

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

Ferran Adelantado i Freixer

PID_00201818

Temps de lectura i comprensió: **7 hores**



Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no en feu un ús comercial i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca>.

Índex

Introducció	5
Objectius	6
1. Per què el <i>Signalling System No. 7</i>?	7
1.1. Sistemes de senyalització previs a l'SS7	9
2. L'estructura de l'SS7	10
2.1. La pila de protocols	10
2.2. Components de l'SS7	13
2.2.1. Els nodes de senyalització: SSP, STP i SCP	13
2.2.2. Els enllaços de senyalització	15
3. <i>Message Transfer Part (MTP)</i>	18
3.1. MTP1	19
3.2. MTP2	19
3.2.1. Les unitats de senyalització	20
3.2.2. Mecanismes de control d'errors	23
3.2.3. Altres funcions de la capa d'enllaç	30
3.3. MTP3	32
3.3.1. Els codis de punt (<i>Point Codes</i>)	32
3.3.2. Funcions de l'MTP3	33
4. <i>Telephone User Part (TUP)</i>	42
4.1. Format dels missatges de TUP	43
4.2. Establiment i finalització d'una trucada	44
5. <i>ISDN User Part (ISUP)</i>	49
5.1. Format dels missatges d'ISUP	50
5.2. Establiment i finalització de la trucada	51
5.3. Mètodes de senyalització extrem a extrem (<i>end-to-end</i>)	54
6. <i>Signalling Connection Control Part (SCCP)</i>	56
6.1. Format dels missatges d'SCCP	57
6.2. Estructura de l'SCCP	57
6.2.1. Control d'SCCP no orientat a connexió (<i>SCCP Connectionless Control, SCLC</i>)	58
6.2.2. Control de l'SCCP orientat a connexió (<i>SCCP Connection-Oriented Control, SCOC</i>)	58
6.2.3. Gestió de l'SCCP (<i>SCCP Management, SCMG</i>)	61

6.2.4. Control d'encaminament (<i>SCCP Routing Control, SCRC</i>)	62
7. <i>Transaction Capabilities Application Part (TCAP)</i>	65
7.1. Format dels missatges de TCAP	67
7.2. Establiment i finalització de transaccions	71
7.3. Exemples d'aplicacions o usuaris TC	73
7.3.1. Les xarxes intel·ligents.....	73
7.3.2. Les xarxes de comunicacions mòbils	75
Resum	77
Exercicis d'autoavaluació	79
Glossari	81
Bibliografia	87

Introducció

La xarxa de telefonia, tant analògica com digital, ha tingut al llarg de la història un impacte molt considerable en el desenvolupament de les societats humanes. Aquestes xarxes, a mesura que s'han estès arreu del planeta, han arribat a assolir una estructura tan complexa que es fa impossible entendre-les sense explicar el sistema (o xarxa) de senyalització que empren.

La necessitat d'interconnectar racons llunyans del planeta ha fet aparèixer estàndards de comunicació (i de senyalització, òbviament) a escala mundial. En el cas de la senyalització de la telefonia, aquest estàndard ha estat l'anomenat *Signalling System No. 7*, malgrat que és més conegut pel seu acrònim: SS7. Tal com explicarem en aquest mòdul, es tracta d'un estàndard global, però malgrat tot, això no ha impedit que existeixin algunes varietats geogràfiques. Aquestes diferències són, en alguns aspectes, importants, però tot i així permeten assegurar que l'SS7 és un estàndard mundial.

Durant aquest mòdul es donarà una visió general de l'estructura de l'estàndard, entès com un conjunt de protocols distribuïts en quatre nivells que permeten l'intercanvi d'informació de senyalització entre els diversos nodes o punts de senyalització. Un cop vistes les diverses classificacions de la senyalització, podem assegurar que l'SS7 és un conjunt de protocols de senyalització de xarxa basat en *Common Channel Signalling*.

Si bé és cert que l'SS7 ha anat perdent pes d'ençà de l'arribada de la veu sobre IP i, molt particularment, a mesura que les xarxes convergeixen cap a les tan sovint anomenades xarxes *All-IP*, l'extensió del seu desplegament, la seva longevitat, i la seva importància en termes de canvi de paradigma en la senyalització de les xarxes de telefonia, així com les possibilitats i el desenvolupament que ha permès a aquestes xarxes, fan necessari el seu estudi.

Objectius

Els objectius que ha d'assolir l'estudiant un cop estudiats els materials didàctics d'aquest mòdul són:

- 1.** Entendre els motius històrics i tecnològics que van desembocar en la creació de l'estàndard SS7.
- 2.** Conèixer l'estructura de l'SS7, tant les diferents capes (o nivells), com els protocols de cadascuna.
- 3.** Saber quins són els punts de senyalització de què consta una xarxa SS7, els diferents tipus d'enllaç, així com la funció que desenvolupa cadascun.
- 4.** Entendre quins són els mecanismes de control d'errors implementats a l'MTP2.
- 5.** Conèixer les funcions de l'MTP3 en la gestió de l'encaminament de la xarxa SS7.
- 6.** Adquirir les nocions bàsiques dels protocols TUP i ISUP.
- 7.** Saber quines necessitats intenta abordar l'SCCP.
- 8.** Identificar l'estructura de les transaccions del protocol TCAP.

1. Per què el *Signalling System No. 7*?

Tal com hem assenyalat al primer mòdul de l'assignatura, la senyalització és un dels aspectes clau en el funcionament de les xarxes de telecomunicació, i entre els sistemes de senyalització de xarxa, el sistema SS7 n'és el més important perquè s'utilitza extensament a escala mundial. Es tracta d'una xarxa de paquets basada en missatges dedicada exclusivament a informació de senyalització.

Ja s'ha esmentat que l'SS7 és un sistema de senyalització de xarxa troncal i, per tant, cal tenir present que no intervindrà en la senyalització quan l'usuari que inicia una trucada i el que la rep es troben connectades a la mateixa central local.

Cal recordar tres factors clau que han afavorit, per sobre de la resta, l'aparició i l'estructura de l'estàndard SS7:

- 1) L'heterogeneïtat existent en l'àmbit de les xarxes de telecomunicació (XTC, XDSI, xarxes mòbils cel·lulars o veu sobre IP).
- 2) La necessitat de desenvolupar un estàndard global. Malgrat que aquest motiu sigui similar a l'anterior, fixem-nos que el primer fa referència a la interconnexió de xarxes diverses, mentre que el segon fa referència a la interconnexió de xarxes, diferents o iguals, arreu del món.
- 3) La utilització de la senyalització CCS (*Common Channel Signalling*).

El primer dels factors que van impulsar l'SS7 –fer front a l'heterogeneïtat– havia de permetre que diferents xarxes poguessin ser interconnectades, una realitat cada vegada més evident a mesura que augmentava la quantitat i l'abast de les xarxes de telecomunicació.

Pel que fa al segon dels factors, l'estandardització global no és únicament un objectiu per a les xarxes de senyalització, sinó que és per ell mateix un objectiu de qualsevol aspecte de les telecomunicacions en general. Malgrat que aquest motiu sigui similar al primer que hem esmentat, fixem-nos que el primer fa referència a la interconnexió de xarxes diverses, mentre que el segon fa referència a la interconnexió de xarxes, diferents o iguals, arreu del món. Es tracta, per tant, d'una estandardització en dos eixos principals: l'eix tecnològic i l'eix geogràfic.

Finalment, el darrer dels factors és el de la utilització definitiva de la senyalització CCS. Tal com hem analitzat amb anterioritat, la senyalització CCS supera moltes de les limitacions que presenta la senyalització CAS (*Channel Associated Signalling*).

Tot i que hem destacat que es tracta d'un estàndard global, cal esmentar que pot presentar algunes diferències en l'àmbit regional. Les dues variants regionals són l'especificada per la ITU-T (la més estesa) i l'ANSI (desenvolupada als Estats Units d'Amèrica i principalment utilitzada en aquest mateix país). La manera més habitual d'anomenar-lo és *Signalling System No. 7* o *Signalling System #7*, i més concretament per la seva abreviatura SS7. Malgrat tot, sovint pot ser anomenat de manera diferent en funció del país. Així, es poden trobar les següents denominacions alternatives: CCSS7* (als Estats Units d'Amèrica), C7** (a molts països d'Europa, i especialment al Regne Unit) o CCIS7***, o fins i tot N7**** (a Alemanya).

L'estandardització del sistema SS7 és duta a terme per la ITU-T (antigament anomenada CCITT). Les Recomanacions d'aquest ens que fan referència a l'SS7 (estructura, funcions, etc.) són aquelles que tenen la numeració Q.7xx i que són de lliure distribució. Les podeu consultar a la pàgina web de la ITU-T.

Tal com enumera la Recomanació Q.700, el sistema SS7 té tres objectius fonamentals:

- 1) Optimitzar el funcionament de les xarxes de telecomunicacions digitals i de les centrals de control.
- 2) Satisfer les exigències presents i futures de transferència d'informació per al diàleg entre processadors dins les xarxes de telecomunicació per al control de trucades, el control a distància i la senyalització de gestió i manteniment.
- 3) Oferir una manera segura de transferència d'informació en la seqüència correcta i sense pèrdues ni duplicacions.

La senyalització, i en particular el sistema SS7, és un dels punts clau de les xarxes de telecomunicació, tal com demostra el fet que tots els organismes d'estandardització de telefonia fixa, comunicacions mòbils i xarxes de dades prenen en consideració d'una manera o altra el sistema SS7.

Tradicionalment, la senyalització per a la xarxa telefònica es reduïa a l'establiment i alliberament de trucades. L'aparició de sistemes de senyalització basats en CCS (*Common Channel Signalling*), i en el cas concret de l'SS7, han permès oferir serveis com ara la identificació de trucada, la transferència de trucada (*call forwarding*), la trucada en espera, la trucada entre tres, etc.

*Common Channel Signalling
System 7
**CCITT number 7

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

Enllaç

A la Recomanació Q.700 (03/93) hi podeu trobar les especificacions del sistema SS7, que esdevé una bona guia del sistema en general i de la resta d'especificacions relacionades:
<http://www.itu.int/rec/T-REC-Q.700-199303-I/e>

Tal com veurem en un altre mòdul, les xarxes de veu i de dades tendeixen a la convergència. Aquesta convergència, basada en la utilització del protocol de xarxa IP (tant per a transportar dades com veu), ha fet que el sistema SS7 pugui ser compatible amb les xarxes de nova generació (*Next Generation Networks*, NGN).

La importància de l'SS7 la podeu observar mitjançant l'exemple exposat al llibre *Signaling System No. 7 (SS7/C7): Protocol, Architecture and Services**:

Als Estats Units, el gener de 1990 una fallada localitzada en un únic commutador SS7 (i que es va propagar cap a uns 100 commutadors, aproximadament) va causar un tall del servei de telefonia que va afectar uns 60.000 usuaris durant nou hores, i va causar unes pèrdues de 60 milions de dòlars.

*En podeu trobar la referència completa a la bibliografia d'aquest mòdul.

1.1. Sistemes de senyalització previs a l'SS7

Malgrat que hi ha hagut diversos estàndards de senyalització previs a l'SS7, com ara els SS4, SS5, SS6, R1 i R2, tots excepte l'SS6 són sistemes de senyalització basats en CAS (*Channel Associated Signalling*). Tal com ja s'ha mostrat al mòdul 1 de l'assignatura, la senyalització CCS té nombrosos avantatges sobre la senyalització CAS, i és per aquest motiu que ens centrarem en el sistema SS6.

L'SS6 fou concebut per a controlar la commutació de tota mena de circuits internacionals, amb l'objectiu d'explotar els circuits de veu bidireccionals. La importància d'aquest sistema rau en el fet que per primera vegada s'eliminava completament la senyalització per canal associat (CAS) i s'introduïa el concepte d'enllaç de senyalització per canal comú (CCS) separat del canal de veu. Com diu el seu nom, aquest canal de senyalització transmet informació de senyalització de diversos canals de veu.

L'estàndard SS6, malgrat tenir els mateixos objectius que els del posterior SS7, no va tenir èxit i el seu desplegament va esdevenir molt limitat. Cal fer notar que l'estàndard SS6 ja es basava en CCS, per tant no fou aquest fet el que en va determinar l'escassa implantació.

Les diferències fonamentals entre l'SS6 i l'SS7 són les següents:

- L'amplada de banda de la xarxa de senyalització SS6 era massa petita.
- La mida dels paquets que transportava també era petita.
- L'SS6 no estava dissenyat per capes o nivells, tal com succeeix amb l'SS7 (es veurà al proper apartat). Aquest fet en limitava fortament la possibilitat d'evolució i d'adaptar-se a noves necessitats.

Els estàndards

Les Recomanacions de la ITU-T per a cadascun dels estàndards (SS4, SS5, SS6, R1 i R2) són les que van des de la Q.120 fins a la Q.499, i les podeu consultar en la pàgina de la ITU-T:
<http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/index.aspx?ser=Q>

2. L'estructura de l'SS7

L'estàndard SS7 especifica el conjunt de nodes, enllaços i protocols que defineixen la xarxa de senyalització. Es tracta d'una xarxa dissenyada per a transportar només informació de senyalització. En aquest apartat expliquem quins són els nodes de senyalització (anomenats punts de senyalització o *signalling points, SP*) i els enllaços que conformen la xarxa SS7, així com la pila de protocols.

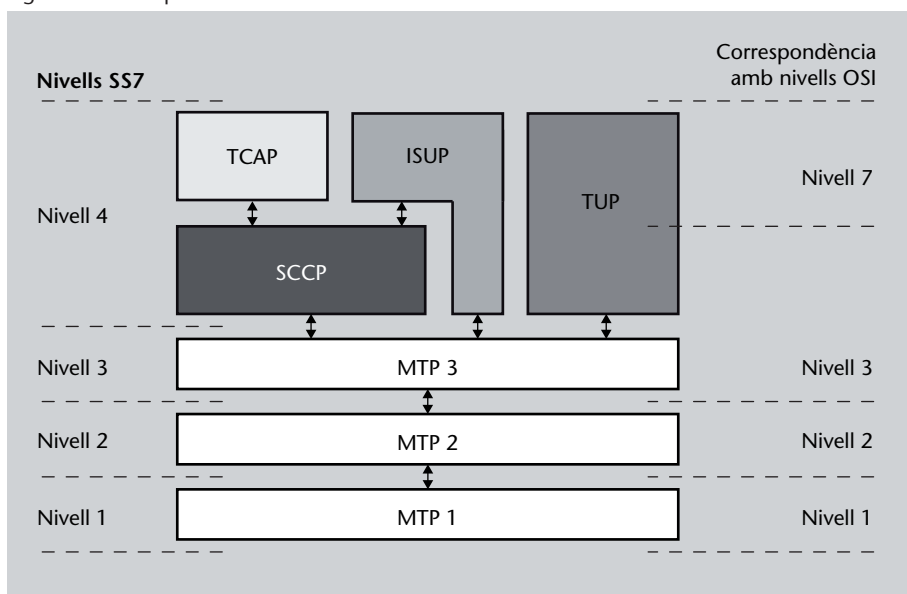
2.1. La pila de protocols

El model OSI* pot ser descrit com un model conceptual per a l'estructura dels sistemes de comunicació dividit en set capes. Cadascuna de les capes es relaciona amb la capa anterior i la capa posterior, i desenvolupa unes funcions específiques. Les capes són les següents: capa física (1), d'enllaç (2), de xarxa (3), de transport (4), de sessió (5), de presentació (6) i d'aplicació (7).

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

Malgrat que la majoria dels sistemes de telecomunicació acostumen a adir-se amb el model OSI, no succeeix això amb l'estàndard SS7, que no hi encaixa exactament. Hi ha hagut diversos intents de mirar d'alinejar les dues arquitectures (SS7 i OSI) però, tot i que s'ha aconseguit clarament per a les capes baixes (1 i 2), no ha estat reeixit per a capes superiors. Podeu observar-ne l'equivalència –aproximada– entre totes dues estructures a la figura 1. És important notar que cap de les capes de l'SS7 no pot ser assimilada a les capes 4, 5 i 6 de l'OSI.

Figura 1. Pila de protocols de l'SS7



En concret, l'SS7 s'estructura en 4 nivells que anirem detallant durant aquest mòdul. Tal com es mostra a la figura anterior, les tres primeres capes en conjunt –capa física, d'enllaç i de xarxa– reben el nom de *Message Transfer Part* (MTP) i s'enumeren de l'1 al 3 com a MTP1, MTP2 i MTP3. Aquestes tres capes, o protocols, són les que defineixen com la xarxa SS7 transporta els seus paquets d'un punt de senyalització a un altre. Es tracta de tres capes pròpies de l'SS7, i en un moment de convergència cap a xarxes IP, hi ha hagut esforços per a fer-ho mitjançant el protocol IP. Malgrat que es tracta d'un punt important, aquests aspectes els deixem per a més endavant*.

* Aquests aspectes són abordats al proper mòdul de l'assignatura.

La quarta capa de la pila de protocols SS7 consta de diversos protocols: *Telephone User Part* (TUP), *Integrated Services User Part* (ISUP), *Signalling Connection Control Part* (SCCP) i *Transaction Capabilities Application Part* (TCAP). Inicialment es contemplava un protocol per a la capa quatre anomenat *Data User Part* (DUP), però de seguida caigué en desús, cosa que provocà la finalització del desenvolupament de la recomanació corresponent (Q.741) i, posteriorment, la seva eliminació. Per tant, malgrat que a la literatura existent encara es poden trobar referències a aquest protocol, ja ha estat eliminat de les recomanacions de la ITU-T.

Tant el protocol TUP com el protocol ISUP són els protocols responsables de la senyalització que permet establir, mantenir i finalitzar una trucada. En el cas del TUP, es tracta d'un protocol específic per a la Xarxa Telefònica Commutada (XTC, o en anglès *Public Switch Telephone Network*, PSTN), mentre que l'ISUP és per a la Xarxa Digital de Serveis Integrals (XDSI). Per definició, tant el TUP com l'ISUP són protocols orientats a connexió. En determinats països, però, no s'ha arribat a implementar el protocol TUP i totes les trucades són gestionades mitjançant l'ISUP.

El protocol SCCP és un dels punts més importants de l'estructura SS7, ja que, entre altres coses, permet l'existència de serveis no orientats a connexió (tal com succeeix amb el TUP i l'ISUP) i, d'aquesta manera, dota el sistema SS7 de més flexibilitat. Observant la figura 1 és important adonar-se que per una banda l'SCCP i l'ISUP es troben al mateix nivell, però per l'altra l'ISUP també fa servir les funcionalitats ofertes per l'SCCP pel que fa a la transmissió de missatges no orientats a connexió. Així doncs, l'SCCP és especialment important per dos aspectes:

- Ofereix funcionalitats per a aplicacions no orientades a connexió (com per exemple l'accés a bases de dades).
- Permet les Global Title Translation (GTT), que seran detallades més endavant.

Finalment, el darrer protocol de la capa 4 de l'SS7 és el TCAP. El TCAP és el protocol que permet la comunicació de diverses aplicacions. Es tracta, doncs, d'una interfície entre aquestes aplicacions (també anomenades subsistemes) i

l'SCCP. Permet la comunicació entre punts de senyalització (*Signalling Points*) en serveis no orientats a connexió.

Aquests protocols estan estandarditzats a les següents Recomanacions de la ITU-T:

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

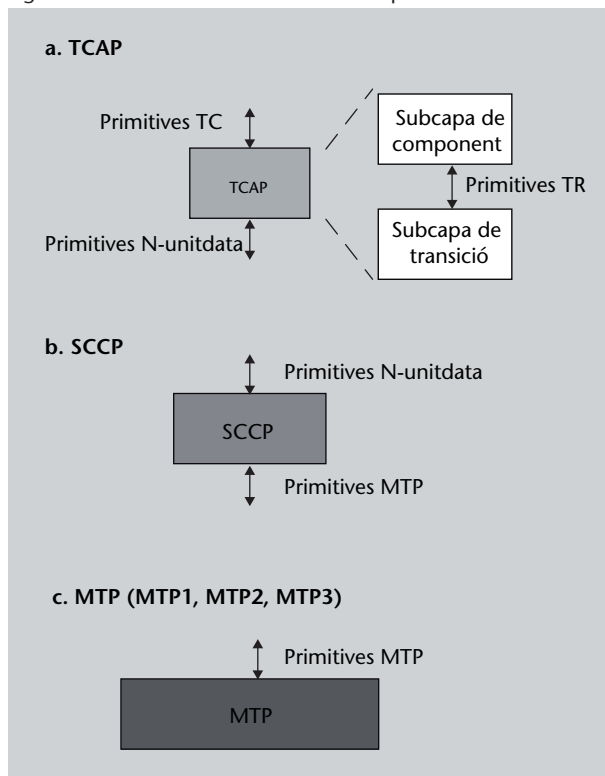
Les diferents parts/nivells de l'estructura SS7 es comuniquen entre elles i amb els punts de senyalització distants. És a dir, un determinat protocol de la pila de protocols SS7 manté comunicació amb els nivells immediatament superior i inferior i amb el mateix nivell d'un altre punt de senyalització. En la nomenclatura de l'SS7 s'acostuma a emprar el terme *usuari* de la següent manera: d'acord amb la figura 1, qualsevol aplicació per sobre de la TCAP que utilitzi les funcionalitats ofertes per TCAP s'anomena usuari TC (o en anglès *TC user*); de la mateixa manera, TCAP i ISUP són usuaris SCCP, mentre que ISUP, TUP i SCCP són usuaris MTP.

A la figura 2 es mostra el nom que reben les primitives intercanviades entre els diferents protocols de l'arquitectura SS7. En concret, com s'observa a la figura 2 (a), la TCAP es comunica amb els usuaris TC mitjançant les anomenades primitives TC, mentre que la comunicació amb l'SCCP s'estableix mitjançant les primitives *N-unitdata*. Val a dir, però, que la TCAP es subdivideix en dues subcapes (la subcapa de component i la subcapa de transacció) i, entre elles, s'intercanvien les anomenades primitives TR. Pel que fa a l'SCCP (figura 2 (b)), es comunica amb l'MTP (i més concretament amb l'MTP3) mitjançant primitives MTP, i amb la TCAP i la ISUP mitjançant les anomenades primitives *N-unitdata*.

És important adonar-se que, a banda de la comunicació amb la resta de parts de l'SS7, cadascuna de les parts d'un punt de senyalització estableix una comunicació amb la mateixa part d'un altre punt de senyalització distant. Així, per exemple, les capes MTP1, MTP2 i MTP3 estableixen una comunicació amb les mateixes capes dels altres punts de senyalització mitjançant l'enviament d'unitats de senyalització de missatge, l'SCCP es comunica mitjançant missatges SCCP, la subcapa de component de la TCAP ho fa mitjançant les anomenades transaccions, la subcapa de transacció mitjançant missatges TCAP, i finalment els usuaris TC estableixen el que s'anomena diàleg*.

* Aquests punts són simplement una petita introducció i es tractaran en profunditat més endavant en aquest mòdul.

Figura 2. Comunicació entre les diverses parts de la xarxa SS7



2.2. Components de l'SS7

La xarxa de senyalització que defineix l'estàndard SS7 recull dos elements principals: els punts de senyalització i els enllaços que els uneixen. És important recordar que tant aquests nodes com aquests enllaços estan dedicats exclusivament a la senyalització.

Comencem centrant-nos en els nodes de senyalització. Es consideren tres tipus diferents de punts de senyalització: el *Service Switching Point* (SSP), el *Signal Transfer Point* (STP) i el *Service Control Point* (SCP)*. Pel que fa als enllaços de senyalització, es classifiquen d'acord amb la seva funció i es denoten amb lletres que van des de la A fins a la F (per tant, 6 tipus d'enllaços diferents).

* També es pot trobar a la literatura l'SSP com a *Signal Switching Point* i l'SCP com a *Signal Control Point*.

2.2.1. Els nodes de senyalització: SSP, STP i SCP

Els punts SSP són commutadors que es troben als extrems de la comunicació però dins la xarxa troncal. Es tracta d'aquells nodes que, en iniciar-se una trucada, tenen la funció de determinar-ne la ruta o camí, establir el canal de comunicació de veu i, en acabar la trucada, alliberar el circuit. En concret, en iniciar-se una trucada, aquest node té les dues funcions bàsiques: informar l'SSP de destinació i aconseguir determinar la ruta que ha d'establir-se per a encaminar, dins la xarxa troncal, la informació de veu (mitjançant peticions o, en anglès, *queries*).

És important adonar-se que és precisament aquest node el que, en rebre el número de telèfon de destinació, determina la ruta de la trucada. Tal com ja s'ha esmentat, l'SSP d'origen informa l'SSP de destinació; en tal cas, l'SSP de destinació ha d'enviar un reconeixement de l'establiment del camí cap a l'SSP d'origen.

Pel que fa als punts STP, són encaminadors de la xarxa de senyalització definida per l'estàndard SS7. Com succeeix amb qualsevol xarxa, i especialment en les de gran abast, els SSP d'origen i destinació no estan connectats de manera directa. És per aquest motiu que els missatges de senyalització generats pels SSP d'origen i destinació han de ser encaminats (funció que realitzen els STP). Addicionalment, en alguns casos, l'STP pot fer funcions de tallafoc entre diferents xarxes de senyalització i l'anomenada *global title translation*.

Global title translation

Aquesta funció permet que a la xarxa de senyalització s'utilitzin adreces més curtes que les adreces físiques. És precisament l'STP l'encarregat de fer la traducció d'un tipus d'adreça a l'altre.

Hi ha tres nivells d'STP en funció del seu abast geogràfic: els STP nacionals, els STP internacionals i els *gateway* STP. Els STP nacionals formen part de la xarxa de senyalització d'un país en concret. Si recordem la introducció a l'estàndard SS7 que s'ha fet en aquest mòdul, sabem que, malgrat les intencions inicials, l'SS7 no és un estàndard idèntic arreu del món i que n'existeixen variants regionals. Tenint en compte, doncs, aquesta consideració, cal destacar que aquests STP poden variar lleugerament en funció de les diferències existents en l'estàndard en funció de la regió o país.

El cas dels STP internacionals és lleugerament diferent. Malgrat que realitzen les mateixes funcions que els STP nacionals, aquests interconnecten diversos STP o SSP de diferents països. Així doncs, la flexibilitat que hi havia per a utilitzar les variants regionals del protocol SS7 no és possible i, per tant, utilitzen l'estàndard definit per la ITU-T.

Resulta clar que per tal de connectar els STP nacionals i els STP internacionals cal un node que permeti convertir la senyalització de la variant regional a l'estàndard de la ITU-T. Aquest node també és anomenat STP i, més concretament, *gateway* STP. A més de la funció descrita, els *gateway* STP també permeten l'accés a bases de dades d'altres xarxes (recordem que la determinació del camí o ruta de la informació de les trucades es fa mitjançant la consulta de bases de dades).

En tots els casos, els STP són elements fonamentals dins la xarxa SS7. Per tal d'aconseguir una xarxa robusta davant de possibles fallades, els STP acostumen a estar desplegats per parelles (en anglès *mated pair*) per tal d'oferir redundància.

Els SCP són bàsicament els punts de senyalització que suposen la interfície entre la xarxa SS7 i les bases de dades de les empreses de telecomunicacions. Ja hem vist que l'SSP consultava bases de dades per tal d'encaminar les trucades, però no hem dit com s'accedia a aquestes bases de dades. En concret, l'SSP ho fa a través de l'SCP.

Com que en aquest mòdul farem esquemes de la xarxa de senyalització per tal d'explicar-ne el funcionament i l'estructura, convé determinar el símbol utilitzat per a cadascun dels tres tipus de punts de senyalització que hem presentat. La figura 3 mostra el símbol gràfic més habitual per a representar els tres punts, però cal tenir present que a la literatura poden aparèixer amb lleugeres diferències. Les bases de dades poden ser de tot tipus, com per exemple les que fan possible la localització dels usuaris de les xarxes de comunicacions mòbils.

Figura 3. Representació gràfica dels tres tipus de punts de senyalització de l'SS7



2.2.2. Els enllaços de senyalització

Tradicionalment, els enllaços de senyalització tenien una capacitat de 64 kbps –malgrat que en determinades regions (com els Estats Units) aquesta velocitat baixa fins als 56 kbps–, però en l'actualitat també s'utilitzen enllaços de capacitats molt superiors. La connexió entre dos punts de senyalització no es realitza únicament mitjançant un enllaç, sinó amb un conjunt d'enllaços (en anglès *linkset*). El fet transcendent és que el dimensionament de la xarxa SS7 acostuma a realitzar-se de manera que la capacitat real utilitzada sigui propera al 30% o 40% de la capacitat disponible. Així s'aconsegueix garantir la possibilitat que, en cas de fallada d'un enllaç, es pugui encaminar el trànsit per un altre enllaç sense comprometre els requeriments propis de l'enllaç que absorbeix el nou trànsit.

