

Un sistema universal de señalización: *Signalling System No. 7 (SS7)*

Ferran Adelantado i Freixer

PID_00201836

Tiempo de lectura y comprensión: **7 horas**



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 España de Creative Commons. Podéis copiarlos, distribuirlos y transmitirlos públicamente siempre que citéis el autor y la fuente (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no hagáis un uso comercial y no hagáis una obra derivada. La licencia completa se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es>

Índice

Introducción	5
Objetivos	6
1. ¿Por qué el Signalling System No. 7?	7
1.1. Sistemas de señalización previos al SS7	9
2. La estructura del SS7	10
2.1. La pila de protocolos	10
2.2. Componentes del SS7	13
2.2.1. Los nodos de señalización: SSP, STP y SCP	13
2.2.2. Los enlaces de señalización	15
3. Message Transfer Part (MTP)	18
3.1. MTP1	19
3.2. MTP2	19
3.2.1. Las unidades de señalización	20
3.2.2. Mecanismos de control de errores	23
3.2.3. Otras funciones de la capa de enlace	30
3.3. MTP3	32
3.3.1. Los códigos de punto (<i>Point Codes</i>)	32
3.3.2. Funciones del MTP3	33
4. Telephone User Part (TUP)	42
4.1. Formato de los mensajes de TUP	43
4.2. Establecimiento y finalización de una llamada	44
5. ISDN User Part (ISUP)	49
5.1. Formato de los mensajes de ISUP	50
5.2. Establecimiento y finalización de la llamada	51
5.3. Métodos de señalización extremo a extremo (<i>end-to-end</i>)	54
6. Signalling Connection Control Part (SCCP)	56
6.1. Formato de los mensajes de SCCP	57
6.2. Estructura de la SCCP	57
6.2.1. Control de SCCP no orientado a conexión (<i>SCCP Connectionless Control, SCLC</i>)	58
6.2.2. Control del SCCP orientado a conexión (<i>SCCP Connection-Oriented Control, SCOC</i>)	58
6.2.3. Gestión del SCCP (<i>SCCP Management, SCMG</i>)	61

6.2.4. Control de direccionamiento (<i>SCCP Routing Control, SCRC</i>)	62
7. <i>Transaction Capabilities Application Part (TCAP)</i>	65
7.1. Formato de los mensajes de TCAP	67
7.2. Establecimiento y finalización de transacciones.....	71
7.3. Ejemplos de aplicaciones o usuarios TC	73
7.3.1. Las redes inteligentes	73
7.3.2. Las redes de comunicaciones móviles	76
Resumen	78
Ejercicios de autoevaluación	80
Glosario	82
Bibliografía	88

Introducción

La red de telefonía, tanto analógica como digital, ha tenido a lo largo de la historia un impacto muy considerable en el desarrollo de las sociedades humanas. Estas redes, a medida que se han extendido por todo el planeta, han llegado a alcanzar una estructura tan compleja que se hace imposible entenderlas sin explicar el sistema (o red) de señalización que emplean.

La necesidad de interconectar rincones lejanos del planeta ha hecho aparecer estándares de comunicación (y de señalización, obviamente) a escala mundial. En el caso de la señalización de la telefonía, este estándar ha sido el llamado *Signalling System No. 7*, aunque es más conocido por su acrónimo: SS7. Tal como explicaremos en este módulo, se trata de un estándar global, pero a pesar de todo, esto no ha impedido que existan algunas variedades geográficas. Estas diferencias son, en algunos aspectos, importantes, pero aún así permiten asegurar que el SS7 es un estándar mundial.

En este módulo se dará una visión general de la estructura del estándar, entendido como un conjunto de protocolos distribuidos en cuatro niveles que permiten el intercambio de información de señalización entre los diversos nodos o puntos de señalización. Una vez vistas las diversas clasificaciones de la señalización, podemos asegurar que el SS7 es un conjunto de protocolos de señalización de red basado en *Common Channel Signalling*.

Si bien es cierto que el SS7 ha ido perdiendo peso desde la llegada de la voz sobre IP y, muy particularmente, a medida que las redes convergen hacia las tan a menudo llamadas redes *All-IP*, la extensión de su despliegue, su longevidad, y su importancia en términos de cambio de paradigma en la señalización de las redes de telefonía, así como las posibilidades y el desarrollo que ha permitido a estas redes, hacen necesario su estudio.

Objetivos

Los objetivos que debe alcanzar el estudiante una vez estudiados los materiales didácticos de este módulo son:

- 1.** Entender los motivos históricos y tecnológicos que desembocaron en la creación del estándar SS7.
- 2.** Conocer la estructura del SS7, tanto las diferentes capas (o niveles), como los protocolos de cada una.
- 3.** Saber cuáles son los puntos de señalización de los que consta una red SS7, los diferentes tipos de enlace, así como la función que desempeña cada uno.
- 4.** Entender cuáles son los mecanismos de control de errores implementados en el MTP2.
- 5.** Conocer las funciones del MTP3 en la gestión del direccionamiento de la red SS7.
- 6.** Adquirir las nociones básicas de los protocolos TUP y ISUP.
- 7.** Saber qué necesidades intenta abordar el SCCP.
- 8.** Identificar la estructura de las transacciones del protocolo TCAP.

1. ¿Por qué el *Signalling System No. 7*?

Tal como hemos señalado en el primer módulo de la asignatura, la señalización es uno de los aspectos clave en el funcionamiento de las redes de telecomunicación, y entre los sistemas de señalización de red, el sistema SS7 es el más importante porque se utiliza extensamente a escala mundial. Se trata de una red de paquetes basada en mensajes dedicada exclusivamente a información de señalización.

Ya se ha mencionado que el SS7 es un sistema de señalización de red troncal y, por tanto, hay que tener en cuenta que no intervendrá en la señalización cuando el usuario que inicia una llamada y el que la recibe se encuentran conectadas a la misma central local.

Cabe recordar tres factores clave que han favorecido, por encima del resto, la aparición y la estructura del estándar SS7:

- 1) La heterogeneidad existente en el ámbito de las redes de telecomunicación (RTC, RDSI, redes móviles celulares o voz sobre IP).
- 2) La necesidad de desarrollar un estándar global. Aunque este motivo sea similar al anterior, fijémonos que el primero hace referencia a la interconexión de redes diversas, mientras que el segundo hace referencia a la interconexión de redes, diferentes o iguales, en todo el mundo.
- 3) La utilización de la señalización CCS (*Common Channel Signalling*).

El primero de los factores que impulsaron el SS7 –hacer frente a la heterogeneidad– debía permitir que diferentes redes pudieran ser interconectadas, una realidad cada vez más evidente a medida que aumentaba la cantidad y el alcance de las redes de telecomunicación.

En cuanto al segundo de los factores, la estandarización global no es únicamente un objetivo para las redes de señalización, sino que es en sí mismo un objetivo de cualquier aspecto de las telecomunicaciones en general. Aunque este motivo sea similar al primero que hemos mencionado, observad que el primero hace referencia a la interconexión de redes diversas, mientras que el segundo hace referencia a la interconexión de redes, diferentes o iguales, en todo el mundo. Se trata, por tanto, de una estandarización en dos ejes principales: el eje tecnológico y el eje geográfico.

Finalmente, el último de los factores es el de la utilización definitiva de la señalización CCS. Tal como hemos analizado con anterioridad, la señalización CCS supera muchas de las limitaciones que presenta la señalización CAS (*Channel Associated Signalling*).

Aunque hemos destacado que se trata de un estándar global, cabe mencionar que puede presentar algunas diferencias en el ámbito regional. Las dos variantes regionales son la especificada por la ITU-T (la más extendida) y el ANSI (desarrollada en Estados Unidos y principalmente utilizada en este mismo país). La manera más habitual de llamarlo es *Signalling System No. 7* o *Signalling System #7*, y más concretamente por su abreviatura SS7. A pesar de todo, a menudo puede ser llamado de manera diferente en función del país. Así, se pueden encontrar las siguientes denominaciones alternativas: CCSS7* (en Estados Unidos), C7** (en muchos países de Europa, y especialmente en el Reino Unido) o CCIS7***, o incluso N7**** (en Alemania).

La estandarización del sistema SS7 la realiza la ITU-T (antiguamente llamada CCITT). Las Recomendaciones de este ente que hacen referencia a la SS7 (estructura, funciones, etc.) son aquellas que tienen la numeración Q.7xx y que son de libre distribución. Las podéis consultar en la página web de la ITU-T.

Tal como enumera la Recomendación Q.700, el sistema SS7 tiene tres objetivos fundamentales:

- 1) Optimizar el funcionamiento de las redes de telecomunicaciones digitales y de las centrales de control.
- 2) Satisfacer las exigencias presentes y futuras de transferencia de información para el diálogo entre procesadores dentro de las redes de telecomunicación para el control de llamadas, el control a distancia y la señalización de gestión y mantenimiento.
- 3) Ofrecer una manera segura de transferencia de información en la secuencia correcta y sin pérdidas ni duplicaciones.

La señalización, y en particular el sistema SS7, es uno de los puntos clave de las redes de telecomunicación, tal como demuestra el hecho de que todos los organismos de estandarización de telefonía fija, comunicaciones móviles y redes de datos toman en consideración de una manera u otra el sistema SS7.

Tradicionalmente, la señalización para la red telefónica se reducía al establecimiento y liberación de llamadas. La aparición de sistemas de señalización basados en CCS (*Common Channel Signalling*), y en el caso concreto del SS7, han permitido ofrecer servicios como la identificación de llamada, la transferencia de llamada (*call forwarding*), la llamada en espera, la llamada entre tres, etc.

*Common Channel Signalling
System 7
**CCITT number 7

***Common Channel Interoffice
Signalling 7
****Signalisierungssystem
Number 7

Enlace

En la Recomendación Q.700 (03/93) hay las especificaciones del sistema SS7, que es una buena guía del sistema en general y del resto de especificaciones relacionadas:
<http://www.itu.int/rec/T-REC-Q.700-199303-I/e>

Tal como veremos en otro módulo, las redes de voz y de datos tienden a la convergencia. Esta convergencia, basada en la utilización del protocolo de red IP (tanto para transportar datos como voz), ha hecho que el sistema SS7 pueda ser compatible con las redes de nueva generación (*Next Generation Networks*, NGN).

Podéis comprobar la importancia del SS7 mediante el ejemplo expuesto en el libro *Signaling System No. 7 (SS7/C7): Protocol, Architecture and Services**:

En Estados Unidos, en enero de 1990 un fallo localizado en un único conmutador SS7 (y que se propagó hacia unos 100 conmutadores, aproximadamente) causó un corte del servicio de telefonía que afectó a unos 60.000 usuarios durante nueve horas, y causó unas pérdidas de 60 millones de euros.

*Podéis encontrar la referencia completa en la bibliografía de este módulo.

1.1. Sistemas de señalización previos al SS7

Aunque ha habido varios estándares de señalización previos al SS7, como los SS4, SS5, SS6, R1 y R2, todos excepto el SS6 son sistemas de señalización basados en CAS (*Channel Associated Signalling*). Tal como ya se ha mostrado en el módulo 1 de la asignatura, la señalización CCS tiene numerosas ventajas sobre la señalización CAS, y es por este motivo que nos centraremos en el sistema SS6.

El SS6 fue concebido para controlar la conmutación de todo tipo de circuitos internacionales, con el objetivo de explotar los circuitos de voz bidireccionales. La importancia de este sistema radica en el hecho de que por primera vez se eliminaba completamente la señalización por canal asociado (CAS) y se introducía el concepto de enlace de señalización por canal común (CCS) separado del canal de voz. Como dice su nombre, este canal de señalización transmite información de señalización de varios canales de voz.

El estándar SS6, a pesar de tener los mismos objetivos que los del posterior SS7, no tuvo éxito y su desarrollo fue muy limitado. Hay que hacer notar que el estándar SS6 ya se basaba en CCS, por lo tanto no fue este hecho el que determinó la escasa implantación.

Las diferencias fundamentales entre el SS6 y el SS7 son las siguientes:

- El ancho de banda de la red de señalización SS6 era demasiado pequeño.
- El tamaño de los paquetes que transportaba también era pequeño.
- El SS6 no estaba diseñado por capas o niveles, tal como sucede con el SS7 (se verá en el próximo apartado). Este hecho limitaba fuertemente la posibilidad de evolucionar y de adaptarse a nuevas necesidades.

Los estándares

Las Recomendaciones de la ITU-T para cada uno de los estándares (SS4, SS5, SS6, R1 y R2) son las que van desde la Q.120 hasta la Q.499, y las podéis consultar en la página de la ITU-T:
<http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/index.aspx?ser=Q>

2. La estructura del SS7

El estándar SS7 especifica el conjunto de nodos, enlaces y protocolos que definen la red de señalización. Se trata de una red diseñada para transportar solo información de señalización. En este apartado explicamos cuáles son los nodos de señalización (llamados puntos de señalización o *signalling points, SP*) y los enlaces que conforman la red SS7, así como la pila de protocolos.

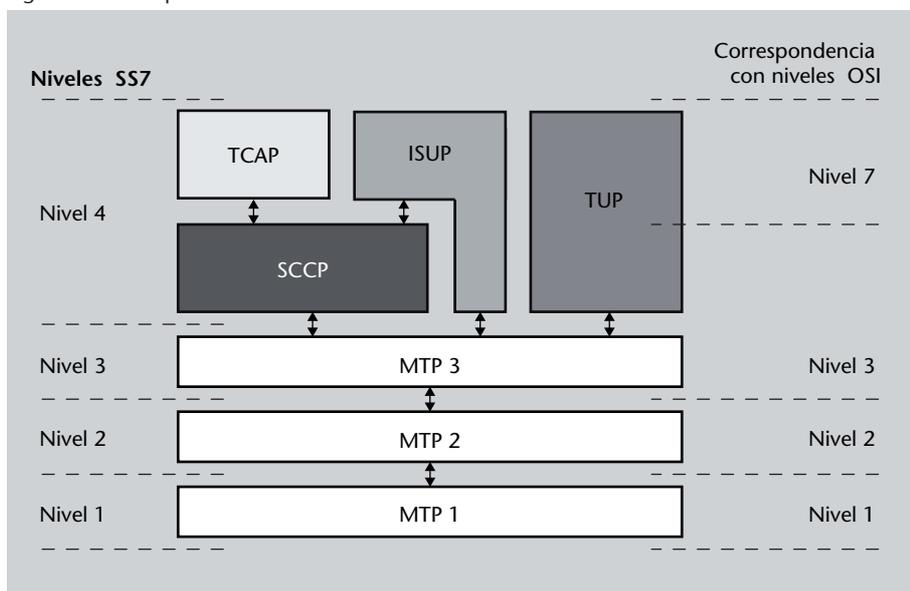
2.1. La pila de protocolos

El modelo OSI* puede ser descrito como un modelo conceptual para la estructura de los sistemas de comunicación dividido en siete capas. Cada una de las capas se relaciona con la capa anterior y la capa posterior, y desarrolla unas funciones específicas. Las capas son las siguientes: capa física (1), de enlace (2), de red (3), de transporte (4), de sesión (5), de presentación (6) y de aplicación (7).

* La sigla OSI responde a *Open Systems Interconnection*.

Aunque la mayoría de los sistemas de telecomunicación suelen encajar con el modelo OSI, no sucede esto con el estándar SS7, que no lo hace exactamente. Ha habido varios intentos de tratar de alinear las dos arquitecturas (SS7 y OSI) pero, aunque se ha conseguido claramente para las capas bajas (1 y 2), no ha sido exitoso para capas superiores. Podéis ver la equivalencia –aproximada– entre ambas estructuras en la figura 1. Es importante observar que ninguna de las capas del SS7 puede ser asimilada a las capas 4, 5 y 6 de la OSI.

Figura 1. Pila de protocolos del SS7



En concreto, el SS7 se estructura en 4 niveles que iremos detallando durante este módulo. Tal como se muestra en la figura anterior, las tres primeras capas en conjunto –capa física, de enlace y de red– reciben el nombre de *Message Transfer Part* (MTP) y se enumeran del 1 al 3 como MTP1, MTP2 y MTP3. Estas tres capas, o protocolos, son las que definen cómo la red SS7 transporta sus paquetes de un punto de señalización a otro. Se trata de tres capas propias del SS7, y en un momento de convergencia hacia redes IP, ha habido esfuerzos para hacerlo mediante el protocolo IP. Aunque se trata de un punto importante, estos aspectos los dejamos para más adelante*.

* Estos aspectos son abordados en el próximo módulo de la asignatura.

La cuarta capa de la pila de protocolos SS7 consta de varios protocolos: *Telephone User Part* (TUP), *Integrated Services User Part* (ISUP), *Signalling Connection Control Part* (SCCP) y *Transaction Capabilities Application Part* (TCAP). Inicialmente se contemplaba un protocolo para la capa cuatro llamado *Data User Part* (DUP), pero enseguida cayó en desuso, lo que provocó la finalización del desarrollo de la recomendación correspondiente (Q.741) y, posteriormente, su eliminación. Por tanto, a pesar de que en la literatura existente todavía se pueden encontrar referencias a este protocolo, ya ha sido eliminado de las recomendaciones de la ITU-T.

Tanto el protocolo TUP como el protocolo ISUP son los protocolos responsables de la señalización que permite establecer, mantener y finalizar una llamada. En el caso del TUP, se trata de un protocolo específico para la Red Telefónica Conmutada (RTC, o en inglés *Public Switch Telephone Network*, PSTN), mientras que el ISUP es para la Red Digital de Servicios Integrales (RDSI). Por definición, tanto el TUP como el ISUP son protocolos orientados a conexión. En determinados países, sin embargo, no se ha llegado a implementar el protocolo TUP y todas las llamadas son gestionadas mediante el ISUP.

El protocolo SCCP es uno de los puntos más importantes de la estructura SS7, ya que, entre otras cosas, permite la existencia de servicios no orientados a conexión (tal como sucede con el TUP y el ISUP) y, de esta manera, dota al sistema SS7 de mayor flexibilidad. Observando la figura 1 es importante darse cuenta de que el SCCP y la ISUP se encuentran al mismo nivel, pero por otro lado el ISUP también utiliza las funcionalidades ofrecidas por el SCCP en cuanto a la transmisión de mensajes no orientados a conexión. Así pues, el SCCP es especialmente importante por dos aspectos:

- Ofrece funcionalidades para aplicaciones no orientadas a conexión (como por ejemplo el acceso a bases de datos).
- Permite las Global Title Translations (GTT), que serán estudiadas más adelante.

Finalmente, el último protocolo de la capa 4 de la SS7 es el TCAP. El TCAP es el protocolo que permite la comunicación de diversas aplicaciones. Se trata,

pues, de una interfaz entre estas aplicaciones (también llamadas subsistemas) y el SCCP. Permite la comunicación entre puntos de señalización (*Signalling Points*) en servicios no orientados a conexión.

Estos protocolos están estandarizados en las siguientes Recomendaciones de la ITU-T:

- *Message Transfer Part*: Recomendaciones entre la Q.701 y la Q.710.
- *Signalling Connection Control Part*: Recomendaciones entre la Q.711 y la Q.719.
- *Telephone User Part*: Recomendaciones entre la Q.720 y la Q.729.
- *Integrated Services User Part*: Recomendaciones entre la Q.760 y la Q.769.
- *Transaction Capabilities Application Part*: Recomendaciones entre la Q.770 y la Q.779.

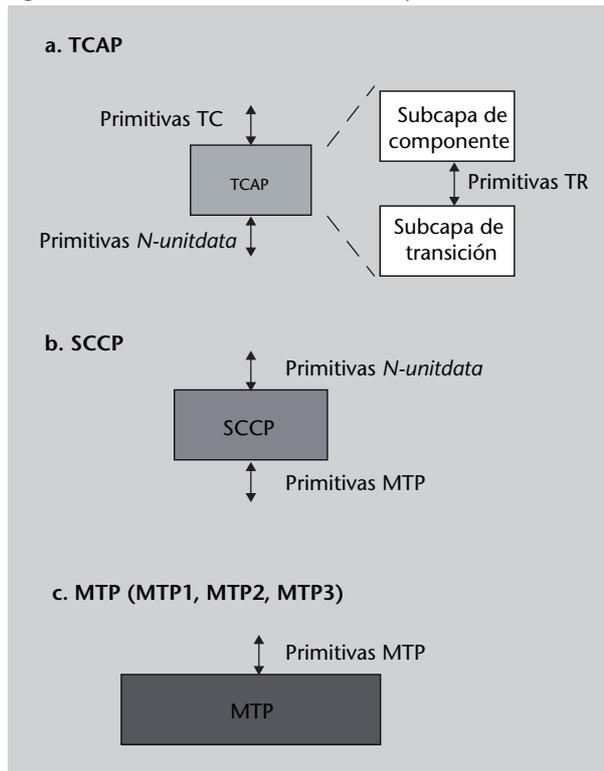
Las diferentes partes/niveles de la estructura SS7 se comunican entre ellas y con los puntos de señalización distantes. Es decir, un determinado protocolo de la pila de protocolos SS7 mantiene comunicación con los niveles inmediatamente superior e inferior y con el mismo nivel de otro punto de señalización. En la nomenclatura del SS7 suele emplearse el término *usuario* de la siguiente manera: de acuerdo con la figura 1, cualquier aplicación por encima de la TCAP que utilice las funcionalidades ofrecidas por TCAP se llama usuario TC (o en inglés *TC user*); de la misma manera, TCAP y ISUP son usuarios SCCP, mientras que ISUP, TUP y SCCP son usuarios MTP.

En la figura 2 se muestra el nombre que reciben las primitivas intercambiadas entre los diferentes protocolos de la arquitectura SS7. En concreto, como se observa en la figura 2 (a), la TCAP se comunica con los usuarios TC mediante las llamadas primitivas TC, mientras que la comunicación con el SCCP se establece mediante las primitivas *N-unitdata*. Cabe decir, sin embargo, que la TCAP se subdivide en dos subcapas (la subcapa de componente y la subcapa de transacción) y, entre ellas, se intercambian las llamadas primitivas TR. En cuanto al SCCP (figura 2 (B)), se comunica con el MTP (y más concretamente con el MTP3) mediante primitivas MTP, y con la TCAP y el ISUP mediante las llamadas primitivas *N-unitdata*.

Es importante darse cuenta de que, aparte de la comunicación con el resto de partes del SS7, cada una de las partes de un punto de señalización establece una comunicación con la misma parte de otro punto de señalización distante. Así, por ejemplo, las capas MTP1, MTP2 y MTP3 establecen una comunicación con las mismas capas de los otros puntos de señalización mediante el envío de unidades de señalización de mensaje, el SCCP se comunica mediante mensajes SCCP, la subcapa de componente de la TCAP lo hace mediante las llamadas transacciones, la subcapa de transacción mediante mensajes TCAP, y finalmente los usuarios TC establecen lo que se denomina diálogo*.

* Estos puntos son simplemente una pequeña introducción y se tratarán en profundidad más adelante en este módulo.

Figura 2. Comunicación entre las diversas partes de la red SS7



2.2. Componentes del SS7

La red de señalización que define el estándar SS7 recoge dos elementos principales: los puntos de señalización y los enlaces que los unen. Es importante recordar que tanto estos nodos como estos enlaces están dedicados exclusivamente a la señalización.

Empecemos centrándonos en los nodos de señalización. Se consideran tres tipos diferentes de puntos de señalización: el *Service Switching Point* (SSP), el *Signal Transfer Point* (STP) y el *Service Control Point* (SCP)*. En cuanto a los enlaces de señalización, se clasifican de acuerdo con su función y se denotan con letras que van desde la A hasta la F (por tanto, 6 tipos de enlaces diferentes).

* También se puede encontrar en la literatura el SSP como *Signal Switching Point* y el SCP como *Signal Control Point*.

2.2.1. Los nodos de señalización: SSP, STP y SCP

Los puntos **SSP** son conmutadores que se encuentran en los extremos de la comunicación pero dentro de la red troncal. Se trata de aquellos nodos que, al iniciarse una llamada, tienen la función de determinar la ruta o camino, establecer el canal de comunicación de voz y, al terminar la llamada, liberar el circuito. En concreto, al iniciarse una llamada, este nodo tiene las dos funciones básicas: informar al SSP de destino y conseguir determinar la ruta que debe establecerse para encaminar, dentro de la red troncal, la información de voz (mediante peticiones o, en inglés, *queries*).

Es importante darse cuenta de que es precisamente este nodo el que, al recibir el número de teléfono de destino, determina la ruta de la llamada. Tal como ya se ha mencionado, el SSP de origen informa al SSP de destino; en este caso, el SSP de destino debe enviar un reconocimiento del establecimiento del camino hacia el SSP de origen.

En cuanto a los puntos STP, son encaminadores de la red de señalización definida por el estándar SS7. Como sucede con cualquier red, y especialmente en las de gran alcance, los SSP de origen y destino no están conectados de forma directa. Es por este motivo que los mensajes de señalización generados por los SSP de origen y destino deben ser encaminados (función que realizan los STP). Adicionalmente, en algunos casos, el STP puede realizar funciones de cortafuegos entre diferentes redes de señalización y la llamada *global title translation*.

Hay tres niveles de STP en función de su alcance geográfico: los STP nacionales, los STP internacionales y los *gateway* STP. Los STP nacionales forman parte de la red de señalización de un país en concreto. Si recordamos la introducción al estándar SS7 que se ha hecho en este módulo, sabremos que, a pesar de las intenciones iniciales, el SS7 no es un estándar idéntico en todo el mundo y que existen variantes regionales. Teniendo en cuenta, pues, esta consideración, cabe destacar que estos STP pueden variar ligeramente en función de las diferencias existentes en el estándar en función de la región o país.

El caso de los STP internacionales es ligeramente diferente. Pese a que realizan las mismas funciones que los STP nacionales, estos interconectan varios STP o SSP de diferentes países. Así pues, la flexibilidad que había para utilizar las variantes regionales del protocolo SS7 no es posible y, por tanto, utilizan el estándar definido por la ITU-T.

Resulta claro que para conectar los STP nacionales y los STP internacionales es necesario un nodo que permita convertir la señalización de la variante regional al estándar de la ITU-T. Este nodo también es llamado STP y, más concretamente, *gateway* STP. Además de la función descrita, los *gateway* STP también permiten el acceso a bases de datos de otras redes (recordemos que la determinación del camino o ruta de la información de las llamadas se hace mediante la consulta de bases de datos).

En todos los casos, los STP son elementos fundamentales dentro de la red SS7. Para conseguir una red robusta ante posibles fallos, los STP suelen estar desplegados por parejas (en inglés *mated pair*) para ofrecer redundancia.

Los SCP son básicamente los puntos de señalización que suponen la interfaz entre la red SS7 y las bases de datos de las empresas de telecomunicaciones. Ya hemos visto que el SSP consultaba bases de datos para direccionar las llamadas, pero no hemos dicho cómo se accedía a estas bases de datos. En concreto, el SSP lo hace a través del SCP.

Global title translation

Esta función permite que la red de señalización utilicen direcciones más cortas que las direcciones físicas. Es precisamente el STP el encargado de hacer la traducción de un tipo de dirección a otro.

Como en este módulo haremos esquemas de la red de señalización para explicar su funcionamiento y la estructura, conviene determinar el símbolo utilizado para cada uno de los tres tipos de puntos de señalización que hemos presentado. La figura 3 muestra el símbolo gráfico más habitual para representar los tres puntos, pero hay que saber que en la literatura pueden aparecer con ligeras diferencias. Las bases de datos pueden ser de todo tipo, como por ejemplo las que hacen posible la localización de los usuarios de las redes de comunicaciones móviles.

Figura 3. Representación gráfica de los tres tipos de puntos de señalización del SS7



2.2.2. Los enlaces de señalización

Tradicionalmente, los enlaces de señalización tenían una capacidad de 64 kbps –aunque en determinadas regiones (como Estados Unidos) esta velocidad baja hasta los 56 kbps–, pero en la actualidad también se utilizan enlaces de capacidades muy superiores. La conexión entre dos puntos de señalización no se realiza únicamente mediante un enlace, sino con un conjunto de enlaces (en inglés *linkset*). El hecho trascendente es que el dimensionado de la red SS7 suele realizarse de manera que la capacidad real utilizada sea cercana al 30% o 40% de la capacidad disponible. Así se consigue garantizar la posibilidad de que, en caso de fallo de un enlace, se pueda direccionar el tráfico por otro enlace sin comprometer los requerimientos propios del enlace que absorbe el nuevo tráfico.

