

Curs 5 – 6

Sistemul de semnalizare 7 (SS7)

- Sistemul de semnalizare 7 este o arhitectură pentru semnalizare în afara benzii (out-of-band signaling) ce asigură suport pentru stabilirea apelului, taxare, funcții de rutare și comutare în rețeaua telefonică publică (PSTN – Public Switched Telephone Network)

(Semnalizarea se referă la schimbul de informații între componentele apelului, schimb de informații necesar pentru furnizarea și menținerea serviciului)

- include funcții realizate de o rețea de semnalizare și un protocol care controlează această rețea.
- este caracterizat de transmisie de pachete de viteză mare și semnalizare în afara benzii.
- aplicații suportate de către sistemul SS7 sunt:
 - PSTN.
 - ISDN.
 - Interacțiune cu Baze de date Rețea (adică baze de date care stochează informații legate de rețeau de telecomunicație) și Puncte de Control de Serviciu pentru controlul serviciilor furnizate
 - Servicii mobile.
 - Operații de administrare și întreținere ale rețelelor de telecomunicații.
- Rețeaua SS7 furnizează următoarele funcții:
 - Operații de bază legate de stabilirea, managementul, taxarea și eliberarea unui apel.
 - Funcționalități îmbunătățite pentru apeluri: apel în așteptare, redirectarea apelului, afișarea numelui/numărului apelant, restricția/rejecția unor apeluri, apeluri cu trei părți (trei vorbitori).
 - Gestionarea congestiilor și a priorităților.
 - Servicii wireless cum ar fi PCS (Personal Communication System), roaming wireless și autentificarea abonatului mobil.
 - Portabilitatea numărului local (LNP - Local number portability).
 - Servicii cu și fără taxă.
 - Schimbul informațiilor stocate în baze de date localizate în diferite elemente de rețea (NE - Network Element).
 - Managementul rețelei pentru comunicații eficiente și sigure.
- Semnalizarea în afara benzii (Out-of-band signaling) – semnalizarea nu are loc pe aceeași cale cu conversația (nu are loc în aceeași bandă de frecvență); un canal digital separat se utilizează pentru schimbul informației de semnalizare între punctele de comutație, canal numit legătură de semnalizare (signaling link).
 - legăturile de semnalizare dedicate transmit informația la o rată de 56kbps sau 64kbps.
 - canalul D ISDN extinde conceptul de semnalizare în afara benzii la interfața dintre abonat și centrală.
 - avantaje ale semnalizării în afara benzii
 - se asigură transportul unei cantități mai mari de date la o viteză mai mare (de ex. o legătură de date la 56kbps poate transporta date mult mai rapid decât o tehnică MF) – stabilire mai rapidă a apelului.

- permite semnalizare în orice moment pe toată durata apelului.
 - permite semnalizarea cu elemente de rețea cu care nu există legătură directă de trunchi – utilizare mai eficientă a circuitelor de voce în special în apelurile interurbane și internaționale.
 - se asigură control îmbunătățit al utilizării frauduloase a rețelei.
 - oferă suport pentru mai multe servicii.
- implementarea cea mai simplă posibilă a unei semnalizări în afara benzii constă în alocarea unei căi de semnalizare dedicate între o pereche de comutatoare interconectate – este vorba de o semnalizare asociată unui grup de trunchiuri – fig. 1.
 - semnalizarea asociată este o soluție bună atât timp cât comutatoarele între care are loc semnalizarea sunt conectate prin trunchiuri directe – în acest caz particular semnalizarea asociată este simplă și eficientă.

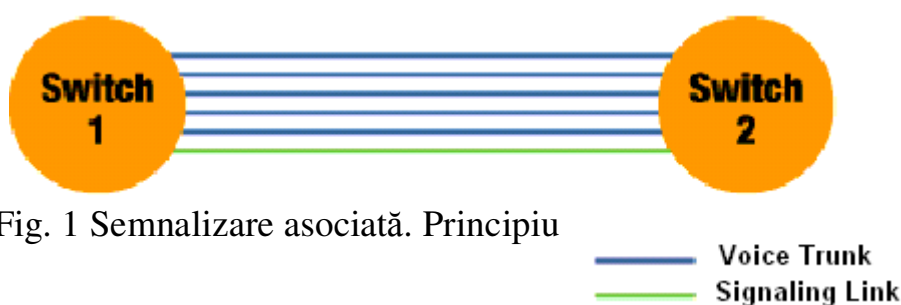


Fig. 1 Semnalizare asociată. Principiu

- spre deosebire de semnalizarea asociată, sistemul de semnalizare SS7 implementează o rețea de semnalizare care permite fiecărui nod să schimbe informații de semnalizare cu oricare alt nod – acest lucru nu este posibil tehnologic dacă se utilizează semnalizare asociată.
 - atât semnalizarea asociată cât și semnalizarea SS7 sunt semnalizări de tip canal comun
- **Arhitectura SS7** – rețeaua include următoarele trei componente esențiale:
 - puncte de comutație a serviciului (Service Switching Points - SSPs) – SSP-urile sunt centrale telefonice (locale sau de tranzit) echipate cu software cu facilități SS7 și legături de semnalizare terminale – ele inițiază, termină sau comută apelul; un SSP trimite mesaje de semnalizare către alte SSP-uri pentru a realiza, controla și întrerupe circuitele de voce, operații cerute pentru desfășurarea unui apel; un SSP poate trimite de asemenea o interogare la o bază de date (SCP) pentru a determina cum să ruteze apelul (de ex. apelurile netaxabile). Nodurile SSP sunt punctele de acces ale serviciului de către utilizatori prin utilizarea unui protocol de acces.
 - puncte de transfer a semnalizării (Signaling Transfer Points - STPs) – STP-urile sunt comutatoare de pachete ale rețelei SS7. Ele recepționează și rutează mesajele de semnalizare către destinația corespunzătoare. Un STP rutează fiecare mesaj recepționat la o legătură de semnalizare de ieșire pe baza informației de rutare conținute în mesajul SS7. Acest echipament acționează ca și concentratoare de rețea și îmbunătățesc utilizarea rețelei SS7 eliminând necesitatea legărilor directe între punctele de semnalizare. Nodurile intermediare, STP, acționează ca și rutere SS7,

asigurând căi multiple între sursa și destinația mesajelor, pentru a fi posibilă gestionarea defectelor.