Els enllaços de la xarxa SS7 poden ser del tipus A, B, C, D, E o F. Cadascun d'aquests tipus d'enllaç es defineix per la funció que desenvolupa (quins nodes connecta), i a continuació els enumerem tots:

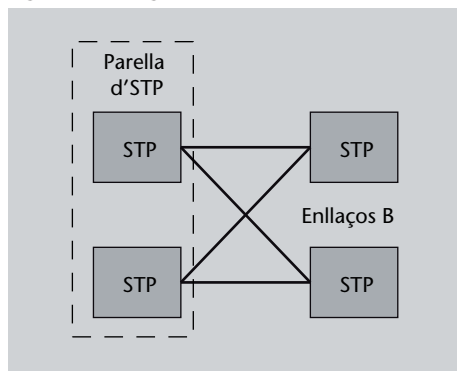
- **L'enllaç A** (*access link* o *A-link*) és aquell que connecta els punts terminals de la xarxa SS7 amb un STP; és a dir, per definició, els SSP i els SCP (que suposen un punt terminal entre la xarxa i les bases de dades dels operadors). Les fallades en la xarxa SS7 poden ser molt greus, i és per aquest motiu que assegurar la redundància és un dels aspectes clau. Així, tots els SSP o SCP tenen com a mínim dos enllaços A.
- **L'enllaç B** (*bridge link* o *B-link*) és aquell que connecta dos nodes STP dins la mateixa xarxa. Es tracta, doncs, dels enllaços que permeten formar la major part de la xarxa SS7. Els dos nodes STP que connecta pertanyen al mateix nivell jeràrquic de la xarxa.

Nomenclatura dels enllaços

Els enllaços de senyalització es designen amb una lletra de la A a la F. El motiu no només respon a una simple enumeració, sinó que coincideix amb la inicial del seu nom complet: A (Access), B (Bridge), C (Cross), D (Diagonal), E (Extended) i F (Fully associated).

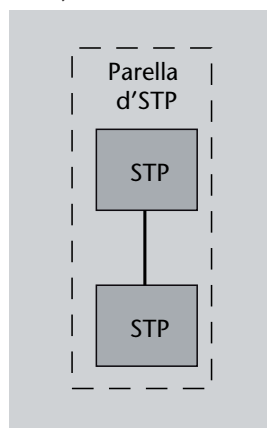
Ja s’ha fet notar que la xarxa SS7 ha de ser robusta davant possibles fallades, i que per aquest motiu els STP sovint es troben per parelles. Per tal que les parelles d’STP realment siguin redundants cal que existeixi una interconnexió entre una parella d’STP i la parella a la qual es vol connectar. Es pot observar a la figura 4 que, efectivament, la configuració habitual d’aquests enllaços es fa de quatre en quatre.

Figura 4. Configuració habitual d’un enllaç B



- L'enllaç C (*cross link* o *C-link*) és l'enllaç que garanteix la interconnexió dels dos STP d'una parella d'STP que desenvolupen la mateixa funció (els *mate pair*).

Figura 5. Enllaç C (connectant una parella d'STP)



- L'enllaç D (*diagonal link* o *D-link*) no presenta diferències importants respecte de l'enllaç B. De fet, es tracta d'un enllaç que interconnecta dos STP no aparellats. L'única diferència rau en el fet que els STP que interconnecta són de diferents nivells jeràrquics (recordem que hi ha STP de diferent nivell jeràrquic).
- L'enllaç E (*extended link* o *E-link*) és igual que l'enllaç A. Recordem que es tractava de l'enllaç que connecta un SSP i el parell d'STP. Convé, però, que

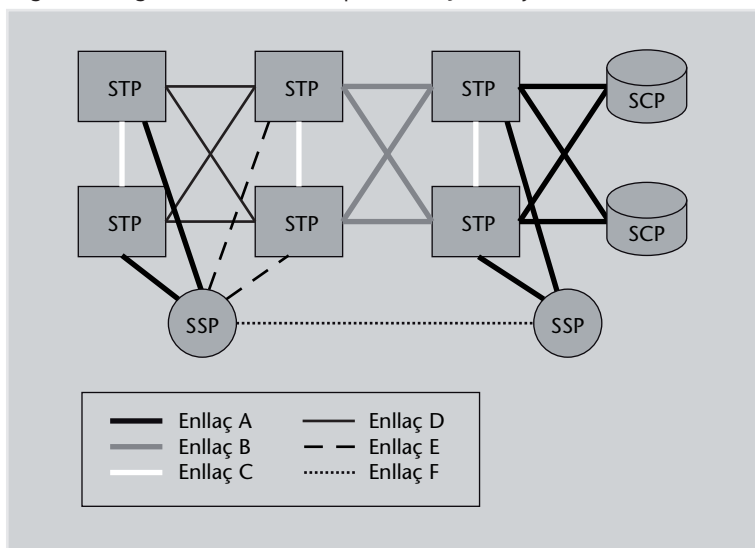
hi hagi redundància per a protegir la xarxa (i en aquest cas concret protegir el node d'accés SSP davant de possibles fallades). Tot SSP es connecta a un parell d'STP mitjançant enllaços A, que anomenarem parella de *home* STP. La connexió que realitza la redundància és, per tant, qualsevol que no connecti l'SSP amb un *home* STP, i per tant l'enllaç serà del tipus E. És per aquest motiu que a la literatura es poden trobar amb la denominació d'enllaç AA (*alternate A link*, enllaç A alternatiu).

- Finalment, es defineix l'**enllaç F** (*fully-associated link* o *F-link*), que, com denota el seu nom, interconnecta els punts finals de la xarxa. Quan s'han descrit els nodes d'una xarxa SS7, s'ha vist que hi havia dos tipus de nodes finals: els SSP i els SCP. Per tant, l'enllaç F pot connectar dos nodes SSP entre ells o un node SSP i un node SCP.

La figura 6 mostra, de manera esquemàtica, tots els tipus de punts i d'enllaç que estableix l'estàndard per a la xarxa SS7. En observar la figura cal tenir present les següents consideracions:

- L'SSP del costat esquerre es connecta a la parella dels anomenats *home* STP mitjançant enllaços A, mentre que es connecta a un parell d'STP alternatius mitjançant enllaços E.
- A la figura, els STP estan connectats mitjançant enllaços B i D. Aquells STP que es troben al mateix nivell jeràrquic ho fan a través d'enllaços B, mentre que aquells que es troben a nivells jeràrquics diferents ho fan a través d'enllaços D.

Figura 6. Diagrama dels diferents tipus d'enllaç de senyalització



Font: figura extreta de *SS7 Tutorial*, Performance Technologies Inc., 2000-2001

3. *Message Transfer Part (MTP)*

La denominació de la part de transferència de missatges (*Message Transfer Part*, MTP) fa referència al conjunt de les tres capes més baixes de la pila de protocols de l'SS7. Malgrat el nom genèric que identifica totes tres capes, convé distingir entre cadascuna, ja que realitzen funcions diferents:

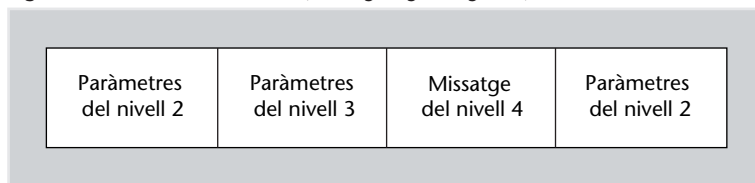
- Començant per la capa més baixa, l'MTP1 (també anomenada MTP nivell 1) deïneix la capa física de la xarxa. És a dir, els aspectes relacionats amb les característiques físiques, elèctriques i funcionals de l'enllaç de senyalització. Els paquets transmesos a través d'un enllaç de senyalització de 64 kb/s són anomenats *Message Signal Unit (MSU)*.
- La capa MTP2 té diversos objectius importants: delimitació de les unitats de senyalització, detecció i correcció d'errors, i detecció de fallades a la xarxa (mitjançant la supervisió de les taxes d'error de l'enllaç). És, per tant, la capa que permet una transferència de missatges fiable.
- Finalment, la capa MTP3 suposa la interfície entre les capes baixes (que gestionen la correcta transmissió-recepció) i la capa 4. Recordem que la capa 4 de l'estructura SS7 està formada per diverses parts (TUP, ISUP, SCCP i TCAP, anomenades de forma genèrica usuaris MTP, o en anglès *MTP user*), i per tant la capa MTP3 ha de donar servei a cadascuna d'aquestes parts esmentades. En particular, té dues funcions essencials: tractament dels missatges de senyalització, i gestió de la xarxa de senyalització. En poques paraules, és la capa encarregada d'adaptar l'encaminament entre dos punts de senyalització de la xarxa quan hi ha una fallada.

La taula 1 mostra, de manera resumida, les funcions principals de cada nivell.

Taula 1. Funcions de senyalització de l'MTP

Nivell	Funcions
MTP1	Enllaç de dades de senyalització
MTP2	Funcions d'enllaç
MTP3	Tractament dels missatges de senyalització. Gestió de la xarxa de senyalització

La unitat bàsica transmesa a través de l'enllaç de senyalització s'anomena *Message Signalling Unit (MSU)*, que en català es podria traduir com a *unitat de senyalització de missatge*. La figura 7 en mostra l'estructura: el missatge de nivell 4 (generat per algun dels usuaris MTP, és a dir l'SCCP, la ISUP o la TUP); els paràmetres afegits per la capa MTP3 que permeten les funcionalitats ofertes per aquesta capa; i els paràmetres del nivell d'enllaç, que a l'SS7 és l'MTP2.

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

3.1. MTP1

La primera capa de l'estructura SS7 –la més baixa– és la capa física i en desenvolupa exclusivament les seves funcionalitats. És interessant fer notar que en aquesta capa trobem una diferència important en les diferents versions de l'estàndard. En totes les varietats regionals de l'estàndard es considera que la velocitat de transmissió és de 64 kb/s. Ara bé, en la varietat regional que s'utilitza a determinades parts del món –com per exemple els Estats Units d'Amèrica i coneguda com a ANSI No.7, el nom de l'organització responsable de la seva estandardització–, aquests 64 kb/s esdevenen 56 kb/s reals.

La diferència rau en el següent: als Estats Units, per exemple, com a mínim un dels bits de cada ranura temporal (en anglès *slot*) ha de ser un 1. Com que cada ranura transporta 8 bits, només hi ha 7 bits útils per a cada ranura temporal. Així doncs, la velocitat neta real és igual a $\frac{7}{8} \cdot 64 \text{ kb/s} = 56 \text{ kb/s}$. A d'altres regions del món, com per exemple Europa, aquesta restricció no existeix i, per tant, la velocitat neta de l'enllaç de senyalització és de 64 kb/s. És cert que actualment els enllaços de senyalització poden presentar velocitats de transmissió més elevades, però habitualment, quan s'estudia l'SS7, es considera la velocitat de 64 kb/s.

Fixem-nos però que, a la realitat, desplegar i mantenir una xarxa exclusivament de senyalització suposa un alt cost. És per aquest motiu que, malgrat tenir xarxes troncales de dades i de senyalització independents, gràcies a la multiplexació en temps els enllaços de dades i de senyalització poden compartir el mateix medi físic.

3.2. MTP2

En la introducció a l'MTP ja hem exposat les funcionalitats principals que ofereix l'MTP2. En concret, i essent una mica més exhaustiu, les funcionalitats són les següents:

- La delimitació de les unitats de senyalització (en anglès *Signal Units*, SU). Les SU tenen longituds variables, ja que depenen principalment del missatge de senyalització generat per l'MTP3. Per aquest motiu és necessari delimitar-les mitjançant 8 bits anomenats com a **flag**. L'addició del *flag* és duta a terme a l'MTP2.

- La detecció i correcció d'errors de transmissió. La correcció d'errors es realitza mitjançant la retransmissió de les SU errònies.
- Monitoratge de l'enllaç i control del trànsit. El monitoratge i control del trànsit permet detectar els problemes de la xarxa, com per exemple la fallada de determinats enllaços. Aquesta informació és essencial per a les funcionalitats que ofereix la capa superior, l'MTP3, que és responsable de l'encaminament de les unitats de senyalització.

Òbviament la transmissió de paquets (en aquest cas SU) a través d'un enllaç real mai no és ideal i, per tant, té una certa probabilitat o taxa d'error. En el cas de l'estàndard SS7, en la seva capa MTP2, la probabilitat d'error es pot reduir gràcies al mecanisme de retransmissió, però tot i així una excessiva taxa d'error no permetria que aquest mecanisme fos suficientment eficient. Cal tenir present que un excés de retransmissions implica un excés de retard. En concret, el sistema SS7 està dissenyat per a un correcte funcionament sempre que es compleixin les condicions següents:

- La probabilitat d'error no detectada per l'MTP en les MSU (*Message Signal Units* o, dit d'una altra manera, les SU que contenen informació de senyalització) ha de ser inferior o igual a 10^{-10} .
- La probabilitat de perdre una MSU ha de ser inferior o igual a 10^{-7} .
- L'MTP té com a objectiu el lliurament de les MSU de manera seqüencial (en ordre). La probabilitat de lliurament de les MSU en un ordre diferent de l'adequat ha de ser inferior o igual a 10^{-10} .

Límits de l'MTP2

Els mecanismes de correcció d'errors implementats a l'MTP2 tenen certs límits, que es detallen a la Recomanació Q.706 de la ITU-T.

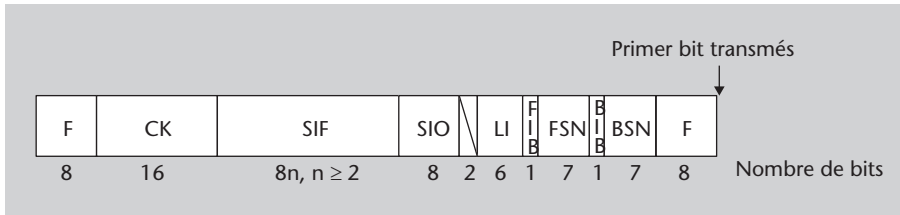
3.2.1. Les unitats de senyalització

Mentre la capa de nivell 1 (MTP1) podria ser considerada com a pròpiament l'enllaç de senyalització, la capa 2 (MTP2) és l'encarregada de la gestió d'aquest enllaç. En canvi, com es veurà més endavant, la capa 3 (MTP3) encamina els paquets provinents de les aplicacions (capa 4) a través de l'enllaç. Resulta evident, doncs, que a la capa d'enllaç o MTP2 hi haurà com a mínim dos tipus diferents d'unitats de senyalització (SU): les que provenen de la capa o nivell MTP3 i les que li calen a l'MTP2 per a gestionar l'enllaç. Pel que fa a les dades de senyalització generades a l'MTP3 i que són adaptades a l'MTP2, l'estàndard les anomena *Message Signal Unit* (MSU). Pel que fa a les unitats de senyalització generades a la capa MTP2 mateix, se'n defineixen dos tipus: la *Link Status Signal Unit* (LSSU) i la *Fill-In Signal Unit* (FISU). A continuació descriurem l'estructura de cada tipus d'unitat de senyalització i per a què serveix.

Convé començar l'anàlisi de les unitats de senyalització per aquella que transporta les dades de senyalització, és a dir les dades que s'intercanvien els diferents punts de senyalització, i més concretament la capa 3 (MTP3) dels punts

de senyalització. Aquesta és l'MSU, l'estructura de la qual podeu observar a la figura 8.

Figura 8. Estructura i paràmetres de l'MSU (*Message Signalling Unit*)



Font: figura extreta de la Recomanació Q.703 de la ITU-T.

Es poden analitzar punt per punt els diversos paràmetres. Començant pels bits que obren i tanquen l'MSU, els *flags* (F) serveixen per a delimitar l'MSU. És important notar que la longitud d'aquesta unitat de senyalització mínima és de 8 bytes (sense considerar els *flags* i suposant un SIF de 2 bytes) però pot ser més gran. Per tal de poder delimitar l'inici i el final de l'MSU, l'estàndard SS7 defineix aquest *flag*, que és igual a 01111110. Fixeu-vos que la transmissió de les SU és seqüencial i, per tant, abans i després de la transmissió d'una unitat de senyalització hi ha un únic *flag*. Dit això, podem entendre que a la figura 8 el *flag* inicial (a la dreta de la figura) és alhora el *flag* de tancament de la SU transmesa anteriorment, mentre que el *flag* de cloenda de l'MSU (a l'esquerra de la figura) és, alhora, el *flag* inicial de la SU que es transmetrà posteriorment.

Els següents quatre camps els tractarem tots junts perquè desenvolupen una funció comuna: el control de les unitats de senyalització de missatge (MSU) i la seva retransmissió si hi ha hagut cap pèrdua durant la transmissió. Aquests paràmetres són el *Backward Sequence Number* (BSN) i el *Backward Indicator Bit* (BIB) per una banda, i el *Forward Sequence Number* (FSN) i el *Forward Indicator Bit* (FIB) per l'altra. Tots junts tenen una longitud de dos bytes (vegeu la figura 8).

Tenint en compte la longitud variable que poden tenir les MSU, el camp *Length Indicator* (LI) determina la longitud en bytes dels camps que hi ha entre el camp LI (amb els dos bits no utilitzats inclosos) i el CK (no inclòs). Aquest paràmetre és molt important, no només per a conèixer la longitud de la unitat de senyalització –que també ho permetrien els *flags* previs i posteriors–, sinó perquè és utilitzat per a distingir la SU rebuda entre una MSU, una LSSU i una FISU. En el cas d'una MSU aquest camp pot prendre valors entre 3 i 63, tots dos inclosos. La longitud real dels camps SIF i SIO pot ser superior a 63 bytes, i en aquest cas LI també pren el valor 63 (SIF i SIO poden arribar a una longitud màxima de 273 bytes).

Pel que fa al *Service information Octet* (SIO), es tracta d'un camp que indica quina aplicació (capa 4 de l'estàndard SS7) ha generat la informació de senyalització continguda a l'MSU. Els valors que pot prendre aquest camp queden establerts a la Recomanació Q.704. El camp *Signalling Information Field* (SIF)

conté la informació de senyalització que es volen intercanviar els dos punts de senyalització involucrats en la transmissió/recepció.

Finalment, els *check bits* (CK) és el camp que permet la detecció d'errors. L'estàndard SS7 utilitza el codi detector CRC (*Cyclic Redundancy Check*) de 16 bits.

Observant l'estructura de l'MSU podem, doncs, determinar que té una longitud màxima i una longitud mínima. Tal com hem assenyalat, la longitud màxima de l'MSU (considerant que el *flag* inicial pertany a l'MSU i, en canvi, el *flag* final forma part de l'MSU posterior) és de 279 bytes:

Longitud màxima d'una MSU:

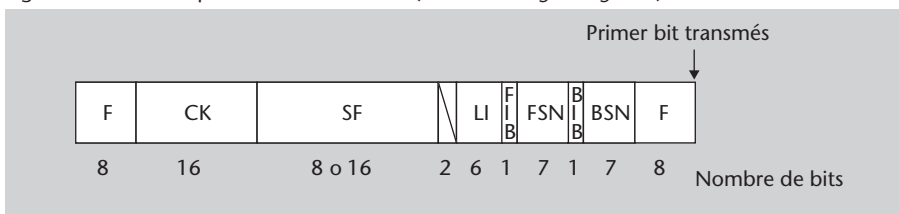
Flag (1 byte) + BSN, BIB, FSN i FIB (2 bytes) + LI i 2 bits lliures (1 byte) + SIF i SIO (273 bytes) + CRC (2 bytes) = 279 bytes

CRC

El CRC és un codi detector d'errors molt emprat en estàndards de xarxes de comunicació. Podeu trobar informació de la capacitat de detecció d'errors a qualsevol llibre o tutorial sobre aquesta qüestió.

El segon tipus de SU és la *Link Status Signalling Unit* (LSSU). Tal com es mostra a la figura 9, hi ha poques diferències entre l'MSU i l'LSSU. Aquestes diferències, però, són conseqüència de la funció que desenvolupa l'LSSU a l'MTP2. Aquesta unitat de senyalització té l'objectiu d'informar a un altre punt de senyalització de dues possibles situacions: desalineació de les unitats de senyalització rebudes, i estat del node receptor o de l'enllaç.

Figura 9. Estructura i paràmetres de la LSSU (*Link Status Signalling Unit*)



Font: Figura extreta de la Recomanació Q.703 de la ITU-T.

El punt de senyalització receptor utilitza diferents mètodes per a detectar els límits de les unitats de senyalització rebudes, com per exemple el *flag* inicial i el camp LI. Ara bé, com a conseqüència de rebre una unitat de senyalització excessivament llarga o amb una estructura desconeguda, es produeix l'anomenada desalineació. Per tal de corregir aquesta situació el receptor pot transmetre una LSSU informant-ne al transmissor. Hi ha molts camps coincidents entre una MSU i una LSSU. Tots els camps coincidents desenvolupen la mateixa funció tant en una SU com en l'altra, però convé destacar que per a l'LSSU el camp de longitud (LI) pot prendre els valors 1 i 2. Ja s'ha explicat que és precisament aquest camp el que s'utilitza per a determinar quin tipus de SU s'ha rebut.

L'LSSU presenta un camp específic anomenat *Status Field (SF)*. La seva longitud és d'1 byte (8 bits) però només se n'utilitzen 3 bits (els tres bits menys significatius). Sovint, a la literatura, aquests tres bits són anomenats *Link Status Indicator (LSI)*. Mitjançant aquests tres bits s'enumeren sis possibles estats de l'enllaç, tal com es mostra a la taula següent:

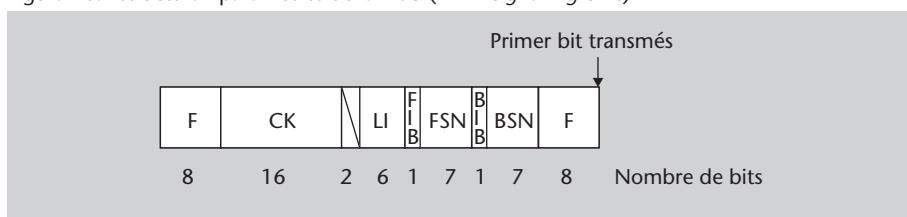
Taula 2. Valors dels 3 bits utilitzats a l'*Status Field (SF)*

Valors	Estat de l'enllaç
000	<i>Out of alignment (SIO)</i>
001	<i>Normal alignment (SIN)</i>
010	<i>Emergency alignment (SIE)</i>
011	<i>Out of service (SIOS)</i>
100	<i>Processor outage (SIPO)</i>
101	<i>Busy (SIB)</i>

La utilització concreta de cadascun d'aquests valors s'explica al subapartat 3.2.2., on es descriu tant el control d'errors com la gestió de l'enllaç de senyalització a nivell de la capa 2.

La darrera de les unitats de senyalització és l'anomenada *Fill-In Signalling Unit (FISU)*. És la unitat de senyalització més curta de les tres i la menys prioritària. Els camps que la formen ja han estat explicats i té l'objectiu d'ocupar el canal quan no hi ha ni MSU ni LSSU per a ser enviades. És important notar que els punts de senyalització, gràcies a la transmissió/recepció d'aquestes unitats de senyalització, són capaços de detectar fallades a l'enllaç (informació important per a la capa superior, l'MTP3) i determinar la qualitat de l'enllaç.

Figura 10. Estructura i paràmetres de la FISU (*Fill-In Signalling Unit*)



Font: figura extreta de la Recomanació Q.703 de la ITU-T.

3.2.2. Mecanismes de control d'errors

Una vegada hem descrit les diferents unitats de senyalització i els seus paràmetres, és possible descriure els mecanismes implementats per al control d'errors i la gestió de l'enllaç de senyalització.

Un dels factors més importants és la correcció d'errors de transmissió, especialment en un sistema de senyalització CCS, on a través dels enllaços s'hi transfereix la senyalització de diversos circuits de dades. El control d'errors a la xarxa SS7 es realitza mitjançant la retransmissió de les MSU errònies o perdudes. Ara bé, les retransmissions introdueixen retards que, en enllaços de

Mecanismes de correcció d'errors

Els mecanismes de correcció d'errors es detallen a la Recomanació Q.703 de la ITU-T.

gran longitud, poden arribar a ser molt elevats. Tenint en compte que la senyalització que viatja a través de la xarxa SS7 està relacionada amb serveis de dades en temps real, s'estableix un llindar de retard màxim de 40 ms.

En funció de si el retard es troba per sobre o per sota d'aquest llindar, l'estàndard defineix dos mecanismes diferents:

- Correcció d'errors bàsica (*Basic Error Correction*), per a enllaços amb retard baix –se suposa que inferior als 8.000 km.
- Retransmissió cíclica preventiva (*Preventive Cyclic Retransmission*), per a enllaços més llargs –se suposa que per sobre dels 8.000 km.

En essència, i abans de descriure els dos mecanismes, podem esmentar l'objectiu de cadascun. Pel que fa a la correcció d'errors bàsica, la longitud de l'enllaç permet les retransmissions sense que aquest fet suposi un excés de retard. En canvi, per a enllaços llargs, sovint és preferible iniciar les retransmissions de manera preventiva (tot i no haver rebut la confirmació de la pèrdua de l'MSU) malgrat que pugui esdevenir menys eficient (en termes de nombre de retransmissions).

En tots dos mecanismes cal notar que només les MSU són retransmeses (perquè contenen informació de capes superiors), però en cap cas les LSSU o les FISU.

Correcció bàsica d'errors

En aquest subapartat detallem el mecanisme de correcció bàsica d'errors (d'ara endavant BEC, *Basic Error Correction*). Aquest mecanisme es fonamenta en la notificació positiva i negativa de la recepció de les MSU, és a dir, el punt de senyalització que rep les MSU ha de notificar al punt de senyalització que les transmet si han estat rebudes correctament o de manera errònia. El sistema requereix que les MSU arribin al receptor de manera ordenada, per tant es defineixen com a recepció errònia d'una MSU qualsevol dels dos casos següents:

- Hi ha un error a l'MSU detectat gràcies al camp CK, que implementa un codi CRC de 16 bits.
- L'MSU és rebuda de manera desordenada.

La notificació de recepció (tant la positiva com la negativa) se serveix dels camps BSN, BIB, FSN i FIB per a dur a terme la seva funció. Centrem-nos en el punt de senyalització transmissor. Aquest punt de senyalització (*Signalling Point, SP*) consta de dues cues o *buffers*: la cua de transmissió (B_t) i la cua de retransmissió (B_r). Per tal de simplificar l'explicació, de moment considerarem que l'SP transmissor només transmet unitats de senyalització MSU.

Abans de la transmissió d'una MSU, l'SP transmissor assigna un valor al camp FSN. Aquest camp és l'identificador de l'MSU transmesa i ha de permetre determinar l'ordre d'arribada en recepció i notificar la seva recepció per part del receptor. Aquest camp té una longitud de 7 bits, per tant el rang de valors que pot prendre és entre 0 i 127 (tots dos valors inclosos). En concret, l'FSN sempre pren el valor del darrer FSN utilitzat més 1 en mòdul 128. De manera més formal, podem dir que si definim FSN_i com el valor del camp FSN de la i -èsima MSU generada pel transmissor, el camp FSN de la següent MSU (el número $i+1$) serà $FSN_{i+1} = FSN_i + 1(\text{mod } 128)$. Així doncs, per a calcular el número de seqüència només caldrà sumar 1 al valor anterior excepte en el cas que aquest valor sigui 127, situació en la qual el següent valor serà 0. Pel que fa al camp FIB, d'1 bit de longitud, tindrà el mateix valor que el de l'anterior MSU mentre no hi hagi una notificació de recepció negativa. La notificació de recepció, en canvi, es realitzarà mitjançant els camps BSN i BIB de les unitats de senyalització rebudes. Per una banda el BSN serà igual a l'FSN que es vol notificar i amb el bit BIB es determinarà si la notificació és positiva o negativa. Si el BIB és igual al FIB, la notificació és positiva; si no, la notificació és negativa.

Limitacions de l'FSN

L'FSN pren valors entre el 0 i el 127. Per tal de desenvolupar la seva funció convé que com a molt hi pugui haver 128 MSU sense notificació de recepció, ja que si no, hi hauria dues MSU amb el mateix FSN.

