4 Hz del valor nominal, medida en el punto de transmisión. Es un tipo de señalización impulsiva y se emplea en enlaces entre centrales analógicas o entre una central analógica y una digital, en cuyo caso el tono de señalización no permanecerá durante todo el tiempo que dure el estado que ella representa, sino que estará presente o ausente durante un intervalo de duración establecido y que depende del estado que desee señalar. Las señales hacia delante y hacia atrás consisten en impulsos de tierra de una duración determinada. Dichos circuitos o enlaces en su interconexión con los centros de conmutación digital no garantizan totalmente un desempeño correcto en el intercambio de la señalización, por lo tanto, es preciso el chequeo y la supervisión de los mismos, lo cual está relacionado con las exigencias técnicas que impone la tecnología digital, al requerir de eventos con tiempos de duración precisos, que la tecnología de los repetidores electromecánicos no garantiza en su totalidad, pues los mismos tienen fluctuaciones o un margen de desviación de +/- cientos de milisegundos en algunos casos, lo cual no es compatible con los requerimientos de los centros de conmutación digital. Esto causa problemas en el intercambio de señalización que dan lugar a retenciones de los repetidores —al enviarse en determinadas ocasiones el pulso de liberación con un tiempo fuera del permisible por la central digital— y pérdidas en el completamiento de llamadas. Para atenuar dichos problemas, que entre otras cosas provocan un aumento en la congestión de los enlaces, se

realizan modificaciones en los repetidores o circuitos de teleselección para forzarlo a liberar. Estos son aspectos que se deben considerar, debido a que, aun realizándose un procesamiento digital de la señal, no se debe renunciar al muestreo de estos circuitos con los medios automatizados y manuales de pruebas y supervisión, así como atender el ajuste más preciso de los repetidores con los medios y equipos con que se disponga.

En la red telefónica en Cuba se utilizan diferentes tipos de circuitos en los enlaces intercentrales. Los equipos o repetidores son electromecánicos y se encuentran instalados en las Centrales de Tránsito (Tandem) y Centros de Conmutación Automática (CCA) para su interconexión. Los repetidores se enlazan con distintos sistemas *multiplex* que utilizan diferentes soportes de transmisión. Estos repetidores tienen características específicas de funcionamiento en cuanto a los tiempos de las distintas señales o estados que se requieren para que se logre completar una llamada.

En ese sentido, se emplean las señalizaciones siguientes:

- ♦ Señalización tipo E&M 50/51. Repetidor ATZ por ondas portadoras.

- ♦ Señalización tipo E&M 28A/28B. Repetidor ATZ por ondas portadoras.

- ♦ Señalización de bucle o lazo BCA 52/53.

- ♦ Señalización tipo E&M 16/19. Repetidor ATZ por ondas portadoras.

También en la red se encuentra el empleo de otras señalizaciones como la digital ATZ, utilizada en aquellos enlaces que emplean los PCM-30.

La señalización de línea R2, versión digital

La señalización de línea R2 versión digital emplea, en cada sentido de transmisión, dos canales de señalización de los cuatro previstos para la señalización asociada al canal en el *multiplex* MIC primario a 2,048 Kbits/s.

El sistema de señalización de línea R2 versión digital deberá ser usado en cualquiera de los casos de combinación con la señalización entre registradores multifrecuencia R2, explotación de circuitos unidireccionales o bidireccionales, y circuitos con sistemas de transmisión MIC de 30 + 2 canales a la

velocidad de 2048 Kbit/s, de acuerdo con las Recomendaciones G.732 y G.734 de la UIT-T.

El sistema de señalización R2 de línea en versión digital para la transmisión de la información de la señalización relativa a los 30 canales telefónicos que posee un sistema MIC, utiliza el intervalo de tiempo 16, donde cada canal telefónico dispone de cuatro vías de señalización: *A*, *B*, *C* y *D*. Se necesitan, por lo tanto, 4 dígitos; por lo que cada intervalo de tiempo 16 puede transmitir la señalización relativa a dos canales telefónicos de voz. Para completar la señalización de los 30 canales son necesarias 15 tramas sucesivas.

La tabla 1 indica la codificación de los canales de señalización en cada sentido de transmisión para las diferentes condiciones normales de funcionamiento del circuito, con señalización de línea R2 versión digital [1].

Las vías de señalización se denominan a_f , b_f , c_f y d_f en el sentido hacia adelante y a_b , b_b , c_b y d_b en el sentido hacia atrás.