- ◆ STP-urile oferă de asemenea funcții de rutare speciale pentru numerele netaxabile de tipul 800, numere de cartele telefonice sau pentru identificarea abonaților mobili.

- ◆ STP-rile pot fi utilizate și pentru a analiza mesajele interschimbate cu alte rețele.

- ◆ STP-urile sunt desfășurate de regulă redundant în perechi localizate în puncte diferite – ele funcționează redundant pentru a realiza aceeași funcție.

- puncte de control semnalizare (serviciu) (Signaling (Service) Control Points - SCPs) – SCP-urile sunt baze de date care furnizează informațiile necesare pentru capabilități avansate de procesare a apelurilor. SCP-urile sunt desfășurate de regulă în perechi complementare localizate în puncte fizice diferite – unul dintre SCP-uri este o rezervă. Nodurile SCP execută funcții de control ale rețelei – taxare sau translație de numere telefonice netaxabile.

- Disponibilitatea rețelei SS7 este critică pentru procesarea apelului – fără schimbul de informații dintre SSP-uri nu este posibilă realizarea apelurilor între centrale diferite – din acest motiv, rețeaua SS7 este construită utilizând o arhitectură cu redundanță ridicată – fiecare element individual trebuie să satisfacă condiții impuse pentru disponibilitate. Sunt definite protocoale între elementele interconectate, protocoale care asigură capabilități de detecție a erorilor și retransmisie a mesajelor eronate pentru a se permite continuarea serviciului în cazul unor defecțiuni ale legăturilor de semnalizare.
- Fiecare punct de semnalizare din rețeaua SS7 este identificată în mod unic de un cod numeric (point code - PC). Aceste coduri sunt transportate în mesajele de semnalizare schimbate între punctele de semnalizare pentru a se identifica punctul de origine (origination point - OPC) și punctul de destinație (destination point - DPC) al fiecărui mesaj. Fiecare punct de semnalizare utilizează o tabelă de rutare pentru selecția legături de semnalizare corespunzătoare fiecărui mesaj.
- Structura generală a unei rețele telefonice cu semnalizare SS7 este prezentată în fig.2

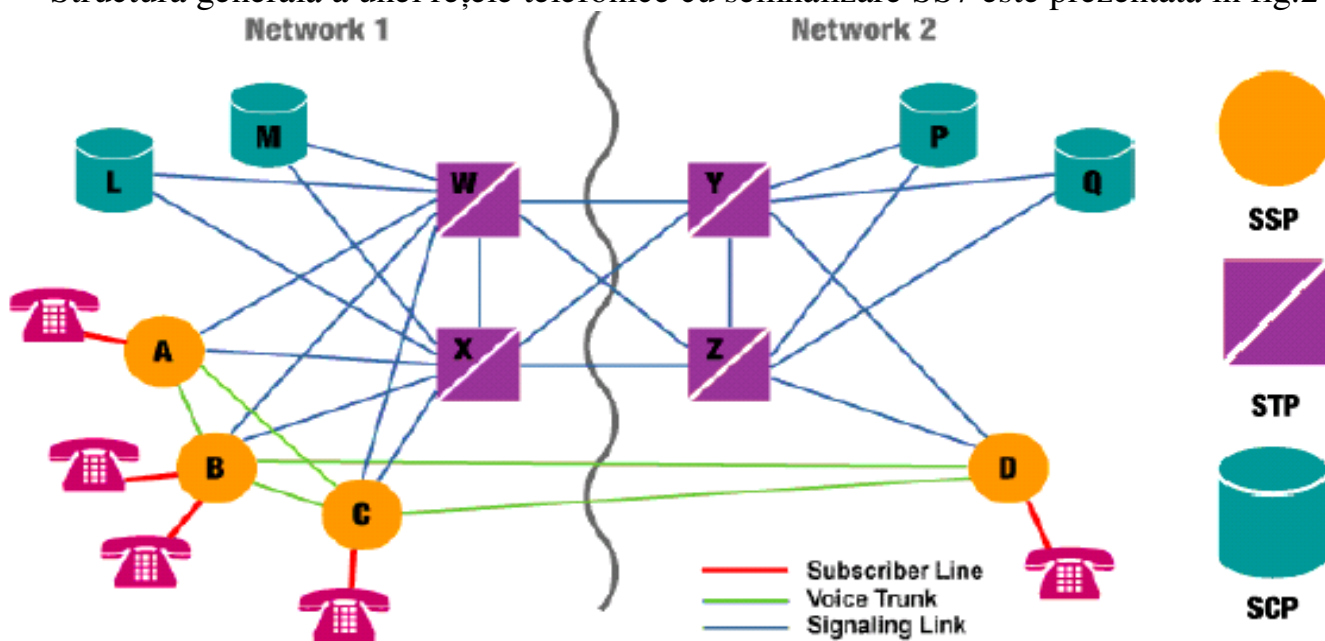


Fig. 2 Structura generală a unei rețele telefonice digitale cu semnalizare SS7

- STP-urile W și X realizează funcții identice; ele sunt redundante și împreună sunt referite ca și o pereche asociate de STP-uri; în mod similar, STP-urile Y și Z formează o pereche asociată.
- fiecare SSP are două legături (sau seturi de legături), unul pentru fiecare STP al perechii asociate; deoarece STP-urile perechii asociate sunt redundante, mesajele transmise pe oricare legătură (la oricare STP) sunt tratate în mod echivalent.
- STP-urile unei perechi asociate sunt unite de o legătură (sau seturi de legături).
- două perechi asociate de STP-uri sunt interconectate de către 4 legături (sau seturi de legături) – aceste legături se numesc quad.
- SCP-urile sunt de regulă (nu totdeauna) desfășurate în perechi redundante – ele nu au legături directe.
- arhitecturile de semnalizare de tipul celor prezentate asigură căi de semnalizare indirecte între elementele rețelei - sunt considerate ca și rețele care asigură semnalizare quasi-asociată.

- **tipuri de legături de semnalizare SS7**

- Structura rețelei SS7 permite diferite tipuri de conexiuni între punctele de semnalizare (SP). Aceste legături sunt împărțite logic pe tipuri (A la F), în funcție de utilizarea lor în rețea;
 - toate legăturile sunt identice (legături bidirecționale la 56 sau 64 kbps) și suportă aceleași nivele primare ale protocoalelor.
 - un slot de timp al sistemului T1 sau E1 poate fi utilizat pentru transmisia mesajelor SS7.
 - în fig. 3 sunt prezentate tipurile de legături de semnalizare.