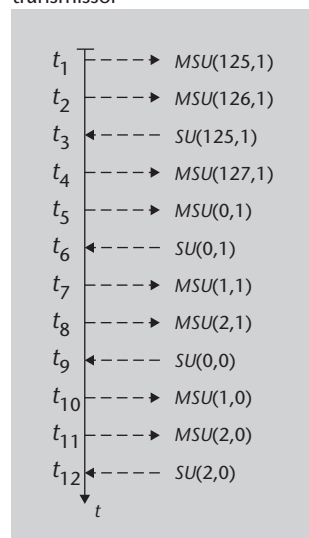
Exemple

La notació que s'utilitza en aquest exemple és la següent:

- Se suposa que l'SP de transmissió només transmet MSU.
- Les MSU es denoten com a $MSU(a,b)$, on a és l'FSN i b és el FIB.
- No estem interessats, de moment, en quin tipus de SU rep el punt de senyalització (MSU, LSSU o FISU). Per tant, les denotarem com a $SU(c,d)$, on c és el BSN i d és el BIB.
- Les cues de transmissió i de retransmissió es denoten amb B_t i B_r , respectivament.
- L'expressió $B_t = \{MSU(a_3, b_3); MSU(a_4, b_4); MSU(a_5, b_5)\}$ i $B_r = \{MSU(a_1, b_1); MSU(a_2, b_2)\}$ significa que a la cua de transmissió hi ha tres MSU (amb $FSN=a_3$ i $FIB=b_3$ el primer, $FSN=a_4$ i $FIB=b_4$ el segon, i $FSN=a_5$ i $FIB=b_5$ el tercer) i a la de retransmissió n'hi ha dos (amb $FSN=a_1$ i $FIB=b_1$ el primer, i $FSN=a_2$ i $FIB=b_2$ el segon).

La figura 11 mostra un esquema temporal d'un punt de senyalització.

Figura 11. Exemple de transmissions i retransmissions d'MSU des del punt de vista del transmissor



Inicialment considerem que la cua de transmissions és:

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

$$B_r = \{\}$$

El procediment és el següent:

- Suposem que totes les MSU transmeses abans de t_1 han estat notificades positivament i que el seu FIB era 1. Així, en l'instant t_1 l'SP transmet la primera MSU amb FIB=1. A l'instant t_2 es transmet la segona MSU. Estat de les cues:

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

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

- A t_3 es rep una unitat de senyalització (pot ser una MSU, LSSU o FISU) amb BSN=125 i BIB=1. Com que el BSN rebut és 125 i el BIB és igual al FIB de la darrera MSU notificada positivament, podem considerar que l'MSU(125,1) ha estat rebuda correctament i podem eliminar-la de la cua de retransmissió. Estat de les cues:

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

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

- En els instants t_4 i t_5 es transmeten, respectivament, les MSU amb números de seqüència 127 i 0. Totes dues MSU són transmeses amb BIB igual a 1 perquè no s'ha rebut cap notificació negativa. Estat de les cues:

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

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

- Novament es rep una SU a t_6 amb una notificació positiva amb BSN=0. Per tant, queda confirmada la recepció correcta de totes les MSU fins a l'MSU que té FSN=0. Estat de les cues:

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

$$B_r = \{\}$$

- Es continuen transmetent totes les MSU de la cua B_t . Estat de les cues:

$$B_t = \{\}$$

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

- En l'instant t_9 es rep una notificació negativa, ja que BIB=0, que és diferent del FIB que havia estat utilitzant el transmissor fins al moment. El BSN de la notificació, a més, indica l'FSN de la darrera MSU rebuda correctament, per tant cal que el transmissor retransmeti les MSU que conté a B_r i, en cas que quedessin MSU a B_t , serien transmeses després de les MSU de B_r . Per aquest motiu es tornen a transmetre les MSU amb FSN igual a 1 i 2, però amb el FIB=0. Estat de les cues:

$$B_t = \{\}$$

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

- Finalment, en l'instant t_{12} , es rep una SU amb un BSN=2 i un BIB=0. Com que el BIB és igual al FIB que s'està emprant en la transmissió, es tracta d'una notificació positiva de totes les MSU amb un FSN inferior o igual a 2. Estat de les cues:

$$B_t = \{\}$$

$$B_r = \{\}$$

Aquest exemple ha servit per a veure com actua el transmissor. A continuació es mostra com actua el receptor. El receptor té l'objectiu de rebre les MSU provinents d'un receptor de manera que l'FSN de les MSU rebudes estigui en

ordre. En principi, l'arribada desordenada d'MSU és deguda a la pèrdua, com a conseqüència d'errors de transmissió, d'algunes de les MSU.

El receptor, en rebre una unitat de senyalització qualsevol, realitza un procés de triple comprovació:

- El camp CK. Gràcies a la utilització del codi corrector d'errors CRC de 16 bits, el receptor descarta totes aquelles unitats de senyalització amb algun error.
- Tipus de SU. Si la unitat de senyalització supera la primera comprovació, el receptor determina quin tipus de SU és (MSU, LSSU o FISU). Aquesta determinació es fa a partir del camp LI present als tres tipus de SU. Només les MSU requereixen retransmissió en cas d'error.
- Ordre de l'MSU rebuda. En cas de superar la primera comprovació i de determinar que es tracta d'una MSU, cal que estigui en ordre. Per aquest motiu, és necessari que l'FSN rebut sigui igual a l'anterior que s'ha rebut més 1 (en mòdul 128). Si aquesta condició es compleix, l'MSU és acceptada.

El receptor realitza la notificació, positiva o negativa, només de les MSU. En el cas de notificació positiva, es poden notificar diverses MSU mitjançant la transmissió d'una SU amb un BSN igual a l'FSN de la darrera MSU que es vol notificar, i un BIB igual al FIB de l'MSU que es desitja notificar. En canvi, la notificació negativa es realitza transmetent una SU amb un BSN igual a l'FSN de la darrera MSU rebuda correctament i canviant el valor del BIB (si el FIB de l'MSU era 0 ara el BIB de notificació serà 1, i viceversa).

Exemple

La notació que s'utilitza en aquest exemple és la mateixa que hem fet servir en l'exemple anterior. En aquest cas, però, en recepció el paràmetre important és la darrera MSU que ha estat rebuda correctament, que denotarem amb MSU_c . La figura 12 mostra l'esquema temporal de l'exemple.

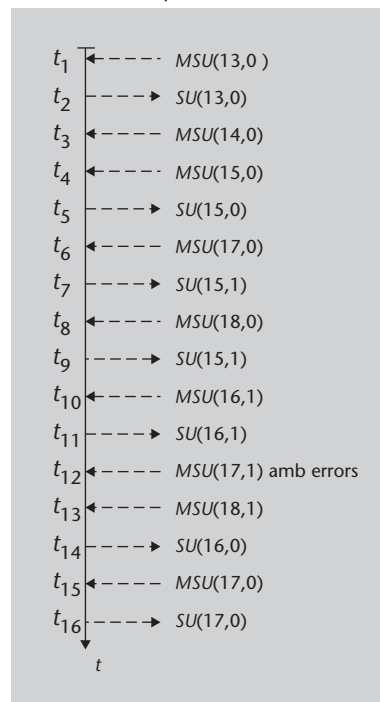
El procediment és el següent:

- Suposem que la darrera MSU rebuda correctament pel receptor és $MSC_c=MSU(12,0)$. També suposem que el transmissor només transmet MSU (no transmet ni LSSU ni FISU). A t_1 el receptor rep una MSU amb FSN=13. Aquest valor deixa palès que no hi ha hagut cap MSU perduda d'ençà de la darrera MSU rebuda i, per aquest motiu, a t_2 es transmet una confirmació o notificació positiva. Per a fer-ho, el BSN i el BIB de la SU transmesa han de ser iguals a l'FSN i el FIB rebuts. En aquest instant, $MSC_c=MSU(13,0)$.
- En els instants t_3 i t_4 es reben les MSU amb números de seqüència FSN igual a 14 i 15, respectivament. Es reben sense errors i, a més, en ordre. Per tant, el receptor les notifica positivament mitjançant una SU amb el BSN igual a l'FSN de la darrera MSU acceptada (d'aquesta manera es notifiquen també les anteriors) i el mateix BIB en l'instant t_5 . En aquest instant, $MSC_c=MSU(15,0)$.
- A t_6 el receptor rep una MSU amb FSN=17. És evident que s'ha perdut l'MSU amb FSN=16. Per tal de notificar aquesta pèrdua al transmissor, el receptor envia a l'instant

t_7 una SU amb el BSN de la darrera MSU correcta (en aquest cas seria 15) i amb el BIB canviat (com que fins ara el FIB rebut era 0, el BIB en aquesta ocasió serà 1). En aquest instant, $MSC_c=MSU(15,0)$.

- A t_8 el receptor rep una altra MSU amb FSN=18. D'acord amb això, es pot interpretar que la notificació negativa enviada a t_7 no ha arribat correctament al transmissor. Es torna, doncs, a transmetre en l'instant t_9 l'SU de notificació negativa amb un BSN igual a l'FSN de la MSU_c. En aquest instant, $MSC_c=MSU(15,0)$.
- Seguidament es rep la MSU(16,1). Aquesta recepció denota que la notificació negativa ha arribat al transmissor per dos motius: s'ha rebut l'MSU que s'esperava, i l'FSN ha canviat. En aquest instant, $MSC_c=MSU(16,1)$.
- En l'instant t_{12} arriba al receptor una MSU amb errors, i per tant és descartada. S'ha descartat abans de saber quin tipus de SU és, per tant, no es notifica negativament. En aquest instant, $MSC_c=MSU(16,1)$.
- Arriba, en l'instant t_{13} , una MSU amb FSN=18. Com que el darrer que s'havia rebut correctament tenia un FSN=16, en l'instant t_{14} s'envia la notificació negativa amb el BSN igual a l'FSN de la darrera MSU rebuda correctament i el BIB diferent de l'FIB que utilitza el transmissor. En aquest instant, $MSC_c=MSU(16,1)$.
- Finalment, a t_{15} arriba l'MSU que s'esperava i es confirma a t_{16} . En aquest instant, $MSC_c=MSU(17,0)$.

Figura 12. Exemple de transmissions i retransmissions d'MSU des del punt de vista del receptor



Retransmissió cíclica preventiva

L'objectiu de la retransmissió cíclica preventiva (a partir d'ara també denotada amb PCR, *Preventive Cyclic Retransmission*) és aconseguir reduir el temps necessari per a la retransmissió de les MSU errònies. Aquesta necessitat es fa més evident en els enllaços que introdueixen retards de propagació elevats, i és per aquest motiu que la PCR s'aplica només en aquesta mena d'enllaços.

Suposem una MSU transmesa a través d'un enllaç i que triga un temps τ a arribar a l'SP de recepció. Si aquesta MSU pateix errors i ha de ser retransme-

sa, el temps mínim que haurà transcorregut entre la seva transmissió i la seva correcta recepció serà de 3τ (la suma del temps de propagació de l'MSU errònia, més el temps de propagació de la notificació negativa, més el temps de propagació de l'MSU sense errors). Per tant, la PCR és un mecanisme que redueix aquest temps malgrat que pugui incórrer en una disminució de l'eficiència (transmissió innecessària d'algunes unitats de senyalització).

Un dels fets més destacables de la PCR és que no s'utilitzen els camps FIB i BIB (iguals a 1), ja que les confirmacions de recepció sempre són positives, al contrari del que succeeix en la BEC.

Habitualment, la utilització d'un enllaç de senyalització és relativament baixa. Mentre un punt de senyalització no té MSU o LSSU per a transmetre, envia FISU per tal de tenir el canal ocupat i, a més, controlar-ne l'estat. Aquests períodes en els quals no hi ha MSU o LSSU per a ser enviats esdevenen, alhora, una oportunitat per a reduir el retard de transmissió. Així, el mecanisme PCR fa que sempre que no hi hagi MSU o LSSU per a transmetre a la cua de transmissió (B_t), es transmetin cíclicament les MSU de la cua de retransmissió (B_r)*.

* Recordeu que a la cua de retransmissions hi ha emmagatzemades les MSU que no han estat confirmades pel receptor.

El procediment consisteix en el següent:

- El punt de senyalització transmissor va transmetent les MSU a mesura que van arribant a la cua de transmissió (B_t). Un cop transmeses, les MSU es van emmagatzemant a la cua de retransmissió (B_r). De la mateixa manera que succeïa a la BEC, una MSU conté un camp FSN igual a l'FSN de la darrera MSU transmesa més 1 (mòdul 128).
- Quan el transmissor rep una unitat de senyalització amb un camp BSN igual a l'FSN d'alguna de les MSU contingudes a la cua de retransmissió, es consideren notificades positivament totes les MSU amb un FSN igual o anterior al BSN rebut.
- Quan no hi ha MSU o LSSU per a ser transmeses a la cua de transmissió, el transmissor comença a retransmetre cíclicament les MSU de la cua de retransmissió. Adoptant aquesta decisió, el transmissor actua proactivament i preventivament davant de la possible pèrdua d'alguna de les MSU. El receptor, en rebre les MSU retransmeses, les descarta si ja havien estat rebudes correctament.
- En determinades situacions, l'enllaç de senyalització pot estar congestionat i, per tant, que no es realitzi la retransmissió preventiva. En aquest cas, s'activen els cicles de retransmissió forçada, que suposen la retransmissió de les MSU no notificades positivament (les MSU contingudes a B_r) mal-

grat l'existència d'MSU i LSSU per a transmetre. Aquestes retransmissions forçades ocorren quan es compleix una de les següents condicions:

- El nombre d'MSU a la cua de retransmissió és superior a un determinat lílindar, denotat amb N_1 .
- El nombre de bytes a la cua de retransmissió és superior a un determinat lílindar, denotat amb N_2 .

3.2.3. Altres funcions de la capa d'enllaç

La capa d'enllaç, a banda de corregir els errors de transmissió mitjançant la correcció bàsica d'errors o la retransmissió cíclica preventiva, també desenvolupa funcions de monitoratge de l'estat de l'enllaç. Si bé és cert que rau en la capa 3 la responsabilitat de gestionar l'enllaç de senyalització, hi ha determinats aspectes que o bé són gestionats directament a la capa 2 o bé són assistits per la capa 2. En aquest subapartat els presentem.

Fins ara hi ha determinats aspectes que no han estat tractats en profunditat: per una banda el camp *Status Field* (SF) present a l'LSSU, i per altra banda la funció específica de les unitats de senyalització diferents de l'MSU. En aquest apartat exposarem les seves funcions.

Tal com s'ha introduït en subapartats anteriors, tant el control de l'estat de l'enllaç com de la situació de la capa MTP3 a l'altre extrem de l'enllaç es realitza mitjançant les unitats de senyalització LSSU, i més concretament els tres bits menys significatius del camp SF, coneguts per la sigla LSI. En podeu trobar els possibles valors a la taula 2 que apareix al subapartat 3.2.1., en la descripció dels camps que componen la LSSU. Ja s'ha fet notar que l'enllaç de senyalització s'utilitza contínuament. Així, quan no hi ha LSSU o MSU per a ser transmeses, es transmeten FISU. Ara bé, l'enllaç es troba en condicions per a ser utilitzat només després que els dos controladors de l'enllaç de la capa MTP2 estiguin alineats. Aquesta alineació, com ja és sabut, és un requisit necessari per tal que es pugui determinar (a recepció) on comença i on s'acaba una SU, i s'assoleix gràcies a la correcta detecció dels *flags* de les SU rebudes.

Per tant, qualsevol controlador de l'enllaç, en iniciar el funcionament (en ser connectat), té un primer objectiu: alinear-se amb el controlador de l'altre extrem de l'enllaç. Per a dur a terme aquest pròposit, el punt de senyalització comença a transmetre LSSU amb els bits LSI igual a 000, és a dir informant d'un estat SIO (*out of alignment*), per a informar que encara no està preparat per a poder rebre MSU. En el moment en què s'aconsegueix l'alineació, es comencen a transmetre LSSU amb un LSI=SIN (*normal alignment*) per a indicar-ho. És important notar que tots dos extrems faran el procés simultàniament, però

no necessàriament acabaran en el mateix moment. Així, es pot donar el cas en què només un dels extrems ha aconseguit l'alineació. En aquesta situació, el controlador alineat transmetrà amb LSI=SIN i l'altre ho farà amb LSI=SIO. Només es considerarà que l'enllaç està a punt per a ser utilitzat de manera normal quan tots dos n'informin amb LSI=SIN. Serà en aquest moment en el qual qualsevol dels dos extrems podrà enviar MSU. En cas de no tenir MSU per a ser transmeses, es transmetran FISU.

L'operació de l'enllaç, un cop assolida l'alineació, es pot veure alterada principalment per tres factors: problemes a l'enllaç, congestió de l'enllaç, o problemes al receptor/transmissor (o, dit d'una altra manera, a la capa MTP3*).

Començant per la primera de les situacions, **els problemes o la fallada de l'enllaç** (conegut en anglès com a *link failure*) es deuen a un excessiu nombre d'errors o a un excessiu retard en la confirmació de recepció de les MSU. Així, si no es reben confirmacions de recepció de nous paquets en un temps màxim, el transmissor interpreta que l'enllaç no funciona correctament i, per tant, informa el nivell MTP3 de la fallada (*link failure*). Aquesta situació també pot succeir si, malgrat continuar rebent confirmacions, es detecten massa errors. Per a la capa MTP2, un excessiu nombre d'errors equival a rebre 64 SU consecutives amb errors, rebre un nombre de SU errònies superior a una de cada 256, o rebre una SU amb una estructura inesperada (aspecte relacionat amb els *flags* utilitzats en l'alineació).

La **congestió de l'enllaç** és entesa com la incapacitat de poder transmetre amb prou celeritat les MSU generades. Així, l'estàndard SS7 considera que l'enllaç es troba saturat quan les cues que contenen les MSU per a ser transmeses o retransmeses superen una determinada mida. En aquest cas, la gestió d'aquestes situacions no rau en l'MTP2, sinó en l'MTP3. És per aquest motiu, però, que l'MTP2 ha d'informar l'MTP3 de la congestió.

Pel que fa a la darrera de les situacions esmentades, **els problemes al nivell MTP3**, es tracta de la situació en la qual pels motius que siguin el nivell MTP3 pot funcionar de manera anormal. Quan succeeix això, les SU rebudes i emmagatzemades a les cues del nivell MTP2 no són processades i poden saturar les cues del receptor. Així, el node que pateix aquesta saturació envia les SU amb un LSI igual a SIB (*busy*) per a informar l'altre extrem de la impossibilitat de rebre noves MSU. Malgrat no poder-ne rebre, sí que pot continuar transmetent-ne. És important notar que, a l'altre extrem, quan es comencen a rebre SU amb LSI igual a SIB, s'entén que el receptor extrem no està disponible. Si aquesta situació es perllonga, s'informa el nivell MTP3 que l'enllaç ha fallat (*link failure*). També en aquesta línia, si l'MTP3 decideix suspendre el seu funcionament d'una manera temporal, la capa MTP2 n'informa l'altre extrem mitjançant l'enviament de LSI iguals a SIPO (*processor outage*). Aquesta situació és reversible, i en qualsevol moment es finalitza deixant d'enviar SIPO. De tota manera, si la situació es perllonga per sobre d'un determinat llindar, aleshores el controlador d'enllaç que rep els SIPO informa al seu MTP3 que l'enllaç ha fallat (*link failure*).

* Cal tenir present que sempre ens referim a la capa o nivell MTP2; per tant, l'usuari que fa ús de les funcionalitats de l'MTP2 (transmissor/receptor) és el nivell MTP3, que pot ser considerat un usuari MTP2.

Temporitzadors

L'SS7 fa ús de diversos temporitzadors. En aquest subapartat se n'ha esmentat algun però no se n'ha donat ni el nom ni els valors típics. Si es vol aprofundir en aquests aspectes, es pot consultar la Recomanació Q.703 de la UIT-T.

3.3. MTP3

El nivell tres de l'MTP desenvolupa funcions essencials per a la xarxa SS7, com per exemple l'encaminament dels paquets generats pels usuaris del nivell o capa 4. Tal com s'ha estudiat fins ara, les dues capes més baixes de l'estructura SS7 permeten transmetre i rebre unitats de senyalització entre dos punts de senyalització de manera ordenada*, a banda de detectar problemes de congestió o de fallada dels enllaços.

* Recordem que els mecanismes de correcció d'errors tenen entre les seves funcions lliurar les SU de manera ordenada.

Per tant, i gràcies en part a les funcionalitats suportades per les capes inferiors, el nivell MTP3 desenvolupa la funció d'encaminar el trànsit de senyalització entre dos punts de senyalització i, en cas de congestió o fallada d'enllaços, reencaminar-lo si és necessari.

Òbviament per a dur a terme l'encaminament del trànsit entre punts de senyalització es requereix que cadascun d'aquests punts tingui una adreça. Aquestes adreces reben el nom anglès de *Point Code* i són explicades en el següent subapartat.

3.3.1. Els codis de punt (*Point Codes*)

Els codis de punt poden ser nacionals (*National Signalling Point Code*, NSPC) o internacionals (*International Signalling Point Code*, ISPC). Els nacionals són aquells que s'utilitzen per a identificar els punts de senyalització dins d'una xarxa nacional, mentre que els punts internacionals s'utilitzen per als punts de senyalització de xarxes internacionals. És important adonar-se que els punts de senyalització que enllacen una xarxa nacional i una xarxa internacional tindran dos codis: el nacional i l'internacional. Alhora, cal tenir present que l'estàndard de la ITU-T i l'estàndard de l'ANSI són lleugerament diferents.

Els codis internacionals estan formats per tres camps que en total tenen una longitud de 14 bits. Els tres camps són el camp de zona geogràfica (3 bits), el camp de xarxa de telecomunicacions nacional (8 bits) i, finalment, el camp que identifica un ISC o *International Switching Center*, que és el punt de senyalització internacional concret (3 bits).

Pel que fa a la zona geogràfica, la ITU-T ha definit 6 àrees numerades del 2 al 7. Així, Europa és la zona 2, l'Amèrica del Nord la 3, l'Orient Mitjà i gran part de l'Àsia la zona 4, Austràlia i el sud-est asiàtic la 5, l'Àfrica la zona 6, i l'Amèrica Llatina la zona 7. Dins de cada zona geogràfica s'utilitzen 8 bits per a designar una àrea concreta i/o una xarxa nacional.

El camp de zona geogràfica i el d'àrea/xarxa, junts, són l'anomenat *Signalling Area/Network Code* (SANC), l'assignació del qual és responsabilitat de la Tele-

communication Standardization Bureau (TSB), oficina que pertany a la ITU-T. Les assignacions vigents poden ser consultades al Complement a la Recomanació Q.708. Per exemple, i segons la Recomanació Q.708, Àustria té assignats els SANC 2-025, 2-026, 2-033, 2-064, 2-065, 2-066 i 2-067, on el 2 inicial denota la zona geogràfica (Europa). En canvi, un país com Mèxic té assignats els 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 i 3-176, on el 3 inicial denota la zona de l'Amèrica del Nord.

Finalment, el darrer dels camps designa, amb una longitud de 3 bits i per a un SANC determinat, el punt de senyalització. D'acord amb la nomenclatura feta servir fins ara, el codi de punt s'expressa habitualment com a Z-U-V, on Z és la zona i pren valors entre 2 i 7, U és el codi d'àrea/xarxa, i V és el codi del punt de senyalització concret.

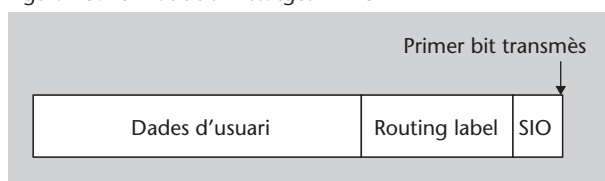
Pel que fa als codis de punt nacionals, el regulador nacional de cada país és l'encarregat de decidir-ne l'estructura. Malgrat això, la majoria de països que segueixen l'estàndard de la ITU-T utilitzen un NSPC de longitud igual a 14 bits, mentre que als països que compleixen l'estàndard de l'ANSI la longitud és de 24 bits (3 camps de 8 bits cadascun).

3.3.2. Funcions de l'MTP3

Les funcions principals d'aquesta capa poden ser resumides en dues: per una banda aquelles funcions que permeten la transmissió i la recepció dels missatges de senyalització provinents o destinats a la capa 4 (conegudes habitualment com a funcions *Signalling Message Handling*, SMH), i per altra banda, les funcions que permeten gestionar situacions de congestió o fallada de l'enllaç (*Signalling Network Management*, SNM).

Les funcions SMH gestionen missatges amb tres camps fonamentals: la informació del servei (*Service Information Octet*, SIO), el *routing label*, i les dades provinents o destinades a l'usuari del nivell 4 (tal com mostra la figura 13), que pot ser la TUP, la ISUP o l'SCCP.

Figura 13. Format dels missatges MTP3



Pel que fa a les dades d'usuari (el darrer dels camps dels missatges MTP3), el nivell MTP3 ni els modifica ni els processa i, per tant, són lliurats a la capa 4 de manera transparent.

El camp SIO té una longitud de 8 bits i es pot descompondre, alhora, en dos camps de 4 bits cadascun: el *service indicator* (SI) i el *subservice field* (SSF). Aquests dos camps serveixen per a determinar quin tipus d'usuari ha generat (i per tant, a quin tipus d'usuari va destinat) el missatge i si es tracta d'un missatge d'una xarxa nacional o d'una xarxa internacional. En concret, les possibilitats per al SI són les que mostren la taula 3. Fixem-nos que es recullen els diferents usuaris de la capa 4 i, a més, missatges que no han estat generats per la capa 4 sinó per les funcions que descriurem més endavant, les SNM (*Signalling Network Management*).

Taula 3. Principals valors del camp *Service indicator* (SI)

Valors	Usuari
0000	Generat per les funcions SNM
0100	TUP (apartat 4)
0101	ISUP (apartat 5)
0011	SCCP (apartat 6)

Pel que fa al camp SSF, el valor 0000 indica que la xarxa és internacional i el valor 0010 indica que la xarxa és nacional.

El *Routing Label* és el camp que permet a l'MTP3 determinar el punt de senyalització de destinació i, en cas de ser necessari, com s'ha d'encaminar. Consta de tres camps: el codi de punt de destinació (*Destination Code Point*, DPC), el codi de punt d'origen (*Originating Code Point*, OPC), i el selector d'enllaç (*Signalling Link Selector*, SLS). Els dos primers camps (els codi de punt d'origen i de destinació) tenen objectius evidents en l'encaminament dels missatges. De tota manera, cal tenir present que la longitud d'aquests camps difereix entre l'estàndard de la ITU-T i el de l'ANSI. Tal com hem observat al subapartat 3.3.1., els codis de punt de l'estàndard americà tenen una longitud de 24 bits, mentre que a l'estàndard de la ITU-T tenen una longitud de 14 bits. Pel que fa al camp SLS, a continuació s'explicarà mitjançant quin mecanisme s'aconsegueix que el trànsit que flueix a través d'un punt de senyalització es distribueixi entre els diversos enllaços que en surten. Gràcies a aquest mecanisme, la càrrega dels enllaços de la xarxa SS7 es distribueix d'una manera relativament uniforme entre els diferents enllaços. La longitud d'aquest camp també varia entre l'estàndard ITU-T, on és de 4 bits, i l'estàndard ANSI, on és de 8 bits (a les primeres versions de l'estàndard era de 5 bits).

Code points

Els codis de punt d'origen i de destinació, OPC i DPC, tenen una longitud de 14 bits a l'estàndard de la ITU-T i de 24 bits a l'estàndard ANSI.

Les funcions *Signalling Message Handling* (SMH) tenen tres objectius:

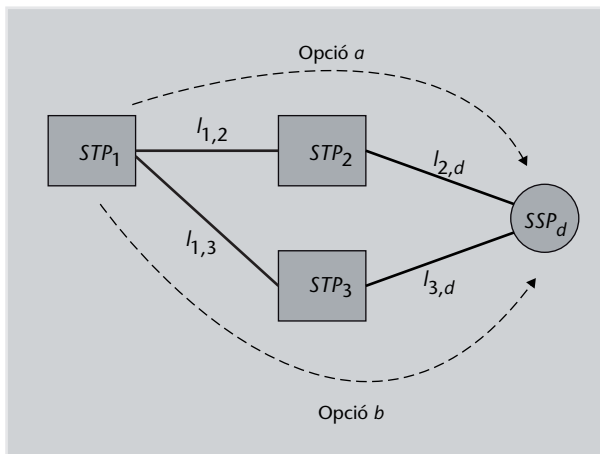
- Discriminar els missatges rebuts.
- Encaminar els missatges MTP3.
- Distribuir el trànsit que arriba a un punt de senyalització.

La **discriminació** dels missatges rebuts determina si un missatge entrant està dirigit al punt de senyalització que l'ha rebut o no. Aquesta funció analitza el camp DPC, i si coincideix amb el codi de punt del punt de senyalització, el missatge és transferit cap al nivell 4, i concretament cap a l'usuari que indiqui el camp SI (**distribució**). Si no coincideix, el missatge pot ser descartat o **encaminat**:

- El **missatge és descartat**. El punt de senyalització que rep el missatge és un punt final.
- El **missatge és encaminat**. El punt de senyalització que rep el missatge és un punt de transferència (STP) o té capacitat per a transferir.