En condiciones normales en el sentido hacia adelante, la vía a_f indica la condición de funcionamiento del equipo de conmutación de salida y

Condición de funcionamiento del circuito	Código de señalización							
	Hacia adelante				Hacia atrás			
	a_f	b_f	c_f	d_f	a_b	b_b	c_b	d_b
Reposo	1	0	0	1	1	0	0	1
Toma	0	0	0	1	1	0	0	1
Acuse de recibo de toma	0	0	0	1	1	1	0	1
Envío de numeración MF	0	0	0	1	1	1	0	1
Respuesta	0	0	0	1	0	1	0	1
Cómputo	0	0	0	1	0	1	0/1/0	1
Abonado llamado cuelga	0	0	0	1	1	1	0	1
Señal de fin	1	0	0	1	0 o 1	1	0	1
Liberación de guarda = reposo	1	0	0	1	1	0	0	1
Bloqueo	1	0	0	1	1	1	0	1

Tabla 1 Señalización de línea R2 versión digital

refleja la condición de la línea del abonado que llama —colgado o descolgado—; la vía b_f indica la existencia de una avería en el sentido hacia adelante, al equipo de conmutación de llegada; y el uso de las vías c_f y d_f se mantiene en reserva. Estas deben codificarse en forma permanente como $c_f = 0$ y $d_f = 1$.

En condiciones normales en el sentido hacia atrás, la vía a_b indica la condición de la línea del abonado llamado —colgado o descolgado—; la vía b_b indica si el equipo de conmutación de llegada está en el estado de reposo o de conmutación; el canal c_b se utiliza para retransmitir los pulsos de tasación —señales de cómputo— de 150 ms de duración, que deben transmitirse desde el centro tasador hasta el centro del abonado que llama. En cualquier otra condición este canal debe codificarse como $c_b = 0$; y el uso del canal d_b se mantiene en reserva. Este canal debe codificarse en forma permanente como $d_b = 1$.

La diferencia de tiempo de transmisión entre dos transiciones destinadas a ser aplicadas simultáneamente a dos canales de señalización en el mismo sentido de transmisión, debe ser inferior o igual a 2 ms. En el caso de señal de cómputo —pulso de tasación—, el tiempo mínimo de identificación entre las transacciones reconocidas debe ser de 60 ms. El equipo de señalización de línea en las centrales, debe cumplir la Recomendación Q.422 de la UIT-T, para la explotación unidireccional y bidireccional en condiciones normales y anormales de funcionamiento.

En Cuba existen diferentes versiones de la señalización de línea digital [1]. Una versión —conocida también como R2-R2— utiliza dos vías de señalización por circuito telefónico en cada sentido de transmisión. Estas vías de señalización son a_f , b_f en el sentido hacia adelante; y a_b , b_b en el sentido hacia atrás. La co-

dificación de los diferentes estados de la señal de línea correspondiente a esta versión digital cumple con la Recomendación Q.421 de la UIT-T.

Otra versión de señalización de línea digital existente en el país —versión R2-5—, utiliza una sola vía de señalización en cada sentido y corresponde a una codificación digital del sistema de señalización de línea del tipo continuo especificado para los MDF —*Multiplex* por División en Frecuencia— y que, según las observaciones de la UIT-T, puede servir también para los sistemas MIC. Es decir, no es más que la traducción a código digital de los estados de línea descritos en la Recomendación Q.411 de la UIT-T.

Señalización entre registradores

El sistema de señalización entre registradores se utiliza para transmitir informaciones como el número del abonado llamado, la clase de abonado, procedencia del enlace, categoría del abonado, el estado de la línea de abonado y del grupo de troncales de salida.

El sistema de señalización entre registradores multifrecuencia R2 se efectúa, generalmente, de extremo a extremo —también puede ser tramo a tramo—, por el método de secuencia obligada con superposición para la marcación. Las señales son del tipo multifrecuencia y utilizan el código 2 entre 6, dentro de la banda de transmisión en ambos sentidos.

Sistema de Señalización por Canal Común

La UIT-T y la ANSI han estandarizado al protocolo SS7 para disponer la interconexión de cualquier operador y cualquier red, es por eso reconocido como el principal sistema para transportar información de señalización entre redes fijas e inalámbricas de voz, redes

de paquetes y plataformas de red inteligente.

La infraestructura del SS7 existente debe enfrentarse a un incremento considerable del tráfico de señalización en todas las redes. Hay múltiples razones para esto, por ejemplo, el incremento en el número de servicios de la red inteligente facilitado por SS7 —tarjetas prepagadas, número portátil, televoto, etc.— y el incremento de los usuarios móviles.

El Sistema de Señalización por Canal Común No.7 utiliza una vía o canal común a determinado número de canales de voz para transmitir toda la información de señalización correspondiente a esos canales, lo cual significa que los circuitos de conversación existentes para cursar el tráfico entre centrales no poseen medios individuales de señalización y que todos los mensajes transmitidos por el enlace común, deben contener la identificación del circuito de conversación al que pertenece el mensaje. Dentro de los sistemas por canal común se encuentra el Sistema de Señalización No. 7 que constituye el más potente protocolo de señalización, por el amplio vocabulario de señales que posee es idóneo en diversas aplicaciones, es decir, tiene capacidad para integrar diferentes servicios, así como para prestar otros [2], [3], [4].