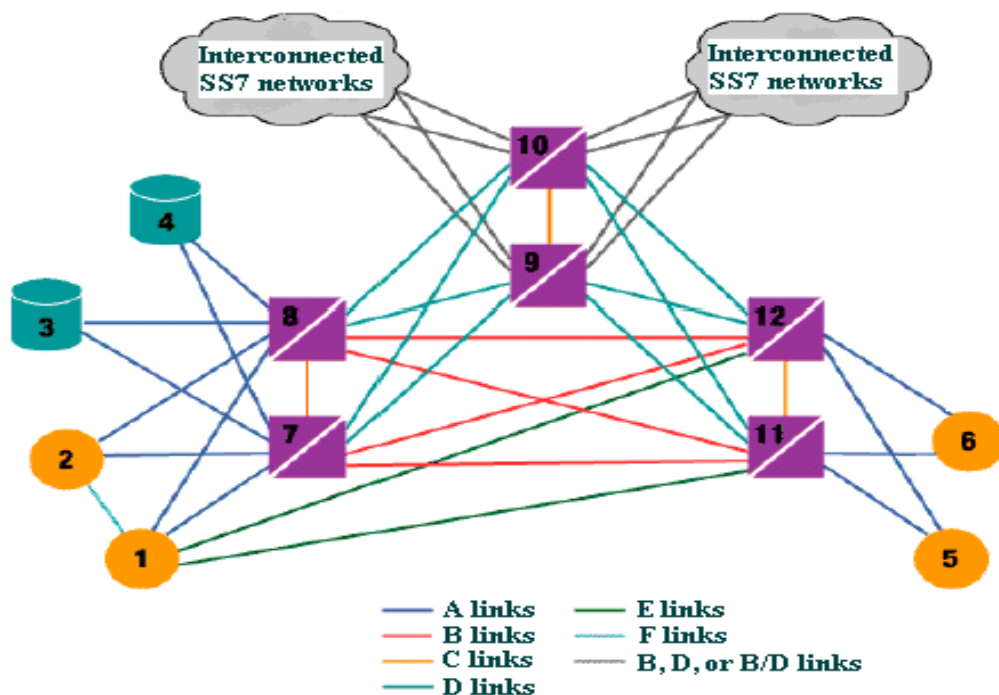


Fig. 3 Tipuri de legături de semnalizare SS7

- **legătură A - link A** – legătură (link) de acces – conectează un punct de semnalizare terminal sau punct de semnalizare sursă (de ex. SSP sau SCP) la un STP; pe legăturile A se transmit doar mesaje generate de către sau destinate punctului de semnalizare terminal.

- **legătură B - link B** – legătură (link) punte – conectează STP-uri; de regulă, quad-uri de legături B interconectează STP-urile primare ale unei rețele cu STP-urile primare ale unei alte rețele; funcția acestor legături este de a transporta mesaje de semnalizare dincolo de punctul lor de intrare inițial în rețeaua de semnalizare către punctul destinație; perechile de STP-uri interconectate se situează la același nivel ierarhic.
 - **legătură C - link C** – legătură de interconecare (cross link) – conectează perechi asociate de STP-uri care realizează funcții identice; aceste legături sunt utilizate pentru a crește fiabilitatea rețelei de semnalizare; o legătură C este utilizată doar atunci când un STP nu are altă rută disponibilă către un punct de semnalizare destinație; legăturile C nu sunt utilizate între perechile asociate de SCP-uri.
 - **legătură D - link D** – legătură (link) diagonală – conectează perechi de STP-uri de la nivele ierarhice diferite (de ex. o pereche de STP-uri secundare -locale sau regionale- se leagă la o pereche de STP-uri primare -inter-rețea- cu rol de „gateway” utilizând o configurație de legături de tip quad); nu este stabilită o ierarhie clară asociată unei legături inter-rețea și astfel legăturile de interconectare sunt referite fie ca legături B, D sau ca legături B/D.
 - **legătură E - link E** – legătură (link) extins – conectează un SSP la un STP alternativ pentru a furniza o legătură de semnalizare alternativă; legăturile E nu sunt utilizate de regulă, doar dacă un grad mai ridicat de fiabilitate justifică cheltuielile suplimentare; aceste legături asigură conectivitate de rezervă la rețeaua SS7 în situația în care STP-ul asociat punctului de comutație nu poate fi atins pe legăturile A.
 - **legătură F - link F** – legătură (link) complet asociată – conectează în mod direct două puncte de semnalizare terminale (SSP-uri sau SCP-uri); aceste legături permit numai semnalizare asociată; aceste legături nu sunt utilizate de regulă în rețele care includ STP-uri, deoarece scurcircuitază funcțiile de securitate asigurate de STP-uri.
- **Operațiile de semnalizare de bază SS7 efectuate pentru realizarea unui apel normal** – a se vedea figura 4 și 5 pentru un exemplu simplu.