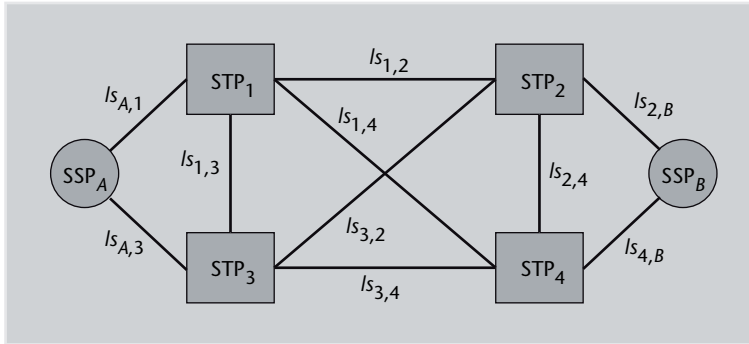
Els punts de senyalització, tant els que generen els missatges (SSP) com els que es transfereixen a través de la xarxa (STP), tenen l'objectiu de distribuir la càrrega o trànsit entre els diferents enllaços (anomenat *load-sharing*). És a dir, si suposem un punt de senyalització STP_1 com el de la figura 14, el missatge rebut pot ser redirigit tant cap al *linkset* $l_{1,2}$ com cap a $l_{1,3}$. Fixem-nos que, malgrat que el punt de senyalització de destinació és SSP_d , el missatge pot arribar a través de l' STP_2 (opció *a*) o de l' STP_3 (opció *b*). Mitjançant el camp SLS es fa que una part dels missatges s'encamini a través de l' STP_2 i una altra part a través de l' STP_3 .

Figura 14. Possibilitats per a repartir la càrrega entre els enllaços mitjançant el camp SLS



Aquest repartiment de la càrrega pot ser fet entre diferents *linksets* o diferents enllaços. En el primer cas, la càrrega es reparteix entre diferents *linksets* (seria el cas de la figura 14), mentre que en el segon cas, la càrrega es repartiria entre enllaços d'un mateix *linkset*. Imaginem la xarxa de la figura 15 i suposem que l' SSP_A transmet missatges cap a l' SSP_B .

Figura 15. Exemple de distribució de càrrega



La manera de de distribuir la càrrega seria la següent:

- Per a cada nou missatge, el camp SLS s'incrementa en una unitat (en mòdul 16*).
- Cadascun dels bits del camp SLS determina la selecció d'un enllaç. Així, el primer bit determina si el missatge s'encamina cap a STP_1 o STP_2 , el segon bit determina l'enllaç que s'ha de fer servir per al segon enllaç del camí, etc.

*Cal recordar que el camp SLS, en l'estàndard de la ITU-T, té una longitud de 4 bits. És per aquest motiu que pot prendre valors entre el 0 i el 15.

Suposem que, per a aquesta xarxa de la figura 15, l'SLS del primer missatge MTP3 és 0000. El segon missatge tindrà un SLS 0001, el tercer 0010 i el quart 0011. El camí que prendrà cada missatge s'explica a continuació:

- **Primer missatge.** Com que el primer bit de l'SLS és igual a 0 (0000), el punt de senyalització SSP_A encamina el trànsit a través de l'enllaç $ls_{A,1}$. Pel que fa al segon salt, l' STP_1 selecciona l'enllaç principal perquè el segon bit és igual a 0 (0000) i, per tant, encamina el missatge a través de l'enllaç $ls_{1,2}$. Finalment, el tercer salt és aquell que arriba directament a l' SSP_B , l'enllaç $ls_{2,B}$.
- **Segon missatge.** En aquest cas el primer bit és 1 (0001), per tant el missatge és encaminat cap a l' STP_3 a través de l'enllaç $ls_{A,3}$. Com que el segon bit és igual a 0 (0001), en el segon salt el missatge és encaminat des de l' STP_3 cap a l' STP_4 a través de l'enllaç $ls_{3,4}$. El darrer salt és cap al punt de senyalització de destinació mitjançant l'enllaç $ls_{4,B}$.
- **Tercer missatge.** Com en el cas del primer missatge, el primer bit de l'SLS és un 0 (0010) i per tant inicialment és encaminat per l'enllaç $ls_{A,1}$. El segon bit és igual a 1 (0010) i l' STP_1 encamina el missatge cap al punt STP_4 a través de l'enllaç $ls_{1,4}$.
- **Quart missatge.** Pels mateixos motius explicats, el quart missatge és encaminat fins a l' SSP_B pel camí $\{ls_{A,3}, ls_{3,2}, ls_{2,B}\}$.

Fixem-nos que en aquest exemple la càrrega ha estat distribuïda de manera equitativa entre els diversos camins possibles.

Malgrat que l'objectiu de repartir la càrrega es deu, principalment, a l'intent de reduir la probabilitat de congestió d'un enllaç en concret –i que, gràcies a la utilització de tots els enllaços, és possible detectar les fallades dels enllaços de manera més ràpida–, tots els missatges que pertanyen a una mateixa trucada tenen el mateix valor d'SLS i, en conseqüència, el mateix encaminament. El motiu que rau rere aquest fet és el d'assegurar que els missatges d'una mateixa trucada arriben de manera seqüencial i ordenada.

Tal com s'ha descrit anteriorment, a banda de les funcions SMH, l'MTP3 descriu i implementa les funcions del *Signalling Network Management* (SNM). Les tres funcions emmarcades dins de les funcions SNM són les següents:

- La gestió de l'enllaç
- La gestió del trànsit
- La gestió de l'encaminament

Nota

El nivell MTP2 assegura la recepció ordenada de les SU a través d'un mateix enllaç. Per tal de mantenir aquest ordre a la capa MTP3 cal que els missatges d'una mateixa trucada siguin encaminats pels mateixos enllaços (el camp SLS igual).

La funció de **gestió de l'enllaç** és aquella que té l'objectiu d'activar i desactivar un enllaç de senyalització. Aquesta funció és pròpia, principalment, de la instal·lació de nous punts de senyalització o enllaços. Malgrat que es tracta d'una funció important, en aquest apartat centrarem l'estudi sobre les funcions de **gestió del trànsit** i de **gestió de l'encaminament**.

Les funcions de **gestió del trànsit** podrien ser definides com totes aquelles accions que l'MTP3 emprèn per tal de fer que la informació dels usuaris MTP (és a dir TUP, ISUP o SCCP) sigui transmesa des d'un punt de senyalització d'origen fins a un punt de senyalització de destinació. Aquestes accions, en situacions en què hi hagi fallades d'un o de diversos enllaços entre origen i destinació, comporten la capacitat de reencaminar el trànsit a través de la xarxa de senyalització. Per la seva banda, en canvi, les funcions de **gestió de l'encaminament** són aquelles que permeten l'intercanvi d'informació relativa a l'encaminament entre diversos punts de senyalització de la xarxa. En poques paraules, permeten que els diferents punts de senyalització de la xarxa SS7 s'informin de la disponibilitat de les rutes. És important adonar-se que el bon funcionament dels mecanismes establerts per les funcions de gestió de l'encaminament permeten a les funcions de gestió del trànsit tenir la informació necessària per a un òptim resultat.

En primer lloc cal dir que els missatges utilitzats per aquestes funcions tenen la mateixa estructura que tenien els utilitzats per les funcions SMH (podeu

trobar-la a la figura 13). Ara bé, alguns dels tres camps d'aquests missatges (el SIO, el *Routing label* i les dades d'usuaris) presenten subcamps diferents.

El SIO (*Service Information Octet*), el primer camp del missatge que està compost pel SI i l'SF, es caracteritza per presentar un SI=0000. Recordem que el SI indicava el servei que genera el missatge i, tal com es mostra a la taula 3, el valor 0000 s'assigna a les funcions SNM. El següent camp, el *Routing Label*, manté el codi de punt pel punt de senyalització d'origen (OPC) i de destinació (DPC), però substitueix l'SLS (*Signalling Link Selector*, emprat en el repartiment de la càrrega per les funcions SMH), per l'SLC (*Signalling Link Code*). És a dir, que el SIO està format pel DPC, l'OPC i l'SLC.

Els missatges generats per les funcions SNM fan referència a situacions relacionades amb punts de senyalització concrets o amb els enllaços que els uneixen. És per aquest motiu que apareix el subcamp SLC. En general, l'enllaç sobre el qual s'informa mitjançant aquest missatge s'identifica mitjançant els tres subcamps: DPC, OPC i SLC. Tot i així, també és possible que la informació continguda no faci referència a cap enllaç. En aquest cas, el valor de l'SLC serà 0.

El camp que més canvis presenta respecte dels missatges de les funcions SMH és el de dades d'usuari. Aquest camp es divideix en tres subcamps: en primer lloc dues capçaleres que reben la denominació d'H0 i H1 i, seguidament, els paràmetres. Les capçaleres H0 i H1, de la mateixa longitud (4 bits cadascuna), determinen la família de missatges (H0) i el tipus de missatge dins de la família (H1). Com que no explicarem tots els procediments en detall, sinó els més rellevants, a mesura que es vagin descrivint procediments s'aniran introduint els valors d'H0, H1 i el subcamp de paràmetres. De tota manera, com que la descripció del camp H0 permet tenir una visió general de les funcions que es realitzen, a la següent taula presentem breument les famílies de missatges.

Missatges MTP3

Els missatges emprats per les funcions SMH i les funcions SMN tenen la mateixa estructura. Tot i així, dins dels camps del *routing label* i de les dades d'usuari, hi ha diferències en funció de si el missatge prové del nivell 4 (funcions SMH) o són generats al nivell 3 (funcions SMN).

Taula 4. Família de missatges de les funcions SNM a partir del valor d'H0

Valor d'H0	Denominació
0001	Canvi (<i>changeover</i> , CHM)
0010	Canvi d'emergència (<i>emergency changeover</i> , ECM)
0011	Control de flux (<i>flow control</i> , FCM)
0100	Transferència (<i>transfer</i> , TFM)
0101	Test del conjunt d'encaminaments (<i>routeset test</i> , RSM)
0110	Inhibició de la gestió (<i>management inhibiting</i> , MIM)
0111	Trànsit (<i>traffic</i> , TRM)
1000	Enllaç de dades (<i>data link</i> , DLM)
1010	Control de flux de la part de l'usuari (<i>user part flow control</i> , UFC)

Pel que fa als tipus de missatges estandarditzat per a cada família, la taula 5 (extreta de la Recomanació Q.704) en mostra les possibilitats. En aquest mòdul només explicarem el significat dels valors més importants d'H0 i H1 a mesura que en descrivim el funcionament. Per a una descripció exhaustiva de cadascun dels valors, és possible adreçar-se a la Recomanació corresponent.

Taula 5. Família de missatges de les funcions SNM a partir del valor d'H0

Grup o família	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							

Recomanació Q.704

En aquest mòdul només s'expliquen aquells missatges i mecanismes més rellevants. Podeu aconseguir-ne el detall a la Recomanació Q.704 de la ITU-T.

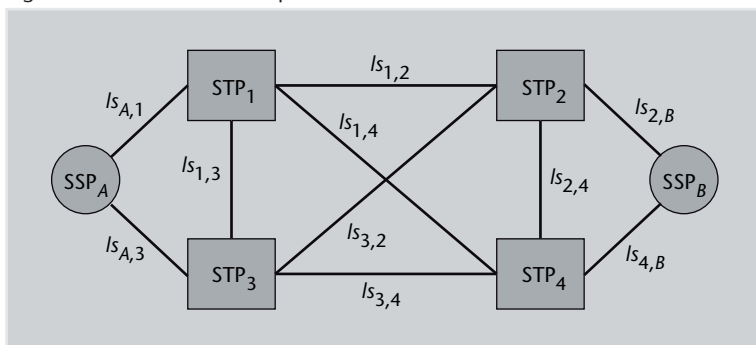
Fixem-nos que la gestió de l'encaminament i del trànsit al nivell 3 han de fer front a dues situacions principals: la fallada d'algun enllaç o d'algun *linkset*, i la congestió d'algun punt de senyalització. Així doncs, a grans trets, els mecanismes que descriurem a continuació han de ser capaços de saber quina és la situació dels enllaços que componen el camí fins a una destinació determinada (ja sigui de fallada o de congestió), i actuar en conseqüència per a superar les restriccions que suposa cadascuna de les situacions.

Les funcions SNM que permeten detectar o anunciar la fallada d'un o diversos enllaços formen part de la família anomenada de transferència (a la taula 4, per a les quals el valor d'H0 utilitzat en els seus missatges és igual a 0100). Tal com es pot observar a la taula 5, hi ha tres possibles missatges: el *Transfer Prohibited Signal* (TFP), el *Transfer Restricted Signal* (TFR) i el *Transfer Allowed Signal* (TFA). Pel que fa a la congestió de l'enllaç, els missatges necessaris són del grup FCM (amb un H0 igual a 0011), i concretament són el *Signalling Route Set Congestion Test Signal* (RTC) i el *Transfer Controlled Signal* (TFC). La figura 16 mostra la xarxa tipus sobre la qual explicarem cadascun dels mecanismes i missatges SNM.

Nota

En algunes variants de l'estàndard, com per exemple a l'ANSI núm.7, es permeten alguns missatges més que no estudiarem.

Figura 16. Xarxa SS7 d'exemple



Cadascun dels camins de la figura 16 pot presentar un dels següents estats: permès, prohibit o restringit. Quan els enllaços del camí es troben disponibles per a la transmissió, el seu estat és *permès*. Quan alguns dels enllaços que formen el camí, principalment l'enllaç principal, no es troben disponibles, l'estat del camí és *restringit*. Finalment, quan cap dels enllaços no està disponible i,

per tant, hi ha un punt de senyalització aïllat que no permet encaminar el missatge cap al punt de senyalització de destinació, aquest camí pren l'estat de *prohibit*.

Fixem-nos en la figura 16. Imaginem que el punt SSP_A es comunica amb el punt SSP_B a través dels diferents camins disponibles, principalment els camins formats pels *linksets* $\{ls_{A,1}, ls_{1,2}, ls_{2,B}\}$ i pels *linksets* $\{ls_{A,3}, ls_{3,4}, ls_{4,B}\}$. Inicialment tots dos camins tenen l'estat de *permès* (en anglès *allowed*). En el moment en què, per exemple, el *linkset* $ls_{1,2}$ pateix una fallada i deixa d'estar disponible, el punt de senyalització STP_1 indicarà als punts de senyalització veïns que $l_{1,2}$ ja no està disponible mitjançant un missatge amb un H1 igual a TFR. Cal notar que aquest missatge informa els punts veïns (tot i que la informació es propaga fins als SSP que utilitzen $l_{1,2}$ com a part d'un camí entre l' SSP_A i l' SSP_B) que les possibilitats de l' STP_1 per a encaminar el trànsit han quedat restringides (o reduïdes). Si, més tard, pel motiu que sigui, fallen els *linksets* $l_{1,3}$ i $l_{1,4}$, el punt de senyalització STP_1 queda aïllat i no pot ser utilitzat com un punt de transferència entre l' SSP_A i l' SSP_B . Cal, doncs, anunciar la situació, i el punt de senyalització STP_1 ho fa mitjançant un missatge amb H1 igual a TFP cap a SSP_A . Aquestes situacions de fallada d'enllaços són reversibles. És per aquest motiu que, un cop resolt els problemes, el punt de senyalització STP_1 ho comunica a tots els punts de senyalització amb missatges amb H1 igual a TFA.

Pel que fa a la congestió de l'enllaç, cal que recordem que el nivell MTP2 ja preveia un control de congestió als punts de senyalització finals (aquells que no són STP). En el moment en el qual es detecta congestió, l'MTP3 informa als usuaris MTP (TUP, ISUP o SCCP) de la necessitat de reduir la transmissió d'unitats de senyalització. La situació és diferent si la congestió s'esdevé en un STP. En aquest cas l'STP que retransmet els missatges per l'enllaç congestionat, per exemple l' STP_1 , informa de l'estat del camí mitjançant un missatge amb H1 igual a TFC. De manera molt similar, els punts de senyalització poden comprovar l'estat de congestió dels enllaços mitjançant la transmissió/recepció d'un missatge amb H1 igual a RCT. En tots els casos exposats (tant en cas de congestió com en cas de fallades, ja sigui en estat restringit o prohibit) els missatges de les funcions SNM contenen el codi de punt del punt de senyalització al qual o bé no es pot arribar o bé s'hi ha d'arribar a través d'un camí diferent.

L'objectiu de l'MTP3 és aconseguir assegurar la comunicació entre dos punts de senyalització finals sense pèrdues de missatges i amb una recepció ordenada d'aquests missatges.

Els mecanismes explicats fins ara permeten que els punts de senyalització detectin l'estat dels enllaços, però cal que cada punt de senyalització, davant d'aquestes situacions, actuï per a aconseguir complir amb l'objectiu que acabem d'esmentar. Per a aquest propòsit cal que un punt de senyalització que

detecta la fallada d'algun o de tots els enllaços sigui reencaminat sense que hi hagi pèrdues. Posem novament l'exemple de la xarxa de la figura 16. Si, tal com hem assenyalat abans, falla $ls_{1,2}$, el punt de senyalització STP_1 transmet un missatge cap a l' STP_2 amb l'H1 igual a COO (*Changeover Order*) per a indicar la manca de disponibilitat del *linkset*. Aquest missatge conté dins del camp de dades d'usuari dos subcamps: l'identificador de l'enllaç afectat (SLC) i l'FSN* de la darrera unitat de senyalització rebuda a través de $ls_{1,2}$. El primer subcamp té l'objectiu d'identificar l'enllaç que no pot ser utilitzat per a la comunicació. El segon té l'objectiu d'evitar que es perdin missatges durant el canvi d'enllaç. Òbviament, el missatge COO, com a conseqüència de l'estat d' $ls_{1,2}$, haurà de ser transmès a través d'un camí diferent d' $ls_{1,2}$ (com per exemple $ls_{1,4}$ i $ls_{2,4}$). El punt STP_2 , en rebre el COO, retransmet (amb l'ajut de l'FSN i d'acord amb els mecanismes explicats a l'MTP2) els missatges que es troben a la cua de retransmissió i a la cua de transmissió (per aquest ordre) i que inicialment havien de ser transmesos a través d' $ls_{1,2}$. En acabat, l' STP_2 transmet un missatge de confirmació del canvi amb H1 igual a COA (*Changeover Acknowledgement*) amb el mateix SLC i l'FSN del darrer missatge acceptat.

Si el punt de senyalització no és capaç de determinar l'FSN del darrer missatge acceptat, el procés de canvi és exactament igual però els missatges que es transmeten tenen H1 igual a ECO (*Emergency Changeover*) i ECA (*Emergency Changeover Acknowledgement*). Com que no és possible determinar quins missatges han estat rebuts correctament, s'obvien els missatges continguts a la cua de retransmissió i només es transmeten els de la cua de transmissió.

Quan les condicions de l'enllaç milloren i torna a estar disponible, cal reestablir la situació anterior mitjançant l'intercanvi dels missatges amb H1 igual a CBD (*Changeback Declaration*) i CBA (*Changeback Acknowledgement*).

*Recordeu que l'FSN (*Forward Sequence Number*) és un dels camps que emprà l'MTP2 per a confirmar la recepció dels missatges.

4. Telephone User Part (TUP)

El nivell 4 de la pila de protocols de l'SS7 està format per un conjunt de protocols, com ara el *Telephone User Part (TUP)*, l'*ISDN User Part (ISUP)*, el *Signalling Connection Control Part (SCCP)* i el *Transaction Capabilities Application Part (TCAP)*. L'ordre en el qual els presentem en aquest mòdul respon a l'ordre cronològic en el qual es va plantejar la necessitat d'aquests protocols/parts. El primer de tots, com és lògic, és el TUP.

El TUP és el protocol de nivell 4 que, a la xarxa SS7, té l'objectiu de gestionar la senyalització del circuits de les xarxes de telefonia analògica. El seu objectiu és **establir, alliberar i mantenir els circuits troncal de telefonia** tant de trucades nacionals com internacionals.

Tal com és sabut, la telefonia clàssica (ja veurem més endavant que la telefonia IP ha canviat alguns d'aquests paradigmes) es basa en la transmissió per commutació de circuits. Així, per tal de poder dur a terme una comunicació de veu, en primer lloc cal determinar l'encaminament de la trucada i, posteriorment, establir el circuit a través del qual circularà la informació de veu. Cal, doncs, configurar els diversos commutadors involucrats.

Per a entendre millor quina és la funció d'aquest nivell de la pila de protocols SS7 (no només del TUP) és interessant observar l'estructura d'una Xarxa Telefònica Commutada (XTC), o en anglès *Public Service Telephone Network (PSTN)*, i de la xarxa SS7 a través de la qual circula la informació de senyalització corresponent. Cal recordar que un dels grans avenços de la pila de protocols SS7 és que la xarxa de dades (en aquest cas de telefonia) i la xarxa de senyalització se separen definitivament. Observem, per exemple, la figura 17 on es mostren les dues xarxes, separades, de telefonia i de senyalització. Malgrat tractar-se de xarxes separades cal adonar-se que l'una i l'altra estan íntimament relacionades. Gràcies a la senyalització que transporta la xarxa SS7, els elements de xarxa de telefonia són preparats per a establir els circuits de veu. Malgrat que en aquesta figura hem representat les dues xarxes completament separades, la seva implementació física és una mica diferent, i alguns dels nodes de la XTC i de la xarxa SS7 s'implementen a la mateixa localització (per exemple els SSP i la central local, o els STP i els commutadors de la xarxa troncal).

Hi ha un altre aspecte de desplegament que convé remarcar. De la mateixa manera que alguns (o la majoria) dels punts de senyalització de la xarxa SS7 es troben localitzats físicament al mateix lloc que els nodes de la xarxa tele-

Vegeu també

La senyalització SS7 es desenvolupa a la xarxa troncal. La senyalització a la xarxa d'accés pot ser diversa en funció del sistema, però en qualsevol cas se n'ha fet una breu descripció al mòdul "Introducció a la senyalització" d'aquesta assignatura.

fònica, sovint les xarxes no són físicament diferents. Les xarxes troncales de telefonia acostumen a estar sobredimensionades; és a dir, la seva capacitat de transport supera les necessitats reals del trànsit de la xarxa. És per aquest motiu, i per l'elevat cost que suposa el desplegament d'una xarxa paral·lela només per a la senyalització, que és habitual que la xarxa de senyalització SS7 utilitzi la capacitat restant dels enllaços de la xarxa de telefonia com a enllaços de senyalització. Per tant, des d'un punt de vista conceptual sí que estan separades i la seva gestió és independent, però des del punt de vista pràctic d'implementació comparteixen el medi físic de transmissió.

Figura 17. Esquema bàsic de la xarxa telefònica i la xarxa SS7

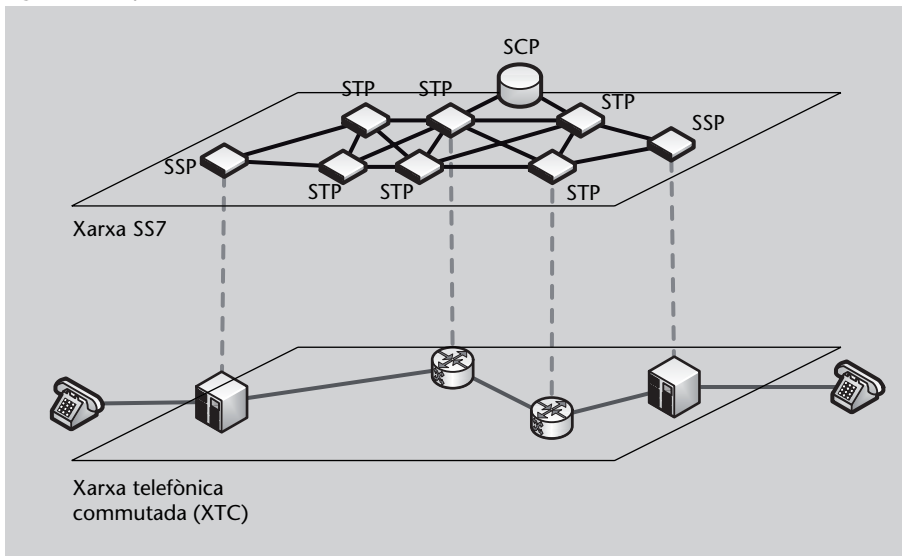


Figura 17

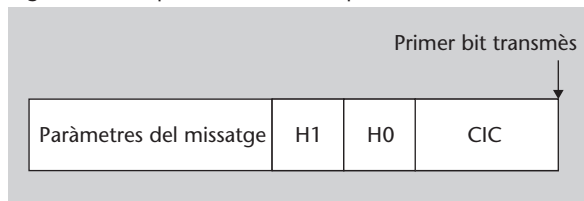
Malgrat la separació funcional de les dues xarxes, el desplegament real fa que sovint comparteixin medi de transmissió.

4.1. Format dels missatges de TUP

Abans d'explicar els procediments que defineix TUP, convé exposar quina és l'estructura dels missatges emprats. Tal com s'ha pogut observar al subapartat 3.3.2., a la figura 13, els missatges TUP es caracteritzen per tenir un *Service Indicator* (SI) igual a 0100. Pel que fa a les dades d'usuari (l'altre camp a banda del SIO i el *routing label*), es compon de 4 camps més: el *Circuit Identification Code* (CIC) de 8 bits, l'H0 i l'H1 de quatre bits cadascun, i els paràmetres del missatge, com es mostra a la figura 18. El camp CIC és, com el seu nom indica, un identificador del circuit. En concret, aquest camp té una longitud de 8 bits, però es considera que l'identificador del circuit complet és la concatenació del CIC i de l'SLS que apareix al *routing label* (els 4 darrers bits abans del camp de dades d'usuari). De la mateixa manera que succeeix amb els missatges emprats per les funcions SNM, els camps H0 i H1 determinen la família o grup (H0) i el missatge específic dins del grup (H1).

El camp que conté els paràmetres del missatge TUP pot tenir una estructura diversa depenent del tipus de missatge TUP i, per tant, de la seva funció. A mesura que es vagin introduint diferents tipus de missatges n'anirem explicant l'estructura concreta i els camps més importants.

Figura 18. Camp de dades d'usuari per a l'usuari TUP



Tots els mecanismes de la TUP tenen uns objectius de qualitat que queden establerts a la Recomanació Q.725 en termes d'error i de retard màxim. Així, la TUP i els nivells inferiors han de garantir un retard màxim (tenint en compte els temps de transmissió, cues, etc.), una probabilitat màxima de trucades infructuoses com a conseqüència de problemes de senyalització (una probabilitat de 10^{-5} , o dit d'una altra manera, una trucada infructuosa de cada 100.000 trucades), i una indisponibilitat de rutes de senyalització màxima permesa (no hi pot haver indisposició de rutes de senyalització durant més de 10 minuts a l'any).

4.2. Establiment i finalització d'una trucada

L'establiment d'una trucada nacional o internacional té diverses fases. La figura 19 mostra l'intercanvi de missatges de senyalització a través de la xarxa SS7 (fletxes horitzontals) i, alhora, l'intercanvi de tons a través dels enllaços telefònics (zones blanques). Els missatges es mostren d'una manera seqüencial, és a dir, els missatges que es troben més amunt al diagrama de la figura 19 són els que s'han intercanviat abans.

L'objectiu del protocol és aconseguir establir una trucada entre dos punts distants. Per a això cal que els diferents commutadors que hi intervenen hi destinin els recursos necessaris. Imaginem la figura 19, on l'abonat de l'esquerra genera una trucada a la central local i amb destinació a l'usuari situat a la dreta. A continuació expliquem el procediment d'establiment i alliberament de la trucada:

- La central local a la qual es troba connectat l'abonat generador de la trucada envia, cap al commutador corresponent, un Missatge Inicial d'Adreça (en anglès anomenat *Initial Address Message*, IAM). Aquest missatge, com es pot observar a la figura 19, és reenviat posteriorment des del commutador cap a la central local que serveix a l'abonat de destinació. Malgrat que els elements de xarxa que apareixen a la figura són propis de la xarxa XTC i no pas de la xarxa SS7, els missatges de senyalització (fletxes horitzontals) són transmesos i encaminats a través de la xarxa SS7. L'objectiu d'aquests missatges és el de començar a establir el circuit i, per tant, proveir tant l'element extrem de la xarxa com els elements intermedis amb la informació necessària.

No detallem l'estructura exacta de cada missatge, però podeu trobar-ho a la recomanació Q.723.