Los enlaces de la red SS7 pueden ser del tipo A, B, C, D, E o F. Cada uno de estos tipos de enlace se define por la función que desempeña (qué nodos conecta); a continuación los enumeramos todos:

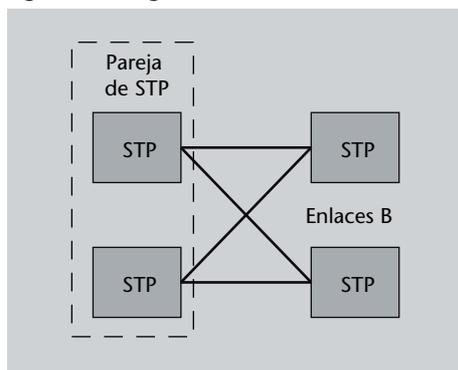
- El **enlace A** (*access link* o *A-link*) es aquel que conecta los puntos terminales de la red SS7 con un STP, es decir, por definición, los SSP y los SCP (que suponen un punto terminal entre la red y las bases de datos de los operadores). Los fallos en la red SS7 pueden ser muy graves, y es por este motivo que asegurar la redundancia es uno de los aspectos clave. Así, todos los SSP o SCP tienen como mínimo dos enlaces A.
- El **enlace B** (*bridge link* o *B-link*) es aquel que conecta dos nodos STP dentro de la misma red. Se trata, pues, de los enlaces que permiten formar la mayor parte de la red SS7. Los dos nodos STP que conecta pertenecen al mismo nivel jerárquico de la red.

Nomenclatura de los enlaces

Los enlaces de señalización se designan con una letra de la A a la F. El motivo no solo responde a una simple enumeración, sino que coincide con la inicial de su nombre completo: A (Access), B (Bridge), C (Cross), D (Diagonal), E (Extended) y F (Fully associated).

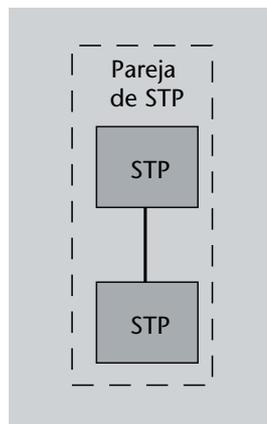
Ya se ha hecho notar que la red SS7 debe ser robusta ante posibles fallos, y que por este motivo los STP a menudo se encuentran por parejas. Para que las parejas de STP realmente sean redundantes es necesario que exista una interconexión entre una pareja de STP y la pareja a la que se quiere conectar. Se puede observar en la figura 4 que, efectivamente, la configuración habitual de estos enlaces se hace de cuatro en cuatro.

Figura 4. Configuración habitual de un enlace B



- El **enlace C** (*cross link* o *C-link*) es el enlace que garantiza la interconexión de los dos STP de una pareja de STP que desarrollan la misma función (los *mate pair*).

Figura 5. Enlace C (Conectando una pareja de STP)



- El **enlace D** (*diagonal link* o *D-link*) no presenta diferencias importantes respecto del enlace B. De hecho, se trata de un enlace que interconecta dos STP no emparejados. La única diferencia radica en el hecho de que los STP que interconecta son de diferentes niveles jerárquicos (recordemos que hay STP de diferente nivel jerárquico).
- El **enlace E** (*extended link* o *E-link*) es igual que el enlace A. Recordemos que se trataba del enlace que conecta un SSP y el par de STP. Conviene,

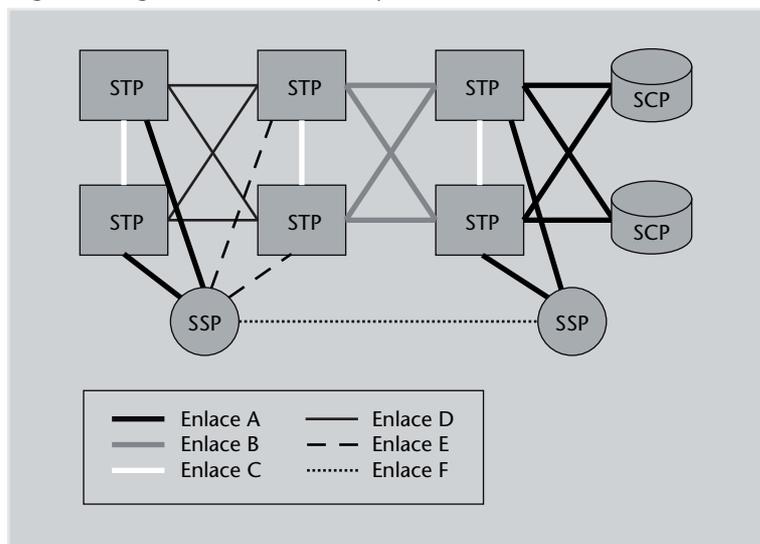
sin embargo, que haya redundancia para proteger la red (y en este caso concreto proteger el nodo de acceso SSP ante posibles fallos). Todo SSP se conecta a un par de STP mediante enlaces A, que llamaremos pareja de *home* STP. La conexión que realiza la redundancia es, por tanto, cualquiera que no conecte el SSP con un *home* STP, y por tanto el enlace será del tipo E. Es por este motivo que en la literatura se pueden encontrar con la denominación de enlace AA (*alternate A link*, enlace A alternativo).

- Finalmente, se define el **enlace F** (*fully-associated link* o *F-link*), que, como denota su nombre, interconecta los puntos finales de la red. Cuando se han descrito los nodos de una red SS7, se ha visto que había dos tipos de nodos finales: los SSP y los SCP. Por tanto, el enlace F puede conectar dos nodos SSP entre ellos o un nodo SSP y un nodo SCP.

La figura 6 muestra, de manera esquemática, todos los tipos de puntos y de enlace que establece el estándar para la red SS7. Al observar la figura hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1) El SSP del lado izquierdo se conecta a la pareja de los llamados *home* STP mediante enlaces A, mientras que se conecta a un par de STP alternativos mediante enlaces E.
- 2) En la figura, los STP están conectados mediante enlaces B y D. Aquellos STP que se encuentran en el mismo nivel jerárquico lo hacen a través de enlaces B, mientras que aquellos que se encuentran en niveles jerárquicos diferentes lo hacen a través de enlaces D.

Figura 6. Diagrama de los diferentes tipos de enlace de señalización



Fuente: figura extraída de *SS7 Tutorial*, Performance Technologies Inc., 2000-2001

3. *Message Transfer Part* (MTP)

La denominación de la parte de transferencia de mensajes (*Message Transfer Part*, MTP) hace referencia al conjunto de las tres capas más bajas de la pila de protocolos del SS7. A pesar del nombre genérico que identifica las tres capas, conviene distinguir entre cada una de ellas, ya que hace funciones diferentes:

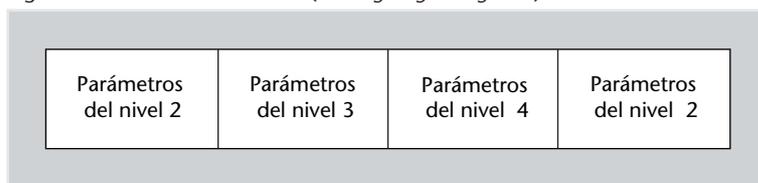
- Empezando por la capa más baja, la MTP1 (también llamada MTP nivel 1) define la capa física de la red. Es decir, los aspectos relacionados con las características físicas, eléctricas y funcionales del enlace de señalización. Los paquetes transmitidos a través de un enlace de señalización de 64 kb/s son denominados *Message Signal Unit* (MSU).
- La capa MTP2 tiene varios objetivos importantes: delimitación de las unidades de señalización, detección y corrección de errores, y detección de fallos en la red (mediante la supervisión de las tasas de error del enlace). Es, por tanto, la capa que permite una transferencia de mensajes fiable.
- Finalmente, la capa MTP3 supone la interfaz entre las capas bajas (que gestionan la correcta transmisión-recepción) y la capa 4. Recordemos que la capa 4 de la estructura SS7 está formada por varias partes (TUP, ISUP, SCCP y TCAP, llamados de forma genérica usuarios MTP, o en inglés *MTP user*), y por tanto la capa MTP3 debe dar servicio a cada una de estas partes mencionadas. En particular, tiene dos funciones esenciales: tratamiento de los mensajes de señalización, y gestión de la red de señalización. En pocas palabras, es la capa encargada de adaptar el direccionamiento entre dos puntos de señalización de la red cuando hay un fallo.

La tabla 1 muestra, resumidamente, las principales funciones de cada nivel.

Tabla 1. Funciones de señalización de la MTP

Nivel	Funciones
MTP1	Enlace de datos de señalización
MTP2	Funciones de enlace
MTP3	Tratamiento de los mensajes de señalización. Gestión de la red de señalización

La unidad básica transmitida a través del enlace de señalización se denomina *Message Signalling Unit* (MSU), que en castellano se podría traducir como *unidad de señalización de mensaje*. La figura 7 muestra la estructura: el mensaje de nivel 4 (generado por alguno de los usuarios MTP, es decir el SCCP, la ISUP o la TUP); los parámetros añadidos por la capa MTP3 que permiten las funcionalidades ofrecidas por esta capa; y los parámetros del nivel de enlace, que en el SS7 es el MTP2.

Figura 7. Estructura de las MSU (*Message Signalling Unit*)

3.1. MTP1

La primera capa de la estructura SS7 –la más baja– es la capa física y desarrolla exclusivamente sus funcionalidades. Es interesante hacer notar que en esta capa encontramos una diferencia importante en las diferentes versiones del estándar. En todas las variedades regionales del estándar se considera que la velocidad de transmisión es de 64 kb/s. Ahora bien, en la variedad regional que se utiliza en determinadas partes del mundo –como por ejemplo en los Estados Unidos y conocida como ANSI No.7, el nombre de la organización responsable de su estandarización–, estos 64 kb/s se convierten en 56 kb/s reales.

La diferencia radica en lo siguiente: en los Estados Unidos, por ejemplo, como mínimo uno de los bits de cada ranura temporal (en inglés *slot*) debe ser un 1. Como cada ranura transporta 8 bits, solo hay 7 bits útiles para cada ranura temporal. Así pues, la velocidad neta real es igual a $\frac{7}{8} \cdot 64 \text{ kb/s} = 56 \text{ kb/s}$. En otras regiones del mundo, como por ejemplo en Europa, esta restricción no existe y, por tanto, la velocidad neta del enlace de señalización es de 64 kb/s. Es cierto que actualmente los enlaces de señalización pueden presentar velocidades de transmisión más elevadas, pero habitualmente, cuando se estudia la SS7, se considera la velocidad de 64 kb/s.

Fijémonos no obstante que, en la realidad, desarrollar y mantener una red exclusivamente de señalización supone un alto coste. Es por este motivo que, a pesar de tener redes troncales de datos y de señalización independientes, gracias a la multiplexación en tiempo los enlaces de datos y de señalización pueden compartir el mismo medio físico.

3.2. MTP2

En la introducción al MTP ya hemos expuesto las funcionalidades principales que ofrece el MTP2. En concreto, y siendo un poco más exhaustivo, las funcionalidades son las siguientes:

- La delimitación de las unidades de señalización (en inglés *Signal Units*, SU). Las SU tienen longitudes variables, ya que dependen principalmente del mensaje de señalización generado por el MTP3. Por este motivo es necesario delimitarlas mediante 8 bits llamados como **flag**. La adición del *flag* se lleva a cabo en el MTP2.

- La detección y corrección de errores de transmisión. La corrección de errores se realiza mediante la retransmisión de las SU erróneas.
- Monitorización del enlace y control del tráfico. La monitorización y control del tráfico permite detectar los problemas de la red, como por ejemplo el fallo de determinados enlaces. Esta información es esencial para las funcionalidades que ofrece la capa superior, la MTP3, que es responsable del direccionamiento de las unidades de señalización.

Obviamente la transmisión de paquetes (en este caso SU) a través de un enlace real nunca es ideal y, por tanto, tiene una cierta probabilidad o tasa de error. En el caso del estándar SS7, en su capa MTP2, la probabilidad de error se puede reducir gracias al mecanismo de retransmisión, pero incluso así una excesiva tasa de error no permitiría que este mecanismo fuera suficientemente eficiente. Hay que tener en cuenta que un exceso de retransmisiones implica un exceso de retardo. En concreto, el sistema SS7 está diseñado para un correcto funcionamiento siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- La probabilidad de error no detectada por el MTP en las MSU (*Message Signal Units* o, dicho de otro modo, las SU que contienen información de señalización) debe ser inferior o igual a 10^{-10} .
- La probabilidad de perder una MSU debe ser inferior o igual a 10^{-7} .
- El MTP tiene como objetivo la entrega de las MSU de manera secuencial (en orden). La probabilidad de entrega de las MSU en un orden diferente del adecuado debe ser inferior o igual a 10^{-10} .

Límites del MTP2

Los mecanismos de corrección de errores implementados en el MTP2 tienen ciertos límites, que se detallan en la Recomendación Q.706 de la ITU-T.

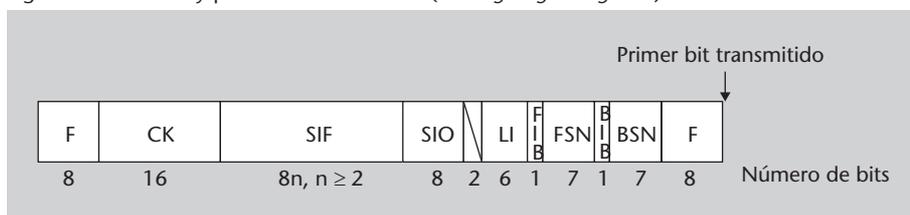
3.2.1. Las unidades de señalización

Mientras la capa de nivel 1 (MTP1) podría ser considerada como propiamente el enlace de señalización, la capa 2 (MTP2) es la encargada de la gestión de este enlace. En cambio, como se verá más adelante, la capa 3 (MTP3) direcciona los paquetes provenientes de las aplicaciones (capa 4) a través del enlace. Resulta evidente, pues, que en la capa de enlace o MTP2 habrá como mínimo dos tipos diferentes de unidades de señalización (SU): las que provienen de la capa o nivel MTP3 y las que le hacen falta al MTP2 para gestionar el enlace. En cuanto a los datos de señalización generados en el MTP3 y que son adaptados en el MTP2, el estándar los llama *Message Signal Unit* (MSU). En cuanto a las unidades de señalización generadas en la capa MTP2, se definen dos tipos: la *Link Status Signal Unit* (LSSU) y la *Fill-In Signal Unit* (FISU). A continuación describiremos la estructura de cada tipo de unidad de señalización y para qué sirve.

Conviene comenzar el análisis de las unidades de señalización por aquella que transporta los datos de señalización, es decir los datos que se intercambian los

diferentes puntos de señalización, y más concretamente la capa 3 (MTP3) de los puntos de señalización. Esta es la **MSU**, cuya estructura se puede observar en la figura 8.

Figura 8. Estructura y parámetros de la MSU (*Message Signalling Unit*)



Fuente: figura extraída de la Recomendación Q.703 de la ITU-T.

Se pueden analizar punto por punto los diversos parámetros. Empezando por los bits que abren y cierran el MSU, los *flags* (F) sirven para delimitar el MSU. Es importante destacar que la longitud de esta unidad de señalización mínima es de 8 bytes (sin considerar los *flags* y suponiendo un SIF de 2 bytes) pero puede ser mayor. Para poder delimitar el inicio y el final de la MSU, el estándar SS7 define este *flag*, que es igual a 01111110. Fijaos que la transmisión de SU es secuencial y, por tanto, antes y después de la transmisión de una unidad de señalización hay un único *flag*. Dicho esto, podemos entender que en la figura 8 el *flag* inicial (a la derecha de la figura) es a la vez el *flag* de cierre de la SU transmitida anteriormente, mientras que el *flag* de clausura del MSU (a la izquierda de la figura) es, al mismo tiempo, el *flag* inicial de la SU que se transmitirá posteriormente.

Los siguientes cuatro campos los trataremos todos juntos para que desarrollen una función común: el control de las unidades de señalización de mensaje (MSU) y su retransmisión si ha habido alguna pérdida durante la transmisión. Estos parámetros son el *Backward Sequence Number* (BSN) y el *Backward Indicator Bit* (BIB) por una parte, y el *Forward Sequence Number* (FSN) y el *Forward Indicator Bit* (FIB) por la otra. Todos juntos tienen una longitud de dos bytes (véase la figura 8).

Teniendo en cuenta la longitud variable que pueden tener las MSU, el campo *Length Indicator* (LI) determina la longitud en bytes de los campos que hay entre el campo LI (con los dos bits no utilizados incluidos) y el CK (no incluido). Este parámetro es muy importante, no solo para conocer la longitud de la unidad de señalización –que también lo permitirían los *flags* previos y posteriores–, sino porque es utilizado para distinguir la SU recibida entre una MSU, una LSSU y una FISU. En el caso de una MSU este campo puede tomar valores entre 3 y 63, ambos inclusive. La longitud real de los campos SIF y SIO puede ser superior a 63 bytes, y en este caso LI también toma el valor 63 (SIF y SIO pueden alcanzar una longitud máxima de 273 bytes).

En cuanto al *Service information Octet* (SIO), se trata de un campo que indica qué aplicación (capa 4 del estándar SS7) ha generado la información de señalización contenida en el MSU. Los valores que puede tomar este campo quedan establecidos en la Recomendación Q.704. El campo *Signalling Information Field*

(SIF) contiene la información de señalización que se quieren intercambiar los dos puntos de señalización involucrados en la transmisión/recepción.

Finalmente, los *check bits* (CK) es el campo que permite la detección de errores. El estándar SS7 usa el código detector CRC (*Cyclic redundancy Check*) de 16 bits.

Observando la estructura del MSU podemos, pues, determinar que tiene una longitud máxima y una longitud mínima. Como hemos señalado, la longitud máxima de la MSU (considerando que el *flag* inicial pertenece al MSU y, en cambio, el *flag* final forma parte de la MSU posterior) es de 279 bytes:

CRC

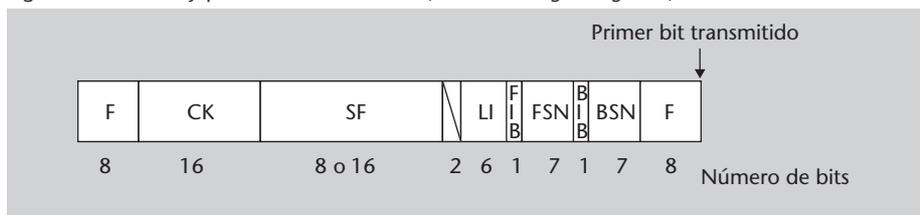
El CRC es un código detector de errores muy empleado en estándares de redes de comunicación. Podéis encontrar información de la capacidad de detección de errores en cualquier libro o tutorial sobre esta cuestión.

Longitud máxima de una MSU:

Flag (1 byte) + BSN, BIB, FSN y FIB (2 bytes) + LI y 2 bits libres (1 byte) + SIF y SIO (273 bytes) + CRC (2 bytes) = 279 bytes

El segundo tipo de SU es la *Link Status Signalling Unit* (LSSU). Tal como se muestra en la figura 9, hay pocas diferencias entre el MSU y el LSSU. Estas diferencias, sin embargo, son consecuencia de la función que desempeña la LSSU en el MTP2. Esta unidad de señalización tiene el objetivo de informar a otro punto de señalización de dos posibles situaciones: desalineación de las unidades de señalización recibidas, y estado del nodo receptor o del enlace.

Figura 9. Estructura y parámetros de la LSSU (*Link Status Signalling Unit*)



Fuente: Figura extraída de la Recomendación Q.703 de la ITU-T.

El punto de señalización receptor utiliza diferentes métodos para detectar los límites de las unidades de señalización recibidas, como por ejemplo el *flag* inicial y el campo LI. Ahora bien, como consecuencia de recibir una unidad de señalización excesivamente larga o con una estructura desconocida, se produce la llamada desalineación. Para corregir esta situación el receptor puede transmitir una LSSU informando al transmisor. Hay muchos campos coincidentes entre una MSU y una LSSU. Todos los campos coincidentes desarrollan la misma función tanto en una SU como en la otra, pero conviene destacar que para la LSSU el campo de longitud (LI) puede tomar los valores 1 y 2. Ya se ha explicado que es precisamente este campo el que se utiliza para determinar qué tipo de SU se ha recibido.

El LSSU presenta un campo específico llamado *Status Field* (SF). Su longitud es de 1 byte (8 bits) pero solo se utilizan 3 bits (los tres bits menos significativos).

A menudo, en la literatura, estos tres bits son llamados *Link Status Indicator* (LSI). Mediante estos tres bits se enumeran seis posibles estados del enlace, tal como se muestra en la tabla siguiente:

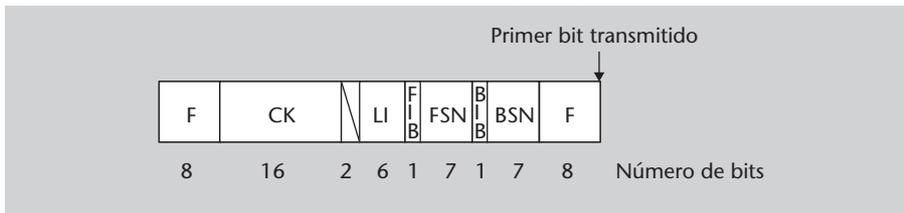
Tabla 2. Valores de los 3 bits utilizados en el *Status Field* (SF)

Valores	Estado del enlace
000	<i>Out of alignment</i> (SIO)
001	<i>Normal alignment</i> (SIN)
010	<i>Emergency alignment</i> (SIE)
011	<i>Out of service</i> (SIOS)
100	<i>Processor outage</i> (SIPO)
101	<i>Busy</i> (SIB)

La utilización concreta de cada uno de estos valores se explica en el subapartado 3.2.2, donde se describe tanto el control de errores como la gestión del enlace de señalización a nivel de la capa 2.

La última de las unidades de señalización es la llamada *Fill-In Signal Unit* (FISU). Es la unidad de señalización más corta de las tres y la menos prioritaria. Los campos que la forman ya han sido explicados y tiene el objetivo de ocupar el canal cuando no hay ni MSU ni LSSU para ser enviadas. Es importante destacar que los puntos de señalización, gracias a la transmisión/recepción de estas unidades de señalización, son capaces de detectar fallos en el enlace (información importante para la capa superior, la MTP3) y determinar la calidad del enlace.

Figura 10. Estructura y parámetros de la FISU (*Fill-In Signalling Unit*)



Fuente: figura extraída de la Recomendación Q.703 de la ITU-T.

3.2.2. Mecanismos de control de errores

Una vez hemos descrito las diferentes unidades de señalización y sus parámetros, es posible describir los mecanismos implementados para el control de errores y la gestión del enlace de señalización.

Uno de los factores más importantes es la corrección de errores de transmisión, especialmente en un sistema de señalización CCS, donde a través de los enlaces se transfiere la señalización de varios circuitos de datos. El control de errores en la red SS7 se realiza mediante la retransmisión de las MSU erróneas o perdidas. Ahora bien, las retransmisiones introducen retardos que, en enlaces de gran longitud, pueden llegar a ser muy elevados. Teniendo en cuenta que la señalización que viaja a través de la red SS7 está relacionada con servicios de datos en tiempo real, se establece un umbral de retardo máximo de 40 ms.

Mecanismos de corrección de errores

Los mecanismos de corrección de errores se detallan en la Recomendación Q.703 de la ITU-T.

En función de si el retardo se encuentra por encima o por debajo de este umbral, el estándar define dos mecanismos distintos:

- Corrección de errores básica (*Basic Error Correction*), para enlaces con retardo bajo –se supone que inferior a 8.000 km.
- Retransmisión cíclica preventiva (*Preventive Cyclic Retransmission*), para enlaces más largos –se supone que por encima de los 8.000 km.

En esencia, y antes de describir los dos mecanismos, podemos mencionar el objetivo de cada uno. En cuanto a la corrección de errores básica, la longitud del enlace permite las retransmisiones sin que este hecho suponga un exceso de retardo. En cambio, para enlaces largos, a menudo es preferible iniciar las retransmisiones de forma preventiva (aunque no se haya recibido la confirmación de la pérdida de la MSU) a pesar de que pueda convertirse en menos eficiente (en términos de número de retransmisiones).

En ambos mecanismos hay que notar que solo las MSU son retransmitidas (porque contienen información de capas superiores), pero en ningún caso las LSSU o FISU.

Corrección básica de errores

En este subapartado detallamos el mecanismo de corrección básica de errores (en adelante BEC, *Basic Error Correction*). Este mecanismo se basa en la notificación positiva y negativa de la recepción de las MSU, es decir, el punto de señalización que recibe las MSU debe notificar al punto de señalización que las transmite si han sido recibidas correctamente o de manera errónea. El sistema requiere que las MSU lleguen al receptor de manera ordenada, por lo tanto se definen como recepción errónea de una MSU cualquiera de los dos casos siguientes:

- Hay un error en la MSU detectado gracias al campo CK, que implementa un código CRC de 16 bits.
- La MSU es recibida de manera desordenada.

La notificación de recepción (tanto la positiva como la negativa) se sirve de los campos BSN, BIB, FSN y FIB para llevar a cabo su función. Centrémonos en el punto de señalización transmisor. Este punto de señalización (*Signalling Point*, SP) consta de dos colas o *buffers*: la cola de transmisión (B_t) y la cola de retransmisión (B_r). Para simplificar la explicación, de momento consideraremos que el SP transmisor solo transmite unidades de señalización MSU.

Antes de la transmisión de una MSU, el SP transmisor asigna un valor en el campo FSN. Este campo es el identificador de la MSU transmitida y debe permitir determinar el orden de llegada en recepción y notificar su recepción por parte del receptor. Este campo tiene una longitud de 7 bits, por lo tanto el rango de valores que puede tomar es entre 0 y 127 (ambos valores incluidos). En

concreto, el FSN siempre toma el valor del último FSN utilizado más 1 en módulo 128. De manera más formal, podemos decir que si definimos FSN_i como el valor del campo FSN de la i -ésima MSU generada por el transmisor, el campo FSN de la siguiente MSU (el número $i + 1$) será $FSN_{i+1} = FSN_i + 1 \pmod{128}$. Es importante notar que el control de errores permite la retransmisión de las MSU, pero no la de las LSSU o las FISU. Por lo tanto, las LSSU y las FISU se generan con el mismo valor de FSN que tenía la última MSU transmitida. Es decir, su transmisión no incrementa el valor de FSN. Así pues, para calcular el número de secuencia solo habrá que sumar 1 al valor anterior excepto en el caso de que este valor sea 127, situación en la que el siguiente valor será 0. En cuanto al campo FIB, de 1 bit de longitud, tendrá el mismo valor que el de la anterior MSU mientras no haya una notificación de recepción negativa. La notificación de recepción, en cambio, se realizará mediante los campos BSN y BIB de las unidades de señalización recibidas. Por un lado el BSN será igual al FSN que se quiere notificar y con el bit BIB se determinará si la notificación es positiva o negativa. Si el BIB es igual al FIB, la notificación es positiva, si no, la notificación es negativa.

Limitaciones del FSN

El FSN toma valores entre el 0 y el 127. Para desarrollar su función conviene que como mucho pueda haber 128 MSU sin notificación de recepción, ya que si no, habría dos MSU con el mismo FSN.

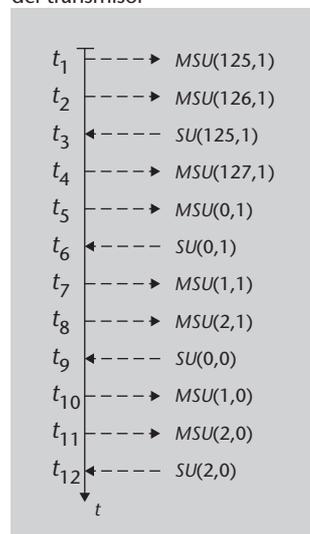
Ejemplo

La notación que se utiliza en este ejemplo es la siguiente:

- Se supone que el SP de transmisión solo transmite MSU.
- Las MSU se denotan como $MSU(a,b)$, donde a es el FSN y b es el FIB.
- No estamos interesados, de momento, en qué tipo de SU recibe el punto de señalización (MSU, LSSU o FISU). Por tanto, las denotaremos como $SU(c,d)$, donde c es el BSN y d es el BIB.
- Las colas de transmisión y de retransmisión se denotan con B_t y B_r , respectivamente.
- La expresión $B_t = \{MSU(a_3,b_3); MSU(a_4,b_4); MSU(a_5,b_5)\}$ y $B_r = \{MSU(a_1,b_1); MSU(a_2,b_2)\}$ significa que en la cola de transmisión hay tres MSU (con FSN = a_3 y FIB = b_3 el primero, FSN = a_4 y FIB = b_4 el segundo, y FSN = a_5 y FIB = b_5 el tercero) y en la de retransmisión hay dos (con FSN = a_1 y FIB = b_1 el primero, y FSN = a_2 y FIB = b_2 el segundo).