Este sistema puede ser descrito como un modelo de capas, donde la más elevada, denominada nivel 4, corresponde a la Parte de Usuario (PU) y partes de aplicación. En esta capa están descritos los formatos, la sintaxis y los procedimientos de los mensajes para conexión de circuitos útiles, acceso a base de datos, etc.

Las tres capas inferiores, en su conjunto, se denominan MTP—Parte de Transferencia de Mensaje—. En estas residen las funciones de la red de

señalización, es decir, desde el acceso al medio físico, la formación de las unidades de datos, recuperación de errores, recuperación de fallas en la red y el encaminamiento de los mensajes de señalización.

En los enlaces con señalización No. 7 el conteo de los circuitos de voz será consecutivo. En los flujos que porten canales de señalización no se contarán los intervalos de tiempo 0 y 16. En los flujos que no llevan canales de señalización dejará de contarse solamente el intervalo de tiempo 0.

En la configuración de la Señalización por Canal Común se establece la asignación del Código del Punto de Señalización (CPS) dentro de una red nacional de señalización. La red mundial de señalización está estructurada en dos niveles funcionales, la cual permite que los planes de asignación de códigos para puntos de señalización nacionales o internacionales puedan ser independientes unos de los otros. Los CPS tendrán una estructura de 14 bits basada en la Recomendación UIT Q.704. La estructura de los CPS será variable en función del tamaño de las redes, utilizará un número de bits para la identificación del operador de la red, y los restantes bits para ser administrados y asignados independientemente al interior de cada red. Para lograr el uso y la administración eficientes de los CPS, se asignan a los operadores códigos de 14 bits.

Para la red de señalización los componentes básicos son los Puntos de Señalización (SP) —el software y hardware necesarios dentro de las centrales digitales, cuya función es procesar la señalización para realizar la conexiones de las llamadas. Todas las centrales en esta plataforma están unidas a un SP— y los Puntos de Transferencia de Señalización (STP) constituyen el software y hardware cuya función es encaminar los mensajes de señalización

para que puedan dialogar los distintos SP.

El objetivo del Sistema de Señalización No. 7 es proporcionar un Sistema de Señalización por Canal Común de aplicación estándar, optimizado para el funcionamiento en redes de telecomunicaciones digitales junto con centrales con control por programa almacenado (SPC); que puede satisfacer exigencias presentes y futuras de transferencia de información para el diálogo entre procesadores dentro de las redes de telecomunicaciones para el control de las llamadas, de control a distancia y de señalización de gestión y mantenimiento; además de ofrecer un medio seguro de transferencia de información en la secuencia correcta, sin pérdidas ni duplicaciones.

Actualmente las redes son heterogéneas. El SS7 está disponible para todos los tipos de redes —fijas, móviles, red inteligente y red de próxima generación— y sus aplicaciones pueden ser transportadas hacia todas las tecnologías de red, como TDM, ATM e IP.

Señalización en redes de VoIP

Las redes VoIP transportan SS7 sobre IP con el uso de protocolos definidos por el grupo de trabajo Transporte de Señalización (SIGTRAN) de la IETF. Los protocolos de SIGTRAN soportan los requerimientos estrictos definidos por la UIT para el SS7 [5].

Protocolo SIGTRAN: su objetivo es crear los protocolos relativos a la transmisión de la señalización de la PSTN por redes IP. Ofrece el medio para que los operadores de la PSTN puedan hacer evolucionar sus redes hacia la compatibilidad con los servicios de voz por paquetes. Los protocolos creados son compatibles con la comunicación entre SG —Pasarela de Señalización— y MGC o Softx3000. Es

un estándar que contempla un conjunto de protocolos con dos funciones básicas:

Transporte, que utiliza SCTP —*Stream Control Transmission Protocol*— para la transferencia confiable de los mensajes de señalización provenientes de la PSTN. Sustituye la funcionalidad de TCP, que fue concebido en la red de conmutación de paquetes para aplicaciones orientadas a conexión, pero para aquellas en tiempo real, impone serias limitaciones. Fue estandarizado por la IETF, RFC 2960.

Adaptación, que modifica los protocolos de las capas inferiores en el caso de SS7, con el empleo de M2UA, M2PA, M3UA y SUA. Los protocolos de las capas superiores se mantienen sin variación. Para la señalización DSS1 en ISDN, utiliza el protocolo IUA, y para interfaces V5, emplea V5UA. A continuación se describen en detalle:

♦ M2UA —*Message Transfer Part 2 MTP2-User Adaptation Layer*—, utilizado para la interconexión entre el Softx3000 y UMGs con funciones de pasarela de señalización incluidas. Normalizado por la IETF, RFC 3331.