Figura 19. Senyalització per a una trucada

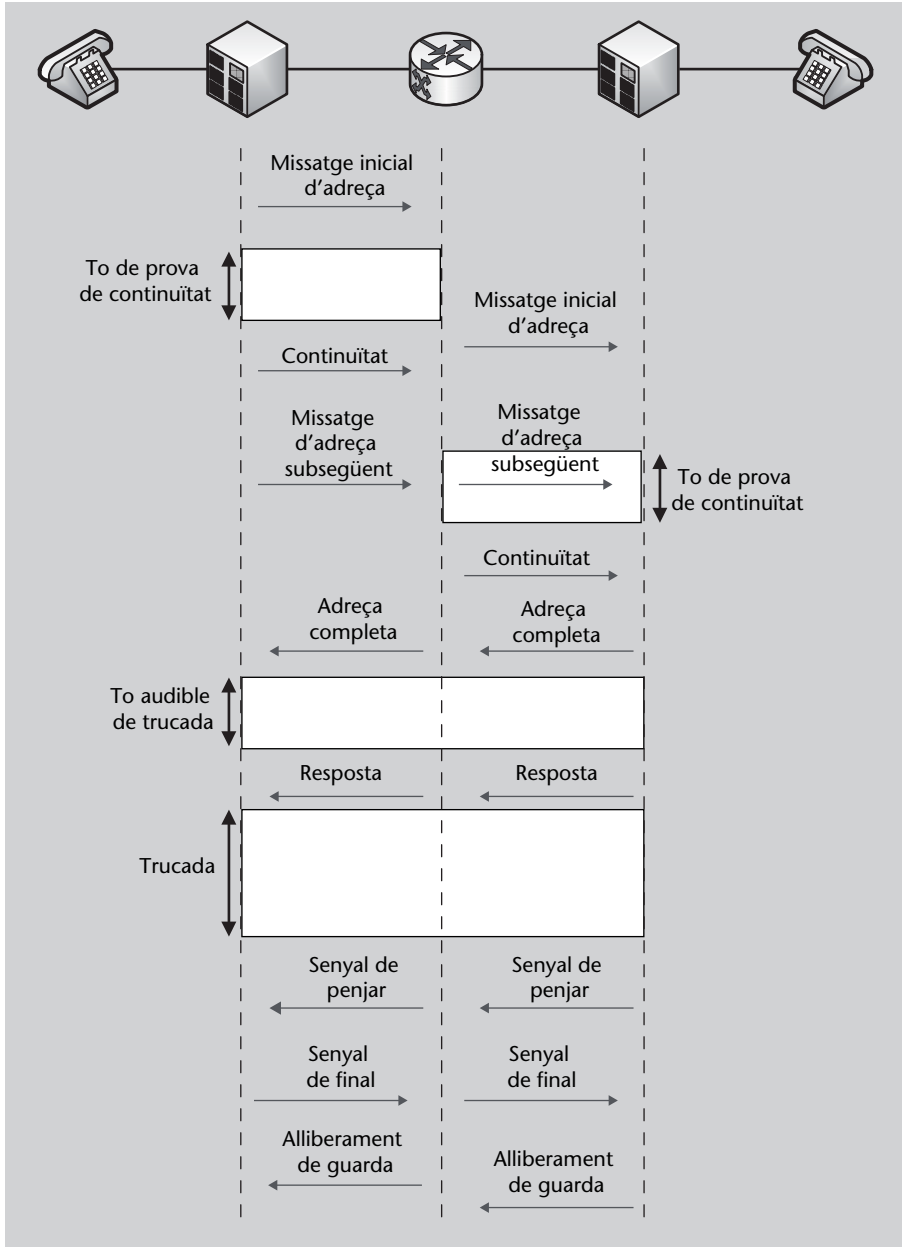


Figura 19

La seqüència mostrada ha estat feta a partir de les especificacions de la Recomanació Q.724 per a una trucada internacional, però permet veure quin és el procediment per a una trucada nacional.

Tal com ja s'ha explicat, el format del missatge respon al de la figura 18 i es caracteritza per tenir uns H0 i H1 iguals a 0001. Dins del camp de paràmetres, el missatge determina l'anomenat *Calling Party Category*, quin tipus de número és (nacional, internacional), el tipus d'enllaç, si cal dur a terme la prova de continuïtat, si cal supressor d'ecos, etc. L'estàndard també preveu la possibilitat d'enviar un Missatge Inicial d'Adreça amb informació addicional (en anglès *Initial Address Message with Additional Information, IAI*) en comptes de l'IAM per afegir informació no necessària.

- El commutador, o la central local a l'altre extrem de la comunicació, en rebre un missatge IAM o IAI procedeix a realitzar una prova de continuïtat. Així, connecta el receptor i el transmissor de l'enllaç on ha rebut el missatge. Mitjançant aquesta acció es tanca l'enllaç (es genera un bucle) que permet a la central local que genera la trucada transmetre un to a través

de l'enllaç de veu i rebre'l de tornada. D'aquesta manera pot comprovar si hi ha *continuitat* a l'enllaç de veu, o dit d'una altra manera, si és possible la trucada. Aquest procediment és dut a terme a cadascun dels enllaços de la xarxa XTC per on haurà de circular el senyal de veu. Un cop feta la comprovació, el transmissor envia, a través de la xarxa SS7, un senyal de continuïtat i es desfà el bucle. Aquest missatge de continuïtat es caracteritza per tenir l'H0 igual a 0010 i utilitzar l'H1 per a informar del resultat de la prova de continuïtat (si H1 és igual a 0011 la prova ha reeixit, mentre que si H1 és igual a 0100 la prova ha fallat).

- Seguidament s'envia el missatge d'adreça subsegüent (*Subsequent Address Message, SAM*). Aquest missatge permet, si cal, que es vagin transferint diferents dígit de l'adreça final. Hi ha dues possibilitats de transmetre els dígit de l'adreça de l'abonat de destinació: *Enbloc* o *Overlap*. En el primer cas l'IAM o IAI conté tots els dígit de l'adreça de destinació, ja que fins que no s'han recollit tots els dígit no es transmet el missatge IAM. En el segon cas, en canvi, es transmeten els dígit a mesura que es van obtenint; per tant, en aquesta opció és necessari l'ús del missatge d'adreça subsegüent.
- Un cop finalitzats els processos descrits fins ara, la central local de destinació envia un missatge d'adreça completa (en anglès *Address Complete*) per a indicar que finalment tots els enllaços necessaris per a realitzar la trucada de veu són a punt. A partir d'aquest moment l'abonat que genera la trucada ja és capaç de sentir el to de trucada.
- En el moment en el qual l'abonat de destinació despenja el telèfon, a través de la xarxa de senyalització es transmet un missatge de resposta. Aquest missatge té funcions molt importants per a l'operadora, com és l'inici de la tarifació de la trucada. Aquest missatge és enviat mitjançant l'anomenat *Call Supervision Message*, que té un H0 igual a 0110, i un H1 que identifica les diferents possibilitats (trucada gratuïta, normal, etc.).
- És a partir d'aquest moment que podem considerar que la trucada està en curs. La trucada finalitzarà quan un dels dos abonats penja el telèfon. A la figura 19 considerem que la trucada la finalitza l'abonat de la dreta. El protocol TUP assumeix que el control de la trucada (establiment i alliberament del circuit) és controlat per la central local generadora de la trucada. Per aquest motiu quan, com a la figura, el primer a penjar el telèfon és l'abonat de destinació, aquest envia un senyal de penjar (en anglès *clear-back*) cap a la central local d'origen. En cas que el primer a finalitzar la trucada fos l'abonat d'origen, aquest missatge no seria enviat.

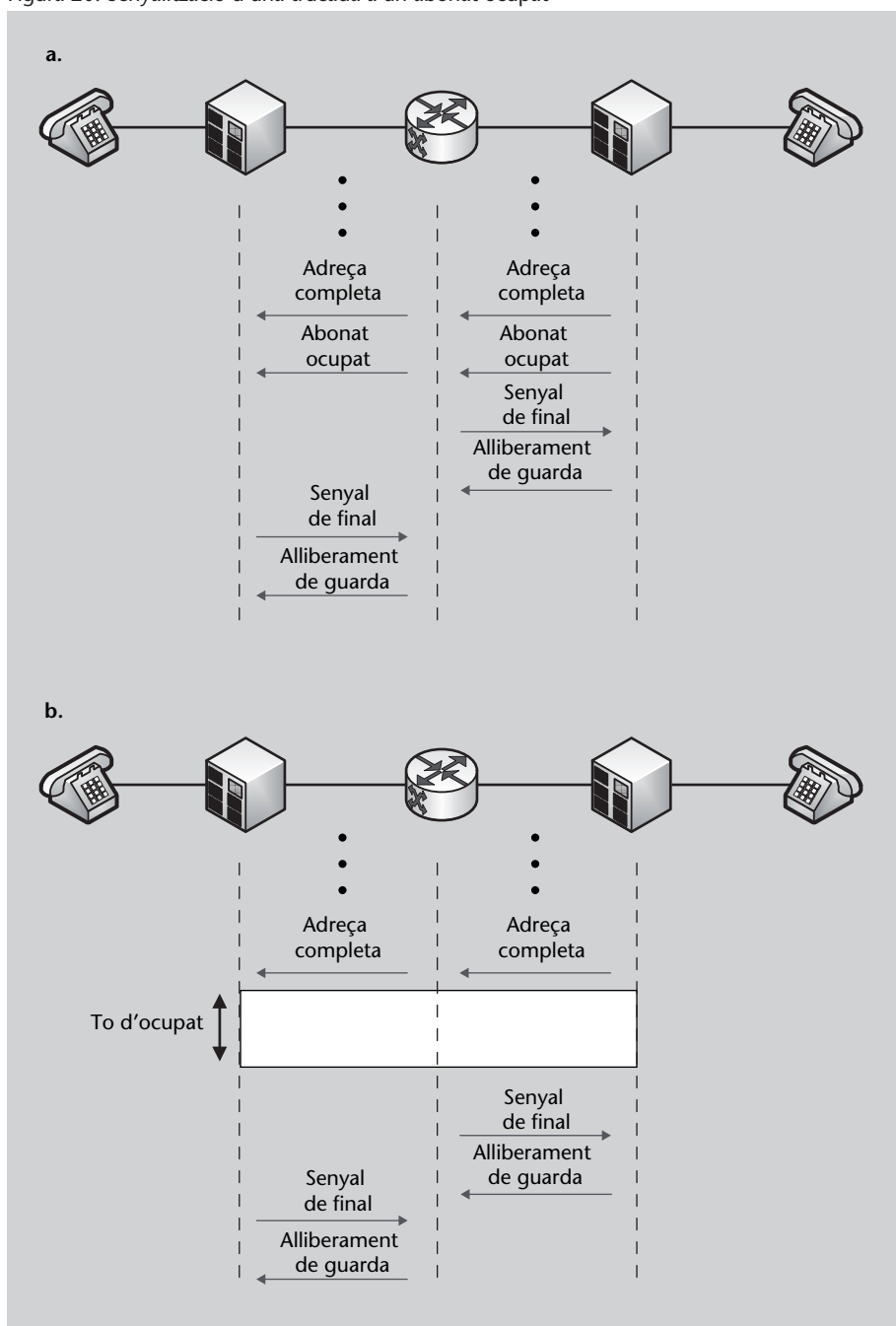
De la mateixa manera que el missatge de resposta, TUP fa servir el missatge *Call Supervision Message* (també amb H0 igual a 0110) per a indicar el final de trucada. En concret, l'H1 és igual a 0011.

- El senyal de final (*clear-forward*) és el missatge que inicia l'alliberament dels recursos. Abans de transmetre el senyal de final, el commutador o central local que l'envien alliberen el circuit. Quan un node rep aquest missatge,

també allibera el recurs, informa de l'alliberament mitjançant el senyal d'alliberament de guarda (*release-guard*), i envia un senyal de final cap a l'enllaç següent. El senyal de final té un H0 igual a 0110, i el seu H1 és 0100, mentre que l'alliberament de guarda presenta H0 igual a 0111 i H1 igual a 0001.

La descripció de la figura 19 mostra l'establiment i finalització d'una trucada en el cas que tot funcioni adequadament. Ara bé, si l'abonat final es troba ocupat, la part final de la figura 19 canviaria i seria com la figura 20. En funció de l'àrea geogràfica, el to d'ocupat es genera localment a la central local d'origen després de rebre un missatge d'abonat ocupat (figura 20 (a)) o es genera a la central local de destinació (figura 20 (b)).

Figura 20. Senyalització d'una trucada a un abonat ocupat



Malgrat que no en detallem els procediments en aquests materials docents, la TUP ofereix suport per als serveis d'identificació de trucades malicioses, connectivitat digital o serveis suplementaris, com ara la identificació de línia, el redireccionament de trucades o el grup tancat d'usuaris.

Com ja hem anat repetint al llarg del mòdul, els protocols SS7 presenten algunes diferències geogràfiques. Sovint la TUP es pot trobar sota la denominació NTUP, per a fer referència als *National Telephone User Part*. És interessant també remarcar que la xarxa telefònica commutada analògica ha anat migrant, arreu del món, cap a xarxes digitals, principalment la Xarxa Digital de Serveis Integrats (XDSI). De fet, en molts països la xarxa SS7 no ha arribat a implementar el protocol TUP i, en canvi, s'ha implementat la *ISDN User Part (ISUP)*. Al següent apartat n'explicarem el funcionament.

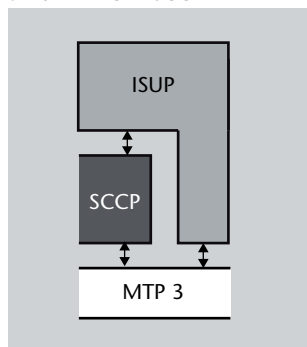
5. ISDN User Part (ISUP)

L'apartat 4 ha explicat els mecanismes bàsics d'establiment i finalització d'una trucada en una XTC. Ara bé, la progressiva digitalització del bucle d'abonat, amb el desplegament de la XDSI, va fer aparèixer la necessitat d'un protocol del nivell 4 de la pila de protocols SS7 per a gestionar aquesta nova situació: la ISUP. De fet, la ISUP està dissenyada per a gestionar la senyalització de trucades/connexions entre dos abonats analògics, dos abonats XDSI, o un abonat analògic i un altre d'XDSI. Aquesta gran flexibilitat ha dut a la desaparició o no-implimentació de la TUP en molts àmbits geogràfics, com per exemple els Estats Units d'Amèrica. Podríem dir, doncs, que la TUP tendeix a la desaparició i a la progressiva o immediata implantació de la ISUP.

Adicionalment, és convenient destacar que la diversitat d'estàndards/variants regionals que presentava la TUP encara és molt més accentuada en el cas de la ISUP, on nombrosos països o regions han introduït particularitats per aconseguir solucions més adaptades a les necessitats reals de les seves xarxes. Convé destacar, però, que les funcions i procediments essencials estandarditzats per la ITU-T han estat respectats i compartits per les diferents varietats regionals de l'estàndard. Es tracta, doncs, d'una qüestió de matisos més que no pas de grans diferències. En aquest apartat farem referència exclusivament a l'estàndard de la ITU-T, definit a les Recomanacions Q.760-Q.769.

Si observem la pila de protocols SS7 de la figura 1 del subapartat 2.1., un dels fets que sorprèn més és que la ISUP pot ser tant usuari de l'MTP3 com usuari de l'SCCP, un altre protocol/part de nivell 4 que serà estudiat a l'apartat 6, tal com mostra la figura 21.

Figura 21. Relació de la ISUP amb l'MTP3 i l'SCCP



A grans trets, i sense entrar en detall a explicar l'SCCP, el protocol ISUP permet la comunicació amb els altres punts de senyalització mitjançant l'MTP3

directament (orientat a connexió, i anomenat senyalització *end-to-end* segons el mètode *pass-along*) i mitjançant l'SCCP (orientat o no orientat a connexió –totes dues opcions són possibles– i conegut com a senyalització amb el mètode SCCP), com es veurà més endavant.

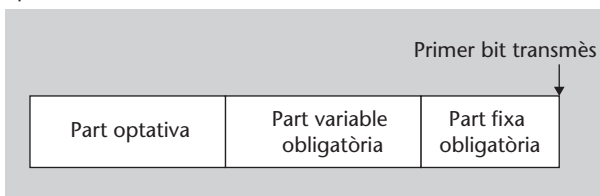
5.1. Format dels missatges d'ISUP

Ja hem pogut veure fins ara que el protocol ISUP permet una gran diversitat d'opcions, com ara diferents usuaris finals (analògics o XDSI) o diferents mètodes de senyalització extrem a extrem. Per aquest motiu és interessant veure de quina manera els missatges definits per la ISUP són prou flexibles com per a encabir els paràmetres que determinen quina de les opcions s'està emprant en cada moment.

Per a qualsevol missatge ISUP, tal com s'ha explicat anteriorment, el camp SI és igual a 0101. Pel que fa al camp de dades dels missatges ISUP, de la mateixa manera que succeeix amb els missatges de TUP, contenen el *Circuit Identification Code* (CIC), el tipus de missatge (mitjançant l'H0 i l'H1) i dues o tres parts més*: una part fixa obligatòria, una part variable obligatòria, i una part opcional. La gran flexibilitat que permet tenir camps de longitud variable i camps opcionals ha fet que el nombre de missatges de control diferents definits per la ISUP sigui molt menor que el nombre de missatges de control definits pel seu "antecessor per a les connexions analògiques", la TUP.

En primer lloc, cal esmentar que els missatges de la ISUP tenen, com succeeix amb els missatges TUP, els camps H0 i H1 que en determinen el tipus. Els tipus disponibles en ISUP no difereixen excessivament dels que s'empren a la TUP, com per exemple l'*Initial Address Message* (IAM), el *Subsequent Address Message* (SAM), l'*Address Complete* (ACM), etc. A continuació, expliquem els tres tipus de paràmetres (obligatoris fixos i variables, i els optatius) i la seva disposició dins del missatge ISUP (figura 22).

Figura 22. Paràmetres de longitud fixa, variable, i paràmetres opcionals



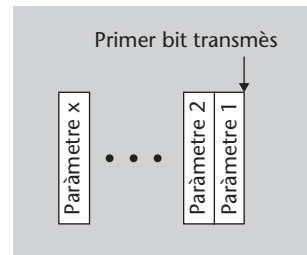
Els paràmetres obligatoris de longitud fixa estan determinats pel tipus de missatge. Així, per a un determinat tipus de missatge (com per exemple l'IAM o qualsevol altre), el nombre de paràmetres, i el nom i la longitud de cada paràmetre són coneguts. És per aquest motiu que no cal que aquestes dades s'inclouin dins del missatge. Només s'hi inclou el valor, tal com mostra la figura 23.

* Hi ha dues parts obligatòries –una de longitud fixa i una altra de longitud variable–, i una part opcional.

Paràmetres del missatge ISUP

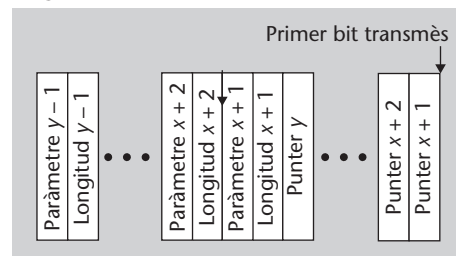
El nombre de paràmetres que pot incloure un missatge ISUP és molt extens. Com que al nivell d'estudi que pretenem en aquesta assignatura no és necessari veure'ls tots, podeu trobar-los tots amb els seus valors a la Recomanació Q.763 de la ITU-T.

Figura 23. Paràmetres obligatoris de longitud fixa.



Els **paràmetres obligatoris de longitud variable** són molt similars als paràmetres obligatoris de longitud fixa, amb la diferència de tenir una longitud variable; és a dir, malgrat que el nombre de paràmetres, el nom dels paràmetres i l'ordre en el qual s'inclouen al missatge està directament determinat pel tipus de missatge, la seva longitud varia. Tenint en compte això, la ISUP estructura aquesta part dels paràmetres situant en un primer lloc els punters a l'inici de cada paràmetre i, un cop inclosos tots els punters a paràmetres, inclou un punter a l'inici de la part optativa del missatge. A la figura 24 es pot observar que els paràmetres $x + 1$, $x + 2 \dots y - 1$ són de longitud variable. Així doncs, a l'inici de la part obligatòria variable hi ha els punters a aquests paràmetres (els punters indiquen l'inici del paràmetre o , més concretament, l'inici del camp de longitud del paràmetre corresponent) i un darrer punter cap al primer paràmetre optatiu (a la figura seria el punter al paràmetre y).

Figura 24. Paràmetres obligatoris de longitud variable

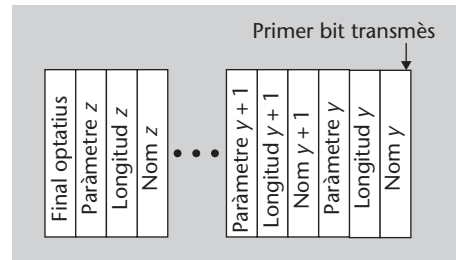


Finalment, els **paràmetres optatius**, com el seu nom indica, poden ser-hi o no ser-hi. En qualsevol cas, si hi són, s'inclouen tal com mostra la figura 25: primer, s'inclou el nom del paràmetre (1 byte), en segon lloc la seva longitud (1 byte) i en tercer lloc el valor del paràmetre. En acabar tots els paràmetres optatius, s'indica el final d'aquesta part mitjançant el camp de final de paràmetres optatius (un byte codificat amb tots els bits a zero, 0000 0000). En cas que no hi hagi paràmetres optatius, tampoc no s'envia aquest camp.

5.2. Establiment i finalització de la trucada

En aquest subapartat analitzarem l'establiment i finalització d'una trucada bàsica entre dos equips terminals XDSI. Tal com ja hem fet notar, la ISUP pot ser utilitzada com a protocol de senyalització per a trucades entre dos usuaris

Figura 25. Paràmetres optatius



XDSI o entre un usuari XDSI i un usuari analògic (XTC). Aquest supòsit –que tots dos usuaris siguin XDSI– té poques implicacions més enllà del bucle local i dels serveis que poden suportar. Per tant, cal tenir present que quan un dels usuaris sigui analògic hi ha la possibilitat que no es pugui utilitzar algun dels serveis addicionals que sí que suporten tant la XDSI com la ISUP.

A les figures que mostrarem en aquest subapartat per a explicar el funcionament de les trucades s'hi afegiran, per tal de fer-ho més complet, els missatges que al bucle local correspondrien a XDSI, però cal tenir present que en cas de tenir un dels usuaris analògics aquests missatges no existirien.

La figura 26 mostra el diagrama temporal d'una trucada reeixida amb senyalització ISUP. Com es pot observar, els missatges propis de la senyalització de la XDSI s'han marcat amb una fletxa discontinua, els missatges de l'ISUP que es transmeten a través de la xarxa SS7 amb una fletxa sòlida, i finalment les accions a la xarxa troncal que transporta la veu (digitalitzada) com una zona blanca.

Com que el procés és molt similar al procés detallat per al TUP, a continuació únicament farem esment dels punts més destacats:

- Un dels punts clau és la relació entre els missatges generats/enviats per/cap a l'equip terminal d'XDSI i els missatges de senyalització del protocol ISUP. Molts d'ells, com per exemple els missatges de *setup*, connexió, alerta, etc., tenen la seva correspondència a la ISUP com a missatge inicial d'adreça, adreça completa o resposta. Aquesta traducció o relació es duu a terme a la central local, i consisteix a relacionar missatges especificats a la Recomanació Q.931 (XDSI) amb els especificats a la Recomanació Q.723 (ISUP).
- Tal com hem exposat en la descripció de l'MTP, les unitats de senyalització tenen una longitud màxima (la longitud màxima del camp de dades és de 272 bytes). Com que el nombre de paràmetres i la seva longitud és variable per a la ISUP, és possible que el missatge inicial d'adreça (IAM) superi aquest valor, situació en la qual s'acaba de transmetre la informació que no ha pogut ser inclosa a l'IAM mitjançant un missatge de segmentació (*segmentation message*, SGM). Així doncs, el missatge SGM no necessàriament és intercanviat.

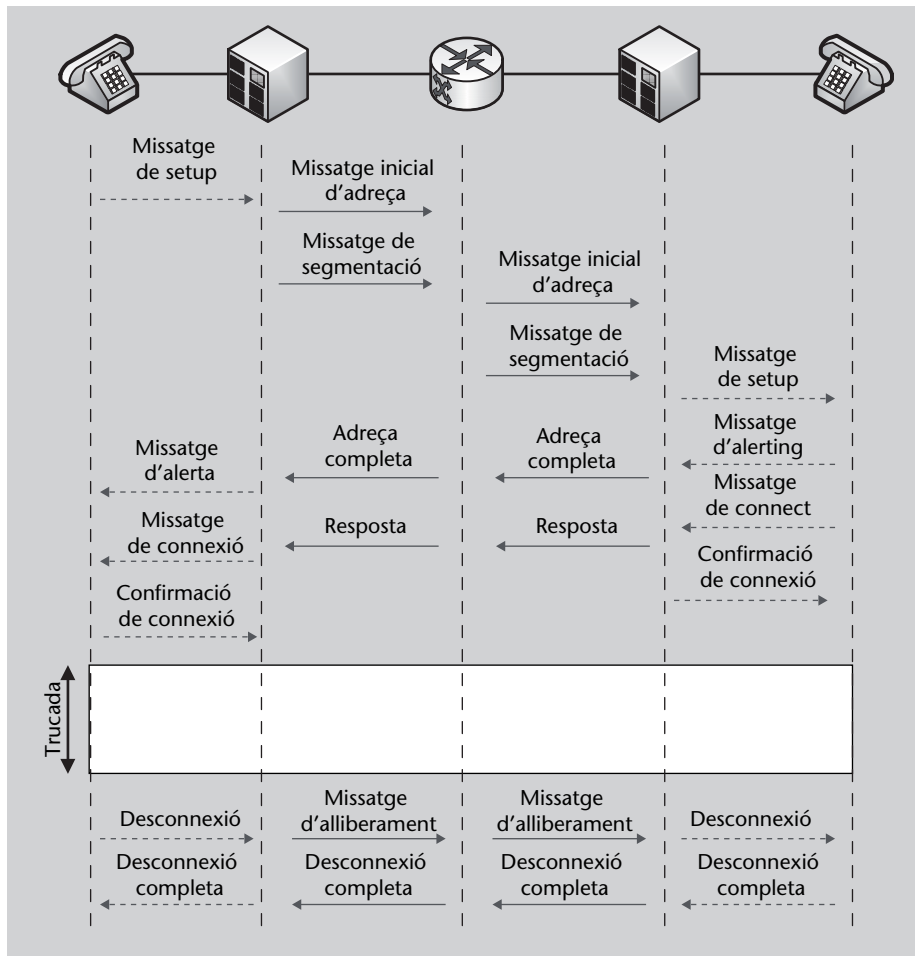
Senyalització XDSI

Els missatges de senyalització que utilitzen els equips terminals XDSI (en anglès *Terminal Equipment*, TE), i que són traduïts a missatges ISUP per a transmetre'ls a través de la xarxa de senyalització SS7, es defineixen a la Recomanació Q.931 de la ITU-T.

Missatges ISUP

El valor dels diferents missatges del protocol ISUP es pot trobar a la Recomanació Q.723 de la ITU-T.

Figura 26. Senyalització per a una trucada entre dos equips terminals XDSI



- La prova de continuïtat (i el missatge corresponent que n'indica el resultat), malgrat no tenir-la dibuixada a la figura 26 pel fet de ser opcional, també és possible fer-la, tal com succeeix a la TUP.
- De la mateixa manera que passa amb la prova de continuïtat, la senyalització dels dígit de l'adreça de destinació pot ser transmesa mitjançant senyalització *En bloc* (no es transmet fins que tots els dígit han estat recollits) o *Overlap* (es transmeten a mesura que es van tenint disponibles els dígit). Per tant, tot i no haver-ho representat a la figura, quan la senyalització és *overlap*, es transmeten un o diversos missatges de *Subsequent Address Message (SAM)*.