La figura 11 muestra un esquema temporal de un punto de señalización.

Figura 11. Ejemplo de transmisiones y retransmisiones de MSU desde el punto de vista del transmisor



Inicialmente consideramos que la cola de transmisiones es:

$$B_t = \{MSU(125,-); MSU(126,-); MSU(127,-); MSU(0,-); MSU(1,-); MSU(2,-)\}$$

$$B_r = \{\}$$

El procedimiento es el siguiente:

- Supongamos que todas las MSU transmitidas antes de t_1 han sido notificadas positivamente y que su FIB era 1. Así, en el instante t_1 del SP transmite la primera MSU con FIB = 1. En el instante t_2 se transmite la segunda MSU. Estado de las colas:

$$B_t = \{MSU(127,-); MSU(0,-); MSU(1,-); MSU(2,-)\}$$

$$B_r = \{MSU(125,1); MSU(126,1)\}$$

- En t_3 se recibe una unidad de señalización (puede ser una MSU, LSSU o FISU) con BSN = 125 y BIB = 1. Como el BSN recibido es 125 y el BIB es igual al FIB de la última MSU notificada positivamente, podemos considerar que el MSU(125,1) ha sido recibida correctamente y podemos eliminarla de la cola de retransmisión. Estado de las colas:

$$B_t = \{MSU(127,-); MSU(0,-); MSU(1,-); MSU(2,-)\}$$

$$B_r = \{MSU(126,1)\}$$

- En los instantes t_4 y t_5 se transmiten, respectivamente, las MSU con números de secuencia 127 y 0. Ambas MSU son transmitidas con BIB igual a 1 porque no se ha recibido ninguna notificación negativa. Estado de las colas:

$$B_t = \{MSU(1,-); MSU(2,-)\}$$

$$B_r = \{MSU(126,1); MSU(127,1); MSU(0,1)\}$$

- Nuevamente se recibe una SU en t_6 con una notificación positiva con BSN = 0. Por tanto, queda confirmada la recepción correcta de todas las MSU hasta el MSU que tiene FSN = 0. Estado de las colas:

$$B_t = \{MSU(1,-); MSU(2,-)\}$$

$$B_r = \{\}$$

- Se siguen transmitiendo todas las MSU de la cola B_t . Estado de las colas:

$$B_t = \{\}$$

$$B_r = \{MSU(1,1); MSU(2,1)\}$$

- En el instante t_9 se recibe una notificación negativa, ya que BIB = 0, que es diferente del FIB que había estado utilizando el transmisor hasta el momento. El BSN de la notificación, además, indica el FSN de la última MSU recibida correctamente, por lo tanto es necesario que el transmisor retransmita las MSU que contiene en B_r y, en caso de que quedaran MSU en B_t , serían transmitidas después de las MSU de B_r . Por este motivo se vuelven a transmitir las MSU con FSN igual a 1 y 2, pero con el FIB = 0. Estado de las colas:

$$B_t = \{\}$$

$$B_r = \{MSU(1,0); MSU(2,0)\}$$

- Finalmente, en el instante t_{12} , se recibe una SU con un BSN = 2 y un BIB = 0. Como el BIB es igual al FIB que se está empleando en la transmisión, se trata de una notificación positiva de todas las MSU con un FSN inferior o igual a 2. Estado de las colas:

$$B_t = \{\}$$

$$B_r = \{\}$$

Este ejemplo ha servido para ver cómo actúa el transmisor. A continuación se muestra cómo actúa el receptor. El receptor tiene el objetivo de recibir las MSU provenientes de un receptor de manera que el FSN de las MSU recibidas esté

en orden. En principio, la llegada desordenada de MSU es debida a la pérdida, como consecuencia de errores de transmisión, de algunas de las MSU.

El receptor, al recibir una unidad de señalización cualquiera, realiza un proceso de triple comprobación:

- El campo CK. Gracias a la utilización del código corrector de errores CRC de 16 bits, el receptor descarta todas aquellas unidades de señalización con algún error.
- Tipo de SU. Si la unidad de señalización supera la primera comprobación, el receptor determina qué tipo de SU es (MSU, LSSU o FISU). Esta determinación se realiza a partir del campo LI presente en los tres tipos de SU. Solo las MSU requieren retransmisión en caso de error.
- Orden de la MSU recibida. En caso de superar la primera comprobación y de determinar que se trata de una MSU, es necesario que esté en orden. Por este motivo, es necesario que el FSN recibido sea igual al anterior que se ha recibido más 1 (en módulo 128). Si esta condición se cumple, la MSU es aceptada.

El receptor realiza la notificación, positiva o negativa, solo de las MSU. En el caso de notificación positiva, se pueden notificar diversas MSU mediante la transmisión de una SU con un BSN igual al FSN de la última MSU que se quiere notificar, y un BIB igual al FIB de la MSU que se desea notificar. En cambio, la notificación negativa se realiza transmitiendo una SU con un BSN igual al FSN de la última MSU recibida correctamente y cambiando el valor del BIB (si el FIB de la MSU era 0 ahora el BIB de notificación será 1, y viceversa).

Ejemplo

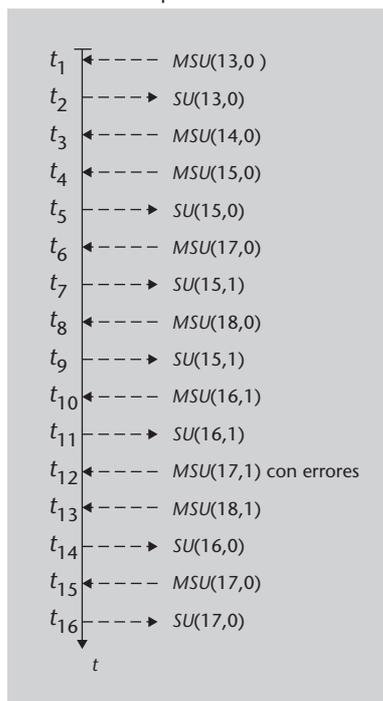
La notación que se utiliza en este ejemplo es la misma que hemos utilizado en el ejemplo anterior. En este caso, sin embargo, en recepción el parámetro importante es la última MSU que ha sido recibida correctamente, que denotaremos con MSU_c . La figura 12 muestra el esquema temporal del ejemplo.

El procedimiento es el siguiente:

- Supongamos que la última MSU recibida correctamente por el receptor es $MSU_c = MSU(12,0)$. También supongamos que el transmisor solo transmite MSU (no transmite ni LSSU ni FISU). En t_1 el receptor recibe una MSU con FSN = 13. Este valor pone de manifiesto que no ha habido ninguna MSU perdida desde la última MSU recibida y, por este motivo, en t_2 se transmite una confirmación o notificación positiva. Para hacerlo, el BSN y el BIB de la SU transmitida deben ser iguales a la FSN y al FIB recibidos. En ese instante, $MSU_c = MSU(13,0)$.
- En los instantes t_3 y t_4 se reciben las MSU con números de secuencia FSN igual a 14 y 15, respectivamente. Se reciben sin errores y, además, en orden. Por tanto, el receptor las notifica positivamente mediante una SU con el BSN igual al FSN de la última MSU aceptada (de esta manera se notifican también las anteriores) y el mismo BIB en el instante t_5 . En ese instante, $MSU_c = MSU(15,0)$.
- En t_6 el receptor recibe una MSU con FSN = 17. Es evidente que se ha perdido el MSU con FSN = 16. Para notificar esta pérdida al transmisor, el receptor envía en el

- instante t_7 una SU con el BSN de la última MSU correcta (en este caso sería 15) y con el BIB cambiado (como hasta ahora el FIB recibido era 0, el BIB en esta ocasión será 1). En ese instante, $MSU_c = MSU(15,0)$.
- En t_8 el receptor recibe otra MSU con FSN = 18. De acuerdo con ello, se puede interpretar que la notificación negativa enviada en t_7 no ha llegado correctamente al transmisor. Se vuelve, pues, a transmitir en el instante t_9 del SU de notificación negativa con un BSN igual al FSN de la MSU_c . En ese instante, $MSU_c = MSU(15,0)$.
 - Seguidamente se recibe la $MSU(16,1)$. Esta recepción denota que la notificación negativa ha llegado al transmisor por dos motivos: se ha recibido la MSU que se esperaba (con FSN = 16), y el FIB ha cambiado. En ese instante, $MSU_c = MSU(16,1)$.
 - En el instante t_{12} llega al receptor una MSU con errores, y por lo tanto es descartada. Se ha descartado antes de saber qué tipo de SU es, por tanto, no se notifica negativamente. En ese instante, $MSU_c = MSU(16,1)$.
 - Llega, en el instante t_{13} , una MSU con FSN = 18. Como el último que se había recibido correctamente tenía un FSN = 16, en el instante t_{14} se envía la notificación negativa con el BSN igual al FSN de la última MSU recibida correctamente y el BIB diferente del FIB que utiliza el transmisor. En ese instante, $MSU_c = MSU(16,1)$.
 - Finalmente, en t_{15} llega la MSU que se esperaba y se confirma en t_{16} . En ese instante, $MSU_c = MSU(17,0)$.

Figura 12. Ejemplo de transmisiones y retransmisiones de MSU desde el punto de vista del receptor



Es importante notar que la notificación negativa o positiva no depende del valor concreto de BIB o FIB, sino de su diferencia. Este ejemplo se ha realizado suponiendo que el transmisor solo transmite MSU. En el caso de transmitir LSSU o FISU el funcionamiento sería igual pero con la siguiente salvedad: el FSN de las LSSU y FISU es igual al de la última MSU, ya que no deben ser retransmitidas.

Retransmisión cíclica preventiva

El objetivo de la retransmisión cíclica preventiva (a partir de ahora también denotada con PCR, *Preventive Cyclic Retransmission*) es conseguir reducir el

tiempo necesario para la retransmisión de las MSU erróneas. Esta necesidad se hace más evidente en los enlaces que introducen retardos de propagación elevados, y es por este motivo que la PCR se aplica solo en este tipo de enlaces.

Supongamos una MSU transmitida a través de un enlace y que tarda un tiempo τ en llegar al SP de recepción. Si esta MSU sufre errores y debe ser retransmitida, el tiempo mínimo que habrá transcurrido entre su transmisión y su correcta recepción será de 3τ (la suma del tiempo de propagación de la MSU errónea, más el tiempo de propagación de la notificación negativa, más el tiempo de propagación de la MSU sin errores). Por tanto, la PCR es un mecanismo que reduce este tiempo a pesar de que pueda incurrir en una disminución de la eficiencia (transmisión innecesaria de algunas unidades de señalización).

Uno de los hechos más destacables de la PCR es que no se utilizan los campos FIB y BIB (ambos iguales a 1), ya que las confirmaciones de recepción siempre son positivas, al contrario de lo que sucede en la BEC.

Habitualmente, la utilización de un enlace de señalización es relativamente baja. Mientras un punto de señalización no tiene MSU o LSSU para transmitir, envía FISU para tener el canal ocupado y, además, controlar su estado. Estos periodos en los que no hay MSU o LSSU para ser enviados se convierten, al mismo tiempo, en una oportunidad para reducir el retardo de transmisión. Así, el mecanismo PCR hace que siempre que no haya MSU o LSSU para transmitir en la cola de transmisión (B_t), se transmitan cíclicamente las MSU de la cola de retransmisión (B_r)*.

* Recordad que en la cola de retransmisiones hay almacenadas las MSU que no han sido confirmadas por el receptor.

El procedimiento consiste en lo siguiente:

- El punto de señalización transmisor va transmitiendo las MSU a medida que van llegando a la cola de transmisión (B_t). Una vez transmitidas, las MSU se van almacenando en la cola de retransmisión (B_r). De la misma manera que sucedía en la BEC, una MSU contiene un campo FSN igual al FSN de la última MSU transmitida más 1 (módulo 128).
- Cuando el transmisor recibe una unidad de señalización con un campo BSN igual al FSN de alguna de las MSU contenidas en la cola de retransmisión, se consideran notificadas positivamente todas las MSU con un FSN igual o anterior al BSN recibido.
- Cuando no hay MSU o LSSU para ser transmitidas en la cola de transmisión, el transmisor comienza a retransmitir cíclicamente las MSU de la cola de retransmisión. Adoptando esta decisión, el transmisor actúa proactivamente y preventivamente ante la posible pérdida de alguna de las MSU. El receptor, al recibir las MSU retransmitidas, las descarta si ya habían sido recibidas correctamente.

- En determinadas situaciones, el enlace de señalización puede estar congestionado y, por tanto, que no se realice la retransmisión preventiva. En este caso, se activan los ciclos de retransmisión forzada, que suponen la retransmisión de las MSU no notificadas positivamente (las MSU contenidas en B_r) a pesar de la existencia de MSU y LSSU para transmitir. Estas retransmisiones forzadas ocurren cuando se cumple una de las siguientes condiciones:
 - El número de MSU en la cola de retransmisión es superior a un determinado umbral, denotado con N_1 .
 - El número de bytes en la cola de retransmisión es superior a un determinado umbral, denotado con N_2 .

3.2.3. Otras funciones de la capa de enlace

La capa de enlace, además de corregir los errores de transmisión con la corrección básica de errores o la retransmisión cíclica preventiva, también desarrolla funciones de monitorización del estado del enlace. Si bien es cierto que reside en la capa 3 la responsabilidad de gestionar el enlace de señalización, hay determinados aspectos que o bien son gestionados directamente en la capa 2 o bien son asistidos por la capa 2. En este subapartado los presentamos.

Hasta ahora hay determinados aspectos que no han sido tratados en profundidad: por un lado el campo *Status Field* (SF) presente en el LSSU, y por otra parte la función específica de las unidades de señalización diferentes de la MSU. En este apartado expondremos sus funciones.

Tal como se ha introducido en subapartados anteriores, tanto el control del estado del enlace como de la situación de la capa MTP3 al otro extremo del enlace se realiza mediante las unidades de señalización LSSU, y más concretamente los tres bits menos significativos del campo SF, conocidos por la sigla LSI. Podéis encontrar los posibles valores en la tabla 2 que aparece en el subapartado 3.2.1, en la descripción de los campos que componen la LSSU. Ya se ha destacado que el enlace de señalización se utiliza continuamente. Así, cuando no hay LSSU o MSU para ser transmitidas, se transmiten FISU. Ahora bien, el enlace se encuentra en condiciones para ser utilizado solo después de que los dos controladores del enlace de la capa MTP2 estén alineados. Esta alineación, como ya es sabido, es un requisito necesario para que se pueda determinar (en recepción) dónde empieza y dónde termina una SU, y se logra gracias a la correcta detección de los *flags* de las SU recibidas.

Por tanto, cualquier controlador del enlace, al iniciar el funcionamiento (al ser conectado), tiene un primer objetivo: alinearse con el controlador del otro extremo del enlace. Para llevar a cabo este propósito, el punto de señalización comienza a transmitir LSSU con los bits LSI igual a 000, es decir, informando de un estado SIO (*out of alignment*), para informar que aún no está preparado

para poder recibir MSU. En el momento en que se alcanza la alineación, se empiezan a transmitir LSSU con un LSI = SIN (*normal alignment*) para indicarlo. Es importante destacar que ambos extremos harán el proceso simultáneamente, pero no necesariamente acabarán en el mismo momento. Así, puede darse el caso de que solo uno de los extremos haya conseguido la alineación. En esta situación, el controlador alineado transmitirá con LSI = SIN y el otro lo hará con LSI = SIO. Solo se considerará que el enlace está listo para ser utilizado de manera normal cuando ambos informen con LSI = SIN. Será en este momento en el que cualquiera de los dos extremos podrá enviar MSU. En el caso de no tener MSU para ser transmitidas, se transmitirán FISU.

La operación del enlace, una vez alcanzada la alineación, puede verse alterada principalmente por tres factores: problemas en el enlace, congestión del enlace, o problemas en el receptor/transmisor (o, dicho de otra manera, en la capa MTP3*).

Empezando por la primera de las situaciones, **los problemas o el fallo del enlace** (conocido en inglés como *link failure*) se deben a un excesivo número de errores o a un excesivo retardo en la confirmación de recepción de las MSU. Así, si no se reciben confirmaciones de recepción de nuevos paquetes en un tiempo máximo, el transmisor interpreta que el enlace no funciona correctamente y, por tanto, informa al nivel MTP3 del fallo (*link failure*). Esta situación también puede suceder si, a pesar de seguir recibiendo confirmaciones, se detectan demasiados errores. Para la capa MTP2, un excesivo número de errores equivale a recibir 64 SU consecutivas con errores, recibir un número de SU erróneas superior a una de cada 256, o recibir una SU con una estructura inesperada (aspecto relacionado con los *flags* utilizados en la alineación).

La **congestión del enlace** es entendida como la incapacidad de poder transmitir con suficiente celeridad las MSU generadas. Así, el estándar SS7 considera que el enlace está saturado cuando las colas que contienen las MSU para ser transmitidas o retransmitidas superan un determinado tamaño. En este caso, la gestión de estas situaciones no radica en la MTP2, sino en la MTP3. Es por ello, sin embargo, que la MTP2 debe informar a la MTP3 de la congestión.

En cuanto a la segunda de las situaciones mencionadas, **los problemas en el nivel MTP3**, se trata de la situación en la cual por los motivos que sean el nivel MTP3 puede funcionar de manera anormal. Cuando sucede esto, las SU recibidas y almacenadas en las colas del nivel MTP2 no son procesadas y pueden saturar las colas del receptor. Así, el nodo que sufre esta saturación envía las SU con un LSI igual a SIB (*busy*) para informar al otro extremo de la imposibilidad de recibir nuevas MSU. A pesar de no poder recibir, sí puede continuar transmitiendo. Es importante destacar que, en el otro extremo, cuando se empiezan a recibir SU con LSI igual a SIB, se entiende que el receptor extremo no está disponible. Si esta situación se prolonga, se informa al nivel MTP3 que el enlace ha fallado (*link failure*). También en esta línea, si el MTP3 decide suspender su funcionamiento de una manera temporal, la capa MTP2 informa al otro extremo mediante el envío de LSI iguales a SIPO (*processor outage*). Esta situación es reversible, y en cualquier momento se finaliza dejando de enviar

* Hay que tener en cuenta que siempre nos referimos a la capa o nivel MTP2; por tanto, el usuario que hace uso de las funcionalidades de la MTP2 (transmisor/receptor) es el nivel MTP3, que puede ser considerado un usuario MTP2.

Temporizadores

El SS7 hace uso de varios temporizadores. En este subapartado se ha mencionado alguno pero no se ha dado ni el nombre ni los valores típicos. Si se quiere profundizar en estos aspectos, se puede consultar la Recomendación Q.703 de la UIT-T.

SIPO. De todos modos, si la situación se prolonga por encima de un determinado umbral, entonces el controlador de enlace que recibe los SIPO informa a su MTP3 de que el enlace ha fallado (*link failure*).

3.3. MTP3

El nivel tres del MTP desarrolla funciones esenciales para la red SS7, como por ejemplo el direccionamiento de los paquetes generados por los usuarios del nivel o capa 4. Tal como se ha estudiado hasta ahora, las dos capas más bajas de la estructura SS7 permiten transmitir y recibir unidades de señalización entre dos puntos de señalización de manera ordenada*, además de detectar problemas de congestión o de fallo de los enlaces.

* Recordemos que los mecanismos de corrección de errores tienen entre sus funciones entregar las SU de manera ordenada.

Por tanto, y gracias en parte a las funcionalidades soportadas por las capas inferiores, el nivel MTP3 desarrolla la función de direccionar el tráfico de señalización entre dos puntos de señalización y, en caso de congestión o fallo de enlaces, redireccionarlo si es necesario.

Obviamente para llevar a cabo el direccionamiento del tráfico entre puntos de señalización se requiere que cada uno de estos puntos tenga una dirección. Estas direcciones reciben el nombre inglés de *Point Code* y son explicadas en el siguiente subapartado.

3.3.1. Los códigos de punto (*Point Codes*)

Los códigos de punto pueden ser nacionales (*National Signalling Point Code*, NSPC) o internacionales (*International Signalling Point Code*, ISPC). Los nacionales son aquellos que se utilizan para identificar los puntos de señalización dentro de una red nacional, mientras que los puntos internacionales se utilizan para los puntos de señalización de redes internacionales. Es importante darse cuenta de que los puntos de señalización que enlazan una red nacional y una red internacional tendrán dos códigos: el nacional y el internacional. Asimismo, hay que saber que el estándar de la ITU-T y el estándar del ANSI son ligeramente diferentes.

Los códigos internacionales están formados por tres campos que en total tienen una longitud de 14 bits. Los tres campos son el campo de zona geográfica (3 bits), el campo de red de telecomunicaciones nacional (8 bits) y, finalmente, el campo que identifica un ISC o *International Switching Center*, que es el punto de señalización internacional concreto (3 bits).

En cuanto a la zona geográfica, la ITU-T ha definido 6 áreas numeradas del 2 al 7. Así, Europa es la zona 2, América del Norte 3, el Oriente Medio y gran parte de Asia la zona 4, Australia y el sudeste asiático la 5, África la zona 6,

y América Latina la zona 7. Dentro de cada zona geográfica se utilizan 8 bits para designar un área concreta y/o una red nacional.

El campo de zona geográfica y el de área/red, juntos, son el llamado *Signalling Area/Network Code* (SANC), cuya asignación es responsabilidad de la Telecommunication Standardization Bureau (TSB), oficina que pertenece a la ITU-T. Las asignaciones vigentes pueden ser consultadas en el Complemento a la Recomendación Q.708. Por ejemplo, y según la Recomendación Q.708, Austria tiene asignados los SANC 2-025, 2-026, 2-033, 2-064, 2-065, 2-066 y 2-067, donde el 2 inicial denota zona geográfica (Europa). En cambio, un país como México tiene asignados los SANC 3-068, 3-069, 3-070, 3-071, 3-072, 3-073, 3-074, 3-075, 3-172, 3-173, 3-174, 3-175 y 3-176, donde el 3 inicial denota la zona de América del Norte.

Finalmente, el último de los campos designa, con una longitud de 3 bits y para un SANC determinado, el punto de señalización. De acuerdo con la nomenclatura usada hasta ahora, el código de punto se expresa habitualmente como Z-U-V, donde Z es la zona y toma valores entre 2 y 7, U es el código de área/red, y V es el código del punto de señalización concreto.

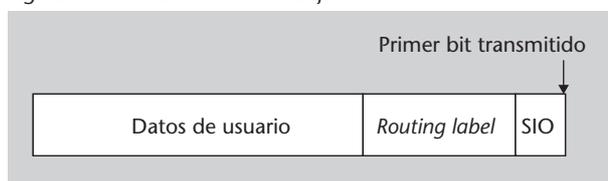
En cuanto a los códigos de punto nacionales, el regulador nacional de cada país es el encargado de decidir la estructura. Sin embargo, la mayoría de países que siguen el estándar de la ITU-T utilizan un NSPC de longitud igual a 14 bits, mientras que en los países que cumplen el estándar del ANSI la longitud es de 24 bits (3 campos de 8 bits cada uno).

3.3.2. Funciones del MTP3

Las funciones principales de esta capa pueden ser resumidas en dos: por un lado aquellas funciones que permiten la transmisión y la recepción de los mensajes de señalización procedentes o destinados a la capa 4 (conocidas habitualmente como funciones *Signalling Message Handling*, SMH), y por otra parte, las funciones que permiten gestionar situaciones de congestión o fallo del enlace (*Signalling Network Management*, SNM).

Las funciones SMH gestionan mensajes con tres campos fundamentales: la información del servicio (*Service Information Octet*, SIO), el *routing label*, y los datos provenientes o destinados al usuario del nivel 4 (tal como muestra la figura 13), que puede ser la TUP, la ISUP o la SCCP.

Figura 13. Formato de los mensajes MTP3



En cuanto a los datos de usuario (el último de los campos de los mensajes MTP3), el nivel MTP3 ni los modifica ni los procesa y, por tanto, son entregados a la capa 4 de manera transparente.

El campo SIO tiene una longitud de 8 bits y se puede descomponer, a la vez, en dos campos de 4 bits cada uno: el *service indicator* (SI) y el *subservice field* (SSF). Estos dos campos sirven para determinar qué tipo de usuario es generado (y por tanto, a qué tipo de usuario va destinado) el mensaje y si se trata de un mensaje de una red nacional o de una red internacional. En concreto, las posibilidades para el SI son las que muestran la tabla 3. Fijémonos en que se recogen los diferentes usuarios de la capa 4 y, además, mensajes que no han sido generados por la capa 4 sino por las funciones que describiremos más adelante, las SNM (*Signalling Network Management*).

Tabla 3. Principales valores del campo *Service indicator* (SI)

Valores	Usuario
0000	Generado por las funciones SNM
0100	TUP (apartado 4)
0101	ISUP (apartado 5)
0011	SCCP (apartado 6)

En cuanto al campo SSF, el valor 0000 indica que la red es internacional y el valor 0010 indica que la red es nacional.

El *Routing Label* es el campo que permite al MTP3 determinar el punto de señalización de destino y, en caso de ser necesario, cómo se ha de direccionar. Consta de tres campos: el código de punto de destino (*Destination Code Point*, DPC), el código de punto de origen (*Originating Code Point*, OPC), y el selector de enlace (*Signalling Link Selector*, SLS). Los dos primeros campos (los código de punto de origen y de destino) tienen objetivos evidentes en el direccionamiento de los mensajes. De todos modos, hay que tener en cuenta que la longitud de estos campos difiere entre el estándar de la ITU-T y el del ANSI. Tal como hemos observado en el subapartado 3.3.1, los códigos de punto del estándar americano tienen una longitud de 24 bits, mientras que en el estándar de la ITU-T tienen una longitud de 14 bits. En cuanto al campo SLS, a continuación se explicará mediante qué mecanismo se consigue que el tráfico que fluye a través de un punto de señalización se distribuya entre los diversos enlaces que salen. Gracias a este mecanismo, la carga de los enlaces de la red SS7 se distribuye de una manera relativamente uniforme entre los diferentes enlaces. La longitud de este campo también varía entre el estándar ITU-T, que es de 4 bits, y el estándar ANSI, que es de 8 bits (en las primeras versiones del estándar era de 5 bits).

Code points

Los códigos de punto de origen y de destino, OPC y DPC, tienen una longitud de 14 bits en el estándar de la ITU-T y de 24 bits en el estándar ANSI.

Las funciones *Signalling Message Handling* (SMH) tienen 3 objetivos:

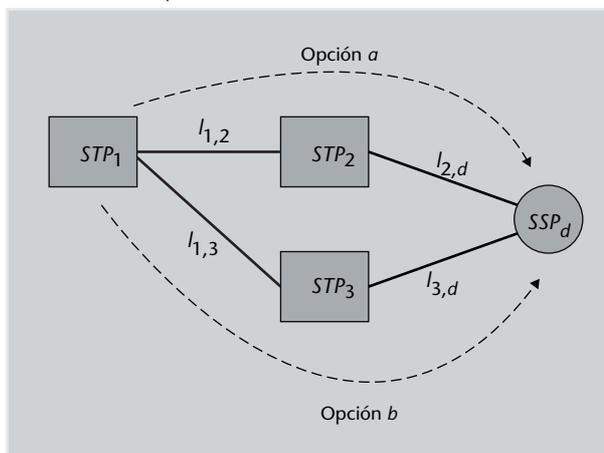
- Discriminar los mensajes recibidos.
- Direccionar los mensajes MTP3.
- Distribuir el tráfico que llega a un punto de señalización.

La **discriminación** de los mensajes recibidos determina si un mensaje entrante está dirigido al punto de señalización que lo ha recibido o no. Esta función analiza el campo DPC, y si coincide con el código de punto del punto de señalización, el mensaje es transferido hacia el nivel 4, y concretamente hacia el usuario que indique el campo SI (**distribución**). Si no coincide, el mensaje puede ser descartado o **direccionado**:

- **El mensaje es descartado.** El punto de señalización que recibe el mensaje es un punto final.
- **El mensaje es direccionado.** El punto de señalización que recibe el mensaje es un punto de transferencia (STP) o tiene capacidad para transferir.