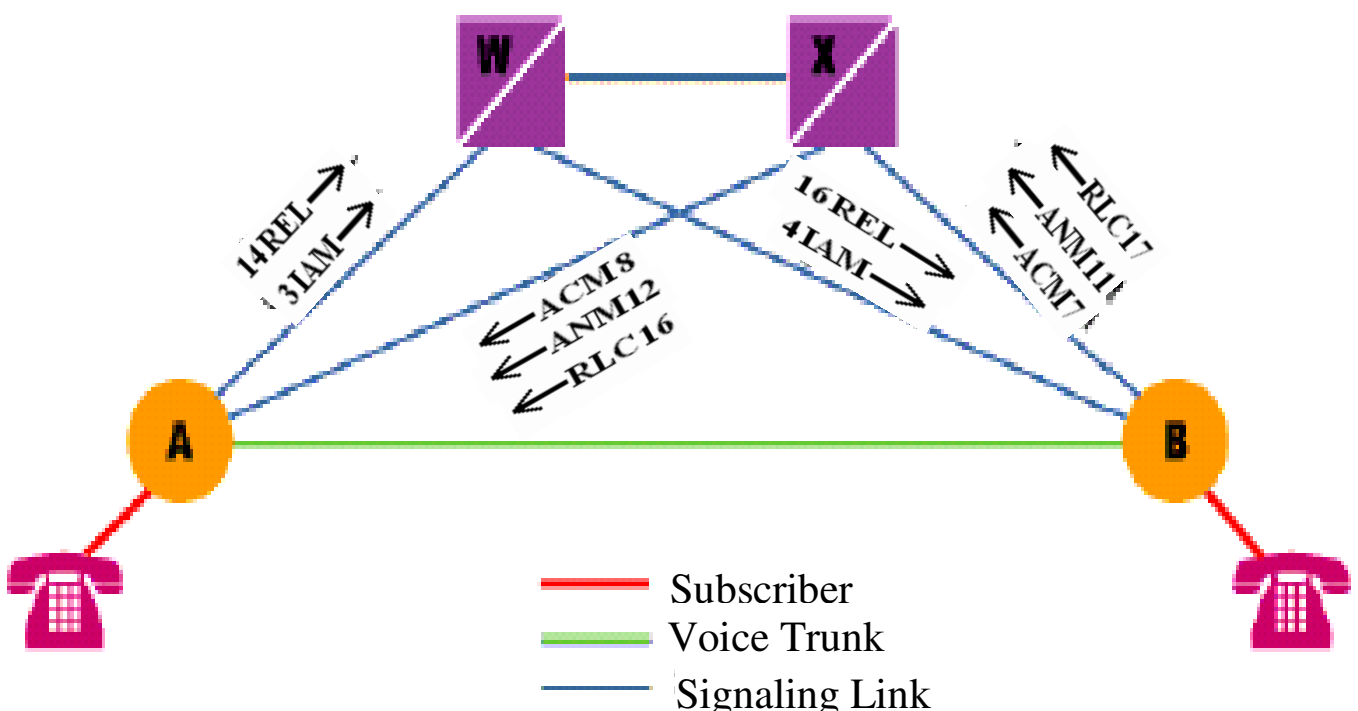


Fig. 4 Apel normal bazat pe semnalizare SS7

- Un abonat conectat la centrala A generează un apel către un abonat conecta la centrala B – pașii stabilirii, controlului și întreruperii apelului sunt următorii:
 1. Centrala A analizează numerele apelate și determină că apelul este destinat centralei B
 2. Centrala A selectează un trunchi liber către centrala B și generează un mesaj de adresă inițial (initial address message - IAM) – mesaj de bază necesar inițializării apelului; mesajul IAM este adresat centralei B.
 3. Centrala A accesează una din legăturile de acces (de ex. A-W) și transmite mesajul prin această legătură în vederea rutării către centrala B.
 4. STP-ul W recepționează mesajul, analizează eticheta de rutare și determină că trebuie rutat către centrala B; STP-ul W transmite mesajul pe legătura B-W.
 5. Centrala B recepționează mesajul, analizează conținutul acestuia și determină că numărul apelat este deservit de el și că acest număr este liber.
 6. Centrala B generează un mesaj de adresă completă (address complete message - ACM), care indică că mesajul IAM a atins destinația potrivită; mesajul identifică centrala de destinație (A), centrala de origine (B), și trunchiul selectat.
 7. Centrala B accesează una din legăturile sale A (de ex. B-X) și transmite mesajul ACM pe legătură pentru rutare către centrala A și în același timp închide calea audio în direcție opusă, trimite semnalul de revers apel pe trunchiul rezervat către centrala A și trimite semnalul de apel la abonatul apelat.
 8. STP-ul X recepționează mesajul, inspectează eticheta de rutare și determină că mesajul trebuie rutat către centrala A; STP-ul X transmite mesajul pe legătura A-X.
 9. La recepționarea mesajului ACM, centrala A conectează abonatul apelat la trunchiul selectat (conexiune înspre abonatul apelant) – apelantul poate auzi semnalul de revers apel trimis de către centrala B.
 10. Atunci când abonatul apelat ridică telefonul, centrala B generează un mesaj de răspuns (answer message - ANM), care identifică centrala destinație (A), centrala origine (B) și trunchiul selectat.
 11. Centrala B selectează aceeași legătură A care a fost utilizată și pentru transmiterea mesajului ACM (legătura B-X) și trimite mesajul ANM; în acest moment trunchiul trebuie conectat la linia chemată în ambele direcții (pentru a permite conversația).
 12. STP-ul X recunoaște că mesajul ANM este adresat centralei A și o trimite mai departe pe legătura A-X.
 13. Centrala A recepționează mesajul ANM și asigură conectarea abonatului apelant la trunchiul de ieșire (în ambele direcții), conversația putând avea loc.
 14. Dacă abonatul apelant întrerupe legătura (în urma conversației), centrala A va genera un mesaj de deconectare (release message - REL) adresat centralei B, identificându-se trunchiul asociat apelului; mesajul se trimite pe legătura A-W.
 15. STP-ul W recepționează mesajul REL, determină că este adresat centralei B și o trimite mai departe pe legătura W-B.
 16. Centrala B recepționează mesajul REL, deconectează trunchiul de la linia de abonat, pune trunchiul în stare inactivă, generează un mesaj de realizare a deconectării (release complete message -RLC) adresată centralei A, și transmite acest mesaj pe legătura B-X; mesajul RLC identifică trunchiul utilizat pentru conexiune.
 17. STP-ul X recepționează mesajul RLC, determină că este adresat centralei A, și o trimite mai departe pe legătura A-X.
 18. La recepționarea mesajului RLC, centrala A pune trunchiul identificat în stare inactivă.