A banda dels procediments bàsics d'establiment i alliberament d'una trucada, ISUP presenta una funcionalitat addicional remarcable: la suspensió d'una trucada. Aquesta suspensió només pot ser duta a terme quan la connexió es troba en curs (la comunicació ja existeix). Suposem que en una connexió activa un dels equips terminals penja l'aparell de telèfon. En aquest cas, s'envia un missatge de suspensió de la comunicació (SUS). L'altre extrem, en rebre el missatge de suspensió, considera que la trucada està suspesa però no allibera els circuits dedicats fins al cap d'un temps (s'inicia el compte enrere d'un temporitzador). Passat aquest temps, si no hi ha hagut una nova connexió (és a

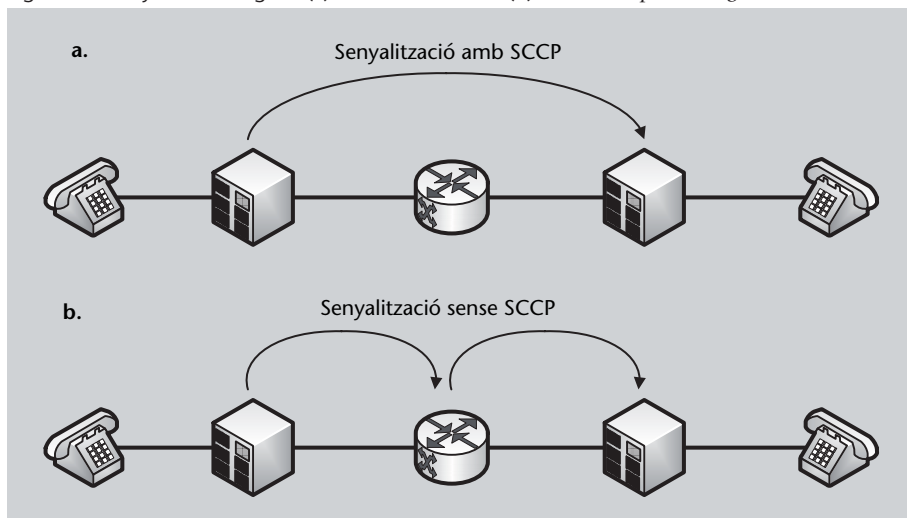
dir, es torna a despenjar el telèfon), s'alliberen els circuits. Si, en canvi, es torna a connectar, aleshores s'envia un missatge ISUP de represa de la connexió (en anglès *Resume*, RES).

5.3. Mètodes de senyalització extrem a extrem (*end-to-end*)

El protocol ISUP, en les diverses funcions que desenvolupa, ha d'enviar senyalització extrem a extrem entre dos nodes. Per a fer-ho, ISUP preveu dos possibles mecanismes: el mètode SCCP i el mètode *pass-along*.

En primer lloc cal deixar clar que la comunicació extrem a extrem, sigui quin sigui el mètode emprat, és utilitzada per la ISUP per a comunicar informació addicional de senyalització a algun punt de senyalització. L'elecció del mètode és feta en funció de la xarxa de senyalització (mida, etc.), però en qualsevol cas tots dos mètodes poden coexistir en una mateixa xarxa SS7. Així, algunes xarxes els implementen tots dos mentre que d'altres només n'implementen un de sol. Si observem la figura 27, en funció del mètode de senyalització, la senyalització entre dues centrals locals extremes (és a dir, entre els punts de senyalització associats a les centrals locals) pot ser establerta directament o bé passant pels commutadors intermedis.

Figura 27. Senyalització segons (a) el mètode SCCP i (b) el mètode *pass-along*



Suposem la situació de la figura 27, on una informació només afecta el commutador d'origen i el commutador de destinació. La xarxa de senyalització, per a aconseguir la comunicació entre els dos commutadors extrems, pot transmetre la informació a través dels punts de senyalització intermedis (figura 27 (b)), com faria, per exemple, amb el missatge inicial d'adreça, IAM), o enviar-lo directament, per un altre camí, al punt de senyalització de destinació (figura 27 (a)). Aquesta és, doncs, la diferència entre el *pass-along method* (PAM) i el mètode SCCP. Fixem-nos que en el primer cas (és a dir, el PAM), ISUP utilitza les funcionalitats ofertes pel nivell MTP3, mentre que en el se-

gon cas (el mètode SCCP), ISUP emprà les funcionalitats de l'SCCP, que seran exposades al següent apartat.

Aquest és el motiu pel qual ISUP és, ahora, usuari SCCP i usuari MTP, tal com es mostra a l'esquema de la pila de protocols de l'SS7 (figura 1).

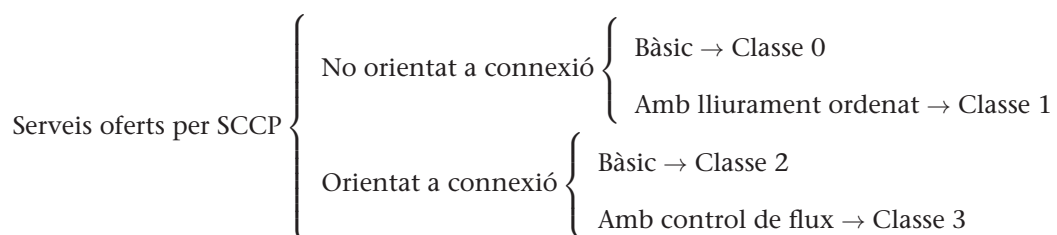
6. *Signalling Connection Control Part (SCCP)*

Inicialment MTP va ser creat per a donar servei al protocol TUP. D'acord amb les necessitats de la senyalització de trucades telefòniques de la XTC, els tres nivells que conformen MTP (i en particular MTP3) ofereixen un servei orientat a connexió. Amb l'aparició de nous serveis, com per exemple la telefonia mòbil o alguns serveis de dades, es va fer necessari establir un protocol del nivell 4 que en gestionés les seves comunicacions. Aquest protocol és el *Signalling Connection Control Part (SCCP)*. Els objectius principals de l'*SCCP* són transferir informació de senyalització que no estigui relacionada amb un circuit en concret, permetre els procediments propis de la gestió d'aplicacions, i aconseguir oferir tècniques d'encaminament més flexibles.

Podríem dir, doncs, que l'*SCCP* permet el següent:

- Incorporar les funcionalitats que li manquen a l'MTP per tal que el conjunt (MTP més *SCCP*) pugui ser equiparable als tres primers nivells de l'OSI.
- Disposar de diferents mecanismes d'encaminament no implementats a l'MTP3.
- Mecanismes de segmentació i reconstrucció per als missatges llargs.
- Oferir un servei de transferència d'informació tant orientada a connexió com no.
- Gestionar l'adreçament.

L'*SCCP* estableix una divisió en classes per als quatre possibles serveis de transferència. Per una banda permet la distinció entre el servei no orientat a connexió (classes 0 i 1) i el servei orientat a connexió (classes 2 i 3). Per l'altra, i dins d'aquesta primera subdivisió, el servei ofert pot ser bàsic o amb control de flux (en el cas de la no-orientació a connexió, el control de flux suposa el lliurament ordenat dels missatges). Així doncs, podem definir cada classe com es mostra a continuació:



Comencem per les dues primeres classes del protocol, dissenyades per a transferència d'informació no orientada a connexió. La primera de les classes, la **classe 0**, relega la responsabilitat en l'encaminament de les diferents unitats de senyalització a la capa MTP3. És per aquest motiu que, per a una aplicació determinada, el client SCCP que emprï aquesta classe 0 no podrà garantir l'ordre d'arribada dels missatges. Cal fer notar que MTP3 està dissenyat per tal d'aconseguir que totes les unitats de senyalització enviades amb un mateix SLS (sigla anglesa que denota *Signalling Link Selector*) arribin de manera ordenada*. Aquesta categoria permet que les diferents unitats de dades de servei de la xarxa (conegudes amb el nom anglès de *Network Service Data Units*, NSDU) prenguin el valor de l'SLS que determini l'MTP3, sense que l'SCCP hi intervingui. Si dues NSDU consecutives prenen el mateix SLS, la recepció serà ordenada; si no, la recepció podria ser desordenada. Precisament aquesta és la diferència principal entre la **classe 0** i la **classe 1**. En el cas de la **classe 1**, l'SCCP força l'MTP3 a assignar el mateix valor d'SLS a les diferents NSDU, amb la qual cosa s'aconsegueix una recepció ordenada.

* Aquesta característica s'ha estudiat a l'apartat que versa sobre l'MTP3.

El cas de les classes orientades a connexió és similar, però amb la diferència que abans de la transferència d'unitats de senyalització s'estableix una connexió entre les capes SCCP d'origen i de destinació. Més endavant aprofundim una mica més en les característiques pròpies de cadascuna de les classes i en el seu funcionament.

6.1. Format dels missatges d'SCCP

Els missatges emprats per l'SCCP són molt semblants als missatges que ja hem descrit per al protocol ISUP. Malgrat tot, cal destacar que els missatges d'SCCP no contenen el *Circuit Identification Code* que sí que contenen els missatges d'ISUP. Llevat d'aquest punt, els missatges SCCP (com els d'ISUP) també tenen un camp de paràmetres que pot ser dividit en tres parts: la part obligatòria de longitud fixa, la part obligatòria de longitud variable, i la part opcional.

La manera com s'implementen cadascuna d'aquestes parts és exactament igual; és a dir, la part obligatòria de longitud fixa està unívocament determinada pel tipus de missatge; la part obligatòria de longitud variable presenta en primer lloc els punters als diversos paràmetres que la componen, que alhora consten en primer lloc d'un byte per a la longitud seguit del valor del paràmetre; i finalment la part opcional codifica cada paràmetre mitjançant un byte per al nom del paràmetre, un byte per a la seva longitud i en darrer lloc el valor del paràmetre (després de tots els paràmetres, un byte de finalització dels paràmetres opcionals tanca el missatge en cas que hi hagi paràmetres opcionals).

Paràmetres dels missatges

Si voleu entrar en detall als missatges SCCP (tots els paràmetres opcionals i obligatoris, els valors que poden prendre, etc.) podeu consultar la Recomanació Q.713 de la ITU-T.

6.2. Estructura de l'SCCP

El nivell SCCP té diverses funcions i per tal de dur-les a terme es considera que està format per quatre mòduls o parts diferents que, malgrat tot, s'interrelacionen per a assolir els objectius del protocol. Aquestes quatre parts són el

control no orientat a connexió, el control orientat a connexió, el mòdul de gestió i el control d'encaminament.

6.2.1. Control d'SCCP no orientat a connexió (SCCP Connectionless Control, SCLC)

L'SCLC pot oferir els serveis de la classe 0 (bàsic) i de la classe 1 (amb lliurament ordenat dels missatges). Es tracta d'un servei senzill en el qual un SCCP d'origen transmet dades cap a un SCCP de destinació mitjançant missatges UDT (*Unit Data*) o XUDT (*Extended Unit Data*). Com que l'SCCP té la capacitat de fragmentar les primitives provinents dels usuaris SCCP en cas de tenir longituds massa llargues, la diferència entre UDT i XUDT rau en el fet que UDT transporta dades no fragmentades i, en canvi, XUDT porta els fragments d'una primitiva més llarga.

Analitzem, però, el funcionament d'aquests mecanismes. El missatge UDT presenta alguns paràmetres obligatoris de longitud fixa: el tipus de missatge (un byte) i la classe del protocol (un byte). La resta de paràmetres són obligatoris però de longitud variable, com ara l'adreça d'origen, l'adreça de destinació i les dades. Tant l'adreça de destinació com l'adreça d'origen tenen una longitud de 3 bytes cadascuna com a mínim, però pot ser més gran.

En el servei no orientat a connexió, l'SCCP de destinació no ha de confirmar la recepció correcta de la UDT, sinó que funciona mitjançant la confirmació negativa: només s'informa l'SCCP d'origen quan la recepció és errònia. El missatge emprat per a aquesta confirmació negativa és denominat UDTS (*Unit Data Service*), o XUDTS (*Extended Unit Data Service*) en cas de confirmar la recepció incorrecta d'un XUDT.

El format del missatge UDTS és igual al format del missatge UDT amb una única diferència: el camp que especifica la classe del protocol és substituït per un camp que indica el motiu de la devolució del missatge.

L'única diferència entre la classe 0 i la classe 1 rau en la intervenció de l'SCCP en la selecció de l'SLS dels missatges. Mentre a la classe 0 el valor de l'SLS és determinat per l'MTP3, a la classe 1 és l'SCCP qui determina l'SLS i utilitza el mateix per a tots els missatges que provenen del mateix usuari SCCP. D'aquesta manera s'aconsegueix que, gràcies als mecanismes que implementa l'MTP3 per tal de mantenir l'ordre de les MSU amb el mateix SLS, els missatges enviats per l'SCCP amb la classe 1 del protocol arribin a la destinació de manera ordenada.

6.2.2. Control de l'SCCP orientat a connexió (SCCP Connection-Oriented Control, SCOC)

Tal com indica el seu nom, el bloc o mòdul SCLC és l'encarregat d'aconseguir establir connexions entre els nivells SCCP de dos punts de senyalització

distants. En finalitzar el motiu que ha dut a l'establiment de la connexió, aquest bloc també és l'encarregat d'acabar-la. Segons l'estàndard, les connexions SCCP poden ser de dos tipus en funció de la durada: connexions temporals o connexions permanents. Habitualment les connexions permanents són establertes per l'operador i tenen l'objectiu de transportar dades de gestió. En aquest subapartat ens centrarem en les connexions temporals, que són aquelles que una parella d'SCCP estableixen per a transferir dades.

En qualsevol dels dos casos, l'SCCP dels dos punts de senyalització involucrats estableixen i finalitzen una connexió virtual abans i després d'intercanviar-se dades, respectivament.

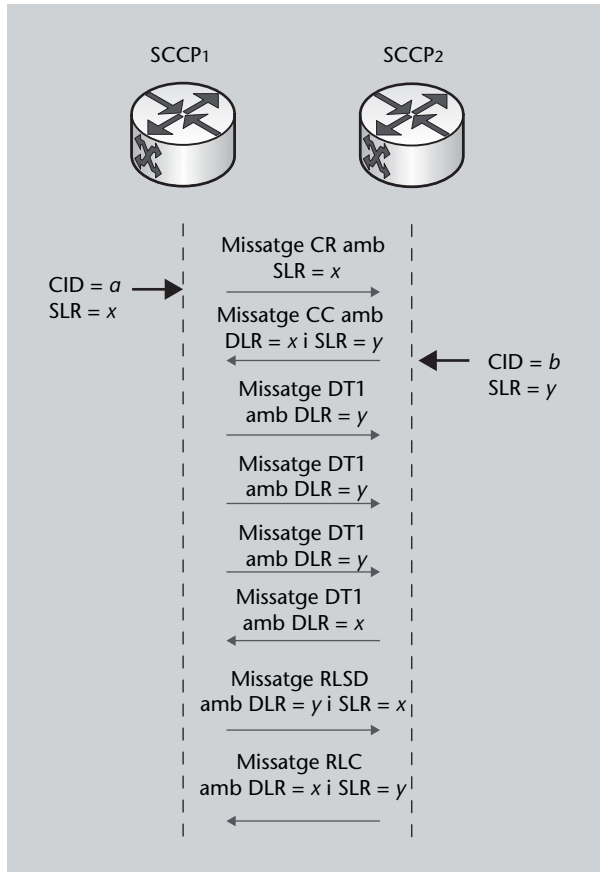
El procés de connexió comença quan un usuari SCCP (és a dir, un subsistema com per exemple la ISUP o la TCAP) envien cap a l'SCCP una petició per a establir una connexió. Hi ha tres paràmetres fonamentals que l'SCCP utilitza per a identificar una connexió: l'identificador de connexió (*Connection Identifier*, CID), la referència local d'origen (*Source Local Reference*, SLR) i la referència local de destinació (*Destination Local Reference*, DLR). L'objectiu d'aquests tres paràmetres és aconseguir identificar la connexió de manera local. Així, tal com veurem a continuació, el CID per a una mateixa connexió pot ser diferent per a cadascun dels SCCP que hi intervenen, malgrat sigui la mateixa connexió.

Imaginem la connexió SCCP de la figura 28. Inicialment, l'usuari SCCP ha de designar la connexió (encara no establerta) amb un CID únic localment. La SCCP disposa localment d'un conjunt d'identificadors, tant CID com SLR, que gestiona de manera autònoma. Així, en el moment d'establir una connexió, l'SCCP escull un CID del conjunt local de CID i SLR dels quals disposa per a designar la connexió i l'usuari SLR que ha iniciat la connexió. A partir d'aquest moment, ni l'SLR ni el CID seleccionats no podran ser utilitzats per a futures connexions fins que l'actual connexió finalitzi. Es poden establir connexions simultànies, però en cap cas poden utilitzar el mateix CID o SLR. Un cop escollits el CID i l'SLR (a la figura 28 $CID = a$ i $SLR = x$), s'envia una petició de connexió a l'SCCP destinació (en anglès *connection request*, CR) amb el valor de l'SLR. És important adonar-se que el DLR serà decidit, en rebre la petició, per l'SCCP de destinació.

En rebre la petició, l'SCCP de destinació selecciona localment un CID per a la connexió (en el cas de la figura, $CID = b$) i un SLR per a l'usuari SCCP al qual va dirigida la petició. En aquest cas li assigna un SLR igual a y . Fet això, i en cas de trobar-se en condicions de poder acceptar la connexió, l'SCCP de destinació envia la confirmació de connexió mitjançant un paquet CC (la sigla de la denominació anglesa *Connection Confirm*). En cas que la connexió no pugui ser acceptada per la manca de recursos a l'SCCP de destinació, aquest enviarà un missatge de rebuig de la connexió (*Connection Refused*, CREF).

Un cop establerta la connexió, les dades es poden transferir en un únic sentit o en tots dos, com mostra la figura. En el cas de la transferència d'informació

Figura 28. Establiment i finalització d'una connexió SCCP



que SCCP fa orientada a connexió, els missatges d'informació que s'empren per a la classe 2 són anomenats *Data Form 1* (DT1). Pel que fa a la classe 3, els missatges són anomenats *Data Form 2* (DT2). Aquests missatges de dades presenten tres paràmetres obligatoris de longitud fixa: el tipus de missatge (1 byte), el DLR (3 bytes) i el paràmetre de fragmentació. Tal com hem assenyalat amb anterioritat, l'SCCP té l'opció de fragmentar les primitives provinents dels usuaris SCCP si tenen una longitud excessivament llarga per a ser transportades en un únic DT1. Per tant, aquest paràmetre permet la reconstrucció de les primitives fragmentades un cop rebudes a la destinació. Pel que fa a les dades, formalment es considera un paràmetre obligatori de longitud variable. La longitud de les dades té un mínim de 2 bytes i un màxim de 256 bytes.

Un cop finalitzada la transferència d'informació, s'envia un missatge d'alliberament de la connexió (en anglès *Released*, RLSD) i es respon amb una confirmació de finalització (*Release Complete*, RLC).

El procés que segueix l'SCCP per a establir una connexió per al servei de la classe 3 és exactament igual, però la informació es transmet en missatges *Data Form 2* (DT2). Malgrat les semblances, la classe 3 es caracteritza per implementar un control de flux de la connexió i, per tant, cal tenir en compte alguns processos addicionals:

- Establiment d'una finestra de control de flux.
- Confirmació de recepció dels missatges de dades.

L'establiment de la mida de la **finestra de connexió** es duu a terme durant el procés de creació de la connexió, mitjançant els missatges CR i CC. En particular, l'SCCP d'origen proposa un valor per a la mida de la finestra en el camp de crèdits del missatge CR, i l'SCCP en confirma o rectifica el valor mitjançant el mateix paràmetre del missatge CC. Aquest valor és, com a màxim, igual a 127. És a dir, no hi pot haver més de 127 missatges enviats per l'SCCP d'origen i no confirmats per l'SCCP de destinació.

Els missatges de dades DT2 són molt similars als DT1 però incorporen un camp de seqüència. Aquest camp pren valors entre 0 i 127, i cada vegada que es transmet un DT2 s'incrementa en una unitat (mòdul 128). La confirmació de recepció es realitza mitjançant els missatges de *data acknowledgement*, que inclouen el camp de seqüència de recepció per a indicar a l'origen quin és el darrer DT2 rebut correctament. D'aquesta manera s'assegura la correcta recepció de la informació. La confirmació de la recepció pot ser feta de diverses maneres, com ara confirmant la recepció de cadascun dels missatges o bé confirmant el darrer missatge rebut abans que s'assoleixi el límit de la finestra de recepció.

6.2.3. Gestió de l'SCCP (*SCCP Management, SCMG*)

L'SCMG és un bloc de l'SCCP que està relacionat amb dos dels altres tres blocs funcionals (l'SCLC i l'SCRC), amb l'usuari SCCP (és a dir, la TCAP o la ISUP), i amb l'MTP3. En concret, l'SCMG rep informació provinent de l'MTP3 sobre l'estat de la xarxa (congestió, etc.) i sobre els punts de senyalització de la xarxa (disponibilitat dels diversos punts de senyalització). Sobre les relacions amb els usuaris SCCP, rep informació de l'estat d'aquests usuaris i, alhora, els envia primitives per a fer-los disminuir l'activitat, aturar-la, reprendre-la, etc.

Alhora, a partir de la informació proveïda per l'SCRC i l'SCLC, pren decisions per a encaminar el trànsit no orientat a connexió quan determinades situacions com la congestió o la indisponibilitat de determinats punts de senyalització ho fan necessari.

Per tal de no allargar-ne l'explicació, podríem resumir les funcions de l'SCMG de la següent manera:

- Comprovar l'estat dels diversos subsistemes locals.
- Informar als diferents punts de senyalització afectats pels canvis en l'estat dels subsistemes locals.
- Gestionar la replicació de subsistemes.

Subsistema local

S'entén per subsistema local cadascun dels usuaris SCCP que poden fer ús de les funcionalitats ofertes per l'SCCP en el punt de senyalització local.

Replicació de subsistemes

La xarxa SS7 permet que els subsistemes estiguin replicats (el cas més clar és la replicació dels punts de senyalització STP). Quan un subsistema resta fora de servei per algun motiu, l'SCMG ha de gestionar el redireccionament cap a la rèplica.

6.2.4. Control d'encaminament (SCCP Routing Control, SCRC)

El control d'encaminament de l'SCCP és l'encarregat de determinar, en funció de la informació rebuda i de les necessitats de l'SCLC i de l'SCOC, quin és el camí que ha de seguir un missatge (o una connexió, en el cas de l'SCCP orientat a connexió) per a arribar als punts de senyalització de destinació.

El punt més destacable, però, de l'encaminament a l'SCCP és l'anomenada **traducció del títol global**, en anglès denominada *Global Title Translation (GTT)*, i que a continuació s'exposarà.

L'estudi de l'MTP ens ha permès veure que cada punt de senyalització és identificat mitjançant un codi de punt (*Point Code*). És precisament aquest codi de punt el que s'empra a l'MTP per tal d'intercanviar unitats de senyalització. Seguint la nomenclatura proposada fins al moment, una unitat de senyalització presenta el camp d'adreça del punt de senyalització d'origen (*Originating Point Code, OPC*) i el camp d'adreça del punt de senyalització de destinació (*Destination Point Code, DPC*). Així doncs, sembla raonable pensar que per a la transferència d'unitats de senyalització n'hi ha prou amb el Codi de Punt.

Ara bé, imaginem un punt de senyalització qualsevol. Suposem que, en un moment determinat, rep una unitat de senyalització amb un *Service Indicator* igual a 0011, corresponent a un client SCCP. La SCCP pot tenir molts usuaris SCCP, com ara ISUP o TCAP. A quin usuari va destinada la informació rebuda? La resposta és que cal un paràmetre que permeti identificar els diferents usuaris SCCP, també anomenats *Subsistemes*. Aquest paràmetre existeix i s'anomena *Subsystem Number (SSN)*.

Vegeu també

El camp *Service Indicator* determina quin usuari MTP ha generat la unitat de senyalització. Els valors d'aquest paràmetre es poden trobar a la taula 3 del subapartat 3.3.2.

Així, podem assegurar que la combinació d'un Codi de Punt (PC) i d'un Número de Subsistema (SSN) permet identificar a quin subsistema local va dirigida una informació transmesa a través de la xarxa SS7.

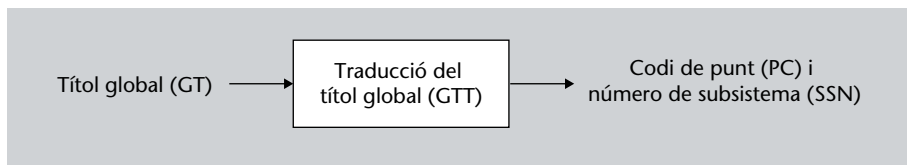
Si bé és cert que amb aquesta informació no caldrien altres mecanismes d'adreçament, SS7 ha dissenyat i implementat la traducció del títol global. Per mirar d'entendre el motiu d'aquest adreçament, convé posar-ne un parell d'exemples:

- Les targetes telefòniques de prepagament. En primer lloc, abans d'iniciar la trucada, la xarxa ha de comprovar si la trucada està permesa.
- Els números 800. Es tracta de números de telèfon internacionals gratuïts.

En aquests dos casos és difícil que l'usuari SCCP conegui l'adreçament exacte d'un punt de senyalització constant que, a més, pot ser diferent en funció del lloc on es realitza la comunicació. Per a solucionar aquest problema, l'SS7 permet que s'utilitzin numeracions com les exposades a l'exemple (números

800 o números vinculats a targetes de pagament) i fer la traducció de l'adreça de destinació als nodes de la xarxa SS7. Amb aquest objectiu va sorgir el mecanisme de GTT. Donat un títol global, que pot ser entès com una adreça funcional, el GTT es defineix com la capacitat de traduir l'adreça funcional en una adreça composta de codi de punt i de número de subsistema.

Figura 29. Funció de la traducció del títol global



Ja hem explicat que la informació SCCP dins d'una MSU es divideix en tres parts diferents: la part obligatòria de longitud fixa, la part obligatòria de longitud variable, i la part opcional. L'adreça de destinació i l'adreça d'origen, conegudes com a *Called Party Address* i *Calling Party Address* respectivament, formen part de la part obligatòria de longitud variable del missatge SCCP. Per veure com funciona el GTT convé que examinem l'estructura d'una de les adreces (totes dues tenen el mateix format), com per exemple l'adreça de destinació (*Called Party Address*).

L'adreça consta de dues parts diferenciades: l'indicador d'adreça (d'1 byte) i l'adreça (que té una longitud que depèn de la informació continguda, i establerta gràcies al primer byte, l'indicador d'adreça). Tenint en compte que una adreça pot estar codificada com a SSN+PC o com a GT, l'indicador d'adreça (1 byte) té l'objectiu de determinar quina és la informació que conté el camp d'adreça. Així, aquest indicador pot ser subdividit en els subcamps següents (en ordre començant pel primer bit):

- **Indicador del codi de punt, PCI (1 bit).** Aquest bit és igual a 1 si el camp d'adreça conté el PC i 0 si no el conté.
- **Indicador del número de subsistema, SSNI (1 bit).** Aquest bit és igual a 1 si el camp d'adreça conté l'SSN i 0 si no el conté.
- **Indicador del títol global, GTI (4 bits).** L'adreça pot contenir l'adreça en format GT o en format PC+SSN. Quan l'adreça no conté el GT, aleshores GTI és igual a 0000. En cas que l'adreça sí que contingui el GT, aquest GT pot presentar diversos formats i, per tant, diferents valors del GTI. Sempre que el GTI sigui diferent de 0000, l'adreça conté el GT (títol global). Hi ha diversos tipus de traducció del títol global. Quan el GTI difereix de 0000, gràcies al seu valor és possible determinar-ne el tipus de la traducció que cal utilitzar per a obtenir, a partir del GT, el PC+SSN.
- **Indicador d'encaminament, RTI (1 bit).** Aquest bit és igual a 0 si l'encaminament es fa mitjançant GT i 1 si es fa segons el PC+SSN.
- El darrer bit està reservat per a ús nacional.

Podeu trobar els valors exactes per a cadascun dels camps a la Recomanació Q.713.

En funció del valor dels dos primers bits, el camp d'adreça contindrà el PC i l'SSN, algun dels dos o cap dels dos. També en funció del valor de GTI, l'adreça presentarà diverses configuracions que determinaran com fer la traducció des del títol global fins a la combinació PC i SSN.

Cal tenir en compte que la traducció completa del títol global es pot fer en un únic pas o en diversos passos mitjançant les traduccions intermèdies. La traducció en un sol pas és immediata: un punt de senyalització requereix la traducció a un segon punt de senyalització o la fa ell mateix i aconsegueix, a partir del títol global, el PC i l'SSN. La traducció, però, també es pot fer per parts: la primera petició realitza una traducció parcial que, alhora, permet reencaminar la petició tantes vegades com calgui fins arribar a un punt de senyalització amb la capacitat per a fer la traducció completa; un cop feta la traducció, la resposta és enviada cap al punt de senyalització que ha fet la petició inicial.

7. Transaction Capabilities Application Part (TCAP)

La pila de protocols SS7 determina que per sobre de l'SCCP hi ha la *Transaction Capabilities Application Part* (TCAP). Aquesta part, també del nivell quatre de la pila SS7, utilitza les funcions que posa a la seva disposició l'SCCP (que, alhora, utilitza l'MTP) per a permetre la comunicació entre dues aplicacions ubicades en punts de senyalització diferents*.

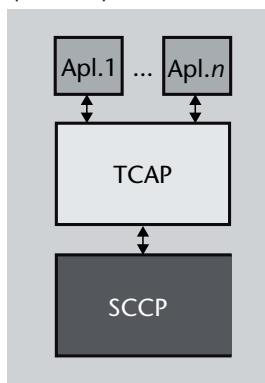
*Normalment, quan ens referim a les aplicacions, en comptes de fer servir la denominació *punt de senyalització* es fa servir la denominació de *node*.