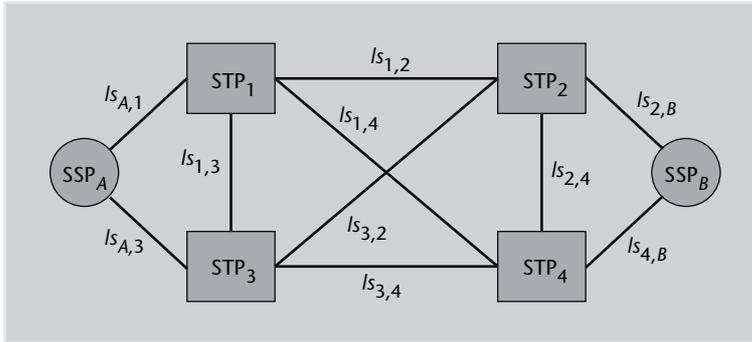
Los puntos de señalización, tanto los que generan los mensajes (SSP) como los que se transfieren a través de la red (STP), tienen el objetivo de distribuir la carga o tránsito entre los diferentes enlaces (llamado *load-sharing*). Es decir, si suponemos un punto de señalización STP_1 como el de la figura 14, el mensaje recibido puede ser redirigido tanto hacia el *linkset* $l_{1,2}$ como hacia $l_{1,3}$. Fijémosnos en que, pese a que el punto de señalización de destino es SSP_d , el mensaje puede llegar a través del STP_2 (opción *a*) o del STP_3 (opción *b*). Mediante el campo SLS se hace que una parte de los mensajes se encamine a través del STP_2 y otra parte a través de la STP_3 .

Figura 14. Posibilidades para repartir la carga entre los enlaces mediante el campo SLS



Este reparto de la carga puede ser hecho entre diferentes *linksets* o diferentes enlaces. En el primer caso, la carga se reparte entre diferentes *linksets* (sería el caso de la figura 14), mientras que en el segundo caso, la carga se repartiría entre enlaces de un mismo *linkset*. Imaginemos la red de la figura 15 y supongamos que el SSP_A transmite mensajes hacia el SSP_B .

Figura 15. Ejemplo de distribución de carga



La manera de distribuir la carga sería la siguiente:

- Para cada nuevo mensaje, el campo SLS se incrementa en una unidad (en módulo 16*).
- Cada uno de los bits del campo SLS determina la selección de un enlace. Así, el primer bit determina si el mensaje se encamina hacia STP_1 o STP_2 , el segundo bit determina el enlace que se utilizará para el segundo enlace del camino, etc.

* Hay que recordar que el campo SLS, en el estándar de la ITU-T, tiene una longitud de 4 bits. Es por este motivo que puede tomar valores entre el 0 y el 15.

Supongamos que, para esta red de la figura 15, el SLS del primer mensaje MTP3 es 0000. El segundo mensaje tendrá un SLS 0001, el tercero 0010 y el cuarto 0011. El camino que tomará cada mensaje se explica a continuación:

- **Primer mensaje.** Como el primer bit del SLS es igual a 0 (0000), el punto de señalización SSP_A direcciona el tráfico a través del enlace $ls_{A,1}$. En cuanto al segundo salto, el STP_1 selecciona el enlace principal porque el segundo bit es igual a 0 (0000) y, por tanto, direcciona el mensaje a través del enlace $ls_{1,2}$. Finalmente, el tercer salto es aquel que llega directamente al SSP_B , el enlace $ls_{2,B}$.
- **Segundo mensaje.** En este caso el primer bit es 1 (0001), por tanto el mensaje es direccionado hacia el STP_3 a través del enlace $ls_{A,3}$. Dado que el segundo bit es igual a 0 (0001), en el segundo salto el mensaje es direccionado desde el STP_3 hacia el STP_4 a través del enlace $ls_{3,4}$. El último salto es hacia el punto de señalización de destino mediante el enlace $ls_{4,B}$.
- **Tercer mensaje.** Como en el caso del primer mensaje, el primer bit del SLS es un 0 (0010) y por tanto inicialmente es encaminado por el enlace $ls_{A,1}$. El segundo bit es igual a 1 (0010) y el STP_1 encamina el mensaje hacia el punto STP_4 a través del enlace $ls_{1,4}$.
- **Cuarto mensaje.** Por los mismos motivos explicados, el cuarto mensaje es direccionado hasta el SSP_B por el camino $\{ls_{A,3}, ls_{3,2}, ls_{2,B}\}$.

Fijaos que en este ejemplo la carga ha sido distribuida de manera equitativa entre los diversos caminos posibles.

Aunque el objetivo de repartir la carga se debe, principalmente, al intento de reducir la probabilidad de congestión de un enlace en concreto –y que, gracias a la utilización de todos los enlaces, es posible detectar los fallos de los enlaces de manera más rápida–, todos los mensajes que pertenecen a una misma llamada tienen el mismo valor de SLS y, en consecuencia, el mismo direccionamiento. El motivo que subyace tras este hecho es el de asegurar que los mensajes de una misma llamada lleguen de manera secuencial y ordenada.

Tal como se ha descrito anteriormente, aparte de las funciones SMH, el MTP3 describe e implementa las funciones del *Signalling Network Management* (SNM). Las tres funciones enmarcadas dentro de las funciones SNM son las siguientes:

- La gestión del enlace
- La gestión del tráfico
- La gestión del direccionamiento

Nota

El nivel MTP2 asegura la recepción ordenada de las SU a través de un mismo enlace. Para mantener este orden en la capa MTP3 es necesario que los mensajes de una misma llamada sean direccionados por los mismos enlaces (el campo SLS igual).

La función de **gestión del enlace** es aquella que tiene el objetivo de activar y desactivar un enlace de señalización. Esta función es propia, principalmente, de la instalación de nuevos puntos de señalización o enlaces. Aunque se trata de una función importante, en este apartado centraremos el estudio sobre las funciones de **gestión del tráfico** y de **gestión del direccionamiento**.

Las funciones de **gestión del tráfico** podrían ser definidas como todas aquellas acciones que el MTP3 emprende para hacer que la información de los usuarios MTP (es decir TUP, ISUP o SCCP) sea transmitida desde un punto de señalización de origen hasta a un punto de señalización de destino. Estas acciones, en situaciones en que haya fallos de uno o varios enlaces entre origen y destino, conllevan la capacidad de redireccionar el tráfico a través de la red de señalización. Por su parte, en cambio, las funciones de **gestión del direccionamiento** son aquellas que permiten el intercambio de información relativa al direccionamiento entre varios puntos de señalización de la red. En pocas palabras, permiten que los diferentes puntos de señalización de la red SS7 informen de la disponibilidad de las rutas. Es importante darse cuenta de que el buen funcionamiento de los mecanismos establecidos para las funciones de gestión del direccionamiento permiten a las funciones de gestión del tráfico tener la información necesaria para un óptimo resultado.

En primer lugar hay que decir que los mensajes utilizados para estas funciones tienen la misma estructura que tenían los utilizados por las funciones SMH

(podéis encontrarla en la figura 13). Ahora bien, algunos de los tres campos de estos mensajes (el SIO, el *Routing label* y los datos de usuarios) presentan subcampos diferentes.

El SIO (*Service Information Octet*), el primer campo del mensaje que está compuesto por el SI y el SF, se caracteriza por presentar un SI = 0000. Recordad que el SI indicaba el servicio que genera el mensaje y, tal como se ve en la tabla 3, el valor 0000 se asigna a las funciones SNM. El siguiente campo, el *Routing Label*, mantiene el código de punto para el punto de señalización de origen (OPC) y de destino (DPC), pero sustituye al SLS (*Signalling Link Selector*, empleado en el reparto de la carga para las funciones SMH), por el SLC (*Signalling Link Code*). Es decir, que el SIO está formado por el DPC, el OPC y el SLC.

Los mensajes generados por las funciones SNM hacen referencia a situaciones relacionadas con puntos de señalización concretos o con los enlaces que los unen. Es por este motivo que aparece el subcampo SLC. En general, el enlace sobre el que se informa mediante este mensaje se identifica con los tres subcampos: DPC, OPC y SLC. Aún así, también es posible que la información contenida no haga referencia a ningún enlace. En este caso, el valor del SLC será 0.

El campo que más cambios presenta respecto de los mensajes de las funciones SMH es el de datos de usuario. Este campo se divide en tres subcampos: en primer lugar dos cabeceras que reciben la denominación de H0 y H1 y, seguidamente, los parámetros. Las cabeceras H0 y H1, de la misma longitud (4 bits cada una), determinan la familia de mensajes (H0) y el tipo de mensaje dentro de la familia (H1). Como no explicaremos todos los procedimientos en detalle, sino los más relevantes, a medida que se vayan describiendo procedimientos se irán introduciendo los valores de H0, H1 y el subcampo de parámetros. De todos modos, como la descripción del campo H0 permite tener una visión general de las funciones que se realizan, en la siguiente tabla presentamos brevemente las familias de mensajes.

Tabla 4. Familia de mensajes de las funciones SNM a partir del valor de H0

Valor de H0	Denominación
0001	Cambio (<i>changeover</i> , CHM)
0010	Cambio de emergencia (<i>emergency changeover</i> , ECM)
0011	Control de flujo (<i>flow control</i> , FCM)
0100	Transferencia (<i>transfer</i> , TFM)
0101	Test del conjunto de direccionamientos (<i>routeset test</i> , RSM)
0110	Inhibición de la gestión (<i>management inhibiting</i> , MIM)
0111	Tráfico (<i>traffic</i> , TRM)
1000	Enlace de datos (<i>data link</i> , DLM)
1010	Control de flujo de la parte del usuario (<i>user parte flow control</i> , UFC)

Mensajes MTP3

Los mensajes utilizados por las funciones SMH y las funciones SNM tienen la misma estructura. Aún así, dentro de los campos del *routing label* y de los datos de usuario, hay diferencias en función de si el mensaje proviene del nivel 4 (funciones SMH) o son generados en el nivel 3 (funciones SNM).

En cuanto a los tipos de mensajes estandarizados para cada familia, la tabla 5 (extraída de la Recomendación Q.704) muestra las posibilidades. En este mó-

dulo solo explicaremos el significado de los valores más importantes de H0 y H1 a medida que describamos el funcionamiento. Para una descripción exhaustiva de cada uno de los valores, es posible dirigirse a la Recomendación correspondiente.

Tabla 5. Familia de mensajes de las funciones SNM a partir del valor de H0

Grupo o familia	H0	H1							
		0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000
CHM	0001	COO	COA			CBD	CBA		
ECM	0010	ECO	ECA						
FCM	0011	RCT	TFC						
TFM	0100	TFP		TFR		TFA			
RSM	0101	RST	RSR						
MIM	0110	LIN	LUN	LIA	LUA	LID	LFU	LLT	LRT
TRM	0111	TRA							
DLM	1000	DLC	CSS	CNS	CNP				
UFC	1010	UPU							

Recomendación Q.704

En este módulo solo se explican aquellos mensajes y mecanismos más relevantes. Podéis acceder a los detalles en la Recomendación Q.704 de la ITU-T.

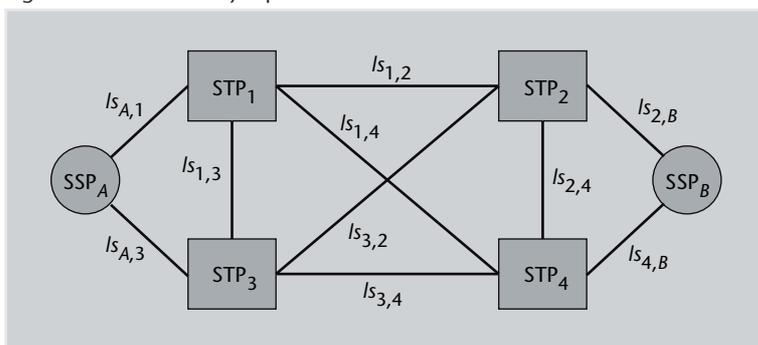
Fijaos en que la gestión del direccionamiento y del tráfico en el nivel 3 deben hacer frente a dos situaciones principales: el fallo de algún enlace o de algún *linkset*, y la congestión de algún punto de señalización. Así pues, a grandes rasgos, los mecanismos que describiremos a continuación deben ser capaces de saber cuál es la situación de los enlaces que componen el camino hasta un destino determinado (ya sea de fallo o de congestión), y actuar en consecuencia para superar las restricciones que supone cada una de las situaciones.

Las funciones SNM que permiten detectar o anunciar el fallo de uno o varios enlaces forman parte de la familia llamada de transferencia (en la tabla 4, para las que el valor de H0 utilizado en sus mensajes es igual a 0100). Tal como se puede observar en la tabla 5, hay tres posibles mensajes: el *Transfer Prohibited Signal* (TFP), el *Transfer Restricted Signal* (TFR) y el *Transfer Allowed Signal* (TFA). En cuanto a la congestión del enlace, los mensajes necesarios son del grupo FCM (con un H0 igual a 0011), y concretamente son el *Signalling Route Set Congestion Test Signal* (RTC) y el *Transfer Controlled Signal* (TFC). La figura 16 muestra la red tipo sobre la que explicaremos cada uno de los mecanismos y mensajes SNM.

Nota

En algunas variantes del estándar, como por ejemplo en el ANSI núm. 7, se permiten algunos mensajes más que no estudiaremos.

Figura 16. Red SS7 de ejemplo



Cada uno de los caminos de la figura 16 puede presentar uno de los siguientes estados: permitido, prohibido o restringido. Cuando los enlaces del camino

se encuentran disponibles para la transmisión, su estado es *permitido*. Cuando algunos de los enlaces que forman el camino, principalmente el enlace principal, no se encuentran disponibles, el estado del camino es *restringido*. Finalmente, cuando ninguno de los enlaces está disponible y, por tanto, hay un punto de señalización aislado que no permite direccionar el mensaje hacia el punto de señalización de destino, este camino toma el estado de *prohibido*.

Fijémonos en la figura 16. Imaginemos que el punto SSP_A se comunica con el punto SSP_B a través de los diferentes caminos disponibles, principalmente los caminos formados por los *linksets* $\{ls_{A,1}, ls_{1,2}, ls_{2,B}\}$ y por los *linksets* $\{ls_{A,3}, ls_{3,4}, ls_{4,B}\}$. Inicialmente ambos caminos tienen el estado de *permitido* (en inglés *allowed*). En el momento en que, por ejemplo, el *linkset* $ls_{1,2}$ sufre un fallo y deja de estar disponible, el punto de señalización STP_1 indicará en los puntos de señalización vecinos que $l_{1,2}$ ya no está disponible mediante un mensaje con un H1 igual a TFR. Hay que destacar que este mensaje informa a los puntos vecinos (aunque la información se propaga hasta los SSP que utilizan $l_{1,2}$ como parte de un camino entre el SSP_A y el SSP_B) que las posibilidades de la STP_1 para direccionar el tráfico han quedado restringidas (o reducidas). Si, más tarde, por el motivo que sea, fallan los *linksets* $l_{1,3}$ y $l_{1,4}$, el punto de señalización STP_1 queda aislado y no puede ser utilizado como un punto de transferencia entre el SSP_A y el SSP_B . Es necesario, pues, anunciar la situación, y el punto de señalización STP_1 lo hace mediante un mensaje con H1 igual a TFP hacia SSP_A . Estas situaciones de fallo de enlaces son reversibles. Es por este motivo que, una vez resueltos los problemas, el punto de señalización STP_1 lo comunica a todos los puntos de señalización con mensajes con H1 igual a TFA.

En cuanto a la congestión del enlace, hay que recordar que el nivel MTP2 ya preveía un control de congestión en los puntos de señalización finales (aquellos que no son STP). En el momento en el que se detecta congestión, el MTP3 informa a los usuarios MTP (TUP, ISUP o SCCP) de la necesidad de reducir la transmisión de unidades de señalización. La situación es diferente si la congestión ocurre en un STP. En este caso el STP que retransmite los mensajes por el enlace congestionado, por ejemplo el STP_1 , informa del estado del camino mediante un mensaje con H1 igual a TFC. De manera muy similar, los puntos de señalización pueden comprobar el estado de congestión de los enlaces mediante la transmisión/recepción de un mensaje con H1 igual a RCT. En todos los casos expuestos (tanto en caso de congestión como en caso de fallos, ya sea en estado restringido o prohibido) los mensajes de las funciones SNM contienen el código de punto del punto de señalización al que o bien no se puede llegar o bien hay que llegar a través de un camino diferente.

El objetivo de la MTP3 es conseguir asegurar la comunicación entre dos puntos de señalización finales sin pérdidas de mensajes y con una recepción ordenada de estos mensajes.

Los mecanismos explicados hasta ahora permiten que los puntos de señalización detecten el estado de los enlaces, pero es necesario que cada punto de señalización, ante estas situaciones, actúen para conseguir cumplir con el objetivo que acabamos de mencionar. Para este propósito es necesario que un punto de señalización que detecta el fallo de alguno o de todos los enlaces sea redireccionado sin que haya pérdidas. Pongamos nuevamente el ejemplo de la red de la figura 16. Si, tal como hemos señalado antes, falla $ls_{1,2}$, el punto de señalización STP_1 transmite un mensaje hacia el STP_2 con el H1 igual a COO (*Changeover Order*) para indicar la falta de disponibilidad del *linkset*. Este mensaje contiene dentro del campo de datos de usuario dos subcampos: el identificador del enlace afectado (SLC) y el FSN* de la última unidad de señalización recibida a través de $ls_{1,2}$. El primer subcampo tiene el objetivo de identificar el enlace que no puede ser utilizado para la comunicación. El segundo tiene el objetivo de evitar que se pierdan mensajes durante el cambio de enlace. Obviamente, el mensaje COO, como consecuencia del estado de $ls_{1,2}$, deberá ser transmitido a través de un camino diferente de $ls_{1,2}$ (como por ejemplo $ls_{1,4}$ y $ls_{2,4}$). El punto STP_2 , al recibir el COO, retransmite (con la ayuda del FSN y de acuerdo con los mecanismos explicados en el MTP2) los mensajes que se encuentran en la cola de retransmisión y en la cola de transmisión (por este orden) y que inicialmente debían ser transmitidos a través de $ls_{1,2}$. Luego, el STP_2 transmite un mensaje de confirmación del cambio con H1 igual a COA (*Changeover Acknowledgement*) con el mismo SLC y el FSN del último mensaje aceptado.

Si el punto de señalización no es capaz de determinar el FSN del último mensaje aceptado, el proceso de cambio es exactamente igual pero los mensajes que se transmiten tienen H1 igual a ECO (*Emergency Changeover*) y ECA (*Emergency Changeover Acknowledgement*). Como no es posible determinar qué mensajes han sido recibidos correctamente, se ignoran los mensajes contenidos en la cola de retransmisión y solo se transmiten los de la cola de transmisión.

Cuando las condiciones del enlace mejoran y vuelve a estar disponible, hay que reestablecer la situación anterior mediante el intercambio de los mensajes con H1 igual a CBD (*Changeback Declaration*) y CBA (*Changeback Acknowledgement*).

* Recordad que el FSN (*Forward Sequence Number*) es uno de los campos que utiliza el MTP2 para confirmar la recepción de los mensajes.

4. Telephone User Part (TUP)

El nivel 4 de la pila de protocolos del SS7 está formado por un conjunto de protocolos, como el *Telephone User Part* (TUP), el *ISDN User Part* (ISUP), el *Signalling Connection Control Part* (SCCP) y el *Transaction Capabilities Application Part* (TCAP). El orden en el que los presentamos en este módulo responde al orden cronológico en el que se planteó la necesidad de estos protocolos/partes. El primero de todos, como es lógico, es el TUP.

El TUP es el protocolo de nivel 4 que, en la red SS7, tiene el objetivo de gestionar la señalización de los circuitos de las redes de telefonía analógica. Su objetivo es **establecer, liberar y mantener los circuitos troncales de telefonía** tanto de llamadas nacionales como internacionales.

Tal como es sabido, la telefonía clásica (ya veremos más adelante que la telefonía IP ha cambiado algunos de estos paradigmas) se basa en la transmisión por conmutación de circuitos. Así, para poder llevar a cabo una comunicación de voz, en primer lugar hay que determinar el encaminamiento de la llamada y, posteriormente, establecer el circuito a través del cual circulará la información de voz. Es necesario, pues, configurar los diversos conmutadores involucrados.

Para entender mejor cuál es la función de este nivel de la pila de protocolos SS7 (no solo del TUP) es interesante observar la estructura de una Red Telefónica Conmutada (RTC), o en inglés *Public Service Telephone Network* (PSTN), y de la red SS7 a través de la cual circula la información de señalización correspondiente. Hay que recordar que uno de los grandes avances de la pila de protocolos SS7 es que la red de datos (en este caso de telefonía) y la red de señalización se separan definitivamente. Observamos, por ejemplo, la figura 17 donde se muestran las dos redes, separadas, de telefonía y de señalización. A pesar de tratarse de redes separadas hay que darse cuenta de que una y otra están íntimamente relacionadas. Gracias a la señalización que transporta la red SS7, los elementos de red de telefonía son preparados para establecer los circuitos de voz. Aunque en esta figura hemos representado las dos redes completamente separadas, su implementación física es un poco diferente, y algunos de los nodos de la RTC y de la red SS7 implementan en la misma localización (por ejemplo los SSP y la central local, o los STP y los conmutadores de la red troncal).

Hay otro aspecto de desarrollo que conviene remarcar. De la misma manera que algunos (o la mayoría) de los puntos de señalización de la red SS7 se encuentran localizados físicamente en el mismo lugar que los nodos de la red

Véase también

La señalización SS7 se desarrolla en la red troncal. La señalización en la red de acceso puede ser diversa en función del sistema, pero en cualquier caso se ha hecho una breve descripción en el módulo "Introducción a la señalización" de esta asignatura.

telefónica, a menudo las redes no son físicamente diferentes. Las redes troncales de telefonía suelen estar sobredimensionadas, es decir, su capacidad de transporte supera las necesidades reales del tráfico de la red. Es por este motivo, y por el elevado coste que supone el despliegue de una red paralela solo para la señalización, que es habitual que la red de señalización SS7 utilice la capacidad restante de los enlaces de la red de telefonía como enlaces de señalización. Por tanto, desde un punto de vista conceptual sí están separadas y su gestión es independiente, pero desde el punto de vista práctico de implementación comparten el medio físico de transmisión.

Figura 17. Esquema básico de la red telefónica y la red SS7

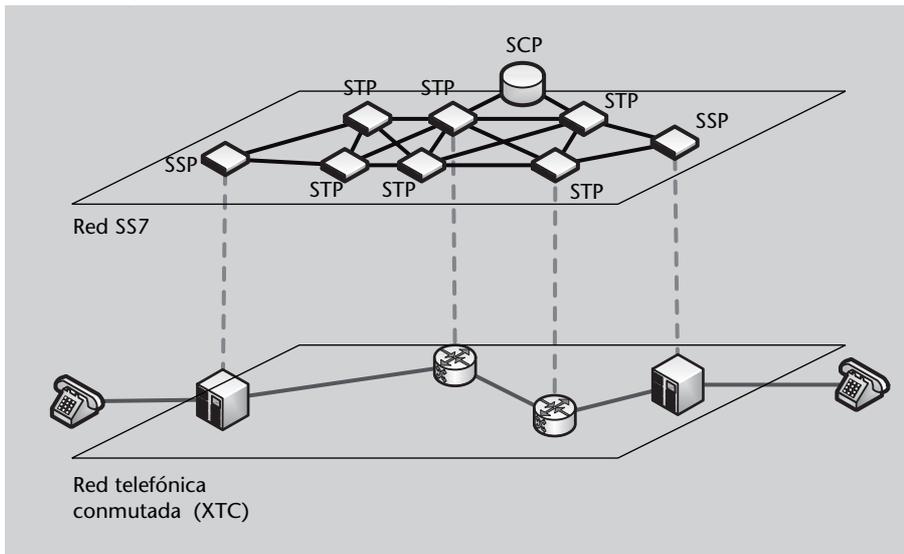


Figura 17

A pesar de la separación funcional de las dos redes, el despliegue real hace que a menudo compartan medio de transmisión.

4.1. Formato de los mensajes de TUP

Antes de explicar los procedimientos que define TUP, conviene exponer cuál es la estructura de los mensajes utilizados. Tal como se ha podido observar en el subapartado 3.3.2, en la figura 13, los mensajes TUP se caracterizan por tener un *Service Indicator* (SI) igual a 0100. En cuanto a los datos de usuario (el otro campo aparte del SIO y el *routing label*), se compone de 4 campos más: el *Circuit Identification Code* (CIC) de 8 bits, el H0 y el H1 de cuatro bits cada uno, y los parámetros del mensaje, como se muestra en la figura 18. El campo CIC es, como su nombre indica, un identificador del circuito. En concreto, este campo tiene una longitud de 8 bits, pero se considera que el identificador del circuito completo es la concatenación del CIC y del SLS que aparece en el *routing label* (los 4 últimos bits antes del campo de datos de usuario). De la misma manera que sucede con los mensajes utilizados por las funciones SNM, los campos H0 y H1 determinan la familia o grupo (H0) y el mensaje específico dentro del grupo (H1).

El campo que contiene los parámetros del mensaje TUP puede tener una estructura diversa dependiendo del tipo de mensaje TUP y, por tanto, de su función. A medida que se vayan introduciendo diferentes tipos de mensajes iremos explicando la estructura concreta y los campos más importantes.

Figura 18. Campo de datos de usuario para el usuario TUP



Todos los mecanismos de la TUP tienen unos objetivos de calidad que quedan establecidos en la Recomendación Q.725 en términos de error y de retardo máximo. Así, la TUP y los niveles inferiores deben garantizar un retardo máximo (teniendo en cuenta los tiempos de transmisión, colas, etc.), una probabilidad máxima de llamadas infructuosas como consecuencia de problemas de señalización (una probabilidad de 10^{-5} , o dicho de otro modo, una llamada infructuosa de cada 100.000 llamadas), y una indisponibilidad de rutas de señalización máxima permitida (no puede haber indisposición de rutas de señalización durante más de 10 minutos al año).

4.2. Establecimiento y finalización de una llamada

El establecimiento de una llamada nacional o internacional tiene varias fases. La figura 19 muestra el intercambio de mensajes de señalización a través de la red SS7 (flechas horizontales) y, al mismo tiempo, el intercambio de tonos a través de los enlaces telefónicos (zonas blancas). Los mensajes se muestran de una manera secuencial, es decir, los mensajes que se encuentran más arriba en el diagrama de la figura 19 son los que se han intercambiado antes.

El objetivo del protocolo es conseguir establecer una llamada entre dos puntos distantes. Para ello es necesario que los diferentes conmutadores que intervienen destinen los recursos necesarios. Imaginemos la figura 19, donde el abonado de la izquierda genera una llamada a la central local y con destino al usuario situado a la derecha. A continuación explicamos el procedimiento de establecimiento y liberación de la llamada:

- La central local a la que está conectado el abonado generador de la llamada envía, hacia el conmutador correspondiente, un Mensaje Inicial de Dirección (en inglés llamado *Initial Address Message*, IAM). Este mensaje, como se puede observar en la figura 19, se reenvía posteriormente desde el conmutador hacia la central local que sirve al abonado de destino. Aunque los elementos de red que aparecen en la figura son propios de la red RTC y no de la red SS7, los mensajes de señalización (flechas rojas) son transmitidos y encaminados a través de la red SS7. El objetivo de estos mensajes es el de comenzar a establecer el circuito y, por tanto, proveer tanto el elemento extremo de la red como los elementos intermedios con la información necesaria.

No detallamos la estructura exacta de cada mensaje, pero podéis encontrarlo en la recomendación Q.723.