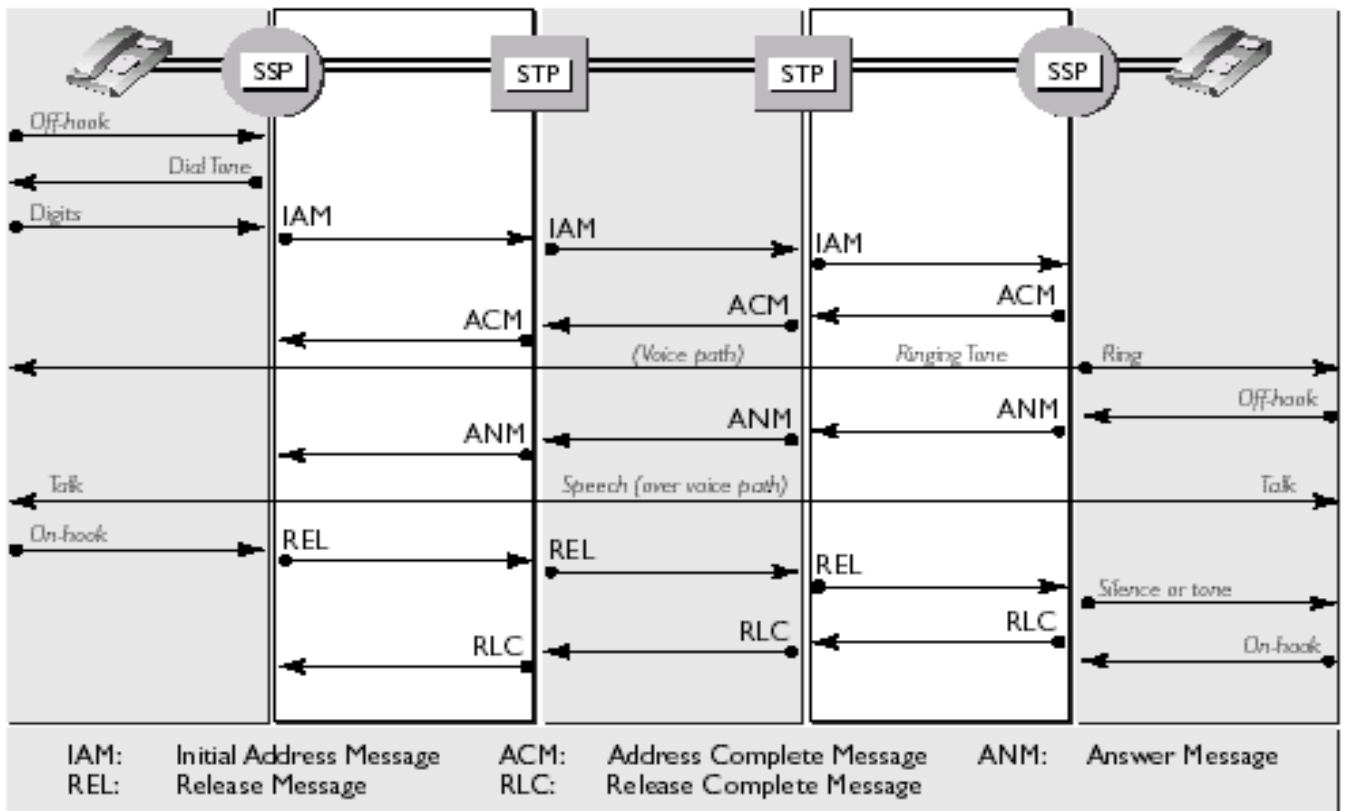


Fig. 5 Apel normal bazat pe semnalizare SS7 – reprezentare alternativă

- Interogarea unei baze de date bazat pe semnalizarea SS7 – a se vedea fig. 6

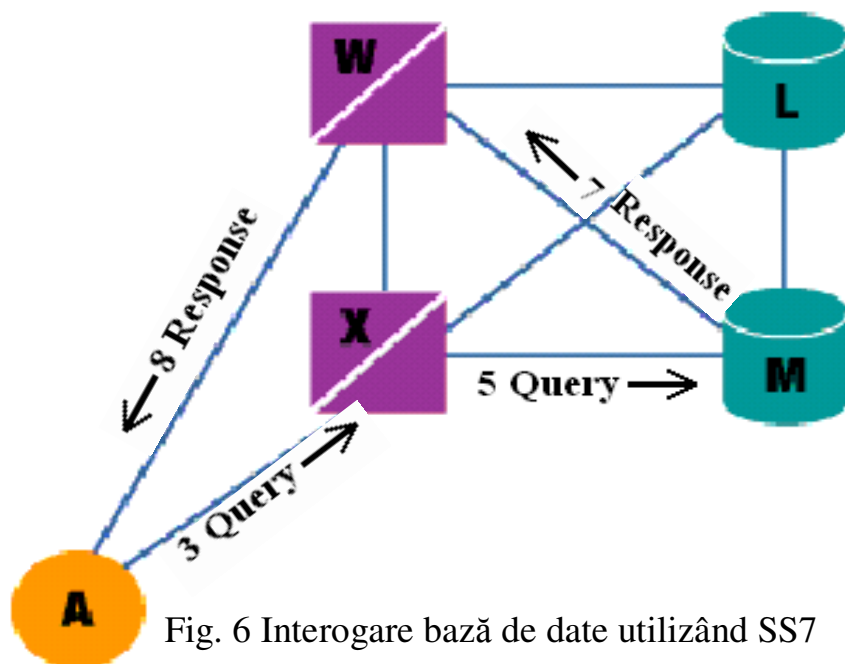


Fig. 6 Interogare bază de date utilizând SS7

- un exemplu posibil este legat de apelul unor numere netaxate 800 sau 888; aceste numere sunt numere de telefon virtuale, neasignate unei linii de abonat.
- când un abonat formează un număr 800 centrala trebuie să caute instrucțiuni într-o bază de date – baza de date furnizează fie un număr de telefon real la care apelul trebuie direcționat sau va identifica o altă rețea la care apelul trebuie rutat pentru fiecare apelare – răspunsul generat de baza de date poate fi același pentru fiecare apel sau poate varia în funcție de numărul apelat, perioada de timp a zilei, săptămânii, anului, sau în funcție de alți factori.

- un exemplu simplu, legat de un număr 800 este prezentat în fig. 6.
 1. Un abonat conectat la centrala A apelează un număr 800.
 2. Când numărul este complet, centrala A recunoaște că este vorba de un apel la un număr 800 și că este necesară asistență pentru gestionarea apelului.
 3. Centrala A generează un mesaj de interogare legat de numărul 800, mesaj care include numărul apelant și cel apelat și o trimite unui STP la care este conectat (de ex. STP X) utilizând o legătură A (de ex. A-X).
 4. STP X determină că a recepționat o interogare a unei baze de date legată de numerele 800 și selectează o bază de date corespunzătoare pentru generarea răspunsului (de ex. SCP M).
 5. STP X trimite mai departe cererea de interogare a bazei de date la SCP M utilizând o legătură de acces (M-X); SCP M recepționează mesajul de interogare, extrage și analizează informațiile recepționate și pe baza informațiilor stocate selectează un număr de telefon real sau o rețea sau ambele la care apelul trebuie rutat.
 6. SCP M generează un mesaj de răspuns cu informația necesară gestionării corespunzătoare a apelului, o adresează centralei A, accesează o legătură de acces și un STP (de ex. legătura M-W) și trimite răspunsul.
 7. STP W recepționează mesajul de răspuns, recunoaște că este adresat centralei A și o rutează pe legătura A-W.
 8. Centrala A recepționează răspunsul și utilizează informația găsită la rutarea apelului în discuție; accesează un trunchi către destinație, generează un mesaj IAM, și continuă mai departe cu stabilirea apelului – vezi exemplul anterior.