La comunicació entre la TCAP de dos nodes diferents es fa mitjançant missatges TCAP. Per a establir una comunicació entre els dos nodes poden caldre (en funció del tipus de comunicació, com veurem més endavant) diversos missatges. El conjunt de missatges TCAP és anomenat **transaccions** (*transactions*). Alhora, dins de cada missatge, els elements d'informació que s'hi transporten s'anomenen **components** (en anglès, *component*).

La TCAP pot ser considerada com una capa intermèdia entre l'SCCP i el conjunt d'aplicacions, també anomenades entitats d'aplicació. Alhora, però, la TCAP també pot ser considerada ella mateixa una aplicació o entitat d'aplicació. És important adonar-se que les aplicacions que poden emprar la senyalització SS7 poden ser molt diverses. Per simplificar-ne el funcionament i estandarditzar-lo, la TCAP defineix un conjunt de transaccions independents de l'aplicació que les utilitza. La informació que transporta cada missatge dins dels seus components serà la que utilitzin les diferents aplicacions per a comunicar-se amb les aplicacions presents als altres nodes.

La relació que té la TCAP amb la capa inferior (SCCP) i superior (aplicacions) és la que es mostra a la figura 30. Tal com hem fet fins ara, podem emprar la nomenclatura d'usuari SCCP (*SCCP user*) per a TCAP i usuari TC (*TC user*) per a les aplicacions que utilitzen les funcions que posa a disposició TCAP.

Figura 30. Relació de TCAP amb SCCP i les aplicacions que hi ha per sobre



Centrant-nos una mica en TCAP, es considera que TCAP consta de dues subcapes: la subcapa de component (*Component sublayer*) i la subcapa de transacció (*Transaction sublayer*). Per una banda, la subcapa de component s'ocupa de l'encapsulament dels diversos components en *Application Protocol Data Units* (APDU). Aquests components (o APDU) són les parts del diàleg establert entre els usuaris TC distants (les aplicacions). Per altra banda, la subcapa de transacció té la funció de determinar, en funció de les primitives que rep des de les aplicacions, quines són les transaccions que s'han d'establir entre les capes TCAP de dos nodes per tal que hi pugui haver un diàleg (l'intercanvi de les APDU encapsulades a la subcapa de component) entre les aplicacions que utilitzen TCAP (els usuaris TC). Aquestes transaccions, òbviament, suposen l'intercanvi d'un conjunt de components en una o en totes dues direccions.

Les funcions que desenvolupa cada subcapa fan que la subcapa de component rebi primitives dels usuaris TC i sigui un usuari TR (usuari de la subcapa de transacció), mentre que la subcapa de transacció rebi primitives de la subcapa de component i sigui un usuari SCCP.

El funcionament de TCAP (i de les seves dues subcapes) es basa en l'existència de dos tipus diferents de primitives entre el TCAP i l'usuari TC. Aquestes primitives són les primitives de gestió dels components i les primitives de gestió del diàleg. Les primitives de gestió dels components són aquelles que permeten l'intercanvi d'informació que ha de ser inclosa (o extreta, en funció de la direcció de la primitiva) als components dels missatges TCAP. Pel que fa a les primitives de gestió del diàleg, en primer lloc cal aclarir què és un diàleg. Mentre que la comunicació entre el TCAP de dos nodes diferents es defineix com a transacció, la comunicació entre dos usuaris TC es denomina diàleg. Dit això, les primitives de gestió del diàleg són aquelles que desencadenen la transferència d'informació entre els usuaris TC dels dos nodes. Dit d'una altra manera, les primitives de gestió del diàleg són les que fan que es transmeti un missatge TCAP.

Per tal que quedi més clar, imaginem dos nodes que es comuniquen entre ells. Un dels usuaris TC comença a enviar primitives de gestió de components cap a la seva TCAP. En concret, l'usuari TC envia aquestes primitives cap a la subcapa de component. Aquesta subcapa de component no envia cap primitiva cap a la subcapa de transacció fins que rep una primitiva de gestió del diàleg. La subcapa de component, en rebre la primitiva de diàleg, transfereix tots els components que ha rebut i la informació continguda a la primitiva de gestió del diàleg cap a la subcapa de transacció. Aquesta transferència d'informació es fa mitjançant les anomenades primitives TR (*TR primitives*). La subcapa de transacció estructura el missatge TCAP i el transfereix cap a l'SCCP.

7.1. Format dels missatges de TCAP

Abans de començar convé assenyalar que, com succeeix amb la majoria de protocols SS7, hi ha diferències entre les varietats regionals de l'SS7, entre les quals l'estàndard de la ITU-T i de l'ANSI (Estats Units d'Amèrica) són els més estesos. En el cas de la TCAP, les diferències són substancials i en aquest mòdul farem referència exclusivament a l'estàndard de la ITU-T.

ITU-T i l'ANSI

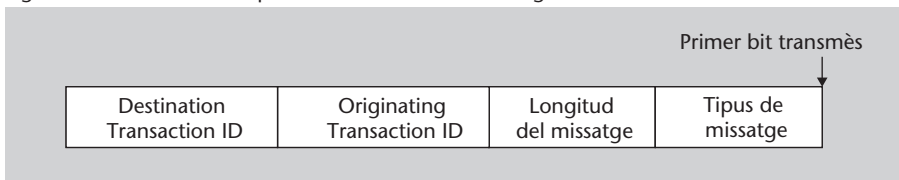
Les diferències principals entre l'estàndard de la ITU-T i el de l'ANSI estan en el nombre de missatges, el nom amb què es coneixen aquests missatges o la longitud dels camps. Tot i així, malgrat aquestes diferències, funcionalment les variacions són poc significatives i hauríem de ser capaços d'entendre els mateixos procediments tant a l'estàndard de la ITU-T com al de l'ANSI.

El format dels missatges TCAP respon a les característiques que hem comentat fins ara. Recordem que els punts clau que hem assenyalat fins ara són que entre la TCAP de dos nodes s'estableix una transacció, que entre els usuaris TC (per sobre de la TCAP) s'estableix un diàleg, i que les unitats d'informació que s'intercanvien entre l'usuari TC i la TCAP es denominen components. L'estructura dels missatges TCAP s'adiu a aquestes característiques i per tant conté tres camps:

- La part de transacció.
- La part de diàleg.
- La part de component.

Comencem per la **part de transacció**. Aquesta part del missatge té la funció d'identificar la transacció a la qual pertany el missatge (recordem que les transaccions poden ser definides com un conjunt de missatges TCAP), el node que l'origina i el node al qual va destinat. Per aquest motiu l'estructura bàsica d'aquesta part és tal com es mostra a la figura 31. Més endavant podrem veure que, en funció dels diversos tipus de missatges TCAP, els camps *Originating Transaction ID* (OTID) i *Destination Transaction ID* (DTID) no sempre són obligatoris, i per tant poden tenir tots dos identificadors, només un identificador o bé cap dels identificadors.

Figura 31. Estructura de la part de transacció dels missatges TCAP



Comencem pel camp de longitud. Aquest camp conté la longitud (expressada en bytes) de tot el missatge TCAP, no només la part de transacció, sinó també la part de diàleg i de component.

Pel que fa a l'identificador d'origen de la transacció, el procediment emprat pel TCAP és similar a l'emprat per l'SCCP orientat a connexió per a escollir

l'SLR. En concret, quan un node inicia una transacció li assigna un identificador de manera local. A partir d'aquest moment l'identificador no es pot tornar a emprar per a identificar una transacció en aquest node fins que la transacció actual finalitzi. Un cop finalitzada, l'identificador queda lliure i es pot tornar a utilitzar. Aquest paràmetre és variable, i pot tenir una longitud d'entre 1 i 4 bytes. Cadascun d'aquests dos identificadors està format, alhora, per tres sub-camps: l'etiqueta o *tag*, que permet saber si es tracta de l'identificador d'origen o de destinació; la longitud de l'identificador; i finalment l'identificador pròpiament dit. L'estructura que presenta l'identificador es coneix com a *element d'informació primitiu*.

Tornant al primer dels camps de la part de transacció, és a dir, el tipus de missatge que es mostra a la figura 31, el protocol TCAP de la ITU-T preveu cinc tipus diferents de missatges, i per tant el primer dels camps de la part de transacció pot prendre 5 valors diferents. Aquests tipus de missatges són:

- **Unidireccional** (*Unidirectional*). Aquest missatge és enviat de la TCAP d'un node a la de l'altre sense que el node d'origen n'espera cap resposta. Per aquest motiu (perquè la transacció es redueix a un missatge) la part de transacció no conté ni *Originating Transaction ID* ni *Destination Transaction ID*.
- **Iniciar** (*Begin*). Aquest missatge té la funció d'iniciar una transacció entre dos nodes. Com que inicialment encara no hi ha hagut intercanvi de missatges entre els dos nodes i l'identificador de transacció es fa localment, només conté l'*Originating Transaction ID*.
- **Finalitzar** (*End*). Aquest missatge té la funció de finalitzar una transacció en curs. No conté l'*Originating Transaction ID* i sí el *Destination Transaction ID*. Recordem que el *Destination Transaction ID* del node que transmet el missatge és igual que l'*Originating Transaction ID* del node que el rep i, per tant, amb aquest identificador el node que rep un missatge de finalització pot identificar la transacció.
- **Continuar** (*Continue*). Aquest missatge permet intercanviar informació entre dos nodes mentre la transacció està en curs. És per aquest motiu que el missatge conté tant l'identificador de transacció d'origen com el de destinació.
- **Abortar** (*Abort*). Aquest missatge permet finalitzar una transacció de manera abrupta quan apareix una situació anormal. De la mateixa manera que el missatge de finalitzar, només conté l'identificador de transacció de destinació.

La segona part del missatge TCAP, la **part de diàleg**, conté la informació que s'intercanvien dos usuaris TC, i és opcional. Aquesta informació permet que els usuaris s'informin del nom del context d'aplicació (quina aplicació estableix el diàleg), la versió del protocol emprat, informació diversa de l'usuari, informació sobre l'avortament d'un diàleg (si fos el cas), o la resposta a una

Diferències entre ANSI i ITU-T

Les diferències entre tots dos estàndards estan principalment, però no només, en la nomenclatura. Així, la denominació de cadascun dels tipus de missatges TCAP difereix lleugerament. En concret, el missatge *begin* (ITU-T) equival al missatge *query* (ANSI), *end* (ITU-T) a *response* (ANSI), i *continue* (ITU-T) a *conversation* (ANSI).

petició d'informació entre usuaris TC. Aquesta informació rep la denominació d'*Application Protocol Data Unit* (APDU).

El diàleg pot ser de dos tipus diferents: un diàleg estructurat o un diàleg desestructurat. Pel que fa al diàleg estructurat, aquest diàleg constarà de missatges en totes dues direccions. En canvi, el diàleg desestructurat no espera resposta de l'altre node extrem. Pel que fa a l'estructura de la part de diàleg (si n'hi ha), té l'estructura pròpia d'un element d'informació constructor.

La **part de component** és utilitzada per a l'intercanvi d'*Operational Protocol Data Units* (OPDU) entre la capa TCAP de dos nodes. Hi ha quatre tipus diferents d'OPDU:

- **Invocar** (*Invoke*). Aquest component sol·licita que s'executi alguna acció a la TCAP extrema.
- **Retornar resultat** (*Return result*). Un cop rebut un OPDU d'invocar, aquest component permet intercanviar el resultat de la sol·licitud prèvia.
- **Retornar error** (*Return error*). Aquest component permet informar d'un error.
- **Rebutjar** (*Reject*). Aquest component és intercanviat quan, per algun motiu, s'ha rebut un component inesperat (errors del protocol, etc.).

Gràcies a la utilització d'aquests quatre tipus de component, i particularment gràcies als tres primers, TCAP defineix quatre classes d'operacions: la **classe 1** es caracteritza per la confirmació tant de l'èxit com de l'error en l'intercanvi del missatge; la **classe 2** només requereix que es confirmi la recepció correcta del missatge; la **classe 3** només anuncia l'error en l'intercanvi; i finalment, la **classe 4** es caracteritza per no confirmar la recepció d'un missatge, sigui de manera correcta o de manera errònia.

Pel que fa a l'estructura d'aquesta part, és una mica més complexa que la de les dues parts precedents, però segueix la mateixa lògica. Així doncs, la part de component conté els camps següents:

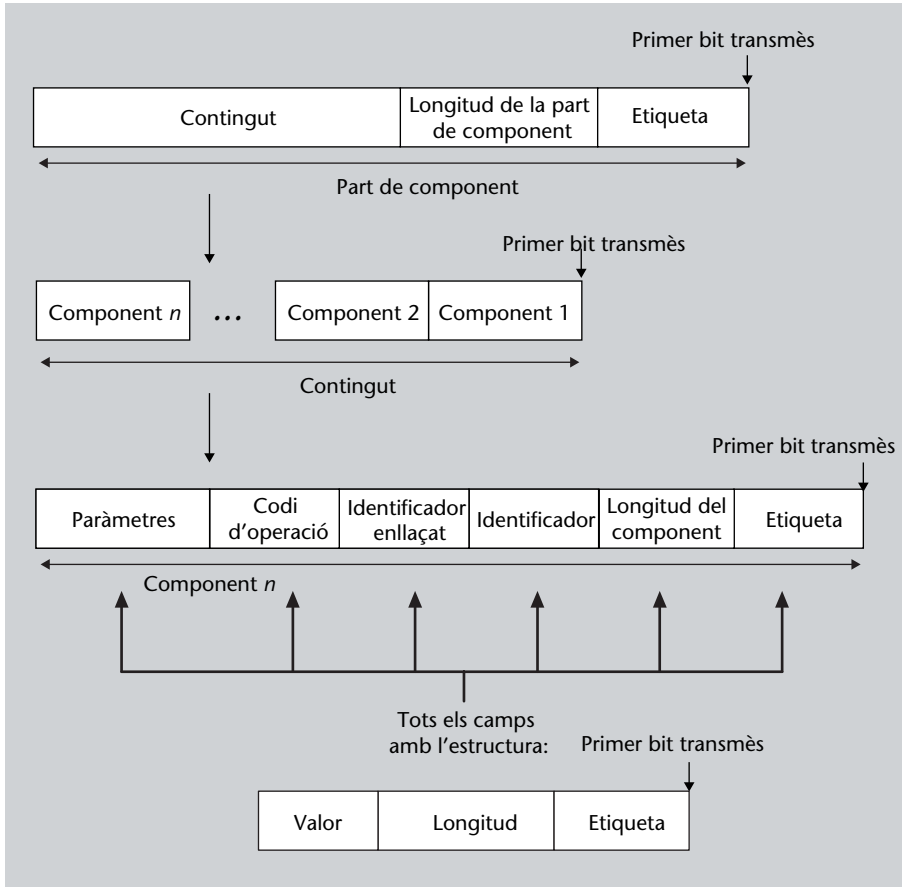
- **Etiqueta**, que designa i identifica l'inici d'aquesta part.
- **Longitud** de tota la part de component expressada en bytes.
- **Contingut**, estructurat com s'explica a continuació.

El contingut de la part de component té una longitud variable, i està format per un o més components, també anomenats OPDU (i que per tant poden ser del tipus *invoke*, *Return result*, etc.). És important notar que cadascun dels components s'estructura com un element d'informació constructor, i per tant pot presentar diversos elements d'informació primitius. Cadascun d'aquests components, alhora, té una estructura que consta dels camps següents: etiqueta, longitud, identificador (es tracta d'un identificador i per tant també s'estructura en etiqueta, longitud i valor de l'identificador), identificador enllaçat, codi d'operació i paràmetres. Per tal d'explicar-ho amb més detall, observem l'estructura d'una manera visual a la figura 32.

Elements d'informació primitiu i d'informació constructor

Un element d'informació primitiu és un "paràmetre" amb l'estructura: etiqueta, longitud i valor. Un element d'informació constructor és un conjunt de "paràmetres" cadascun estructurat com un element d'informació primitiu. En aquest cas l'estructura és la següent: etiqueta del constructor, longitud del constructor, i successió d'elements primitius (cadascun amb etiqueta, longitud i valor).

Figura 32. Estructura de la part de component dels missatges TCAP



Estructura dels missatges TCAP

Cal notar que l'estructura de TCAP (en cadascuna de les seves parts) es basa en una unitat anomenada element d'informació primitiu, un conjunt dels quals poden formar un element d'informació constructor. És per aquest motiu que l'estructura del missatge TCAP, tal com es pot observar a la part de component mostrada a la figura 32, és imbricada.

La figura 32 ens ha de servir per a analitzar una mica més cada camp de la part de component del missatge TCAP. Observant la figura, dins la part de component l'etiqueta i la longitud tenen funcions clares: assenyalar l'inici de la part de component (identificant-la com a tal) i determinar-ne la longitud total. Pel que fa al contingut, es pot constatar que els missatges TCAP poden contenir diversos components.

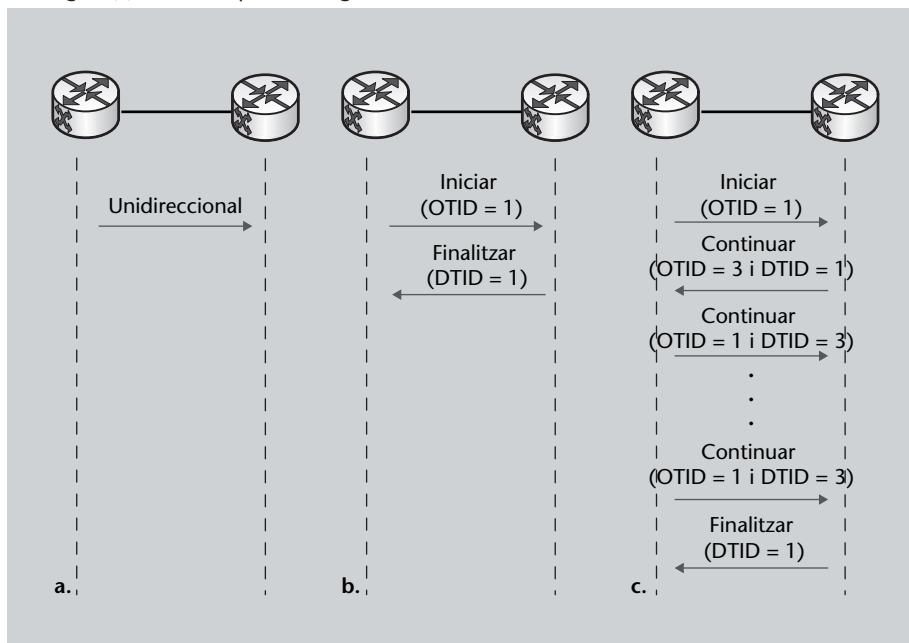
Si ens centrem en un component en concret, tornem a trobar la mateixa estructura d'etiqueta i longitud. L'etiqueta, a nivell de component, determina de quin dels quatre tipus d'OPDU es tracta el component: invocar, retornar resultat, retornar error i rebutjar. Seguidament, es transmeten l'identificador i l'identificador enllaçat. Cada node, localment, assigna un identificador diferent per a cada operació. Novament, aquests identificadors poden ser reutilitzats un cop finalitzada l'operació que l'utilitzava. Com que aquest identificador és local, per tal que a tots dos nodes es pugui identificar l'operació a la qual fa referència un component particular, s'utilitza l'identificador per a diferenciar l'operació a nivell local i l'identificador enllaçat per a assenyalar a quina operació respon (amb identificador escollit localment a l'altre node).

Quant al codi d'operació, es tracta d'un camp que permet identificar l'operació concreta. Per exemple, si es tracta d'un component d'invocar o continuar, identifica quina operació ha de ser invocada o continuada. Els paràmetres, per la seva banda, contenen la informació addicional que pugui ser requerida.

7.2. Establiment i finalització de transaccions

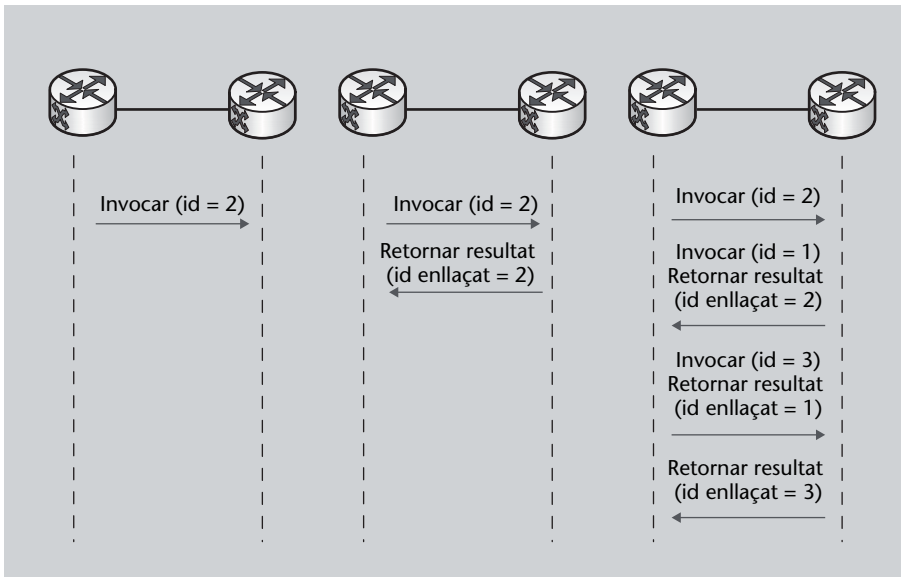
Les transaccions acostumen a constar de dos missatges TCAP: un per a iniciar i un per a finalitzar. Tot i així, també és possible que n’hi hagi un de sol (si el missatge és unidireccional) o més de dos (si l’intercanvi d’informació entre les aplicacions dels dos nodes no es pot dur a terme només amb dos missatges i hi inclou missatges de continuar). Mirem, doncs, com seria l’establiment i la finalització d’una transacció a la figura 33. En un primer moment només mirem la part de transacció del missatge TCAP. Tal com es pot observar, hi ha transaccions que consten d’un únic missatge TCAP, com la de la figura 33 (a). Mirant els camps de la part de transacció, el missatge té l’etiqueta d’*unidirectional* i no conté identificador de transacció, ni d’origen ni de destinació. Cal notar que aquests identificadors tenen la funció de permetre la identificació dels missatges d’una mateixa transacció. Quan el missatge és unidireccional, la transacció només conté un missatge i, per tant, no calen identificadors. La situació de la figura 33 (b) és la més habitual, on hi ha un missatge d’inici de la transacció i un missatge de finalització. En aquest cas les etiquetes de cada missatge són *begin* i *end*, respectivament. El missatge d’inici sí que incorpora un *Originating Transaction ID* (OTID) seleccionat localment que permetrà identificar les respostes del node de destinació que formin part de la mateixa transacció. És per aquest motiu que el missatge de final conté un *Destination Transaction ID* (DTID) igual a l’OTID del missatge d’inici. La darrera de les situacions és aquella en la qual els dos nodes requereixen més d’un missatge en cada direcció per a intercanviar la informació. Aquesta situació fa necessària la utilització de missatges de *continue*. Cal parar atenció al fet que els missatges de continuar sí que incorporen tant l’OTID com el DTID, cadascun seleccionat localment en un dels nodes. Òbviament, l’identificador que per a un node és el d’origen, per a l’altre és el de destinació, i viceversa.

Figura 33. Missatges TCAP enviats en una transacció: (a) amb un únic missatge; (b) amb dos missatges; (c) amb múltiples missatges.



Les mateixes situacions analitzades des del punt de vista dels camps de la part de transacció, també es poden analitzar des del punt de vista dels camps de la part de component. Suposem la situació de la figura 33 (a). La figura 34 (a) mostra el valor dels camps de la part de component, on s'envia un component *invoke* que, en aquest cas, no espera resposta. El fet que, en aquest cas, el node d'origen no requereixi resposta fa que a la part de transacció del missatge s'identifiqui com un missatge unidireccional. En aquest cas, l'identificador és escollit al node d'origen a partir del conjunt d'identificadors que encara no utilitza.

Figura 34. Missatges TCAP enviats en una transacció, centrant-nos en la part de component: (a) amb un únic missatge; (b) amb dos missatges; (c) amb múltiples missatges.



El segon cas (figura 34 (b)) respon a la situació mostrada a la figura 33 (b). En concret, la invocació generada i enviada pel node d'origen requereix una resposta. Fixem-nos que el component d'invocació formaria part d'un missatge de *begin*, mentre que el component de retorn de resultat formaria part d'un missatge d'*end*. El punt més destacable és, en el segon dels missatges, el valor de l'identificador enllaçat. La resposta enviada cap al node que ha originat l'operació ha de permetre a aquest node saber que el resultat rebut és la resposta a la seva invocació prèvia. Aquesta funció la duu a terme gràcies al valor del camp d'identificador enllaçat.

En darrer lloc, la figura 34 (c) mostra la situació en què una transacció està formada per més de dos missatges TCAP. Per a entendre la figura cal tenir presents els punts següents:

- Un missatge TCAP, a la part de component, pot incloure diversos components. Per aquesta raó a la figura 34 (c) hi ha missatges que contenen un component *invoke* i un component *return result*.
- El primer i l'últim missatge tenen les etiquetes de la part de transacció iguals a *begin* i a *end*, respectivament. Per a la resta aquesta etiqueta és igual a *continue*.

- Cada vegada que es realitza una invocació, l'identificador se selecciona localment al node d'origen. De la mateixa manera, cada vegada que s'intercanvia un component de retorn de resposta, s'utilitza un identificador enllaçat igual a l'identificador de la invocació a la qual respon.

7.3. Exemples d'aplicacions o usuaris TC

Amb el protocol TCAP es pot donar per conculsa l'explicació de la pila de protocols SS7. Malgrat tot, i tal com hem vist en aquest apartat, la TCAP és una capa intermèdia que permet a d'altres aplicacions utilitzar la xarxa de senyalització SS7. És per aquest motiu que en els subapartats següents fem una breu introducció a les dues aplicacions més destacades que utilitzen TCAP: les xarxes intel·ligents i les xarxes de comunicacions mòbils.

La flexibilitat dels protocols de senyalització definits per l'SS7 ha estat capaç de permetre-hi acomodar aplicacions de característiques tan diferents.

7.3.1. Les xarxes intel·ligents

El concepte de xarxa intel·ligent és un concepte aparegut a la dècada dels vuitanta als Estats Units i que pretenia oferir, gràcies a les capacitats dels nodes de l'època, nous serveis associats a la telefonia fixa. Aquestes capacitats dels nodes i de les xarxes permetien que la informació residís en un conjunt petit de nodes i que la resta de nodes accedissin a aquesta informació a través de peticions.

Principalment, l'estandardització de les xarxes intel·ligents va seguir, tal com la majoria de protocols que hem vist, un doble procés d'estandardització. Per una banda a Europa i per l'altra als Estats Units d'Amèrica. Com hem estat veient fins al moment, l'estàndard global és aquell que desenvolupa la ITU-T, tot i que a les diferents regions geogràfiques es desenvolupin variacions regionals. En concret, per a les aplicacions de xarxes intel·ligents que utilitzen TCAP-SCCP-MTP (o, emprant la nomenclatura pròpia de la xarxa SS7, els usuaris TC) l'estàndard europeu és l'anomenat *Intelligent Network Application Part* (INAP), mentre que l'estàndard americà és l'anomenat *Advanced Intelligent Network* (AIN).

Malgrat que la denominació *xarxa intel·ligent* pugui dur a equívocs, cal tenir present que les xarxes intel·ligents en cap cas no han substituït les xarxes commutades de telefonia (XTC), sinó que més aviat han estat superposades a les existents XTC per a poder oferir nous serveis als abonats.

Aquesta superposició s'ha traduït, a la pràctica, en la incorporació de nous nodes a la xarxa i el desplaçament d'algunes de les funcionalitats de determinats punts de senyalització cap a altres nodes/punts de senyalització.