Figura 19. Señalización para una llamada

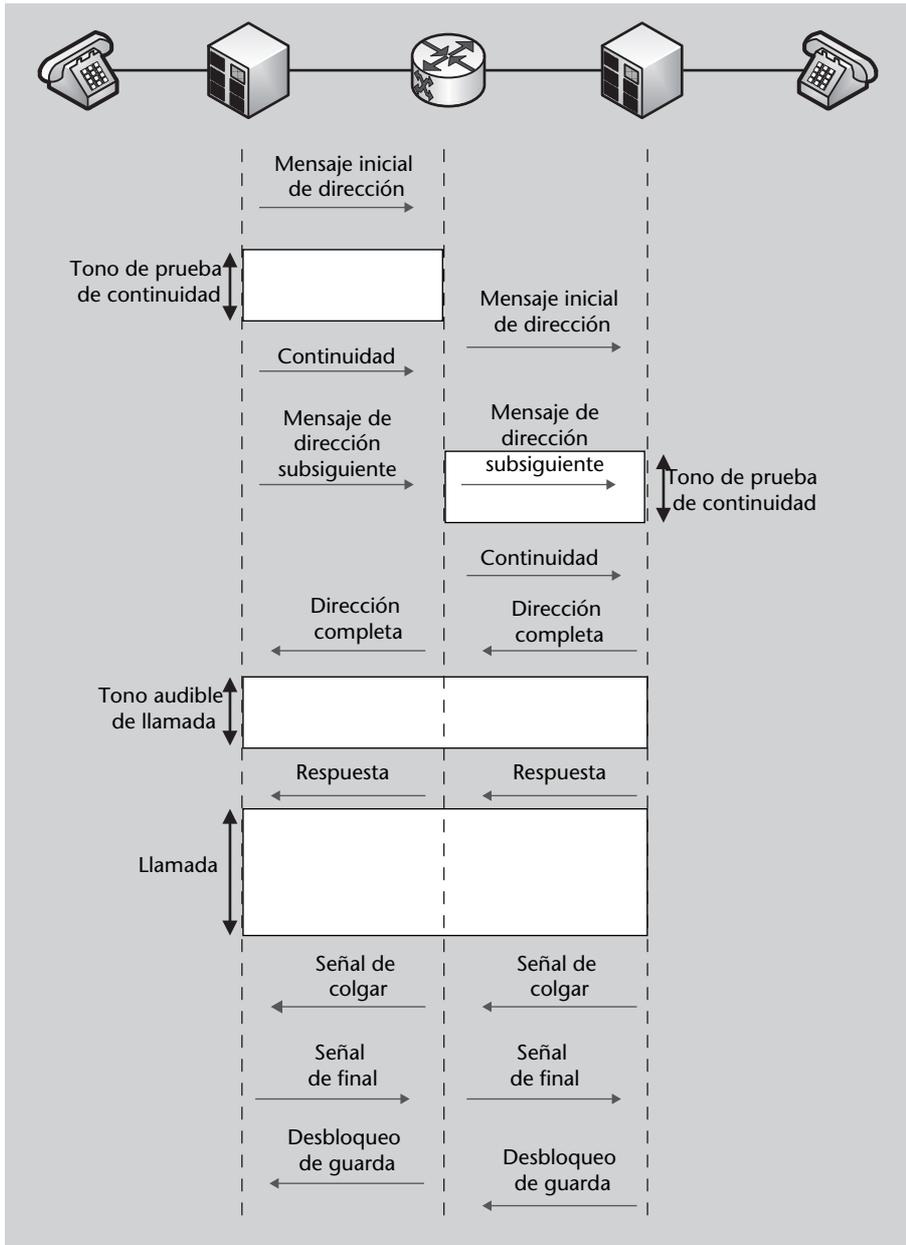


Figura 19
La secuencia mostrada ha sido hecha a partir de las especificaciones de la Recomendación Q.724 para una llamada internacional, pero permite ver cuál es el procedimiento para una llamada nacional.

Tal como ya se ha explicado, el formato del mensaje responde al de la figura 18 y se caracteriza por tener unos H0 y H1 iguales a 0001. Dentro del campo de parámetros, el mensaje determina el llamado *Calling Party Category*, qué tipo de número es (nacional, internacional), el tipo de enlace, si es necesario llevar a cabo la prueba de continuidad, si es necesario supresor de ecos, etc. El estándar también prevé la posibilidad de enviar un Mensaje Inicial de Dirección con información adicional (en inglés *Initial Address Message with Additional Information, IAI*) en vez del IAM para añadir información no necesaria.

- El conmutador, o la central local en el otro extremo de la comunicación, al recibir un mensaje IAM o IAI procede a realizar una prueba de continuidad. Así, conecta el receptor y el transmisor del enlace donde ha recibido el mensaje. Mediante esta acción se cierra el enlace (se genera un bucle) que permite a la central local que genera la llamada transmitir un tono a través

del enlace de voz y recibirlo de vuelta. De esta manera puede comprobar si hay *continuidad* en el enlace de voz, o dicho de otra manera, si es posible la llamada. Este procedimiento se realiza en cada uno de los enlaces de la red RTC por donde deberá circular la señal de voz. Una vez hecha la comprobación, el transmisor envía, a través de la red SS7, una señal de continuidad y se deshace el bucle. Este mensaje de continuidad se caracteriza por tener la H0 igual a 0010 y utilizar la H1 para informar del resultado de la prueba de continuidad (si H1 es igual a 0011 la prueba ha tenido éxito, mientras que si H1 es igual a 0100 la prueba ha fallado).

- Seguidamente se envía el mensaje de dirección subsiguiente (*Subsequent Address Message*, SAM). Este mensaje permite, si es necesario, que se vayan transfiriendo diferentes dígitos de la dirección final. Hay dos posibilidades de transmitir los dígitos de la dirección del abonado de destino: *Enbloc* o *Overlap*. En el primer caso el IAM o IAI contiene todos los dígitos de la dirección de destino, ya que hasta que no se han recogido todos los dígitos no se transmite el mensaje IAM. En el segundo caso, en cambio, se transmiten los dígitos a medida que se van obteniendo; por tanto, en esta opción es necesario el uso del mensaje de dirección subsiguiente.
- Una vez finalizados los procesos descritos hasta ahora, la central local de destino envía un mensaje de dirección completa (en inglés *Address Complete*) para indicar que finalmente todos los enlaces necesarios para realizar la llamada de voz están a punto. A partir de ese momento el abonado que genera la llamada ya es capaz de oír el tono de llamada.
- En el momento en el que el abonado de destino descuelga el teléfono, a través de la red de señalización se transmite un mensaje de respuesta. Este mensaje tiene funciones muy importantes para la operadora, como es el inicio de la tarificación de la llamada. Este mensaje es enviado mediante el llamado *Call Supervision Message*, que tiene un H0 igual a 0110, y un H1 que identifica las diferentes posibilidades (llamada gratuita, normal, etc.).
- Es a partir de este momento que podemos considerar que la llamada está en curso. La llamada finalizará cuando uno de los dos abonados cuelgue el teléfono. En la figura 19 consideramos que la llamada la finaliza el abonado de la derecha. El protocolo TUP asume que el control de la llamada (establecimiento y liberación del circuito) es controlado por la central local generadora de la llamada. Por este motivo cuando, como en la figura, el primero en colgar el teléfono es el abonado de destino, éste envía una señal de colgar (en inglés *clear-back*) hacia la central local de origen. En caso de que el primero en finalizar la llamada fuera el abonado de origen, este mensaje no sería enviado.

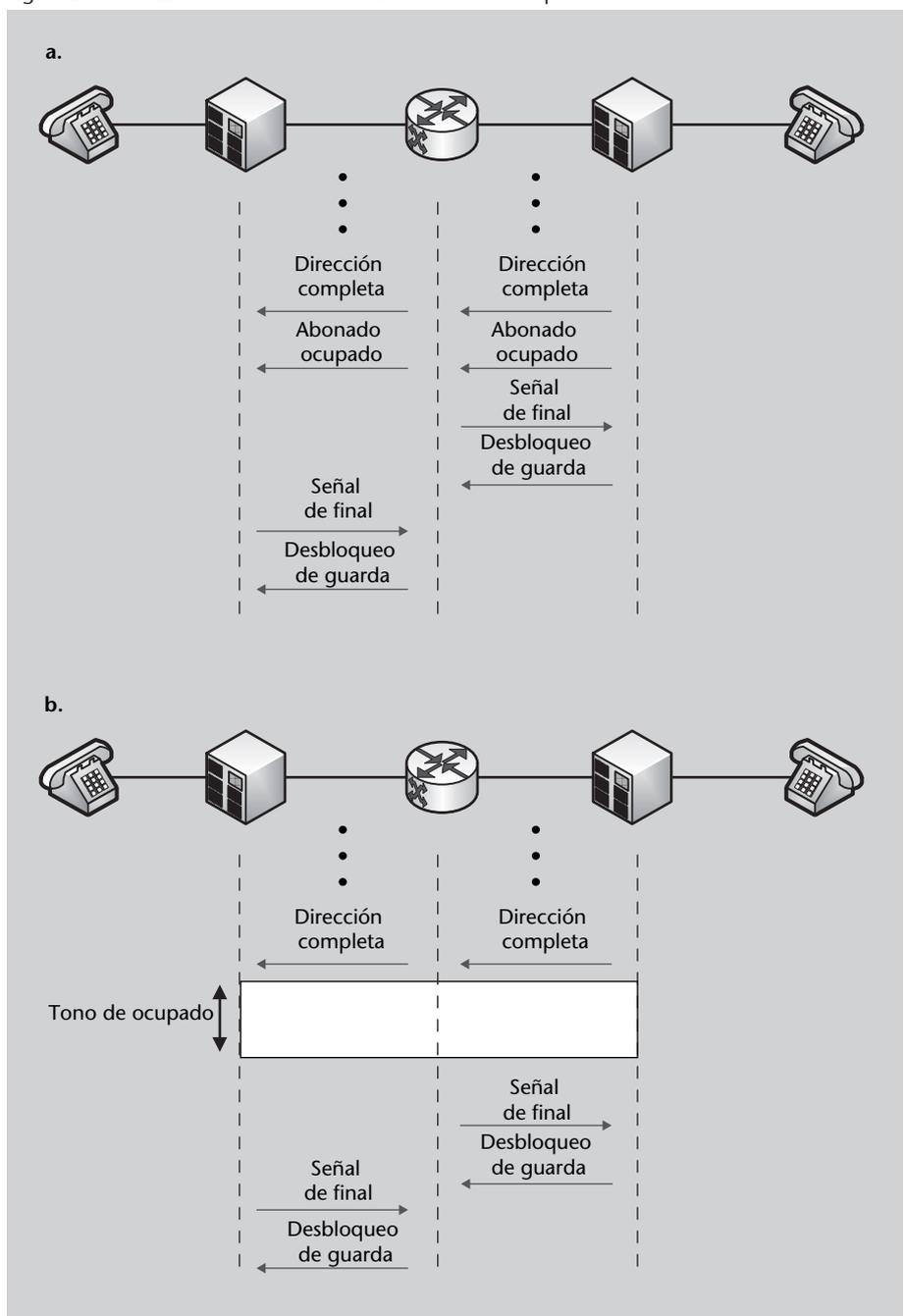
De la misma manera que el mensaje de respuesta, TUP usa el mensaje *Call Supervision Message* (también con H0 igual a 0110) para indicar el final de llamada. En concreto, el H1 es igual a 0011.

- La señal de final (*clear-forward*) es el mensaje que inicia la liberación de los recursos. Antes de transmitir la señal de final, el conmutador o central

local que lo envían liberan el circuito. Cuando un nodo recibe este mensaje, también libera el recurso, informa de la liberación mediante la señal de liberación de guarda (*release-guard*), y envía una señal de final hacia el siguiente enlace. La señal de final tiene un H0 igual a 0110, y su H1 es 0100, mientras que la liberación de guarda presenta H0 igual a 0111 y H1 igual a 0001.

La descripción de la figura 19 muestra el establecimiento y finalización de una llamada en caso de que todo funcione adecuadamente. Ahora bien, si el abonado final se encuentra ocupado, la parte final de la figura 19 cambiaría y sería como la figura 20. En función del área geográfica, el tono de ocupado se genera localmente en la central local de origen después de recibir un mensaje de abonado ocupado (figura 20 (a)) o se genera en la central local de destino (figura 20 (b)).

Figura 20. Señalización de una llamada a un abonado ocupado



Aunque no detallemos los procedimientos en estos materiales docentes, la TUP ofrece soporte para los servicios de identificación de llamadas maliciosas, conectividad digital o servicios suplementarios, tales como la identificación de línea, el redireccionamiento de llamadas o el grupo cerrado de usuarios.

Como ya hemos ido repitiendo a lo largo del módulo, los protocolos SS7 presentan algunas diferencias geográficas. A menudo la TUP se puede encontrar bajo la denominación NTUP, para hacer referencia a los *National Telephone User Part*. Es interesante también destacar que la red telefónica conmutada analógica ha ido migrando, en todo el mundo, hacia redes digitales, principalmente la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI). De hecho, en muchos países la red SS7 no ha llegado a implementar el protocolo TUP y, en cambio, se ha implementado la *ISDN User Part* (ISUP). En el siguiente apartado explicaremos su funcionamiento.

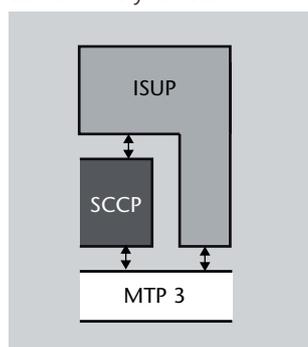
5. ISDN User Part (ISUP)

El apartado 4 ha explicado los mecanismos básicos de establecimiento y finalización de una llamada en una RTC. Ahora bien, la progresiva digitalización del bucle de abonado, con el despliegue de la RDSI, hizo aparecer la necesidad de un protocolo del nivel 4 de la pila de protocolos SS7 para gestionar esta nueva situación: la ISUP. De hecho, la ISUP está diseñada para gestionar la señalización de llamadas/conexiones entre dos abonados analógicos, dos abonados RDSI, o un abonado analógico y otro de RDSI. Esta gran flexibilidad ha llevado a la desaparición o no-implantación de la TUP en muchos ámbitos geográficos, como por ejemplo en los Estados Unidos. Podríamos decir, pues, que la TUP tiende a la desaparición y a la progresiva o inmediata implantación de la ISUP.

Adicionalmente, es conveniente destacar que la diversidad de estándares/variantes regionales que presentaba la TUP todavía es mucho más acentuada en el caso de la ISUP, donde numerosos países o regiones han introducido particularidades para conseguir soluciones más adaptadas a las necesidades reales de sus redes. Conviene destacar, sin embargo, que las funciones y procedimientos esenciales estandarizados por la ITU-T han sido respetados y compartidos por las diferentes variedades regionales del estándar. Se trata, pues, de una cuestión de matices más que de grandes diferencias. En este apartado haremos referencia exclusivamente al estándar de la ITU-T, definido en las Recomendaciones Q.760-Q.769.

Si observamos la pila de protocolos SS7 de la figura 1 del subapartado 2.1, uno de los hechos que más sorprende es que la ISUP puede ser tanto usuario de la MTP3 como usuario de la SCCP, otro protocolo/parte de nivel 4 que será estudiado en el apartado 6, tal como muestra la figura 21.

Figura 21. Relación de la ISUP con la MTP3 y la SCCP



A grandes rasgos, y sin entrar en detalle a explicar la SCCP, el protocolo ISUP permite la comunicación con los otros puntos de señalización mediante la

MTP3 directamente (orientado a conexión, y llamado señalización *end-to-end* según el método *pass-along*) y mediante la SCCP (orientada o no orientada a conexión –ambas opciones son posibles– y conocido como señalización con el método SCCP), como se verá más adelante.

5.1. Formato de los mensajes de ISUP

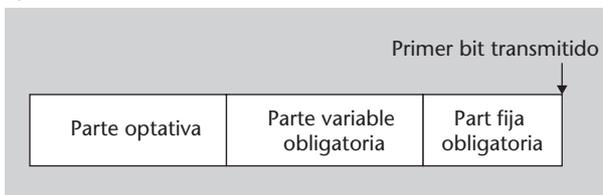
Ya hemos podido ver hasta ahora que el protocolo ISUP permite una gran diversidad de opciones, tales como diferentes usuarios finales (analógicos o RDSI) o diferentes métodos de señalización extremo a extremo. Por este motivo es interesante ver de qué manera los mensajes definidos por la ISUP son lo suficientemente flexibles como para incorporar los parámetros que determinan cuál de las opciones se está empleando en cada momento.

Para cualquier mensaje ISUP, tal como se ha explicado anteriormente, el campo SI es igual a 0101. En cuanto al campo de datos de los mensajes ISUP, de la misma manera que sucede con los mensajes de TUP, contienen el *Circuit Identification Code* (CIC), el tipo de mensaje (mediante el H0 y la H1) y dos o tres partes más*: una parte fija obligatoria, una parte variable obligatoria, y una parte opcional. La gran flexibilidad que permite tener campos de longitud variable y campos opcionales ha hecho que el número de mensajes de control diferentes definidos por la ISUP sea mucho menor que el número de mensajes de control definidos por su “antecesor para las conexiones analógicas”, la TUP.

* Hay dos partes obligatorias –una de longitud fija y otra de longitud variable–, y una parte opcional.

En primer lugar, cabe mencionar que los mensajes de la ISUP tienen, como sucede con los mensajes TUP, los campos H0 y H1 que determinan el tipo. Los tipos disponibles en ISUP no difieren excesivamente de los que se emplean en la TUP, como por ejemplo el *Initial Address Message* (IAM), el *Subsequent Address Message* (SAM), el *Address Complete Message* (ACM), etc. A continuación, explicamos los tres tipos de parámetros (obligatorios fijos y variables, y los optativos) y su disposición dentro del mensaje ISUP (figura 22).

Figura 22. Parámetros de longitud fija, variable, y parámetros opcionales

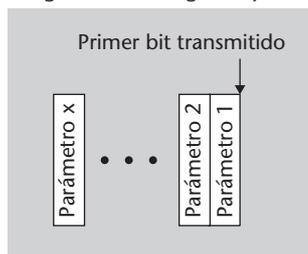


Parámetros del mensaje ISUP

El número de parámetros que puede incluir un mensaje ISUP es muy extenso. Como en el nivel de estudio que pretendemos en esta asignatura no es necesario verlos todos, podéis encontrarlos con sus valores en la Recomendación Q.763 de la ITU-T.

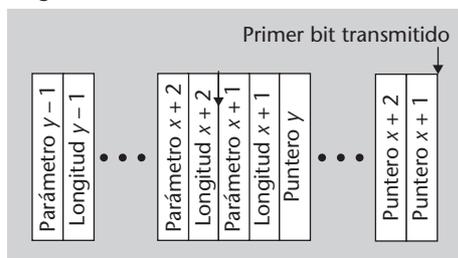
Los **parámetros obligatorios de longitud fija** están determinados por el tipo de mensaje. Así, para un determinado tipo de mensaje (como por ejemplo el IAM o cualquier otro), el número de parámetros, y el nombre y la longitud de cada parámetro son conocidos. Es por este motivo que no es necesario que estos datos se incluyan dentro del mensaje. Solo se incluye el valor, tal como muestra la figura 23.

Figura 23. Parámetros obligatorios de longitud fija



Los **parámetros obligatorios de longitud variable** son muy similares a los parámetros obligatorios de longitud fija, con la diferencia de tener una longitud variable; es decir, a pesar de que el número de parámetros, el nombre de los parámetros y el orden en el que se incluyen en el mensaje está directamente determinado por el tipo de mensaje, su longitud varía. Teniendo en cuenta esto, la ISUP estructura esta parte de los parámetros situando en primer lugar los punteros al inicio de cada parámetro y, una vez incluidos todos los punteros en parámetros, incluye un puntero al inicio de la parte optativa del mensaje. En la figura 24 se puede observar que los parámetros $x + 1$, $x + 2 \dots y - 1$ son de longitud variable. Así pues, al inicio de la parte obligatoria variable están los punteros a estos parámetros (los punteros indican el inicio del parámetro o, más concretamente, el inicio del campo de longitud del parámetro correspondiente) y un último puntero hacia el primer parámetro optativo (en la figura sería el puntero al parámetro y).

Figura 24. Parámetros obligatorios de longitud variable

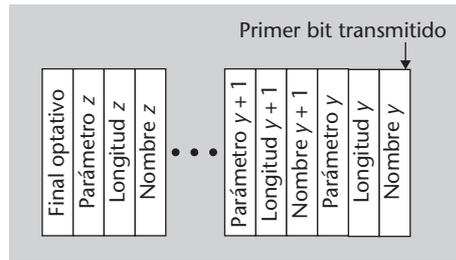


Finalmente, los **parámetros optativos**, como su nombre indica, pueden existir o no. En cualquier caso, si existen, se incluyen tal como muestra la figura 25: primero, se incluye el nombre del parámetro (1 byte), en segundo lugar su longitud (1 byte) y en tercer lugar el valor del parámetro. Al terminar todos los parámetros optativos, se indica el final de esta parte mediante el campo de final de parámetros optativos (un byte codificado con todos los bits a cero, 0000 0000). En caso de que no haya parámetros optativos, tampoco se envía este campo.

5.2. Establecimiento y finalización de la llamada

En este subapartado analizaremos el establecimiento y finalización de una llamada básica entre dos equipos terminales RDSI. Tal como ya hemos destacado, la ISUP puede ser utilizada como protocolo de señalización para llamadas en-

Figura 25. Parámetros optativos



tre dos usuarios RDSI o entre un usuario RDSI y un usuario analógico (RTC). Este supuesto –que ambos usuarios sean RDSI– tiene pocas implicaciones más allá del bucle local y los servicios que pueden soportar. Por tanto, hay que tener claro que cuando uno de los usuarios sea analógico existe la posibilidad de que no se pueda utilizar alguno de los servicios adicionales que sí soportan tanto la RDSI como la ISUP.

En las figuras que mostraremos en este subapartado para explicar el funcionamiento de las llamadas se añadirán, para hacerlo más completo, los mensajes que en el bucle local corresponderían a RDSI, pero hay que tener claro que en caso de tener uno de los usuarios analógicos estos mensajes no existirían.

Señalización RDSI

Los mensajes de señalización que utilizan los equipos terminales RDSI (en inglés *Terminal Equipment, TE*), y que son traducidos a mensajes ISUP para transmitirlos a través de la red de señalización SS7, se definen en la Recomendación Q.931 de la ITU-T.

La figura 26 muestra el diagrama temporal de una llamada exitosa con señalización ISUP. Como se puede observar, los mensajes propios de la señalización de la RDSI se han marcado con una flecha discontinua, los mensajes de la ISUP que se transmiten a través de la red SS7 con una flecha sólida, y finalmente las acciones en la red troncal que transporta la voz (digitalizada) como una zona blanca.

Como el proceso es muy similar al proceso detallado para el TUP, a continuación únicamente mencionaremos los puntos más destacados:

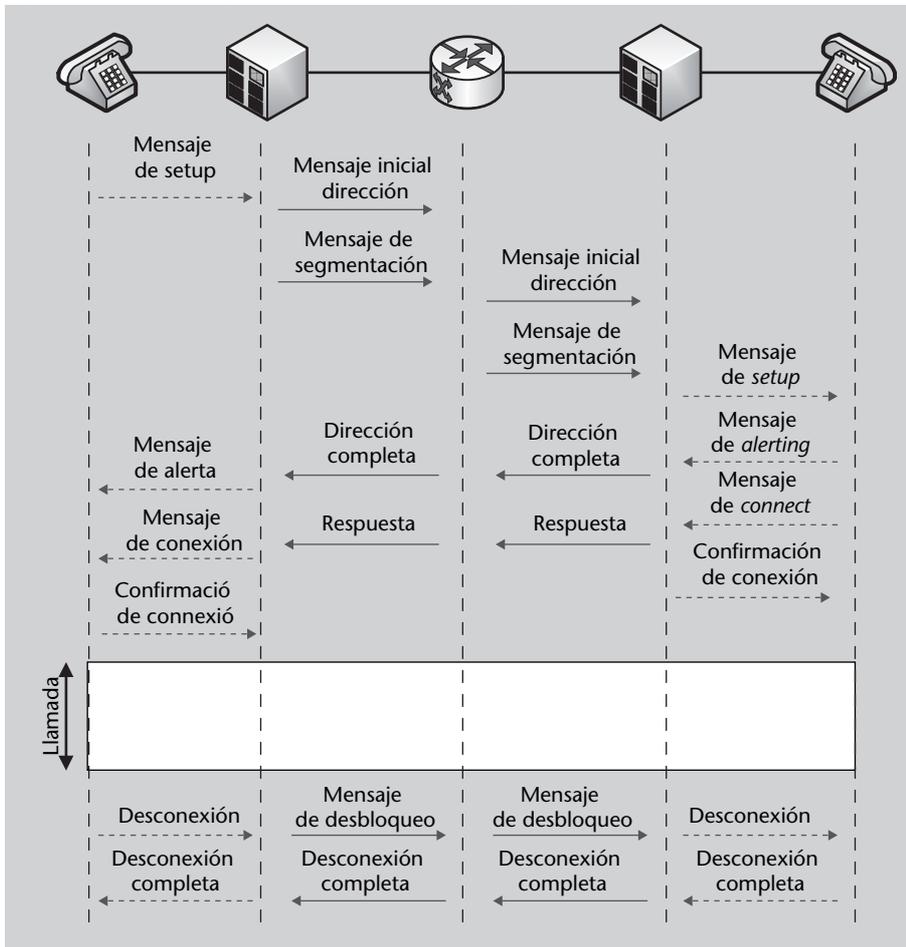
- Uno de los puntos clave es la relación entre los mensajes generados/enviados por/hacia el equipo terminal de RDSI y los mensajes de señalización del protocolo ISUP. Muchos de ellos, como por ejemplo los mensajes de *setup*, conexión, alerta, etc., tienen su correspondencia en la ISUP como mensaje inicial de dirección, dirección completa o respuesta. Esta traducción o relación se lleva a cabo en la central local, y consiste en relacionar mensajes especificados en la Recomendación Q.931 (RDSI) con los especificados en la Recomendación Q.723 (ISUP).
- Tal como hemos expuesto en la descripción del MTP, las unidades de señalización tienen una longitud máxima (la longitud máxima del campo de datos es de 272 bytes). Como el número de parámetros y su longitud es variable para la ISUP, es posible que el mensaje inicial de dirección (IAM)

Mensajes ISUP

El valor de los diferentes mensajes del protocolo ISUP se puede encontrar en la Recomendación Q.723 de la ITU-T.

supere este valor, situación en la que se acaba de transmitir la información que no ha podido ser incluida en el IAM mediante un mensaje de segmentación (*segmentation message*, SGM). Así pues, el mensaje SGM no necesariamente es intercambiado.

Figura 26. Señalización para una llamada entre dos equipos terminales RDSI



- La prueba de continuidad (y el mensaje correspondiente que indica el resultado), a pesar de no tenerla dibujada en la figura 26 por el hecho de ser opcional, también es posible hacerla, tal como sucede en la TUP.
- De la misma manera que ocurre con la prueba de continuidad, la señalización de los dígitos de la dirección de destino puede ser transmitida mediante señalización *Enbloc* (no se transmite hasta que todos los dígitos han sido recogidos) o *Overlap* (se transmiten a medida que se van teniendo disponibles los dígitos). Por lo tanto, a pesar de no haberlo representado en la figura, cuando la señalización es *overlap*, se transmiten uno o varios mensajes de *Subsequent Address Message* (SAM).

Aparte de los procedimientos básicos de establecimiento y liberación de una llamada, ISUP presenta una funcionalidad adicional remarcable: la suspensión de una llamada. Esta suspensión solo puede ser llevada a cabo cuando la conexión se encuentra en curso (la comunicación ya existe). Supongamos que

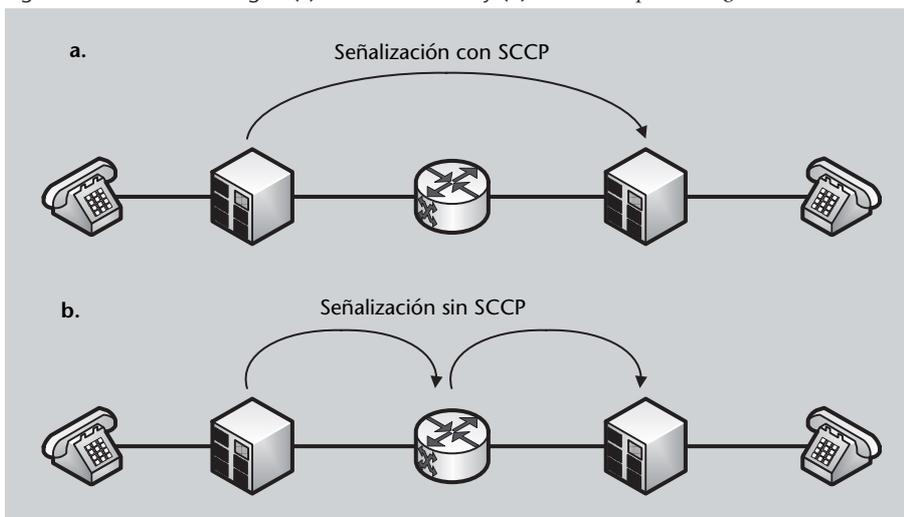
en una conexión activa uno de los equipos terminales cuelga el aparato de teléfono. En este caso, se envía un mensaje de suspensión de la comunicación (SUS). El otro extremo, al recibir el mensaje de suspensión, considera que la llamada está suspendida pero no libera los circuitos dedicados hasta después de un tiempo (se inicia la cuenta atrás de un temporizador). Pasado este tiempo, si no ha habido una nueva conexión (es decir, se vuelve a descolgar el teléfono), se liberan los circuitos. Si, en cambio, se vuelve a conectar, entonces se envía un mensaje ISUP de reanudación de la conexión (en inglés *Resume*, RES).