- **Straturile protocolului SS7**

- rețeaua SS7 este compus dintr-un set de elemente de rețea interconectate care sunt utilizate la schimbarea mesajelor de suport pentru funcții de telecomunicații – protocolul SS7 este destinat pentru facilitarea acestor funcții și pentru întreținerea rețelei care furnizează funcțiile amintite.
- protocolul SS7 este divizat în mai multe straturi funcționale – inițial arhitectura SS7 a fost destinată telefoniei bazată pe comutație de circuite, dar a evoluat pe măsură ce au apărut noi cerințe fiind momentan capabilă să permită transferul informațiilor care nu mai sunt legate de comutația de circuite.
- straturile protocolului SS7 sunt prezentate în fig. 7

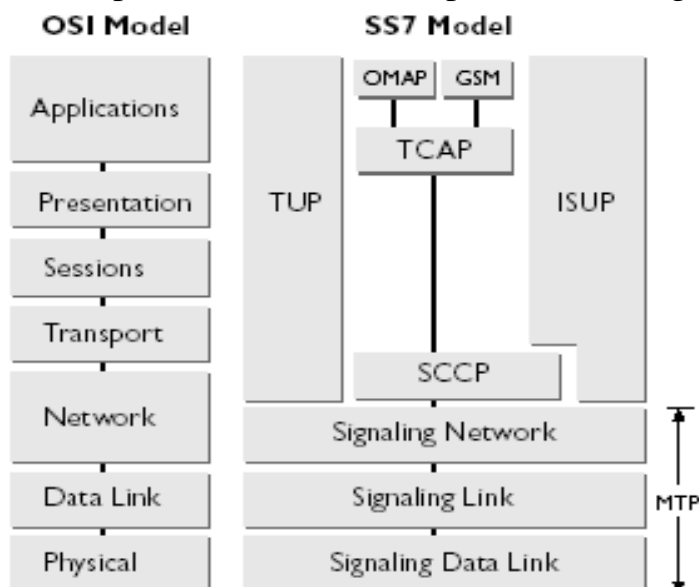


Fig. 7 Straturile protocolului SS7 și comparație cu straturile OSI.
OSI – Open System Interconnection

- **Partea de transfer a mesajelor (Message Transfer Part - MTP)**
 - **Legătura de date de semnalizare - Signaling Data Link** - funcții: definește caracteristicile fizice, electrice și funcționale ale legăturii digitale de semnalizare;
 - ◆ interfețele fizice definite includ: DS1 (un slot al cadrului T1 cu debitul de 1.544Mbps), E1 (un slot al cadrului E1 cu debitul de 2.048Mbps, de regulă slotul 16), V.35 (interfață serială sincronă la 64kbps sau 56kbps), DS0 (64kbps), DS0A (56kbps) – 56kbps este implementarea uzuală.
 - **Legătura de semnalizare - Signaling Link** - funcții: definește funcțiile și procedurile care asigură transmiterea sigură a mesajului pe legăturile de semnalizare;
 - ◆ aceste funcții implementează controlul fluxului, validarea secvenței de mesaje, detecție de erori – când apare o eroare pe legătura de semnalizare, mesajul este retransmis.
 - **Rețeaua de semnalizare - Signaling Network** - funcții: definește acele funcții și proceduri de transport care sunt comune legăturilor de semnalizare și sunt independente de legăturile individuale de semnalizare;
 - ◆ asigură adresarea nodurilor și rutarea mesajelor între punctele de semnalizare din rețeaua SS7.
 - ◆ asigură rerutarea traficului de pe legăturile și punctele de semnalizare defecte și controlează traficul când apar congestii.
 - ◆ asigură transferul mesajelor între punctele de semnalizare de-a lungul rețelei SS7 indiferent dacă există sau nu legătură directă între aceste puncte.
- **Partea de control a conexiunii de semnalizare - Signaling Connection Control Part (SCCP)** – furnizează funcții adiționale MTP-ului pentru asigurarea serviciilor orientate și neorientate conexiune și pentru asigurarea Translației Globale de Titlu (Global Title Translation - GTT) – este utilizat ca și un strat transport cap la cap.
 - SCCP furnizează numere de subsistem pentru a permite adresarea mesajelor unor aplicații specifice sau unor subsisteme din puncte de semnalizare specifice.
 - GTT adăugă abilitatea de a se executa rutare incrementală și eliberează punctul de semnalizare original de sarcina cunoașterii tuturor destinațiilor posibile; un titlu global este o adresă (un număr 800, cartele de apel, sau număr de abonat mobil) care este translatată de către SCCP într-un „point code” de destinație și un număr de subsistem – un astfel de număr de subsistem identifică în mod unic o aplicație în punctul de semnalizare de destinație.
 - SCCP este utilizat ca și un strat de transport pentru serviciile bazate pe TCAP.
- **Partea de utilizator de telefon- Telephone User Part (TUP)** – definește funcțiile semnalizării de control internaționale pentru stabilirea și întreruperea unei comunicații telefonice clasice – reprezintă o implementare mai veche a lui SS7 și nu permite aplicații de date.
- **Partea de utilizator ISDN - ISDN User Part (ISUP)** – definește protocoalele utilizate pentru stabilirea, managementul și eliberarea circuitelor trunchiuri care transportă voce și date între SSP-uri (localizate în PSTN) – este utilizat atât pentru legături ISDN cât și non-ISDN – apelurile care au punctul de origine și punctul destinație în aceeași centrală nu folosesc semnalizare ISUP.