El UMG8900 de Huawei tiene la característica que las funciones de pasarela de señalización están incluidas. En este caso, la funcionalidad de señalización llega hasta la capa de enlace, por lo que con M2UA se optimiza un punto de señalización. Esta pasarela procesa o transporta los mensajes de capa 3 (MTP3).

♦ 5UA —*V5.2 User Adaptation Layer*—, utilizado para la interconexión entre el Softx3000 y UMGs con funciones V5.2 de pasarela de señalización incluida. Normalizado por el IETF, draft-ietf-sigtran-v5ua-03.

♦ IUA —*ISDN User Adaptation Layer*—, utilizado para la interco-

nexión entre el Softx3000 y UMGs con funciones DSS1 de pasarela de señalización incluida. Normalizado por el IETF, RFC 3057, ISDN Q.921.

En las redes de telefonía IP, la información de señalización es intercambiada entre los siguientes elementos funcionales [6]: la Pasarela de Medios (MG), el Controlador de Pasarela de Medios (MGC) o soft-switch y la Pasarela de Señalización (SG). Estos elementos funcionales pueden ser dispositivos físicamente separados o integrados en cualquier combinación.

Las normas que se establecen para las Redes de Próxima Generación (NGN) abarcan aspectos de la red como la señalización, el acceso, la creación de servicios, la seguridad y la calidad del servicio.

El tráfico IP se ha generalizado prácticamente para todas las aplicaciones y los servicios, ha obligado a resolver el problema que TCP/IP presenta para servicios sensibles a la demora como es el caso de la voz y el video. El protocolo IP ha evolucionado de la actual versión cuatro (IPv4) hacia la versión seis (IPv6), lo cual se describe en la norma RFC 791, debido al agotamiento del número limitado de direcciones IP de IPv4.

Conclusiones

En la actualidad, la mayor parte de la transmisión entre centrales

telefónicas es digital; sin embargo, la señalización aún está basada en sistemas desarrollados para centrales analógicas. Se ha demostrado cómo en el proceso de digitalización de la red telefónica hay que tener presente el funcionamiento de los sistemas tradicionales de señalización para reemplazarlos de manera eficiente por otros nuevos, que, en ocasiones, se hacen imprescindibles. Para lograrlo es necesario, en algunos casos, la sustitución de los circuitos existentes por otros con las características idóneas para el trabajo con los sistemas digitales.

Los centros de conmutación digital en esta etapa de tránsito deben estar dotados de la mayor cantidad de protocolos o sistemas de señalización para interactuar con la diversidad de sistemas analógicos existentes. La tendencia futura es a la homogeneización hasta lograr que toda la red cuente con un único sistema de señalización, el cual sea capaz de viabilizar toda la información dentro de la red (SS7). La importancia de este sistema reside en la amplia gama de servicios que el usuario puede recibir y en la robusta arquitectura que lo respalda. En las redes con limitación en los enlaces y con centrales con alto por ciento de ocupación es conveniente, siempre que las condiciones lo permitan, la utilización de este tipo de

señalización la cual, a diferencia de otras, dispone de un canal de 64 Kb/seg para la señalización de todos los canales, que permite disminuir las infructuosidades por congestión al no ocuparse los canales de voz sin haberse logrado completar la llamada. Este sistema de señalización permite el puente entre las redes TDM, plataformas de red inteligente y las redes IP de próxima generación. 

Bibliografía y referencias bibliográficas

[1] "Plan de Señalización Telefónica", Vice-Presidencia Técnica, ETECSA, Dirección de Inversión y Desarrollo, 1997.

[2] Torres Román, D., "La Señalización por Canal Común y el Sistema de Señalización No. 7 del CCITT", I.E., C. Dr. C.T. Profesor Auxiliar ISPJAM.

[3] Limonta Reyes, R. "Curso de Conmutación Digital", Centro de Capacitación, ETECSA, 1998.

[4] Gabriel Sienra, L. "Señalización en telefonía: Sistema de Señalización No. 7", Artículos ANIRET. Disponible en: <http://www.aniret.org.mx>. (Consultado: diciembre de 2001).

[5] "SS7 over IP Signaling Transpot & SCTP", The International Engineering Consortium, Web ProForum Tutorials. Disponible en: <http://www.citel.oas.org>. (Consultado: diciembre de 2001).

[6] "Interworking Switched Circuit and Voice-over-IP Networks Tutorial", The International Engineering Consortium, Web ProForum Tutorials. Disponible en: <http://www.citel.oas.org>. (Consultado: diciembre de 2001).

Nota editorial: en este artículo se ha decidido hacer una excepción en relación con las normas para citas, notas o referencias bibliográficas y la bibliografía específicas de la revista. Por su particularidad, se ha respetado la forma en que las ha utilizado el autor.