5.3. Métodos de señalización extremo a extremo (*end-to-end*)

El protocolo ISUP, en las diversas funciones que desempeña, debe enviar señalización extremo a extremo entre dos nodos. Para hacerlo, ISUP prevé dos posibles mecanismos: el método SCCP y el método *pass-along*.

En primer lugar hay que dejar claro que la comunicación extremo a extremo, sea cual sea el método empleado, es utilizada por la ISUP para comunicar información adicional de señalización en algún punto de señalización. La elección del método se hace en función de la red de señalización (tamaño, etc.), pero en cualquier caso ambos métodos pueden coexistir en una misma red SS7. Así, algunas redes los implementan ambos mientras que otras solo implementen uno. Si observamos la figura 27, en función del método de señalización, la señalización entre dos centrales locales extremas (es decir, entre los puntos de señalización asociados a las centrales locales) puede ser establecida directamente o bien pasando por los conmutadores intermedios.

Figura 27. Señalización según (a) el método SCCP y (b) el método *pass-along*



Supongamos la situación de la figura 27, donde una información solo afecta al conmutador de origen y al conmutador de destino. La red de señalización, para lograr la comunicación entre los dos conmutadores extremos, puede trans-

mitir la información a través de los puntos de señalización intermedios (figura 27(b), como haría, por ejemplo, con el mensaje inicial de dirección, IAM), o enviarlo directamente, por otro camino, al punto de señalización de destino (figura 27(a)). Esta es, pues, la diferencia entre el *pass-along method* (PAM) y el método SCCP. Fijémonos que en el primer caso (es decir, el PAM), ISUP utiliza las funcionalidades ofrecidas por el nivel MTP3, mientras que en el segundo caso (el método SCCP), ISUP emplea las funcionalidades de la SCCP, que serán expuestas en el siguiente apartado.

Este es el motivo por el cual ISUP es, al mismo tiempo, usuario SCCP y usuario MTP, tal como se muestra en el esquema de la pila de protocolos del SS7 (figura 1).

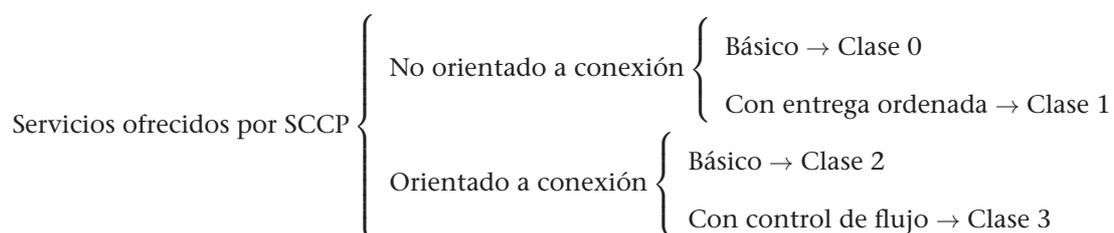
6. *Signalling Connection Control Part (SCCP)*

Inicialmente MTP fue creado para dar servicio al protocolo TUP. De acuerdo con las necesidades de la señalización de llamadas telefónicas de la RTC, los tres niveles que conforman MTP (y en particular MTP3) ofrecen un servicio orientado a conexión. Con la aparición de nuevos servicios, como por ejemplo la telefonía móvil o algunos servicios de datos, se hizo necesario establecer un protocolo del nivel 4 que gestionara sus comunicaciones. Este protocolo es el *Signalling Connection Control Part (SCCP)*. Los objetivos principales de la SCCP son transferir información de señalización que no esté relacionada con un circuito en concreto, permitir los procedimientos propios de la gestión de aplicaciones, y conseguir ofrecer técnicas de direccionamiento más flexibles.

Podríamos decir, por tanto, que la SCCP permite lo siguiente:

- Incorporar las funcionalidades que le faltan a la MTP para que el conjunto (MTP más SCCP) pueda ser equiparable a los tres primeros niveles de la OSI.
- Disponer de diferentes mecanismos de direccionamiento no implementados en la MTP3.
- Mecanismos de segmentación y reconstrucción para los mensajes largos.
- Ofrecer un servicio de transferencia de información tanto orientada a conexión como no.
- Gestionar el direccionamiento.

El SCCP establece una división en clases para los cuatro posibles servicios de transferencia. Por un lado permite la distinción entre el servicio no orientado a conexión (clases 0 y 1) y el servicio orientado a conexión (clases 2 y 3). Por otro lado, y dentro de esta primera subdivisión, el servicio ofrecido puede ser básico o con control de flujo (en el caso de la no orientación a conexión, el control de flujo supone la entrega ordenada de los mensajes). Así pues, podemos definir cada clase como se muestra a continuación:



Empezamos por las dos primeras clases del protocolo, diseñadas para transferencia de información no orientada a conexión. La primera de las clases, la **clase 0**, relega la responsabilidad en el direccionamiento de las diferentes unidades de señalización en la capa MTP3. Es por este motivo que, para una aplicación determinada, el cliente SCCP que emplee esta clase 0 no podrá garantizar el orden de llegada de los mensajes. Hay que hacer notar que MTP3 está diseñado para conseguir que todas las unidades de señalización enviadas con un mismo SLS (sigla inglesa que denota *Signalling Link Selector*) lleguen de manera ordenada*. Esta categoría permite que las diferentes unidades de datos de servicio de la red (conocidas con el nombre inglés de *Network Service Data Units*, NSDU) tomen el valor del SLS que determine el MTP3, sin que la SCCP intervenga. Si dos NSDU consecutivas toman el mismo SLS, la recepción será ordenada, si no, la recepción podría ser desordenada. Precisamente esta es la principal diferencia entre la **clase 0** y la **clase 1**. En el caso de la **clase 1**, la SCCP fuerza al MTP3 a asignar el mismo valor de SLS a las diferentes NSDU, con lo que se consigue una recepción ordenada, mientras que en la clase 0 la MTP3 escoge el valor de SLS de cada NSDU (va cambiando para distribuir la carga entre los enlaces).

* Esta característica se ha estudiado en el apartado que versa sobre el MTP3.

El caso de las clases orientadas a conexión es similar, pero con la diferencia de que antes de la transferencia de unidades de señalización se establece una conexión entre las capas SCCP de origen y de destino. Más adelante profundizamos un poco más en las características propias de cada una de las clases y en su funcionamiento.

6.1. Formato de los mensajes de SCCP

Los mensajes utilizados por el SCCP son muy parecidos a los mensajes que ya hemos descrito para el protocolo ISUP. A pesar de todo, cabe destacar que los mensajes de SCCP no contienen el *Circuit Identification Code* que sí contienen los mensajes de ISUP. Salvo este punto, los mensajes SCCP (como los de ISUP) también tienen un campo de parámetros que puede ser dividido en tres partes: la parte obligatoria de longitud fija, la parte obligatoria de longitud variable, y la parte opcional.

Parámetros de los mensajes

Si queréis entrar en detalle en los mensajes SCCP (todos los parámetros opcionales y obligatorios, los valores que pueden tomar, etc.) podéis consultar la Recomendación Q.713 de la ITU-T.

La manera en que se implementan cada una de estas partes es exactamente igual; es decir, la parte obligatoria de longitud fija está unívocamente determinada por el tipo de mensaje; la parte obligatoria de longitud variable presenta en primer lugar los punteros a los diversos parámetros que la componen, que a su vez constan en primer lugar de un byte para la longitud seguido del valor del parámetro; y finalmente la parte opcional codifica cada parámetro mediante un byte para el nombre del parámetro, un byte para su longitud y en último lugar el valor del parámetro (después de todos los parámetros, un byte de finalización de los parámetros opcionales cierra el mensaje en caso de que haya parámetros opcionales).

6.2. Estructura de la SCCP

El nivel SCCP tiene varias funciones y para llevarlas a cabo se considera que está formado por cuatro módulos o partes diferentes que, sin embargo, se

interrelacionan para alcanzar los objetivos del protocolo. Estas cuatro partes son el control no orientado a conexión, el control orientado a conexión, el módulo de gestión y el control de direccionamiento.

6.2.1. Control de SCCP no orientado a conexión (SCCP Connectionless Control, SCLC)

El SCLC puede ofrecer los servicios de la clase 0 (básico) y de la clase 1 (con entrega ordenada de los mensajes). Se trata de un servicio sencillo en el que un SCCP de origen transmite datos hacia un SCCP de destino mediante mensajes UDT (*Unit Data*) o XUDT (*Extended Unit Data*). Como la SCCP tiene la capacidad de fragmentar las primitivas provenientes de los usuarios SCCP en caso de tener longitudes demasiado largas, la diferencia entre UDT y XUDT radica en el hecho de que UDT transporta datos no fragmentados y, en cambio, XUDT lleva los fragmentos de una primitiva más larga.

Analizamos, no obstante, el funcionamiento de estos mecanismos. El mensaje UDT presenta algunos parámetros obligatorios de longitud fija: el tipo de mensaje (un byte) y la clase del protocolo (un byte). El resto de parámetros son obligatorios pero de longitud variable, como la dirección de origen, la dirección de destino y los datos. Tanto la dirección de destino como la dirección de origen tienen una longitud de 3 bytes cada una como mínimo, pero puede ser mayor.

En el servicio no orientado a conexión, el SCCP de destino no tiene que confirmar la correcta recepción de la UDT, sino que funciona mediante la confirmación negativa: solo se informa al SCCP de origen cuando la recepción es errónea. El mensaje utilizado para esta confirmación negativa se denomina UDTS (*Unit Data Service*), o XUDTS (*Extended Unit Data Service*) en caso de confirmar la recepción incorrecta de un XUDT.

El formato del mensaje UDTS es igual al formato del mensaje UDT con una única diferencia: el campo que especifica la clase del protocolo es sustituido por un campo que indica el motivo de la devolución del mensaje.

La única diferencia entre la clase 0 y clase 1 está en la intervención del SCCP en la selección del SLS de los mensajes. Mientras en la clase 0 el valor del SLS es determinado por el MTP3, en la clase 1 es el SCCP quien determina el SLS y utiliza el mismo para todos los mensajes que provienen del mismo usuario SCCP. De esta manera se consigue que, gracias a los mecanismos que implementa el MTP3 para mantener el orden de las MSU con el mismo SLS, los mensajes enviados por el SCCP con la clase 1 del protocolo lleguen al destino de manera ordenada.

6.2.2. Control del SCCP orientado a conexión (SCCP Connection-Oriented Control, SCOC)

Tal como indica su nombre, el bloque o módulo SCLC es el encargado de conseguir establecer conexiones entre los niveles SCCP de dos puntos de se-

ñalización distantes. Al finalizar el motivo que ha llevado al establecimiento de la conexión, este bloque también es el encargado de terminarla. Según el estándar, las conexiones SCCP pueden ser de dos tipos en función de la duración: conexiones temporales o conexiones permanentes. Habitualmente las conexiones permanentes son establecidas por el operador y tienen el objetivo de transportar datos de gestión. En este subapartado nos centraremos en las conexiones temporales, que son aquellas que una pareja de SCCP establecen para transferir datos.

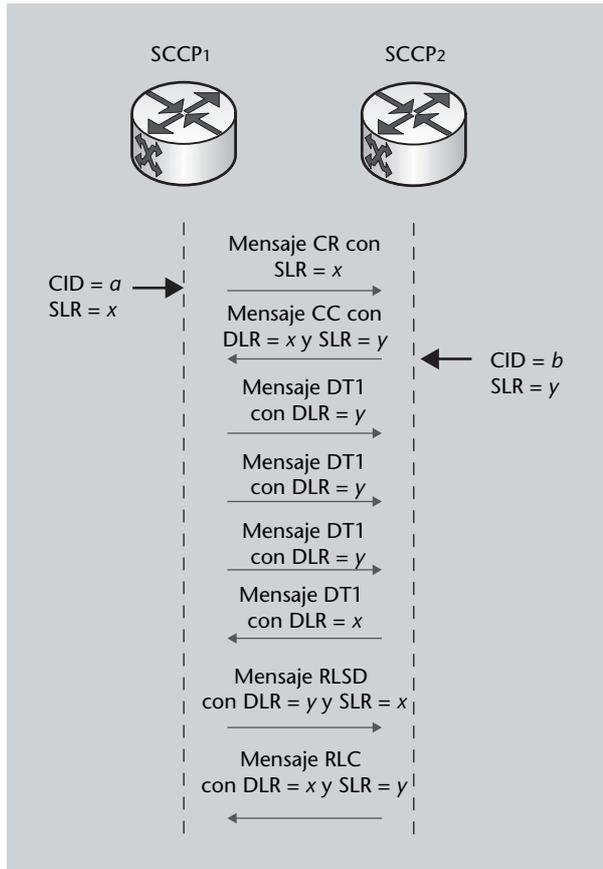
En cualquiera de los dos casos, el SCCP de los dos puntos de señalización involucrados establecen y finalizan una conexión virtual antes y después de intercambiarse datos, respectivamente.

El proceso de conexión comienza cuando un usuario SCCP (es decir, un subsistema como la ISUP o la TCAP) envían hacia el SCCP una petición para establecer una conexión. Hay tres parámetros fundamentales que la SCCP utiliza para identificar una conexión: el identificador de conexión (*Connection Identifier*, CID), la referencia local de origen (*Source Local Reference*, SLR) y la referencia local de destino (*Destination Local Reference*, DLR). El objetivo de estos tres parámetros es conseguir identificar la conexión en modo local. Así, como veremos a continuación, el CID para una misma conexión puede ser diferente para cada uno de los SCCP que intervienen, aunque sea la misma conexión.

Imaginemos la conexión SCCP de la figura 28. Inicialmente, el usuario SCCP debe designar la conexión (aunque no establecida) con un CID único localmente. La SCCP dispone localmente de un conjunto de identificadores, tanto CID como SLR, que gestiona de manera autónoma. Así, en el momento de establecer una conexión, el SCCP elige un CID del conjunto local de CID y SLR de los que dispone para designar la conexión y el usuario SLR que ha iniciado la conexión. A partir de este momento, ni el SLR ni el CID seleccionados podrán ser utilizados para futuras conexiones hasta que la actual conexión finalice. Se pueden establecer conexiones simultáneas, pero en ningún caso pueden utilizar el mismo CID o SLR. Una vez elegidos el CID y el SLR (en la figura 28 $CID = a$ y $SLR = x$), se envía una petición de conexión al SCCP destino (en inglés *connection request*, CR) con el valor de la SLR. Es importante darse cuenta de que el DLR será decidido, al recibir la petición, por el SCCP de destino.

Al recibir la petición, el SCCP de destino selecciona localmente un CID para la conexión (en el caso de la figura, $CID = b$) y un SLR para el usuario SCCP al que va dirigida la petición. En este caso le asigna un SLR igual a y . Hecho esto, y en caso de encontrarse en condiciones de poder aceptar la conexión, el SCCP de destino envía la confirmación de conexión mediante un paquete CC (la sigla de la denominación inglesa *Connection Confirm*). En caso de que la conexión no pueda ser aceptada por la falta de recursos en el SCCP de destino, éste enviará un mensaje de rechazo de la conexión (*Connection Refused*, CREF).

Figura 28. Establecimiento y finalización de una conexión SCCP



Una vez establecida la conexión, los datos se pueden transferir en un único sentido o en ambos, como muestra la figura. En el caso de la transferencia de información que SCCP hace orientada a conexión, los mensajes de información que se emplean para la clase 2 son llamados *Data Form 1* (DT1). En cuanto a la clase 3, los mensajes son llamados *Data Form 2* (DT2). Estos mensajes de datos presentan tres parámetros obligatorios de longitud fija: el tipo de mensaje (1 byte), el DLR (3 bytes) y el parámetro de fragmentación. Tal como hemos señalado con anterioridad, el SCCP tiene la opción de fragmentar las primitivas provenientes de los usuarios SCCP si tienen una longitud excesivamente larga para ser transportadas en un único DT1. Por tanto, este parámetro permite la reconstrucción de las primitivas fragmentadas una vez recibidas en el destino. En cuanto a los datos, formalmente se considera un parámetro obligatorio de longitud variable. La longitud de los datos tiene un mínimo de 2 bytes y un máximo de 256 bytes.

Una vez finalizada la transferencia de información, se envía un mensaje de liberación de la conexión (en inglés *Released*, RLSD) y se responde con una confirmación de finalización (*Release Complete*, RLC).

El proceso que sigue el SCCP para establecer una conexión para el servicio de la clase 3 es exactamente igual, pero la información se transmite en mensajes *Data Form 2* (DT2). A pesar de las semejanzas, la clase 3 se caracteriza por implementar un control de flujo de la conexión y, por tanto, hay que tener en cuenta algunos procesos adicionales:

- Establecimiento de una ventana de control de flujo.
- Confirmación de recepción de los mensajes de datos.

El establecimiento del tamaño de la **ventana de conexión** se lleva a cabo durante el proceso de creación de la conexión, mediante los mensajes CR y CC. En particular, la SCCP de origen propone un valor para el tamaño de la ventana en el campo de créditos del mensaje CR, y el SCCP confirma o rectifica el valor mediante el mismo parámetro del mensaje CC. Este valor es, como máximo, igual a 127. Es decir, no puede haber más de 127 mensajes enviados por el SCCP de origen y no confirmados por el SCCP de destino.

Los mensajes de datos DT2 son muy similares a los DT1 pero incorporan un campo de secuencia. Este campo toma valores entre 0 y 127, y cada vez que se transmite un DT2 incrementa en una unidad (módulo 128). La confirmación de recepción se realiza mediante los mensajes de *data acknowledgement*, que incluyen el campo de secuencia de recepción para indicar en el origen cuál es el último DT2 recibido correctamente. De esta manera se asegura la correcta recepción de la información. La confirmación de la recepción se puede hacer de varias maneras, tales como confirmando la recepción de cada uno de los mensajes o bien confirmando el último mensaje recibido antes de que se alcance el límite de la ventana de recepción.

6.2.3. Gestión del SCCP (*SCCP Management, SCMG*)

El SCMG es un bloque del SCCP que está relacionado con dos de los otros tres bloques funcionales (el SCLC y el SCRC), con el usuario SCCP (es decir, la TCAP o la ISUP), y con el MTP3. En concreto, el SCMG recibe información proveniente del MTP3 sobre el estado de la red (congestión, etc.) y sobre los puntos de señalización de la red (disponibilidad de los distintos puntos de señalización). Sobre las relaciones con los usuarios SCCP, recibe información del estado de estos usuarios y, al mismo tiempo, les envía primitivas para hacerles disminuir la actividad, detenerla, reanudarla, etc.

Asimismo, a partir de la información provista por el SCRC y el SCLC, toma decisiones para direccionar el tráfico no orientado a conexión cuando determinadas situaciones como la congestión o la indisponibilidad de determinados puntos de señalización lo hacen necesario.

Para no alargar la explicación, podríamos resumir las funciones del SCMG de la siguiente manera:

- Comprobar el estado de los diversos subsistemas locales.
- Informar a los diferentes puntos de señalización afectados por los cambios en el estado de los subsistemas locales.
- Gestionar la replicación de subsistemas.

Subsistema local

Se entiende por subsistema local cada uno de los usuarios SCCP que pueden hacer uso de las funcionalidades ofrecidas por la SCCP en el punto de señalización local.

Replicación de subsistemas

La red SS7 permite que los subsistemas estén replicados (el caso más claro es la replicación de los puntos de señalización STP). Cuando un subsistema queda fuera de servicio por algún motivo, el SCMG debe gestionar el redireccionamiento hacia la réplica.

6.2.4. Control de direccionamiento (SCCP Routing Control, SCRC)

El control de direccionamiento de la SCCP es el encargado de determinar, en función de la información recibida y de las necesidades de la SCLC y del SCOC, cuál es el camino que debe seguir un mensaje (o una conexión, en el caso del SCCP orientado a conexión) para llegar a los puntos de señalización de destino.

El punto más destacable, no obstante, del direccionamiento al SCCP es la llamada **traducción del título global**, en inglés denominada *Global Title Translation* (GTT), y que se expondrá a continuación.

El estudio de la MTP nos ha permitido ver que cada punto de señalización es identificado mediante un código de punto (*Point Code*). Es precisamente este código de punto el que se emplea en el MTP para intercambiar unidades de señalización. Siguiendo la nomenclatura propuesta hasta el momento, una unidad de señalización presenta el campo de dirección del punto de señalización de origen (*Originating Point Code*, OPC) y el campo de dirección del punto de señalización de destino (*Destination Point Code*, DPC). Así pues, parece razonable pensar que para la transferencia de unidades de señalización basta con el Código de Punto.

Ahora bien, imaginemos un punto de señalización cualquiera. Supongamos que, en un momento determinado, recibe una unidad de señalización con un *Service Indicator* igual a 0011, correspondiente a un cliente SCCP. La SCCP puede tener muchos usuarios SCCP, como ISUP o TCAP. ¿A qué usuario va destinada la información recibida? La respuesta es que hay un parámetro que permite identificar los diferentes usuarios SCCP, también llamados *Subsistemas*. Este parámetro existe y se llama *Subsystem Number* (SSN).

Véase también

El campo *Service Indicator* determina qué usuario MTP ha generado la unidad de señalización. Los valores de este parámetro se pueden encontrar en la tabla 3 del subapartado 3.3.2.

Así, podemos asegurar que la combinación de un Código de Punto (PC) y de un Número de Subsistema (SSN) permite identificar a qué subsistema local va dirigida una información transmitida a través de la red SS7.

Si bien es cierto que con esta información no serían necesarios otros mecanismos de direccionamiento, SS7 ha diseñado e implementado la traducción del título global. Para tratar de entender el motivo de este direccionamiento, conviene poner un par de ejemplos:

- Las tarjetas telefónicas de prepago. En primer lugar, antes de iniciar la llamada, la red debe comprobar si la llamada está permitida.
- Los números 800. Se trata de números de teléfono internacionales gratuitos.

En estos dos casos es difícil que el usuario SCCP conozca el direccionamiento exacto de un punto de señalización constante que, además, puede ser diferente en función del lugar donde se realiza la comunicación. Para solucionar este problema, el SS7 permite que se utilicen numeraciones como las expuestas en el ejemplo (números 800 o números vinculados a tarjetas de pago) y hacer la traducción de la dirección de destino en los nodos de la red SS7. Con este objetivo surgió el mecanismo de GTT. Dado un título global, que puede ser entendido como una dirección funcional, el GTT se define como la capacidad de traducir la dirección funcional en una dirección compuesta de código de punto y de número de subsistema.

Figura 29. Función de la traducción del título global



Ya hemos explicado que la información SCCP dentro de una MSU se divide en tres partes diferentes: la parte obligatoria de longitud fija, la parte obligatoria de longitud variable, y la parte opcional. La dirección de destino y la dirección de origen, conocidas como *Called Party Address* y *Calling Party Address* respectivamente, forman parte de la parte obligatoria de longitud variable del mensaje SCCP. Para ver cómo funciona el GTT conviene que examinemos la estructura de una de las direcciones (ambas tienen el mismo formato), como por ejemplo la dirección de destino (*Called Party Address*).

La dirección consta de dos partes diferenciadas: el indicador de dirección (de 1 byte) y la dirección (que tiene una longitud que depende de la información contenida, y establecida gracias al primer byte, el indicador de dirección). Teniendo en cuenta que una dirección puede estar codificada como SSN+PC o como GT, el indicador de dirección (1 byte) tiene el objetivo de determinar cuál es la información que contiene el campo de dirección. Así, este indicador puede ser subdividido en los subcampos siguientes (en orden empezando por el primer bit):

- **Indicador del código de punto, PCI (1 bit).** Este bit es igual a 1 si el campo de dirección contiene el PC y 0 si no lo contiene.
- **Indicador del número de subsistema, SSNI (1 bit).** Este bit es igual a 1 si el campo de dirección contiene el SSN y 0 si no lo contiene.
- **Indicador del título global, GTI (4 bits).** La dirección puede contener la dirección en formato GT o en formato PC+SSN. Cuando la dirección no contiene el GT, entonces GTI es igual a 0000. En el caso de que la dirección sí que contenga el GT, este GT puede presentar diversos formatos y, por tanto, diferentes valores del GTI. Siempre que el GTI sea diferente de 0000, la dirección contiene el GT (título global). Hay varios tipos de traducción

Podéis encontrar los valores exactos para cada uno de los campos en la Recomendación Q.713.

del título global. Cuando el GTI difiere de 0000, gracias a su valor es posible determinar el tipo de la traducción que hay que utilizar para obtener, a partir del GT, el PC+SSN.

- **Indicador de direccionamiento, RTI (1 bit).** Este bit es igual a 0 si el direccionamiento se hace mediante GT y 1 si se hace según el PC+SSN.
- El último bit está reservado para uso nacional.

En función del valor de los dos primeros bits, el campo de dirección contendrá el PC y el SSN, alguno de los dos o ambos. También en función del valor de GTI, la dirección presentará varias configuraciones que determinarán cómo hacer la traducción desde el título global hasta la combinación PC y SSN.

Hay que tener en cuenta que la traducción completa del título global se puede hacer en un único paso o en varios pasos mediante las traducciones intermedias. La traducción en un solo paso es inmediata: un punto de señalización requiere la traducción a un segundo punto de señalización o la hace él mismo y consigue, a partir del título global, el PC y el SSN. La traducción, sin embargo, también se puede hacer por partes: la primera petición realiza una traducción parcial que, al mismo tiempo, permite redireccionar la petición tantas veces como sea necesario hasta llegar a un punto de señalización con la capacidad para hacer la traducción completa; una vez hecha la traducción, la respuesta es enviada hacia el punto de señalización que ha hecho la petición inicial.

7. Transaction Capabilities Application Part (TCAP)

La pila de protocolos SS7 determina que por encima de la SCCP está la *Transaction Capabilities Application Part* (TCAP). Esta parte, también del nivel cuatro de la pila SS7, utiliza las funciones que pone a su disposición la SCCP (que, a su vez, utiliza el MTP) para permitir la comunicación entre dos aplicaciones ubicadas en puntos de señalización diferentes*.

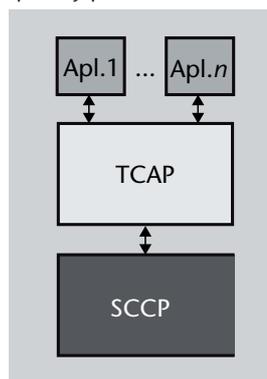
* Normalmente, cuando nos referimos a las aplicaciones, en lugar de utilizar la denominación *punto de señalización* se utiliza la denominación de *nodo*.

La comunicación entre la TCAP de dos nodos diferentes se hace mediante mensajes TCAP. Para establecer una comunicación entre los dos nodos pueden ser necesarios (en función del tipo de comunicación, como veremos más adelante) varios mensajes. El conjunto de mensajes TCAP es llamado **transacciones** (*transactions*). Asimismo, dentro de cada mensaje, los elementos de información que se transportan se llaman **componentes** (en inglés, *component*).

La TCAP puede ser considerada como una capa intermedia entre el SCCP y el conjunto de aplicaciones, también llamadas entidades de aplicación. Al mismo tiempo, sin embargo, la TCAP también puede ser considerada ella misma una aplicación o entidad de aplicación. Es importante darse cuenta de que las aplicaciones que pueden emplear la señalización SS7 pueden ser muy diversas. Para simplificar el funcionamiento y estandarizarlo, la TCAP define un conjunto de transacciones independientes de la aplicación que las utiliza. La información que transporta cada mensaje dentro de sus componentes será la que utilicen las diferentes aplicaciones para comunicarse con las aplicaciones presentes en los otros nodos.