- **Capabilități de tranzacție - Transaction Capabilities (TC)** – furnizează mijloacele necesare pentru stabilirea unei conexiuni ce transportă date care nu controlează comutația de circuite între două puncte de semnalizare SP.
 - **Partea de aplicații a capabilității de tranzacție - Transaction Capabilities Application Part (TCAP)** – asigură schimbul datelor care nu controlează comutație de circuite între aplicații localizate în rețeaua SS7 utilizând serviciul SCCP ne-bazat pe conexiune (connectionless) ca și un strat de transport. Definește mesajele și protocoalele utilizate pentru comunicația dintre aplicațiile localizate în nodurile rețelei SS7.
 - ◆ interogări și răspunsuri trimise între SSP-uri și SCP-uri sunt transportate în mesajele TCAP.
 - ◆ în rețelele mobile, TCAP transportă mesajele „Mobile Application Part” (MAP) trimise între comutatoare mobile și baze de date pentru autentificarea utilizatorului, identificarea echipamentului și pentru roaming.
- **Partea de operare, întreținere și administrare - Operations, Maintenance and Administration Part (OMAP)**
 - OMAP definește mesaje și protocoale utilizate în administrarea rețelelor SS7 – serviciile furnizate de către OMAP se pot folosi pentru a verifica bazele de date de rutare și pentru diagnosticarea problemelor legăturilor – OMAP include mesaje care utilizează atât MTP cât și SCCP pentru rutare.
- **Transmisia de pachete pe legăturile de semnalizare**
- informația de semnalizare este transmisă pe legăturile de semnalizare în mesaje, care sunt numite unități de semnal (signal units - SUs).
- există trei tipuri de unități de semnal (signal units) definite în protocoalele SS7:
 - Unități de semnal de completare - Fill-In Signal Units (FISUs).
 - Unități de semnal de stare legătură - Link Status Signal Units (LSSUs).
 - Unități de semnal mesaje - Message Signal Units (MSUs).
- Unitățile SU se transmit continuu în ambele direcții pe o legătură care este în serviciu; un punct de semnalizare care nu are mesaje sau unități de semnal de supervizare (stare legătură) va trimite pachete FISU pe legătura de semnalizare – pachetele FISU facilitează transmisia informațiilor de monitorizare și a validărilor altor pachete SUs; toate mesajele sunt compuse din octeți.
 - Unitățile de semnal - Fill-In Signal Units (FISU) – se transmit când nu este prezent alt trafic SU pe legătură; FISU sunt transmise continuu pe o legătură de semnalizare în ambele direcții pentru a menține legătura funcțională și sincronizată; aceste unități conțin CRC și astfel calitatea legăturii este verificată continuu de către SP-urile de la fiecare capăt al legăturii – a se vedea fig. 8 legat de structura mesajelor FISU.
 - Unitățile de semnal de stare legătură - Link Status Signal Units (LSSU) – sunt utilizate pentru schimbarea informațiilor de stare legătură între SU-urile localizate la fiecare capăt al legăturii; aceste pachete sunt utilizate pentru controlul sincronizării legăturii și pentru a transmite starea legături la capătul îndepărtat – a se vedea fig. 9 pentru structura mesajelor LSSU. Înainte ca o legătură SS7 să poată fi în stare să transporte informație primită de la nivelele superioare, entitățile de nivel 2 de la cele două capete ale legăturii realizează o procedură „handshaking” numită perioadă de probare („proving period”) care durează de la 0.5 la 8.2s (depinzând de disponibilitatea rutelor deservite de legătura în discuție). În acest interval pachete

LSSU sunt schimbate între entitățile de nivelul 2, permițându-se monitorizarea numărului de erori recepționate în acest interval. Dacă numărul de erori detectate în acest interval este sub un anumit prag, legătura intră în starea de serviciu și poate transporta pachete MSU cu informații primite de la nivelele superioare. Entitățile de nivel 2 monitorizează de asemenea starea legăturii pe durata transmisiei și comunică această stare a legăturii către alte entități în mesaje LSSU. De ex. aceste mesaje sunt transmise când legăturile sunt congestionate sau sunt scoase din serviciu.

- Unități de semnal de mesaj - Message Signal Units (MSU) – sunt containere care transportă mesaje de protocol TUP, ISUP și SCCP în câmpul de informație; aceste mesaje transportă toate semnalele de control al apelului, interogările de baze de date și răspunsurile, datele de management și întreținere a rețelei; există de asemenea funcții adiționale specializate pentru aplicații mobile celulare; aceste unități au etichetă de rutare care permite unui punct de semnalizare origine să trimită informație către un punct de semnalizare destinație de-a lungul rețelei SS7 – a se vedea fig. 10 pentru structura mesajelor MSSU.