Per a entendre com s'integra aquesta nova xarxa a les xarxes existents, convé destacar que la ITU-T, en el seu model conceptual de xarxa intel·ligent, descriu quatre plans diferents: el pla de servei, el pla funcional global (*Global Functional Plane*, GFP), el pla funcional distribuït (*Distributed Functional Plane*, DFP), i el pla físic. Vegem-los:

- El **pla de servei** del model conceptual queda completament desvinculat de l'arquitectura de la xarxa. Es defineix únicament des del punt de vista de l'usuari. Per a això, la definició dels serveis es fa mitjançant les anomenades característiques de servei (o en anglès *Service Features*, SF).
- El **pla funcional global**, per la seva banda, no defineix els serveis en termes de SF sinó en termes de *Service-Independent building Blocks* (SIB). En concret, un servei pot ser construït/definit com un conjunt de SIB. La relació entre els SIB del pla funcional global i els SF del pla de servei està en el fet que cadascun dels SIB conté un o diversos SF. En aquest pla encara no es pot considerar que hi hagi una relació entre els SIB i els elements físics de la xarxa, que esmentarem a continuació en parlar del pla físic.
- El **pla funcional distribuït**, dins del model conceptual, defineix o construeix un model de la xarxa intel·ligent basat en *Functional Entities* (FE). Aquestes entitats funcionals fan accions i intercanvien informació. La relació amb el pla anterior és important, ja que les diferents entitats fan accions i intercanvien informació per a implementar els SIB definits al pla funcional global. Aquestes entitats encara no estan unívocament relacionades amb nodes físics, però és el pas intermediari entre la definició dels serveis completament independent de l'estructura de la xarxa que es fa als plans de servei i funcional global, i la seva implementació a la capa física.
- El **pla físic** és, finalment, el conjunt d'entitats físiques (*Physical Entities*, PE) que formen la xarxa (nodes i enllaços). La diferència entre el pla funcional distribuït i el pla físic és que, mentre que les relacions i les entitats del primer són lògiques, les del segon són físiques. Així doncs, alguns dels fluxos d'informació i de les entitats del pla funcional distribuït s'implementen en entitats físiques diferents, i d'altres en una única entitat física.

Els quatre plans són descrits a les recomanacions de la ITU-T entre la Q.1202 i la Q.1205.

Uns dels aspectes clau de les xarxes intel·ligents són, com no podia ser d'una altra manera, tant els nodes com l'estructura de les xarxes existents. Convé recordar que les xarxes intel·ligents no són xarxes que substitueixen les xarxes de telefonia ja existents, sinó que se superposen a les existents, afegeixen nodes nous i ofereixen noves funcionalitats. Les xarxes de telefonia són molt extenses i, en conseqüència, heterogènies. La seva implantació i extensió no ha estat abrupta sinó que ha estat progressiva, amb la qual cosa una matei-

xa xarxa compta amb nodes moderns, antics, amb més funcionalitats, etc. És precisament en aquest context en el qual les xarxes intel·ligents van ser desplegades.

Com que no tots els nodes de la xarxa són capaços de dur a terme les funcions necessàries per a oferir tots els serveis propis de les xarxes intel·ligents, la ITU-T va definir quatre conjunts de capacitats (en anglès anomenats *Capability Sets*) coneguts com a CS-1, CS-2, CS-3 i CS-4. Cadascun d'aquests conjunts ha de ser vist com la resposta a un procés d'implantació per fases de les xarxes intel·ligents.

El conjunt de capacitats CS-1 està definit per tal que pugui ser ofert en xarxes que no compten amb tots els nodes i funcions propis de les xarxes intel·ligents. El punt que cal destacar és que les capacitats CS-1 van ser definides sense hipòtesis *a priori* per tal que poguessin evolucionar envers conjunts de capacitats posteriors, com ara CS-2, CS-3 i CS-4. Addicionalment, és necessari deixar palès que els conjunts de capacitats tenen un impacte important sobre els diversos plans del model conceptual definit per la ITU-T. Entrar en aquests detalls no és la intenció d'aquesta assignatura, però es pot trobar a les Recomanacions de la ITU-T relatives a les xarxes intel·ligents. El conjunt de serveis previstos per a la CS-1 és extens, i conté serveis com per exemple la marcadó abreviada, les trucades amb targeta, la facturació automàtica, la distribució de trucades, la conferència, la finalització de trucades per a abonats ocupats, les trucades amb targeta de crèdit, l'encaminament per destinació, el desviament de trucada, el cobrament revertit, la identificació de trucades, les trucades massives, la selecció de trucades per origen, el reenviament selectiu, etc.

La definició del CS-2 és molt similar a la del CS-1, i afegeix serveis com ara el cobrament revertit entre xarxes, la trucada en espera, la línia directa, el televot entre xarxes, la xarxa virtual global, la transferència de trucada, etc.

Pel que fa al CS-3, es tracta del primer dels conjunts de capacitats que aborda els aspectes relacionats amb serveis i aplicacions que empren IP.

Finalment, el CS-4 aprofundeix una mica més en l'interfuncionament amb serveis i aplicacions basades en IP, i en particular el servei de VoIP.

7.3.2. Les xarxes de comunicacions mòbils

Sens dubte les xarxes de comunicacions mòbils han tingut un enorme impacte en la vida i els costums de la població mundial. Malgrat que la primera generació (NMT, AMPS, etc.) de telefonia mòbil va tenir un índex de penetració baix o inexistent en la majoria de països –en molts països mai no es va arribar a desplegar la xarxa de primera generació–, la segona generació va suposar la implementació definitiva d'aquestes xarxes a escala mundial. L'estàndard

Xarxes intel·ligents

Les Recomanacions relatives a les xarxes intel·ligents són les Recomanacions que van entre Q.1200 i la Q.1699.

que més èxit ha tingut ha estat l'europeu, conegut com a GSM, però n'hi ha hagut d'altres, com ara D-AMPS o IS-95. Després de la segona generació i de les successives millores (GPRS, EDGE, etc.), la tercera generació (IMT-2000) i l'actual quarta generació han acabat consolidant la importància de les comunicacions mòbils, inicialment per a connexions de veu i posteriorment per a comunicacions de dades.

Les xarxes de comunicacions mòbils presenten, per definició, moltes funcionalitats que requereixen senyalització. Aspectes com la mobilitat i l'autenticació van suposar nous reptes per a aquestes xarxes i per a la senyalització associada. Així, en el cas de GSM, l'aplicació que utilitza les capes SS7 inferiors (o usuari TC) és definida com a *Mobile Application Part* (MAP).

Com que aquestes funcionalitats ja s'expliquen a l'assignatura corresponent, aquest mòdul no té la intenció de tornar-les a explicar. Tot i així, sí que es vol donar una petita pinzellada a la relació que hi ha entre la pila de protocols SS7 i aquestes funcionalitats de les xarxes de comunicacions mòbils.

Hi ha diversos nodes que intervenen en la senyalització de la xarxa de GSM (o GPRS), com ara 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*). Tots aquests nodes són els que permeten la gestió de la mobilitat dels usuaris, l'enviament de missatges, la identificació i autenticació, etc. La senyalització entre aquests es fa mitjançant el MAP i, per tant, sobre SS7.

Pel que fa a la tercera generació, les coses són lleugerament diferents. La irrupció progressiva de les connexions de dades i de la veu sobre IP, així com un canvi en l'arquitectura de la xarxa amb l'aparició de diversos nodes nous (com per exemple l'RNC, *Radio Network Controller*) i la redistribució de funcionalitats entre els nodes, han fet canviar lleugerament les coses. Així, els nous protocols d'aplicació per sobre de TCAP per a UMTS (l'estàndard europeu de tercera generació) són, per exemple, el RANAP (*Radio Access Network Application Part*), el RNSAP (*Radio Network Subsystem Application Part*), o l'NBAP (*Node B Application Part*), tots basats en l'SS7 i el MAP.

Pel que fa a la quarta generació, anomenada LTE (*Long Term Evolution*), els protocols de senyalització ja no es basen en l'SS7, i s'ha optat per altres protocols. Per tant, cal constatar que la importància i l'impacte de l'SS7 decreixerà amb vista al futur per a les xarxes de comunicacions mòbils.

SMS

El servei de SMS *Short Message Service* és un dels serveis oferts a GSM que més d'èxit va tenir abans de les aparicions de les comunicacions de dades de banda ampla, utilitza els canals de control de GSM i, en conseqüència, els protocols SS7.

Resum

En aquest mòdul hem pogut estudiar quins són els motius que van dur al desenvolupament d'un estàndard mundial de senyalització de la xarxa de telefonia fixa. De la mateixa manera, però, també hem pogut observar com les necessitats aparegudes en l'àmbit de les comunicacions telefòniques (com per exemple la digitalització del bucle local amb la XDSI) van fer créixer el conjunt de protocols que componen l'estàndard SS7. Així, es va passar d'una capa 4 amb la TUP, a una capa 4 amb la ISUP, l'SCCP i la TCAP, que atorguen una gran flexibilitat per a esdevenir la xarxa/protocol de senyalització de nombrosos sistemes (com, per exemple, les xarxes intel·ligents o de comunicacions mòbils).

L'estàndard de senyalització SS7 té com a objectiu implementar una xarxa paral·lela de senyalització basada en el concepte de la senyalització CCS. És per aquest motiu que el mòdul ens ha mostrat quins són els punts de senyalització d'una xarxa basada en l'estàndard SS7, així com el conjunt i la denominació dels diversos enllaços que els uneixen entre ells.

Pel que fa a la pila de protocols, s'ha pogut constatar que la distribució en capes no respon a la distribució del model OSI. Mentre que les tres primeres capes del model OSI poden ser equiparables als nivells 1, 2 i 3 de l'SS7 (les capes MTP1, MTP2 i MTP3), les funcions pròpies de la resta de capes del model OSI recauen en un únic nivell de l'SS7: el nivell 4. És important fer notar, però, que el nivell 4 està format per un conjunt de protocols que donen una gran flexibilitat a l'estàndard SS7.

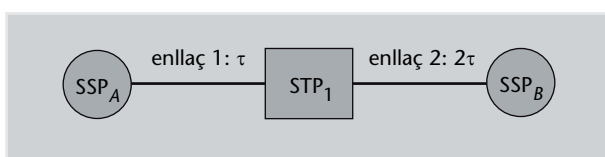
Les capes MTP1, MTP2 i MTP3 són les encarregades de fer arribar les unitats de senyalització d'un punt de senyalització a un altre. En particular, més enllà de la capa MTP1 (la capa física de l'SS7), la capa MTP2 s'encarrega de gestionar la transmissió/recepció d'unitats de senyalització de manera seqüencial i sense errors. Per a dur a terme aquesta funció, MTP2 implementa dos mecanismes de correcció d'errors (en funció de la longitud de l'enllaç i del màxim retard permès). La capa MTP3, per la seva banda, té l'objectiu d'encaminar els missatges en funció de l'estat dels enllaços (fallada, congestió o funcionament normal).

Un cop establertes les tres primeres capes de l'estàndard, el nivell 4 està format per un conjunt de protocols (usuaris de les capes MTP) que permeten establir la senyalització per a diverses aplicacions. Les parts/protocols del nivell 4 poden ser orientades a connexió (TUP i ISUP) o bé no orientades a connexió (les aplicacions que utilitzen l'SCCP, com per exemple la TCAP i la ISUP –que implementa funcions per a comunicacions orientades a connexió i no orientades a connexió mitjançant SCCP).

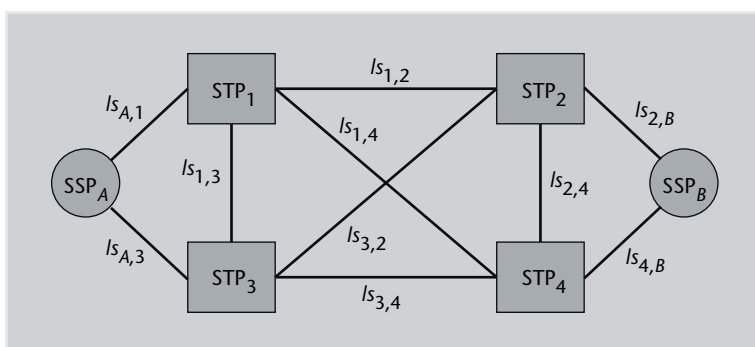
En el proper mòdul veurem com, a partir de l'estàndard SS7, ha estat possible fer front als nous reptes plantejats per la veu sobre IP (VoIP), i com, malgrat l'existència de xarxes basades en el protocol SS7, la convergència envers el paradigma *All-IP* ha començat a canviar la senyalització tal com l'enteníem fins fa uns anys.

Exercicis d'autoavaluació

1. La pila de protocols SS7 no s'adiu exactament al model OSI. Cerqueu el nom i les funcions que desenvolupen cadascuna de les set capes del model OSI.
2. Reproduïu l'esquema d'una xarxa SS7 i expliqueu quina és la funció de cada punt de senyalització i les diferències entre els diferents tipus d'enllaços.
3. Expliqueu els tres tipus d'unitats de senyalització i per a què s'utilitza cadascuna.
4. Preguntes sobre els mecanismes de correcció d'errors implementats a l'MTP2.
 - a) Expliqueu com es pot seleccionar el mecanisme de correcció d'errors.
 - b) Suposem una xarxa de senyalització en la qual les unitats de senyalització han de passar pels enllaços que es mostren a la figura. Suposem que el retard de transmissió del primer enllaç és igual a τ i el del segon és igual a 2τ .
Per a quin valor de τ es farà servir la correcció bàsica d'errors (BEC) o la retransmissió cíclica preventiva (PCR) si el retard màxim permès (per al conjunt dels dos enllaços) és igual a T_{max} ?



5. Els punts de senyalització s'identifiquen mitjançant el codi de punt. Digueu quins dels següents SANC són possibles i quins no:
 - a) 4-153
 - b) 1-267
 - c) 3-074
 - d) 8-001
6. Per a la xarxa de la figura, i tenint en compte que els missatges es transmeten des de l'SSP_A (origen) cap a l'SSP_B (destinació), per quins enllaços serien encaminats missatges amb els SLS següents i per què?
 - a) SLS = 0000
 - b) SLS = 1010
 - c) SLS = 1111
 - d) sls = 1100



7. En una trucada a través d'una XTC i amb la senyalització TUP, quines diferències suposen el fet que el to d'abonat ocupat es generi a la central local o a la central de destinació?
8. A què fan referència els termes *Enbloc* i *Overlap*?
9. Els paràmetres dels missatges ISUP poden ser de tres tipus. Digueu quins tipus de paràmetres hi ha i com afecta la seva estructura.
10. Expliqueu les diferències entre els dos mètodes de senyalització extrem a extrem d'ISUP.

11. En l'SCCP, com s'implementen les diferències entre les classes 0 i 1, i entre les classes 2 i 3, respectivament?
12. En una connexió SCCP, podem trobar-nos un missatge amb l'SLR igual al DLR?

Glossari

- ACM.** Address Complete. Missatge propi de la ISUP.
- AIN.** Advanced Intelligent Network. Estàndard americà per a les xarxes intel·ligents.
- AMPS.** Advanced Mobile Phone System. Estàndard de telefonia mòbil de primera generació desenvolupat als Estats Units.
- ANSI.** American National Standard Institute. Institut d'estandardització dels Estats Units d'Amèrica.
- APDU.** Application Protocol Data Unit. Unitat d'informació utilitzada per la subcapa de component de la TCAP.
- AUC.** Authentication User Center. Node de la xarxa GSM amb funcions d'autenticació.
- BEC.** Basic Error Correction. Mecanisme de correcció d'errors implementat a la capa MTP2.
- BIB.** Backward Indicator Bit. Camp utilitzat en el mecanisme de correcció d'errors a la capa MTP2.
- BSC.** Base Station Controller. Node de la xarxa GSM.
- BSN.** Backward Sequence Number. Camp utilitzat en el mecanisme de correcció d'errors a la capa MTP2.
- BTS.** Base Transceiver Station. Denominació que rep l'estació base en la xarxa GSM.
- CAS.** Channel-Associated Signalling.
- CBA.** Changeback Acknowledgement. Missatge de la capa MTP3 per a reconèixer el canvi d'estat d'un enllaç.
- CBD.** Changeback Declaration. Missatge de la capa MTP3 per a anunciar el canvi d'estat d'un enllaç.
- CC.** Connection Confirm. Missatge de confirmació de connexió generat per l'SCOC.
- CCS.** Common-Channel Signalling.
- CCIS7.** Common Channel Interoffice Signalling 7. Nom que rep l'estàndard SS7.
- CCITT.** Consultative Committee for International Telegraphy and Telephony. Organització predecessora de l'actual ITU.
- CHM.** Changeover. Missatge utilitzat per les funcions SNM de la capa MTP3.
- CIC.** Circuit Identification Code. Camp contingut en els missatges TUP i ISUP.
- CID.** Connection Identifier. Paràmetre que SCCP utilitza per a designar una connexió.
- CK.** Check Bits. Camp que permet la correcció d'errors en una MSU.
- COA.** Changeover Acknowledgement. Missatge de la capa MTP3.
- COO.** Changeover Order. Missatge de la capa MTP3 que indica la indisponibilitat d'un enllaç.
- CR.** Connection Request. Missatge de petició de connexió generat per la capa SCCP.
- CRC.** Cyclic Redundancy Check. Codi detector d'errors.
- CREF.** Connection Refused. Missatge de denegació de connexió generat per l'SCOC.
- CS.** Capability Set. Conjunt de capacitats definit per a les xarxes intel·ligents (CS-1, CS-2, CS-3 i CS-4).
- C7.** CCITT number 7. Nom que rep l'estàndard SS7 en alguns països europeus, com per exemple el Regne Unit.
- CCSS7.** Common Channel Signalling System 7. Nom que rep l'estàndard SS7 als Estats Units d'Amèrica.

D-AMPS. Digital-Advanced Mobile Phone System. Estàndard de telefonia mòbil de segona generació desenvolupat als Estats Units.

DFP. Distributed Functional Plane. Pla funcional distribuït. És un dels quatre plans definits en el model conceptual de les xarxes intel·ligents.

DLM. Data Link. Família de missatges definit per les funcions SNM.

DLR. Destination Local Reference. Camp utilitzat en els missatges de l'SCOC.

DPC. Destination Point Code. Camp del *Routing label* del missatge MTP3.

DTID. Destination Transaction ID. Identificació de la transacció en el node de destinació en el missatge de la TCAP.

DT1. Data Form 1. Missatges d'informació utilitzats per la classe 2 de l'SCCP.

DT2. Data Form 2. Missatges d'informació utilitzats per la classe 3 de l'SCCP.

DUP. Data User Part. Protocol del nivell 4 de l'SS7 (actualment desaparegut).

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

ECM. Emergency Changeover. Família de missatges definit per les funcions SNM.

ECO. Emergency Changeover. Missatge de la capa MTP3.

EDGE. Enhanced Data Rates for GSM Evolution.

EIR. Equipment Identity Register. Node de la xarxa GSM.

FCM. Flow Control. Família de missatges definit per les funcions SNM.

FE. Functional Entity. Entitat en la qual es basa el pla funcional distribuït.

FIB. Forward Indicator Bit. Camp utilitzat en el mecanisme de correcció d'errors a la capa MTP2.

FISU. Fill-In Signal Unit. Un dels tres tipus d'unitats de senyalització.

FSN. Forward Sequence Number. Camp utilitzat en el mecanisme de correcció d'errors a la capa MTP2.

GFP. Global Functional Plane. Pla funcional global. És un dels quatre plans definits en el model conceptual de les xarxes intel·ligents.

GGSN. Gateway GPRS Support Node. Node de la xarxa GPRS.

GPRS. General Packet Radio Service. Sistema de telefonia mòbil que permet connexió de dades a través de la xarxa GSM.

GSM. Global System for Mobile communications. Estàndard de comunicacions mòbils de segona generació.

GT. Global Title. Títol global. Format de l'adreça d'un punt de senyalització alternativa a la PC+SSN.

GTI. Global Title Indicator. Camp de les adreces *Called Party Address* i *Calling Party Address*.

GTT. Global Title Translation. Mecanisme que permet convertir una adreça en format GT a un format PC+SSN.

HLR. Home Location Register. Node de la xarxa GSM.

IAI. Initial Address Message with Additional Information. Missatge d'establiment de connexió a TUP i ISUP.

IAM. Initial Address Message. Missatge d'establiment de connexió a TUP i ISUP.

IMT-2000. International Mobile Telecommunications-2000. Conjunt d'estàndards de telefonia mòbil de tercera generació.

- INAP.** Intelligent Network Application Part. Estàndard europeu per a les xarxes intel·ligents.
- IP.** Internet Protocol.
- ISC.** International Switching Center.
- ISPC.** International Signalling Point Code. Adreça d'un punt de senyalització internacional.
- ISUP.** Integrated Services User Part. Protocol del nivell 4 de l'SS7.
- IS-95.** Estàndard de telefonia mòbil americà de segona generació.
- ITU-T.** ITU - Telecommunications Standardization Sector. Es tracta d'una de les tres divisions de la ITU.
- LI.** Length Indicator. Camp de longitud d'una MSU.
- LSI.** Link Status Indicator. Tres bits del camp SF que indiquen l'estat de l'enllaç.
- LSSU.** Link Status Signal Unit. Un dels tres tipus d'unitats de senyalització.
- LTE.** Long Term Evolution. Estàndard de comunicacions mòbils de quarta generació.
- MAP.** Mobile Application Part. Usuari TC.
- MIM.** Management Inhibiting. Família de missatges definida per les funcions SNM.
- MSC.** Mobile Switching Center. Node de la xarxa GSM.
- MSU.** Message Signal Unit. Un dels tres tipus d'unitats de senyalització.
- MTP.** Message Transfer Part. Protocols MTP1, MTP2 i MTP3 dels nivells 1, 2 i 3 d'SS7, respectivament.
- NBAP.** Node B Application Part. Protocol de senyalització de telefonia mòbil basat en la MAP.
- NMT.** Nordic Mobile Telephone. Estàndard de telefonia mòbil de primera generació desenvolupat als països escandinaus.
- NSDU.** Network Service Data Unit. Unitat de dades utilitzat a l'SCCP.
- NSPC.** National Signalling Point Code. Adreça d'un punt de senyalització nacional.
- NTUP.** National Telephone User Part. Cadascuna de les varietats nacionals de TUP.
- N7.** Signalisierungssystem Nummer 7. Nom que rep l'estàndard SS7 a Alemanya.
- OPC.** Originating Point Code. Camp del *Routing label* del missatge MTP3.
- OPDU.** Operational Protocol Data Unit. Unitat de dades de la part de component de la TCAP.
- OSI.** Open System Interconnection. Model de xarxa dividit en set capes.
- OTID.** Originating Transaction ID. Identificació de la transacció en el node d'origen en el missatge de la TCAP.
- PAM.** Pass-Along Method. Mètode de senyalització extrem a extrem de la ISUP.
- PC.** Point Code.
- PCI.** Point Code Indicator. Camp de les adreces *Called Party Address* i *Calling Party Address*.
- PCR.** Preventive Cyclic Retransmission. Mecanisme de correcció d'errors implementat a la capa MTP2.
- PE.** Physical Entity. Cadascun dels nodes o enllaços del pla físic del model conceptual de les xarxes intel·ligents.
- POTS.** Plain Old Telephone Service.
- PSTN.** Public Switched Telephone Network.

RANAP. Radio Access Network Application Part. Protocol de senyalització de telefonia mòbil basat en la MAP.

RES. Resume. Missatge de represa de connexió a ISUP.

RLC. Release Complete. Missatge de confirmació de finalització de connexió a SCCP.

RLSD. Released. Missatge de finalització de connexió a SCCP.

RNC. Radio Network Controller. Node de la xarxa UMTS.

RNSAP. Radio Network Subsystem Application Part. Protocol de senyalització de telefonia mòbil basat en la MAP.

RSM. Routeset Test. Família de missatges definida per les funcions SNM.

RTC. Signalling Route Set Congestion Test Signal. Missatge de l'MTP3 per a la congestió de l'enllaç.

RTI. Indicador d'encaminament. Camp de les adreces *Called Party Address* i *Calling Party Address*.

R1. Estàndard de senyalització previ a l'SS7.

R2. Estàndard de senyalització previ a l'SS7.

SAM. Subsequent Address Message. Missatge de la TUP i la ISUP.

SANC. Signalling Area/Network Code. Camp de zona geogràfica i àrea/xarxa d'un ISPC.

SCCP. Signalling Connection Control Part. Protocol del nivell 4 de l'SS7.

SCLC. SCCP Connectionless Control. Una de les quatre parts que formen l'SCCP.

SCMG. SCCP Management. Una de les quatre parts que formen l'SCCP.

SCOC. SCCP Connection-Oriented Control. Una de les quatre parts que formen l'SCCP.

SCP. Service Control Point. Punt de senyalització de la xarxa SS7.

SCRC. SCCP Routing Control. Una de les quatre parts que formen l'SCCP.

SF. Status Field. Camp contingut a les LSSU.

SGM. Segmentation Message. Missatge utilitzat per a la TUP i la ISUP.

SGSN. Serving GPRS Support Node. Node de la xarxa GPRS.

SSN. Subsystem Number. Camp d'adreça utilitzat per l'SCRC.

SSNI. Subsystem Number Indicator. Camp de les adreces *Called Party Address* i *Calling Party Address*.

SI. Service Indicator. És un dels dos subcamps del SIO del missatge MTP3.

SIB. Busy. Un dels possibles valors de l'SF.

SIE. Emergency alignment. Un dels possibles valors de l'SF.

SIF. Signalling Information Field. Camp d'informació d'una MSU.

SIN. Normal alignment. Un dels possibles valors de l'SF.

SIO. Service Information Octet. Camp de l'MSU o del missatge MTP3 que determina quina part o aplicació del nivell 4 l'ha generada.

SIO. Out of alignment. Un dels possibles valors de l'SF.

SIOS. Out of service. Un dels possibles valors de l'SF.

SIPO. Processor outage. Un dels possibles valors de l'SF.

- SLC.** Signalling Link Code. Camp del *Routing label* del missatge MTP3 de les funcions SNM.
- SLR.** Source Local Reference. Identificador local de l'SCCP que genera una connexió (part SCOC).
- SLS.** Signalling Link Selector. Camp del *Routing label* del missatge MTP3 de les funcions SMH.
- SNM.** Signalling Network Management. Un dels dos conjunts de funcions de l'MTP3.
- SMH.** Signalling Network Handling. Un dels dos conjunts de funcions de l'MTP3.
- SMS.** Short Message Service. Servei de missatges curts.
- SP.** Signalling Point. Qualsevol node de la xarxa de senyalització.
- SSF.** Subscriber Field. Un dels subcamps del SIO, dels missatges MTP3.
- SSP.** Service Switching Point. Punt de senyalització de la xarxa SS7.
- SS4.** Estàndard de senyalització previ a l'SS7.
- SS5.** Estàndard de senyalització previ a l'SS7.
- SS6.** Estàndard de senyalització previ a l'SS7.
- SS7.** Signalling System No 7. Estàndard de senyalització desenvolupat per la ITU-T.
- STP.** Signal Transfer Point. Punt de senyalització de la xarxa SS7.
- SU.** Signal Unit.
- SUS.** Missatge de suspensió de la comunicació de la ISUP.
- TC.** Transaction Capabilities.
- TCAP.** Transaction Capabilities Application Part. Protocol del nivell 4 de l'SS7.
- TE.** Terminal Equipment. Terminals de la XDSI.
- TFA.** Transfer Allowed Signal. Missatge de les funcions SNM de notificació de la recuperació d'un enllaç.
- TFC.** Transfer Controlled Signal. Missatge de les funcions SNM de notificació de la congestió d'un enllaç.
- TFM.** Transfer. Família de missatges definit per les funcions SNM.
- TFP.** Transfer Prohibited Signal. Missatge de les funcions SNM de notificació de la fallada dels enllaços d'un SP.
- TFR.** Transfer Restricted Signal. Missatge de les funcions SNM de notificació de la fallada d'algun/s enllaços d'un SP.
- TR.** Primitives TR. Primitives intercanviades entre les subcapes de component i de transacció de la capa TCAP.
- TRM.** Traffic. Família de missatges definida per les funcions SNM.
- TSB.** Telecommunication Standardization Bureau. Oficina pertanyent a la ITU-T.
- TUP.** Telephone User Part. Protocol del nivell 4 de l'SS7.
- UDT.** Unit Data. Unitat d'informació de la classe 0 i 1 de l'SCCP.
- UDTS.** Unit Data Service. Unitat d'informació utilitzada per l'SCCP en el servei no orientat a connexió.
- UFC.** User part Flow Control. Família de missatges definida per les funcions SNM.
- UMTS.** Universal Mobile Telecommunication System. Sistema de comunicacions mòbils de tercera generació.

VLR. Visitor Location Register. Node de la xarxa GSM.

VoIP. Voice over IP. Conjunt de normes, dispositius i protocols per a comunicacions de veu sobre el protocol de xarxa IP.

XDSI. Xarxa Digital de Serveis Integrats. És la denominació catalana per a l'acrònim anglès ISDN.

XTC. Xarxa Telefònica Commutada. És la denominació catalana per a l'acrònim anglès PSTN.

XUDT. Extended Unit Data Service. Unitat d'informació utilitzada per l'SCCP en el servei no orientat a connexió.

Bibliografia

van Bosse, J. G.; F. U. Devetak (2007). *Signaling in Telecommunication Networks* (2a. ed.). Nova 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 Recomanacions Q.701-Q.710: Message transfer part (MTP).

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

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

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

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

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

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

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

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