La relación de la TCAP con la capa inferior (SCCP) y superior (aplicaciones) es la que se ve en la figura 30. Tal como hemos hecho hasta ahora, usaremos la nomenclatura de usuario SCCP (*SCCP user*) para TCAP y usuario TC (*TC user*) para las aplicaciones que usan las funciones que pone a disposición TCAP.

Figura 30. Relación de TCAP con SCCP y las aplicaciones que hay por encima



Centrándonos un poco en TCAP, se considera que TCAP consta de dos subcapas: la subcapa de componente (*Component sublayer*) y la subcapa de transacción (*Transaction sublayer*). Por un lado, la subcapa de componente se ocupa de la encapsulación de los diversos componentes en *Application Protocol Data Units* (APDU). Estos componentes (o APDU) son las partes del diálogo establecido entre los usuarios TC distantes (las aplicaciones). Por otra parte, la subcapa de transacción tiene la función de determinar, en función de las primitivas que recibe desde las aplicaciones, cuáles son las transacciones que deben establecerse entre las capas TCAP de dos nodos para que pueda haber un diálogo (el intercambio de las APDU encapsuladas en la subcapa de componente) entre las aplicaciones que utilizan TCAP (los usuarios TC). Estas transacciones, obviamente, suponen el intercambio de un conjunto de componentes en una o en ambas direcciones.

Las funciones que desarrolla cada subcapa hacen que la subcapa de componente reciba primitivas de los usuarios TC y sea un usuario TR (usuario de la subcapa de transacción), mientras que la subcapa de transacción reciba primitivas de la subcapa de componente y sea un usuario SCCP.

El funcionamiento de TCAP (y de sus dos subcapas) se basa en la existencia de dos tipos diferentes de primitivas entre el TCAP y el usuario TC. Estas primitivas son las primitivas de gestión de los componentes y las primitivas de gestión del diálogo. Las primitivas de gestión de los componentes son aquellas que permiten el intercambio de información que debe ser incluida (o extraída, en función de la dirección de la primitiva) en los componentes de los mensajes TCAP. En cuanto a las primitivas de gestión del diálogo, en primer lugar hay que aclarar qué es un diálogo. Mientras que la comunicación entre el TCAP de dos nodos diferentes se define como transacción, la comunicación entre dos usuarios TC se denomina diálogo. Dicho esto, las primitivas de gestión del diálogo son aquellas que desencadenan la transferencia de información entre los usuarios TC de los dos nodos. Dicho de otro modo, las primitivas de gestión del diálogo son las que hacen que se transmita un mensaje TCAP.

Para que quede más claro, imaginemos dos nodos que se comunican entre sí. Uno de los usuarios TC empieza a enviar primitivas de gestión de componentes hacia su TCAP. En concreto, el usuario TC envía estas primitivas hacia la subcapa de componente. Esta subcapa de componente no envía ninguna primitiva hacia la subcapa de transacción hasta que recibe una primitiva de gestión del diálogo. La subcapa de componente, al recibir la primitiva de diálogo, transfiere todos los componentes que ha recibido y la información contenida en la primitiva de gestión del diálogo hacia la subcapa de transacción. Esta transferencia de información se hace mediante las llamadas primitivas TR (*TR primitives*). La subcapa de transacción estructura el mensaje TCAP y lo transfiere hacia el SCCP.

7.1. Formato de los mensajes de TCAP

Antes de empezar conviene señalar que, como sucede con la mayoría de protocolos SS7, hay diferencias entre las variedades regionales del SS7, entre las cuales el estándar de la ITU-T y del ANSI (Estados Unidos de América) son las más extendidas. En el caso de la TCAP, las diferencias son sustanciales y en este módulo haremos referencia exclusivamente al estándar de la ITU-T.

ITU-T y el ANSI

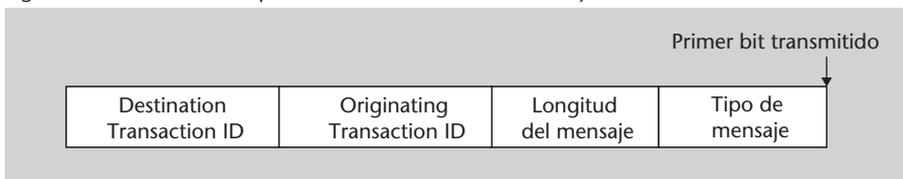
Las diferencias principales entre el estándar de la ITU-T y el del ANSI están en el número de mensajes, el nombre con que se conocen estos mensajes o la longitud de los campos. Aún así, a pesar de estas diferencias, funcionalmente las variaciones son poco significativas y deberíamos ser capaces de entender los mismos procedimientos tanto en el estándar de la ITU-T como el del ANSI.

El formato de los mensajes TCAP responde a las características que hemos comentado hasta ahora. Recordemos que los puntos clave que hemos señalado hasta ahora son que entre la TCAP de dos nodos se establece una transacción, que entre los usuarios TC (por encima de la TCAP) se establece un diálogo, y que las unidades de información que se intercambian entre el usuario TC y la TCAP se denominan componentes. La estructura de los mensajes TCAP se ajusta a estas características y por lo tanto contiene tres campos:

- La parte de transacción.
- La parte de diálogo.
- La parte de componente.

Empecemos por la **parte de transacción**. Esta parte del mensaje tiene la función de identificar la transacción a la que pertenece el mensaje (recordemos que las transacciones pueden ser definidas como un conjunto de mensajes TCAP), el nodo que lo origina y el nodo al que va destinado. Por este motivo la estructura básica de esta parte es tal como se muestra en la figura 31. Más adelante podremos ver que, en función de los diversos tipos de mensajes TCAP, los campos *Originating Transaction ID* (OTID) y *Destination Transaction ID* (DTID) no siempre son obligatorios, y por lo tanto pueden tener dos identificadores, solo un identificador o ninguno de los identificadores.

Figura 31. Estructura de la parte de transacción de los mensajes TCAP



Empezamos por el campo de longitud. Este campo contiene la longitud (expresada en bytes) de todo el mensaje TCAP, no solo la parte de transacción, sino también la parte de diálogo y de componente.

En cuanto al identificador de origen de la transacción, el procedimiento utilizado por el TCAP es similar al utilizado por el SCCP orientado a conexión para

escoger el SLR. En concreto, cuando un nodo inicia una transacción le asigna un identificador de manera local. A partir de este momento el identificador no se puede volver a emplear para identificar una transacción en este nodo hasta que la transacción actual finalice. Una vez finalizada, el identificador queda libre y se puede volver a utilizar. Este parámetro es variable, y puede tener una longitud de entre 1 y 4 bytes. Cada uno de estos dos identificadores está formado, a su vez, por tres subcampos: la etiqueta o *tag*, que permite saber si se trata del identificador de origen o de destino; la longitud del identificador; y finalmente el identificador propiamente dicho. La estructura que presenta el identificador se conoce como *elemento de información primitivo*.

Volviendo al primero de los campos de la parte de transacción, es decir, al tipo de mensaje que se ve en la figura 31, el protocolo TCAP de la ITU-T prevé 5 tipos diferentes de mensajes, y por tanto el primero de los campos de la parte de transacción puede tomar 5 valores diferentes. Estos tipos de mensajes son:

- **Unidireccional** (*Unidirectional*). Este mensaje es enviado de la TCAP de un nodo a la del otro sin que el nodo de origen espere ninguna respuesta. Por este motivo (porque la transacción se reduce a un mensaje) la parte de transacción no contiene ni *Originating Transaction ID* ni *Destination Transaction ID*.
- **Iniciar** (*Begin*). Este mensaje tiene la función de iniciar una transacción entre dos nodos. Como inicialmente todavía no ha habido intercambio de mensajes entre los dos nodos y el identificador de transacción se hace localmente, solo contiene el *Originating Transaction ID*.
- **Finalizar** (*End*). Este mensaje tiene la función de finalizar una transacción en curso. No contiene el *Originating Transaction ID* y sí el *Destination Transaction ID*. Recordemos que el *Destination Transaction ID* del nodo que transmite el mensaje es igual que el *Originating Transaction ID* del nodo que lo recibe y, por tanto, con este identificador el nodo que recibe un mensaje de finalización puede identificar la transacción.
- **Continuar** (*Continue*). Este mensaje permite intercambiar información entre dos nodos mientras la transacción está en curso. Es por este motivo que el mensaje contiene tanto el identificador de transacción de origen como el de destino.
- **Abortar** (*Abort*). Este mensaje permite finalizar una transacción de manera abrupta cuando aparece una situación anormal. De la misma manera que el mensaje de finalizar, solo contiene el identificador de transacción de destino.

La segunda parte del mensaje TCAP, la **parte de diálogo**, contiene la información que se intercambian dos usuarios TC, y es opcional. Esta información permite que los usuarios se informen del nombre del contexto de aplicación

Diferencias entre ANSI y ITU-T

Las diferencias entre los dos estándares están principalmente, pero no solo, en la nomenclatura. Así, la denominación de cada uno de los tipos de mensajes TCAP difiere ligeramente. En concreto, el mensaje *begin* (ITU-T) equivale al mensaje *query* (ANSI), *end* (ITU-T) a *response* (ANSI), y *continue* (ITU-T) a *conversation* (ANSI).

(qué aplicación establece el diálogo), la versión del protocolo empleado, información diversa del usuario, información sobre el aborto de un diálogo (si fuera el caso), o la respuesta a una petición de información entre usuarios TC. Esta información recibe la denominación de *Application Protocol Data Unit* (APDU).

El diálogo puede ser de dos tipos diferentes: un diálogo estructurado o un diálogo desestructurado. En cuanto al diálogo estructurado, este diálogo constará de mensajes en ambas direcciones. En cambio, el diálogo desestructurado no espera respuesta del otro nodo extremo. En cuanto a la estructura de la parte de diálogo (si lo hay), tiene la estructura propia de un elemento de información constructor.

La **parte de componente** es utilizada para el intercambio de *Operational Protocol Data Units* (OPDU) entre la capa TCAP de dos nodos. Hay cuatro tipos diferentes de OPDU:

- **Invocar** (*Invoke*). Este componente solicita que se ejecute alguna acción en la TCAP extrema.
- **Devolver resultado** (*Return result*). Una vez recibido un OPDU de invocar, este componente permite intercambiar el resultado de la solicitud previa.
- **Devolver error** (*Return error*). Este componente permite informar de un error.
- **Rechazar** (*Reject*). Este componente es intercambiado cuando, por algún motivo, se ha recibido un componente inesperado (errores del protocolo, etc.).

Gracias a la utilización de estos cuatro tipos de componente, y particularmente gracias a los tres primeros, TCAP define cuatro clases de operaciones: la **clase 1** se caracteriza por la confirmación tanto del éxito como del error en el intercambio del mensaje; la **clase 2** solo requiere que se confirme la recepción correcta del mensaje; la **clase 3** solo anuncia el error en el intercambio; y finalmente, la **clase 4** se caracteriza por no confirmar la recepción de un mensaje, sea de manera correcta o de manera errónea.

En cuanto a la estructura de esta parte, es un poco más compleja que la de las dos partes precedentes, pero sigue la misma lógica. Así pues, la parte de componente contiene los siguientes campos:

- **Etiqueta**, que designa e identifica el inicio de esta parte.
- **Longitud** de toda la parte de componente expresada en bytes.
- **Contenido**, estructurado como se explica a continuación.

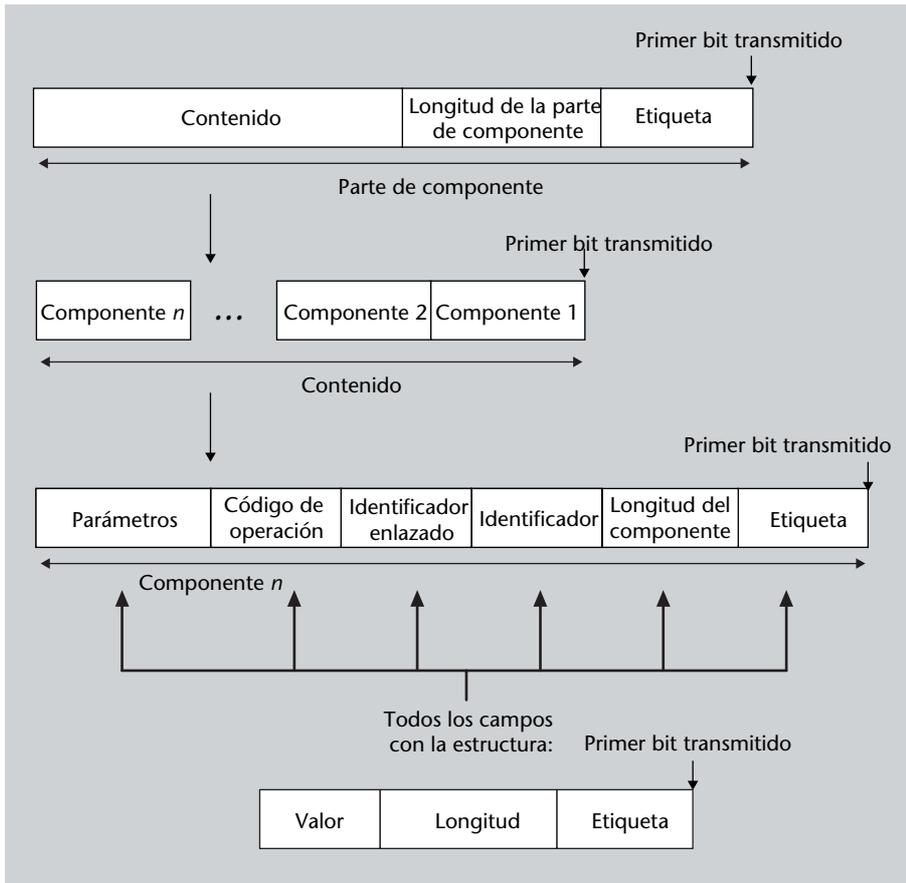
El contenido de la parte de componente tiene una longitud variable, y está formado por uno o más componentes, también llamados OPDU (y que por tanto pueden ser del tipo *invoke*, *Return result*, etc.). Es importante destacar que cada uno de los componentes se estructura como un elemento de información

Elementos de información primitivo y de información constructor

Un elemento de información primitivo es un "parámetro" con la estructura: etiqueta, longitud y valor. Un elemento de información constructor es un conjunto de "parámetros" cada uno estructurado como un elemento de información primitivo. En este caso la estructura es la siguiente: etiqueta del constructor, longitud del constructor, y sucesión elementos primitivos (cada uno con etiqueta, longitud y valor).

constructor, y por lo tanto puede presentar varios elementos de información primitivos. Cada uno de estos componentes, al mismo tiempo, tiene una estructura que consta de los siguientes campos: etiqueta, longitud, identificador (se trata de un identificador y por tanto también se estructura en etiqueta, longitud y valor del identificador), identificador enlazado, código de operación y parámetros. Para explicarlo con más detalle, observemos la estructura de una manera visual en la figura 32.

Figura 32. Estructura de la parte de componente de los mensajes TCAP



Estructura de los mensajes TCAP

Nótese que la estructura de TCAP (en cada una de sus partes) se basa en una unidad llamada elemento de información primitivo, un conjunto de los que pueden formar un elemento de información constructor. Es por este motivo que la estructura del mensaje TCAP, tal como se puede observar en la parte de componente mostrada en la figura 32, es anidada.

La figura 32 nos debe servir para analizar un poco más cada campo de la parte de componente del mensaje TCAP. Observando la figura, dentro de la parte de componente la etiqueta y la longitud tienen funciones claras: señalar el inicio de la parte de componente (identificándola como tal) y determinar su longitud total. En cuanto al contenido, se puede constatar que los mensajes TCAP pueden contener varios componentes.

Si nos centramos en un componente en concreto, volvemos a encontrar la misma estructura de etiqueta y longitud. La etiqueta, a nivel de componente, determina de cuál de los cuatro tipos de OPDU se trata el componente: invocar, devolver resultado, devolver error y rechazar. Seguidamente, se transmiten el identificador y el identificador enlazado. Cada nodo, localmente, asigna un identificador diferente para cada operación. Nuevamente, estos identifica-

dores pueden ser reutilizados una vez finalizada la operación que lo utilizaba. Como este identificador es local, a fin de que en ambos nodos se pueda identificar la operación a la que hace referencia un componente particular, se utiliza el identificador para diferenciar la operación a nivel local y el identificador enlazado para señalar a qué operación responde (con identificador elegido localmente en el otro nodo).

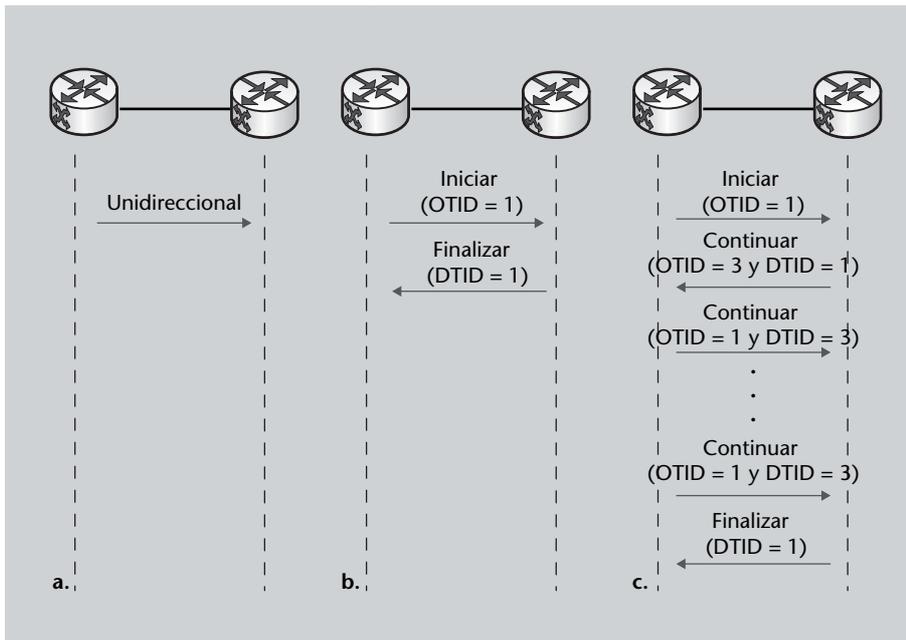
En cuanto al código de operación, se trata de un campo que permite identificar la operación concreta. Por ejemplo, si se trata de un componente de invocar o continuar, identifica qué operación debe ser invocada o continuada. Los parámetros, por su parte, contienen la información adicional que pueda ser requerida.

7.2. Establecimiento y finalización de transacciones

Las transacciones suelen constar de dos mensajes TCAP: uno para iniciar y otro para finalizar. Aún así, también es posible que haya uno solo (si el mensaje es unidireccional) o más de dos (si el intercambio de información entre las aplicaciones de los dos nodos no se puede llevar a cabo solo con dos mensajes e incluye mensajes de continuar). Miremos, pues, cómo sería el establecimiento y la finalización de una transacción en la figura 33.

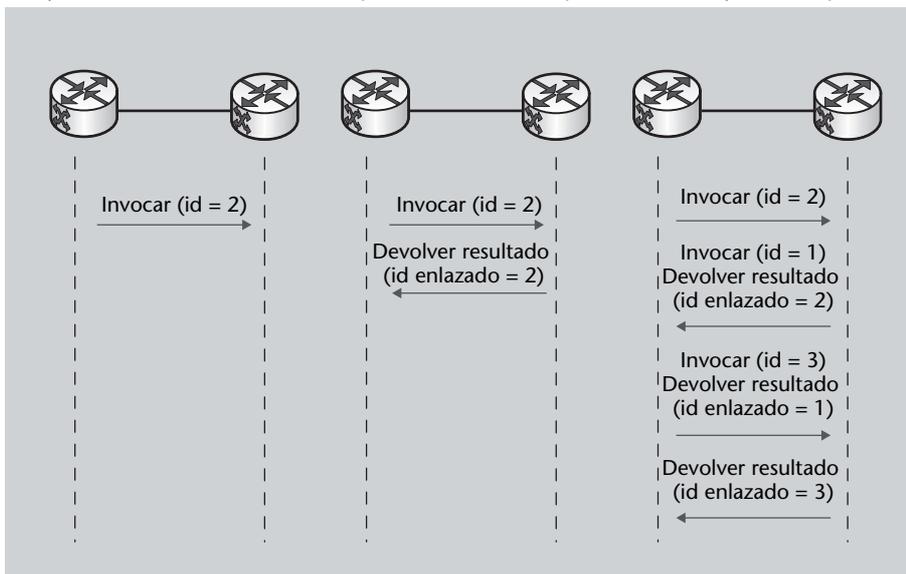
En un primer momento solo miramos la parte de transacción del mensaje TCAP. Tal como se puede observar, hay transacciones que constan de un único mensaje TCAP, como la de la figura 33 (a). Mirando los campos de la parte de transacción, el mensaje tiene la etiqueta de *unidirectional* y no contiene identificador de transacción, ni de origen ni de destino. Hay que destacar que estos identificadores tienen la función de permitir la identificación de los mensajes de una misma transacción. Cuando el mensaje es unidireccional, la transacción solo contiene un mensaje y, por tanto, no se necesitan identificadores. La situación de la figura 33 (b) es la más habitual, donde hay un mensaje de inicio de la transacción y un mensaje de finalización. En este caso las etiquetas de cada mensaje son *begin* y *end*, respectivamente. El mensaje de inicio sí que incorpora un *Originating Transaction ID* (OTID) seleccionado localmente que permitirá identificar las respuestas del nodo de destino que formen parte de la misma transacción. Es por este motivo que el mensaje de final contiene un *Destination Transaction ID* (DTID) igual al OTID del mensaje de inicio. La última de las situaciones es aquella en la que los dos nodos requieren más de un mensaje en cada dirección para intercambiar la información. Esta situación hace necesaria la utilización de mensajes de *continue*. Hay que prestar atención al hecho de que los mensajes de continuar sí incorporan tanto la OTID como el DTID, cada uno seleccionado localmente en uno de los nodos. Obviamente, el identificador que para un nodo es el de origen, para el otro es el de destino, y viceversa.

Figura 33. Mensajes TCAP enviados en una transacción: (a) con un único mensaje, (b) con dos mensajes; (c) con múltiples mensajes.



Las mismas situaciones analizadas desde el punto de vista de los campos de la parte de transacción, también se pueden analizar desde el punto de vista de los campos de la parte de componente. Supongamos la situación de la figura 33 (a). La figura 34 (a) muestra el valor de los campos de la parte de componente, donde se envía un componente *invoke* que, en este caso, no espera respuesta. El hecho de que, en este caso, el nodo de origen no requiera respuesta hace que en la parte de transacción del mensaje se identifique como un mensaje unidireccional. En este caso, el identificador es elegido en el nodo de origen a partir del conjunto de identificadores que todavía no utiliza.

Figura 34. Mensajes TCAP enviados en una transacción, centrándonos en la parte de componente: (a) con un único mensaje; (b) con dos mensajes; (c) con múltiples mensajes.



El segundo caso (figura 34 (b)) responde a la situación mostrada en la figura 33 (b). En concreto, la invocación generada y enviada por el nodo de origen requiere una respuesta. Fijémonos que el componente de invocación formaría parte de un mensaje de *begin*, mientras que el componente de retorno de resultado formaría parte de un mensaje de *end*. El punto más destacable es, en el segundo de los mensajes, el valor del identificador enlazado. La respuesta enviada hacia el nodo que ha originado la operación debe permitir a este nodo saber que el resultado recibido es la respuesta a su invocación previa. Esta función la lleva a cabo gracias al valor del campo de identificador enlazado.

En último lugar, la figura 34 (c) muestra la situación en que una transacción está formada por más de dos mensajes TCAP. Para entender la figura hay que tener claros los siguientes puntos:

- Un mensaje TCAP, en la parte de componente, puede incluir diversos componentes. Por esta razón en la figura 34 (c) hay mensajes que contienen un componente *invoke* y un componente *return result*.
- El primero y el último mensaje tienen las etiquetas de la parte de transacción iguales a *begin* y a *end*, respectivamente. Para el resto esta etiqueta es igual a *continue*.
- Cada vez que se realiza una invocación, el identificador se selecciona localmente en el nodo de origen. De la misma manera, cada vez que se intercambia un componente de retorno de respuesta, se utiliza un identificador enlazado igual al identificador de la invocación a la que responde.

7.3. Ejemplos de aplicaciones o usuarios TC

Con el protocolo TCAP se puede dar por concluida la explicación de la pila de protocolos SS7. A pesar de todo, y tal como hemos visto en este apartado, la TCAP es una capa intermedia que permite a otras aplicaciones utilizar la red de señalización SS7. Es por este motivo que en los subapartados siguientes hacemos una breve introducción a las dos aplicaciones más destacadas que utilizan TCAP: las redes inteligentes y las redes de comunicaciones móviles.

La flexibilidad de los protocolos de señalización definidos por el SS7 ha sido capaz de permitir acomodar aplicaciones de características tan diferentes.

7.3.1. Las redes inteligentes

El concepto de red inteligente es un concepto aparecido en la década de los ochenta en Estados Unidos y que pretendía ofrecer, gracias a las capacidades

de los nodos de la época, nuevos servicios asociados a la telefonía fija. Estas capacidades de los nodos y de las redes permitían que la información residiera en un conjunto pequeño de nodos y que el resto de nodos accedieran a esta información a través de peticiones.

Principalmente, la estandarización de las redes inteligentes siguió, tal como la mayoría de protocolos que hemos visto, un doble proceso de estandarización. Por un lado en Europa y por el otro en Estados Unidos. Como hemos estado viendo hasta el momento, el estándar global es aquel que desarrolla la ITU-T, aunque en las diferentes regiones geográficas se desarrollen variaciones regionales. En concreto, para las aplicaciones de redes inteligentes que utilizan TCAP-SCCP-MTP (o, utilizando la nomenclatura propia de la red SS7, los usuarios TC) el estándar europeo es el llamado *Intelligent Network Application Part* (INAP), mientras que el estándar americano es el llamado *Advanced Intelligent Network* (AIN).

Aunque la denominación *red inteligente* pueda llevar a equívocos, hay que tener claro que las redes inteligentes en ningún caso han sustituido las redes conmutadas de telefonía (RTC), sino que más bien han sido superpuestas a las existentes RTC para poder ofrecer nuevos servicios a los abonados.

Esta superposición se ha traducido, en la práctica, en la incorporación de nuevos nodos en la red y el desplazamiento de algunas de las funcionalidades de determinados puntos de señalización hacia otros nodos/puntos de señalización.

Para entender cómo se integra esta nueva red en las redes existentes, conviene destacar que la ITU-T, en su modelo conceptual de red inteligente, describe cuatro planos diferentes: el plano de servicio, el plano funcional global (*Global Functional Plane*, GFP), el plano funcional distribuido (*Distributed Functional Plane*, DFP), y el plano físico. Veámoslos:

- El **plano de servicio** del modelo conceptual queda completamente desvinculado de la arquitectura de la red. Se define únicamente desde el punto de vista del usuario. Para ello, la definición de los servicios se realiza mediante las llamadas características de servicio (o en inglés *Service Features*, SF).
- El **plano funcional global**, por su parte, no define los servicios en términos de SF sino en términos de *Service-Independiente building Blocks* (SIB). En concreto, un servicio puede ser construido/definido como un conjunto de SIB. La relación entre los SIB del plano funcional global y los SF del plano de servicio está en el hecho de que cada uno de los SIB contiene uno o varios SF. En este plano aún no se puede considerar que haya una relación entre los SIB y los elementos físicos de la red, que mencionaremos a continuación al hablar del plano físico.

Los cuatro planos son descritos en las recomendaciones de la ITU-T entre la Q.1202 y la Q.1205.

- El **plano funcional distribuido**, dentro del modelo conceptual, define o construye un modelo de la red inteligente basado en *Functional Entities* (FE). Estas entidades funcionales hacen acciones e intercambian información. La relación con el plano anterior es importante, ya que las diferentes entidades realizan acciones e intercambian información para implementar los SIB definidos en el plano funcional global. Estas entidades todavía no están unívocamente relacionadas con nodos físicos, pero es el paso intermedio entre la definición de los servicios completamente independiente de la estructura de la red que se hace en los planos de servicio y funcional global, y su implementación en la capa física.
- El **plano físico** es, finalmente, el conjunto de entidades físicas (*Physical Entities*, PE) que forman la red (nodos y enlaces). La diferencia entre el plano funcional distribuido y el plano físico es que, mientras que las relaciones y las entidades del primero son lógicas, las del segundo son físicas. Así pues, algunos de los flujos de información y de las entidades del plano funcional distribuido se implementan en entidades físicas diferentes, y otras en una única entidad física.

Unos de los aspectos clave de las redes inteligentes son, como no podía ser de otra manera, tanto los nodos como la estructura de las redes existentes. Conviene recordar que las redes inteligentes no son redes que sustituyen a las redes de telefonía ya existentes, sino que se superponen a las existentes, añaden nodos nuevos y ofrecen nuevas funcionalidades. Las redes de telefonía son muy extensas y, en consecuencia, heterogéneas. Su implantación y extensión no ha sido abrupta sino que ha sido progresiva, con lo cual una misma red cuenta con nodos modernos, antiguos, con más funcionalidades, etc. Es precisamente en este contexto en el que las redes inteligentes fueron desplegadas.

Como no todos los nodos de la red son capaces de llevar a cabo las funciones necesarias para ofrecer todos los servicios propios de las redes inteligentes, la ITU-T definió cuatro conjuntos de capacidades (en inglés llamados *Capability Sets*) conocidos como CS-1, CS-2, CS-3 y CS-4. Cada uno de estos conjuntos debe ser visto como la respuesta a un proceso de implantación por fases de las redes inteligentes.

El conjunto de capacidades CS-1 está definido para que pueda ser ofrecido en redes que no cuentan con todos los nodos y funciones propios de las redes inteligentes. El punto que es necesario destacar es que las capacidades CS-1 fueron definidas sin hipótesis *a priori* para que pudieran evolucionar hacia conjuntos de capacidades posteriores, como CS-2, CS-3 y CS-4. Adicionalmente, es necesario dejar claro que los conjuntos de capacidades tienen un impacto importante sobre los distintos planos del modelo conceptual definido por la ITU-T. Entrar en detalles no es la intención de esta asignatura, pero se pueden encontrar en las Recomendaciones de la ITU-T relativas a las re-

Redes inteligentes

Las Recomendaciones relativas a las redes inteligentes son las Recomendaciones que van entre la Q.1200 y la Q.1699.

des inteligentes. El conjunto de servicios previstos para la CS-1 es extenso y contiene servicios como por ejemplo la marcación abreviada, las llamadas con tarjeta, la facturación automática, la distribución de llamadas, la conferencia, la finalización de llamadas para abonados ocupados, las llamadas con tarjeta de crédito, el direccionamiento por destino, el desvío de llamada, el cobro revertido, la identificación de llamadas, las llamadas masivas, la selección de llamadas por origen, el reenvío selectivo, etc.

La definición del CS-2 es muy similar a la del CS-1, y añade servicios como el cobro revertido entre redes, la llamada en espera, la línea directa, el televoto entre redes, la red virtual global, la transferencia de llamada, etc.

En cuanto al CS-3, se trata del primero de los conjuntos de capacidades que aborda los aspectos relacionados con servicios y aplicaciones que emplean IP.

Finalmente, el CS-4 profundiza un poco más en el interfuncionamiento con servicios y aplicaciones basadas en IP, y en particular el servicio de VoIP.

7.3.2. Las redes de comunicaciones móviles

Sin duda las redes de comunicaciones móviles han tenido un enorme impacto en la vida y las costumbres de la población mundial. Aunque la primera generación (NMT, AMPS, etc.) de telefonía móvil tuvo un índice de penetración bajo o inexistente en la mayoría de países –en muchos países nunca se llegó a desarrollar la red de primera generación–, la segunda generación supuso la implementación definitiva de estas redes a escala mundial. El estándar que más éxito ha tenido ha sido el europeo, conocido como GSM, pero ha habido otros, como D-AMPS o IS-95. Después de la segunda generación y de las sucesivas mejoras (GPRS, EDGE, etc.), la tercera generación (IMT-2000) y la actual cuarta generación han acabado consolidando la importancia de las comunicaciones móviles, inicialmente para conexiones de voz y posteriormente para comunicaciones de datos.

Las redes de comunicaciones móviles presentan, por definición, muchas funcionalidades que requieren señalización. Aspectos como la movilidad y la autenticación supusieron nuevos retos para estas redes y para la señalización asociada. Así, en el caso de GSM, la aplicación que utiliza las capas SS7 inferiores (o usuario TC) es definida como *Mobile Application Part* (MAP).

Como estas funcionalidades ya se explican en la asignatura correspondiente, este módulo no tiene la intención de volverlas a explicar. No obstante, sí se quiere dar una pequeña pincelada a la relación que existe entre la pila de protocolos SS7 y estas funcionalidades de las redes de comunicaciones móviles.

Hay varios nodos que intervienen en la señalización de la red de GSM (o GPRS), como el BTS (*Base Transceiver Station*), BSC (*Base Station Controller*), MSC (*Mobile Switching Center*), AUC (*Authentication User Center*), HLR (*Home Location Register*), VLR (*Visitor Location Register*), EIR (*Equipment Identification Register*), GGSN (*Gateway GPRS Support Node*) o SGSN (*Serving GPRS Support Node*). Todos estos nodos son los que permiten la gestión de la movilidad de los usuarios, el envío de mensajes, la identificación y autenticación, etc. La señalización entre estos se hace mediante el MAP y, por tanto, sobre SS7.

En cuanto a la tercera generación, las cosas son ligeramente diferentes. La irrupción progresiva de las conexiones de datos y de la voz sobre IP, así como un cambio en la arquitectura de la red con la aparición de varios nodos nuevos (como por ejemplo el RNC, *Radio Network Controller*) y la redistribución de funcionalidades entre los nodos, han hecho cambiar ligeramente las cosas. Así, los nuevos protocolos de aplicación por encima de TCAP para UMTS (el estándar europeo de tercera generación) son, por ejemplo, el RANAP (*Radio Access Network Application Part*), el RNSAP (*Radio Network Subsystem Application Part*), o el NBAP (*Node B Application Part*), todos basados en el SS7 y el MAP.

En cuanto a la cuarta generación, llamada LTE (*Long Term Evolution*), los protocolos de señalización ya no se basan en la SS7, y se ha optado por otros protocolos. Por lo tanto, hay que constatar que la importancia y el impacto de la SS7 decrecerá de cara al futuro para las redes de comunicaciones móviles.

SMS

El servicio de SMS *Short Message Service* es uno de los servicios ofrecidos a GSM que más éxito tuvo antes de la aparición de las comunicaciones de datos de banda ancha, utiliza los canales de control de GSM y, en consecuencia, los protocolos SS7.

Resumen

En este módulo hemos podido estudiar cuáles son los motivos que llevaron al desarrollo de un estándar mundial de señalización de la red de telefonía fija. De la misma manera, sin embargo, también hemos podido observar cómo las necesidades aparecidas en el ámbito de las comunicaciones telefónicas (como por ejemplo la digitalización del bucle local con la RDSI) hicieron crecer el conjunto de protocolos que componen el estándar SS7. Así, se pasó de una capa 4 con la TUP, a una capa 4 con la ISUP, el SCCP y la TCAP, que otorgan una gran flexibilidad para convertirse en la red/protocolo de señalización de numerosos sistemas (como, por ejemplo, las redes inteligentes o de comunicaciones móviles).

El estándar de señalización SS7 tiene como objetivo implementar una red paralela de señalización basada en el concepto de la señalización CCS. Es por este motivo que el módulo nos ha mostrado cuáles son los puntos de señalización de una red basada en el estándar SS7, así como el conjunto y la denominación de los diversos enlaces que los unen entre sí.

En cuanto a la pila de protocolos, se ha podido constatar que la distribución en capas no responde a la distribución del modelo OSI. Mientras que las tres primeras capas del modelo OSI pueden ser equiparables a los niveles 1, 2 y 3 del SS7 (las capas MTP1, MTP2 y MTP3), las funciones propias del resto de capas del modelo OSI recaen en un único nivel del SS7: el nivel 4. Es importante destacar, sin embargo, que el nivel 4 está formado por un conjunto de protocolos que dan una gran flexibilidad al estándar SS7.

Las capas MTP1, MTP2 y MTP3 son las encargadas de hacer llegar las unidades de señalización de un punto de señalización a otro. En particular, más allá de la capa MTP1 (la capa física del SS7), la capa MTP2 se encarga de gestionar la transmisión/recepción de unidades de señalización de manera secuencial y sin errores. Para llevar a cabo esta función, MTP2 implementa dos mecanismos de corrección de errores (en función de la longitud del enlace y del máximo retardo permitido). La capa MTP3, por su parte, tiene el objetivo de direccionar los mensajes en función del estado de los enlaces (fallo, congestión o funcionamiento normal).

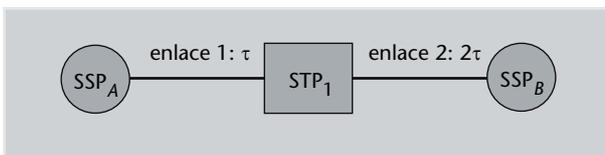
Una vez establecidas las tres primeras capas del estándar, el nivel 4 está formado por un conjunto de protocolos (usuarios de las capas MTP) que permiten establecer la señalización para varias aplicaciones. Las partes/protocolos del nivel 4 pueden ser orientadas a conexión (TUP y ISUP) o bien no orientadas a conexión (las aplicaciones que utilizan el SCCP, como por ejemplo la TCAP y

la ISUP –que implementa funciones para comunicaciones orientadas a conexión y no orientadas a conexión mediante SCCP).

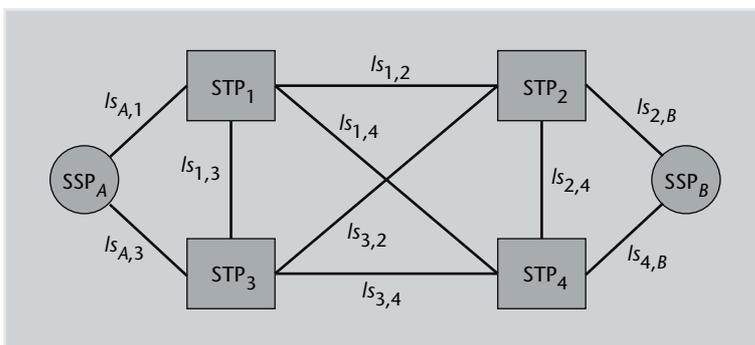
En el próximo módulo veremos cómo, a partir del estándar SS7, ha sido posible hacer frente a los nuevos retos planteados por la voz sobre IP (VoIP), y cómo, a pesar de la existencia de redes basadas en el protocolo SS7, la convergencia hacia el paradigma *All-IP* ha comenzado a cambiar la señalización tal como la entendíamos hasta hace unos años.

Ejercicios de autoevaluación

1. La pila de protocolos SS7 no se corresponde exactamente con el modelo OSI. Buscad el nombre y las funciones que desarrollan cada una de las siete capas del modelo OSI.
2. Reproducid el esquema de una red SS7 y explicad cuál es la función de cada punto de señalización y las diferencias entre los distintos tipos de enlaces.
3. Explicad los tres tipos de unidades de señalización y para qué se utiliza cada una.
4. Preguntas sobre los mecanismos de corrección de errores implementados en el MTP2.
 - a) Explicad cómo se puede seleccionar el mecanismo de corrección de errores.
 - b) Supongamos una red de señalización en la que las unidades de señalización deben pasar por los enlaces que se muestran en la figura. Supongamos que el retardo de transmisión del primer enlace es igual a τ y el del segundo es igual a 2τ .
 ¿Para qué valor de τ se usará la corrección básica de errores (BEC) o la retransmisión cíclica preventiva (PCR) si el retardo máximo permitido (para el conjunto de los dos enlaces) es igual a T_{max} ?



5. Los puntos de señalización se identifican mediante el código de punto. Indicad cuáles de los siguientes SANC son posibles y cuáles no:
 - a) 4-153
 - b) 1-267
 - c) 3-074
 - d) 8-001
6. Para la red de la figura, y teniendo en cuenta que los mensajes se transmiten desde el SSP_A (origen) hacia el SSP_B (destino), ¿por qué enlaces serían encaminados mensajes con los SLS siguientes y por qué?
 - a) SLS = 0000
 - b) SLS = 1010
 - c) SLS = 1111
 - d) SLS = 1100



7. En una llamada a través de una RTC y con la señalización TUP, ¿qué diferencias suponen que el tono de abonado ocupado se genere en la central local o en la central de destino?
8. ¿A qué hacen referencia los términos *Enbloc* y *Overlap*?
9. Los parámetros de los mensajes ISUP pueden ser de tres tipos. Indicad qué tipo de parámetros hay y cómo afecta su estructura.
10. Explicad las diferencias entre los dos métodos de señalización extremo a extremo de ISUP.

11. En el SCCP, ¿cómo se implementan las diferencias entre las clases 0 y 1, y entre las clases 2 y 3, respectivamente?
12. En una conexión SCCP, ¿podemos encontrarnos un mensaje con el SLR igual al DLR?

Glosario

ACM. Address Complete Message. Mensaje propio de la ISUP.

AIN. Advanced Intelligent Network. Estándar americano para las redes inteligentes.

AMPS. Advanced Mobile Phone System. Estándar de telefonía móvil de primera generación desarrollado en Estados Unidos.

ANSI. American National Standard Institute. Instituto de estandarización de los Estados Unidos de América.

APDU. Application Protocol Data Unit. Unidad de información utilizada por la subcapa de componente de la TCAP.

AUC. Authentication User Center. Nodo de la red GSM con funciones de autenticación.

BEC. Basic Error Correction. Mecanismo de corrección de errores implementado en la capa MTP2.

BIB. Backward Indicator Bit. Campo utilizado en el mecanismo de corrección de errores en la capa MTP2.

BSC. Base Station Controller. Nodo de la red GSM.

BSN. Backward Sequence Number. Campo utilizado en el mecanismo de corrección de errores en la capa MTP2.

BTS. Base Transceiver Station. Denominación que recibe la estación base en la red GSM.

CAS. Channel-Associated Signalling.

CBA. Changeback Acknowledgement. Mensaje de la capa MTP3 para reconocer el cambio de estado de un enlace.

CBD. Changeback Declaration. Mensaje de la capa MTP3 para anunciar el cambio de estado de un enlace.

CC. Connection Confirm. Mensaje de confirmación de conexión generado por la SCOC.

CCS. Common-Channel Signalling.

CCIS7. Common Channel Interoffice Signalling 7. Nombre que recibe el estándar SS7.

CCITT. Consultative Committee for International Telegraphy and Telephony. Organización predecesora de la actual ITU.

CHM. Changeover. Mensaje utilizado por las funciones SNM de la capa MTP3.

CIC. Circuit Identification Code. Campo contenido en los mensajes TUP y ISUP.

CID. Connection Identifier. Parámetro que SCCP utiliza para designar una conexión.

CK. Check Bits. Campo que permite la corrección de errores en una MSU.

COA. Changeover Acknowledgement. Mensaje de la capa MTP3.

COO. Changeover Order. Mensaje de la capa MTP3 que indica la indisponibilidad de un enlace.

CR. Connection Request. Mensaje de petición de conexión generado por la capa SCCP.

CRC. Cyclic Redundancy Check. Código detector de errores.

CREF. Connection Refused. Mensaje de denegación de conexión generado por la SCOC.

CS. Capability Set. Conjunto de capacidades definido para las redes inteligentes (CS-1, CS-2, CS-3 y CS-4).

C7. CCITT number 7. Nombre que recibe el estándar SS7 en algunos países europeos, como por ejemplo el Reino Unido.

CCSS7. Common Channel Signalling System 7. Nombre que recibe el estándar SS7 en Estados Unidos.

D-AMPS. Digital-Advanced Mobile Phone System. Estándar de telefonía móvil de segunda generación desarrollado en Estados Unidos.

DFP. Distributed Functional Plane. Plano funcional distribuido. Es uno de los cuatro planos definidos en el modelo conceptual de las redes inteligentes.

DLM. Data Link. Familia de mensajes definido por las funciones SNM.

DLR. Destination Local Reference. Campo utilizado en los mensajes de la SCOC.

DPC. Destination Point Code. Campo del *Routing label* del mensaje MTP3.

DTID. Destination Transaction ID. Identificación de la transacción en el nodo de destino en el mensaje de la TCAP.

DT1. Data Form 1. Mensajes de información utilizados por la clase 2 del SCCP.

DT2. Data Form 2. Mensajes de información utilizados por la clase 3 del SCCP.

DUP. Data User Part. Protocolo del nivel 4 del SS7 (actualmente desaparecido).

ECA. Emergency Changeover Acknowledgement. Mensaje de la capa MTP3.

ECM. Emergency Changeover. Familia de mensajes definido por las funciones SNM.

ECO. Emergency Changeover. Mensaje de la capa MTP3.

EDGE. Enhanced Data Rates for GSM Evolution.

EIR. Equipment Identity Register. Nodo de la red GSM.

FCM. Flow Control. Familia de mensajes definido por las funciones SNM.

FE. Functional Entity. Entidad en la que se basa el plano funcional distribuido.

FIB. Forward Indicator Bit. Campo utilizado en el mecanismo de corrección de errores en la capa MTP2.

FISU. Fill-In Signal Unit. Uno de los tres tipos de unidades de señalización.

FSN. Forward Sequence Number. Campo utilizado en el mecanismo de corrección de errores en la capa MTP2.

GFP. Global Functional Plane. Plano funcional global. Es uno de los cuatro planos definidos en el modelo conceptual de las redes inteligentes.

GGSN. Gateway GPRS Support Node. Nodo de la red GPRS.

GPRS. General Packet Radio Service. Sistema de telefonía móvil que permite conexión de datos a través de la red GSM.

GSM. Global System for Mobile communications. Estándar de comunicaciones móviles de segunda generación.

GT. Global Title. Título global. Formato de la dirección de un punto de señalización alternativa a la PC+SSN.

GTI. Global Title Indicator. Campo de las direcciones *Called Party Address* y *Calling Party Address*.

GTT. Global Title Translation. Mecanismo que permite convertir una dirección en formato GT a un formato PC+SSN.

HLR. Home Location Register. Nodo de la red GSM.

IAI. Initial Address Message with Additional Information. Mensaje de establecimiento de conexión en TUP y ISUP.

IAM. Initial Address Message. Mensaje de establecimiento de conexión en TUP y ISUP.

- IMT-2000.** International Mobile Telecommunications-2000. Conjunto de estándares de telefonía móvil de tercera generación.
- INAP.** Intelligent Network Application Part. Estándar europeo para las redes inteligentes.
- IP.** Internet Protocol.
- ISC.** International Switching Center.
- ISPC.** International Signalling Point Code. Dirección de un punto de señalización internacional.
- ISUP.** Integrated Services User Part. Protocolo del nivel 4 del SS7.
- IS-95.** Estándar de telefonía móvil estadounidense de segunda generación.
- ITU-T.** ITU - Telecommunications Standardization Sector. Se trata de una de las tres divisiones de la ITU.
- LI.** Length Indicator. Campo de longitud de una MSU.
- LSI.** Link Status Indicator. Tres bits del campo SF que indican el estado del enlace.
- LSSU.** Link Status Signal Unit. Uno de los tres tipos de unidades de señalización.
- LTE.** Long Term Evolution. Estándar de comunicaciones móviles de cuarta generación.
- MAP.** Mobile Application Part. Usuario TC.
- MIM.** Management Inhibiting. Familia de mensajes definida por las funciones SNM.
- MSC.** Mobile Switching Center. Nodo de la red GSM.
- MSU.** Message Signal Unit. Uno de los tres tipos de unidades de señalización.
- MTP.** Message Transfer Part. Protocolos MTP1, MTP2 y MTP3 de los niveles 1, 2 y 3 de SS7, respectivamente.
- NBAP.** Node B Application Part. Protocolo de señalización de telefonía móvil basado en la MAP.
- NMT.** Nordic Mobile Telephone. Estándar de telefonía móvil de primera generación desarrollado en los países escandinavos.
- NSDU.** Network Service Data Unit. Unidad de datos utilizado en el SCCP.
- NSPC.** National Signalling Point Code. Dirección de un punto de señalización nacional.
- NTUP.** National Telephone User Part. Cada una de las variedades nacionales de TUP.
- N7.** Signalisierungssystem Nummer 7. Nombre que recibe el estándar SS7 en Alemania.
- OPC.** Originating Point Code. Campo del *Routing label* del mensaje MTP3.
- OPDU.** Operational Protocol Data Unit. Unidad de datos de la parte de componente de la TCAP.
- OSI.** Open System Interconnection. Modelo de red dividido en siete capas.
- OTID.** Originating Transaction ID. Identificación de la transacción en el nodo de origen en el mensaje de la TCAP.
- PAM.** Pass-Along Method. Método de señalización extremo a extremo de la ISUP.
- PC.** Point Code.
- PCI.** Point Code Indicator. Campo de las direcciones *Called Party Address* y *Calling Party Address*.
- PCR.** Preventive Cyclic Retransmission. Mecanismo de corrección de errores implementado en la capa MTP2.

PE. Physical Entity. Cada uno de los nodos o enlaces del plano físico del modelo conceptual de las redes inteligentes.

POTS. Plain Old Telephone Service.

PSTN. Public Switched Telephone Network.

RANAP. Radio Access Network Application Part. Protocolo de señalización de telefonía móvil basado en la MAP.

RDSI. Red Digital de Servicios Integrados. Es la denominación castellana para el acrónimo inglés ISDN.

RES. Resume. Mensaje de reanudación de conexión en ISUP.

RLC. Release Complete. Mensaje de confirmación de finalización de conexión en SCCP.

RLSD. Released. Mensaje de finalización de conexión en SCCP.

RNC. Radio Network Controller. Nodo de la red UMTS.

RNSAP. Radio Network Subsystem Application Part. Protocolo de señalización de telefonía móvil basado en la MAP.

RSM. Routeset Test. Familia de mensajes definida por las funciones SNM.

RTC. Signalling Route Set Congestion Test Signal. Mensaje del MTP3 para la congestión del enlace.

RTC. Red Telefónica Conmutada. Es la denominación castellana para el acrónimo inglés PSTN.

RTI. Indicador de direccionamiento. Campo de las direcciones *Called Party Address* y *Calling Party Address*.

R1. Estándar de señalización previo al SS7.

R2. Estándar de señalización previo al SS7.

SAM. Subsequent Address Message. Mensaje de la TUP y la ISUP.

SANC. Signalling Area/Network Code. Campo de zona geográfica y área/red de un ISPC.

SCCP. Signalling Connection Control Part. Protocolo del nivel 4 del SS7.

SCLC. SCCP Connectionless Control. Una de las cuatro partes que forman el SCCP.

SCMG. SCCP Management. Una de las cuatro partes que forman el SCCP.

SCOC. SCCP Connection-Oriented Control. Una de las cuatro partes que forman el SCCP.

SCP. Service Control Point. Punto de señalización de la red SS7.

SCRC. SCCP Routing Control. Una de las cuatro partes que forman el SCCP.

SF. Status Field. Campo contenido en las LSSU.

SGM. Segmentation Message. Mensaje utilizado por la TUP y la ISUP.

SGSN. Serving GPRS Support Node. Nodo de la red GPRS.

SSN. Subsystem Number. Campo de dirección utilizado por el SCRC.

SSNI. Subsystem Number Indicator. Campo de las direcciones *Called Party Address* y *Calling Party Address*.

SI. Service Indicator. Es uno de los dos subcampos del SIE del mensaje MTP3.

SIB. Busy. Uno de los posibles valores del SF.

SIE. Emergency alignment. Uno de los posibles valores del SF.

- SIF.** Signalling Information Field. Campo de información de una MSU.
- SIN.** Normal alignment. Uno de los posibles valores del SF.
- SIO.** Service Information Octet. Campo de la MSU o del mensaje MTP3 que determina qué parte o aplicación del nivel 4 la ha generado.
- SIO.** Out of alignment. Uno de los posibles valores del SF.
- SIOS.** Out of service. Uno de los posibles valores del SF.
- SIPO.** Processor outage. Uno de los posibles valores del SF.
- SLC.** Signalling Link Code. Campo del *Routing label* del mensaje MTP3 de las funciones SNM.
- SLR.** Source Local Reference. Identificador local del SCCP que genera una conexión (parte SCOC).
- SLS.** Signalling Link Selector. Campo del *Routing label* del mensaje MTP3 de las funciones SMH.
- SNM.** Signalling Network Management. Uno de los dos conjuntos de funciones de la MTP3.
- SMH.** Signalling Network Handling. Uno de los dos conjuntos de funciones de la MTP3.
- SMS.** Short Message Service. Servicio de mensajes cortos.
- SP.** Signalling Point. Cualquier nodo de la red de señalización.
- SSF.** Subscriber Field. Uno de los subcampos del SIE, de los mensajes MTP3.
- SSP.** Service Switching Point. Punto de señalización de la red SS7.
- SS4.** Estándar de señalización previo al SS7.
- SS5.** Estándar de señalización previo al SS7.
- SS6.** Estándar de señalización previo al SS7.
- SS7.** Signalling System No 7. Estándar de señalización desarrollado por la ITU-T.
- STP.** Signal Transfer Point. Punto de señalización de la red SS7.
- SU.** Signal Unit.
- SUS.** Mensaje de suspensión de la comunicación de la ISUP.
- TC.** Transaction Capabilities.
- TCAP.** Transaction Capabilities Application Part. Protocolo del nivel 4 del SS7.
- TE.** Terminal Equipment. Terminales de la RDSI.
- TFA.** Transfer Allowed Signal. Mensaje de las funciones SNM de notificación de la recuperación de un enlace.
- TFC.** Transfer Controlled Signal. Mensaje de las funciones SNM de notificación de la congestión de un enlace.
- TFM.** Transfer. Familia de mensajes definida por las funciones SNM.
- TFP.** Transfer Prohibited Signal. Mensaje de las funciones SNM de notificación del fallo de los enlaces de un SP.
- TFR.** Transfer Restricted Signal. Mensaje de las funciones SNM de notificación del fallo de alguno/s enlaces de un SP.
- TR.** Primitives TR. Primitivas intercambiadas entre las subcapas de componente y de transacción de la capa TCAP.
- TRM.** Traffic. Familia de mensajes definida por las funciones SNM.

TSB. Telecommunication Standardization Bureau. Oficina perteneciente a la ITU-T.

TUP. Telephone User Part. Protocolo del nivel 4 del SS7.

UDT. Unit Data. Unidad de información de la clase 0 y 1 del SCCP.

UDTS. Unit Data Service. Unidad de información utilizada por el SCCP en el servicio no orientado a conexión.

UFC. User part Flow Control. Familia de mensajes definida por las funciones SNM.

UMTS. Universal Mobile Telecommunication System. Sistema de comunicaciones móviles de tercera generación.

VLR. Visitor Location Register. Nodo de la red GSM.

VoIP. Voice over IP. Conjunto de normas, dispositivos y protocolos para comunicaciones de voz sobre el protocolo de red IP.

XUDT. Extended Unit Data Service. Unidad de información utilizada por el SCCP en el servicio no orientado a conexión.

Bibliografía

van Bosse, J. G.; F. U. Devetak (2007). *Signaling in Telecommunication Networks* (2a. ed.). Nueva Jersey (EUA): John Wiley & Sons, Inc.

Dryburgh, L.; J. Hewett (2004). *Signaling Systems No. 7 (SS7/C7). Protocol, Architecture and Services*. Indianapolis (EUA): Cisco Press.

Harte, L.; R. Drehe; D. Bowler; T. Beninger (2003). *Signaling Systems 7. Basics. Third edition..* Cary (EUA): Althos.

Harte, L.; R. Drehe; D. Bowler; T. Beninger (2004). *Introduction to SS7; SCP, SCP, STP, and SS7 Protocol Layers Operations..* Cary (EUA): Althos.

ITU-T Recomendaciones Q.701-Q.710: Message transfer part (MTP).

ITU-T Recomendaciones Q.720-Q.729: Telephone user part (TUP).

ITU-T Recomendaciones Q.760-Q.769: ISDN user part.

ITU-T Recomendaciones Q.711-Q.719: Signalling connection control part (SCCP).

ITU-T Recomendaciones Q.770-Q.779: Transaction capabilities application part.

ITU-T Recomendaciones Q.1200-Q1699: Intelligent networks.

Moon, T. K. (2005). *Error Correction Coding. Mathematical Methods and Algorithms*. Nueva Jersey (EUA): John Wiley & Sons, Inc.

Russell, T. (2006). *Signaling Systems 7. Fifth Edition..* Nueva York (EUA): McGraw-Hill Professional.

Tarnai, K.; G. Adamis; T. Dulal (2011). *Advanced Communication Protocol Technologies: Solutions, Methods, and Applications*. Hershey (EUA): IGI Global.