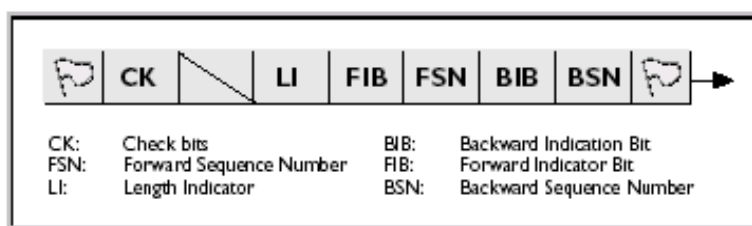


Fig. 8 Structura mesajelor FISU

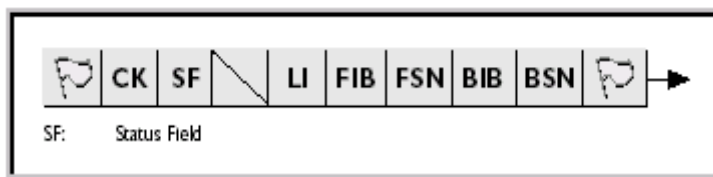


Fig. 9 Structura mesajelor LSSU

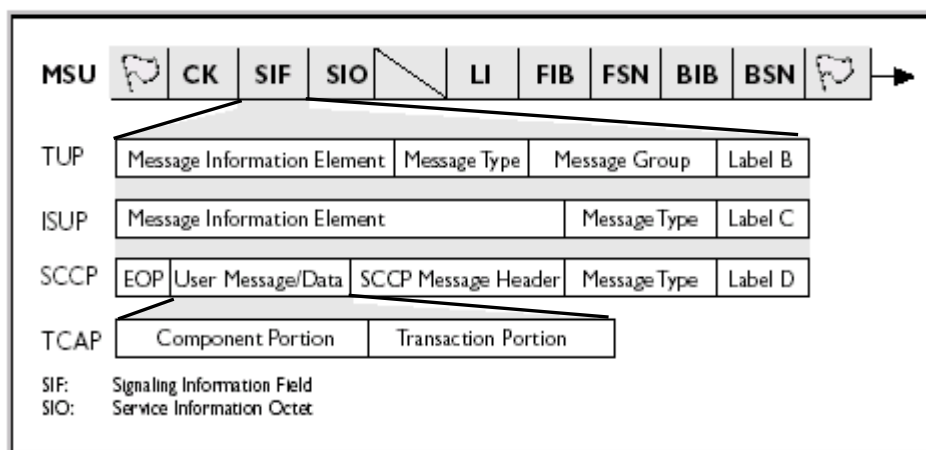


Fig. 10 Structura mesajelor MSU

- ◆ Fanion - Flag (0 1 1 1 1 1 0) – indică începutul unei noi unități de semnal și sfârșitul unei unități anterioare; tehnici de manipulare pe bit sunt utilizate pentru a asigura că această structură nu apare în cadrul mesajului transmis pe legătură – unitatea SU este refăcută după recepționarea sa, toate manipulările pe bit fiind inversate – o manipulare posibilă pe bit constă în inserarea unui bit de zero după fiecare grup de cinci biți de unu; orice apariție a fanionului pe legătură indică sfârșitul unui SU și începutul altuia – teoretic pot fi plasate două fanioane între SU-

uri, unul indicând sfârșitul mesajului curent iar celălalt începutul mesajului următor, dar în practică este utilizat doar un singur fanion.

- ◆ BSN (Backward Sequence Number) – Număr de secvență invers – validează recepționarea unităților de semnal de către punctul de semnalizare de la capătul îndepărtat; conține numărul de secvență al unității de semnal care este validat (achitat); fiecare mesaj trebuie să fie validat (achitat) prin intermediul lui BSN.
- ◆ BIB (Backward Indicator Bit) – Bit indicator înapoi – este utilizat pentru detecția erorilor și indică o validare negativă (răspuns negativ) din partea punctului de semnalizare de la punctul îndepărtat atunci când este inversat.
- ◆ FSN (Forward Sequence Number) – Număr de secvență direct – conține numărul de secvență al unității de semnal.
- ◆ FIB (Forward Indicator Bit) – Bit indicator înainte – este utilizat în eliminarea erorilor; dacă se recepționează o validare negativă se retransmit toate mesajele începând cu cel corupt – în aceste mesaje bitul FIB este inversat.
 - BSN+BIB și FSN+FIB sunt utilizați pentru a confirma recepționarea unităților SU și pentru a asigura recepționarea în ordine corectă a acestor unități; aceste câmpuri sunt utilizate de asemenea pentru control de flux; numerele de secvență ale mesajelor transmise sunt stocate până când aceste mesaje sunt validate de către punctul de semnalizare destinație.
 - șapte biți sunt alocați pentru secvența directă (înainte) și în acest fel este posibilă stocarea a 128 de valori distincte – un punct de semnalizare este restricționat la trimiterea a 128 de SU-uri nevalidate înainte să recepționeze o validare de SU – prin validarea unui SU, nodul receptor eliberează acel număr de secvență SU în punctul de transmisie, făcându-l disponibil pentru un nou SU ce se va transmite.
- ◆ Observație: Există două metode de control a erorilor pe legăturile SS7: metoda de bază în care un mesaj este retransmis la recepționarea unui răspuns negativ („acknowledgement” – ACK), metodă ce utilizează câmpurile BSN+BIB, FSN+FIB și CK și metoda „Preventative Cyclic Retransmission” (PCR), caz în care un mesaj este transmis de mai multe ori atunci când nivelele superioare nu au nimic de transmis. Metoda PCR este utilizată în general numai pe căi care prezintă întârzieri foarte mari, cum ar fi legăturile de satelit.
- ◆ SIO (Service Information Octet) – Octet de Informații Serviciu – conține câmpul subserviciu și indicatorul de serviciu – vezi descrierea nivelului MTP3.
- ◆ SIF (Signaling Information Field) – Câmpul Informație Semnalizare – conține eticheta de rutare și informația de semnalizare, adică informațiile din mesajele SCCP, TCAP și ISUP– vezi descrierea nivelului 4; LSSU-urile și FISU-rile nu au etichetă de rutare și SIO deoarece aceste unități sunt trimise între două puncte de semnalizare conectate direct.
- ◆ Length Indicator (LI) – Indicatorul de Lungime – indică numărul de octeți dintre acest câmp și secvența de control CRC; se folosește pentru testarea integrității unităților SU și pentru diferențierea tipurilor de SU-uri – FISU-urile au indicatorul de lungime 0, LSSU-urile au indicatorul de lungime 1 sau 2 (în general LSSU are LI=1), iar MSU-urile au indicatorul de lungime mai mare decât 2; doar 6 din cei 8 biți ai LI sunt utilizați pentru stocarea lungimii menționate – astfel valoarea cea mai mare care se poate înscrie în câmpul LI este 63 – MSU-urile cu mai mult de 63 de octeți după câmpul LI utilizează valoarea 63.

- ◆ CK (Check bits) – Biți de control– este o valoarea de CRC utilizată pentru detecția erorilor de transmisie.

- **Nivelul 3 MTP (MTP3)**

- ◆ Nivelul 3 asigură funcții de rutare și gestionare a defectelor pentru transportul mesajelor. Fiecare nod SS7, care poate fi un switch clasic sau un nod care conține baze de date de translație a numerelor 800, este identificat în cadrul rețelei în mod unic printr-o adresă SS7 numit „point code”. Rețelele europene folosesc coduri pe 14 biți, iar cele din americane coduri pe 24 de biți.
- punctele de semnalizare individuale aparțin unui grup (cluster) de puncte de semnalizare și în interiorul aceluși grup fiecare punct de semnalizare are un număr de membru; în mod similar un grup (cluster) este parte a unei rețele – adresa de rutare are trei nivele de numerotare definite de numerele de rețea, grup și membru – fiecare din aceste numere este pe 8 biți; adresa completă este denumită codul punct (point code) al punctului de semnalizare, cod care identifică în mod unic punctul de semnalizare.
- ◆ O singură legătură SS7 este capabilă să transporte trafic de semnalizare pentru mii de circuite (în funcție de trafic o legătură SS7 este proiectată în mod normal pentru a controla între 1000 și 2000 de circuite). Defecte pe această singură legătură vor întrerupe toate circuitele controlate. Pentru siguranță și pentru a crește capacitatea de trafic de semnalizare, mai multe canale de semnalizare sunt prevăzute între două noduri ce comunică folosind SS7. Colecția de legături de semnalizare între două noduri adiacente este cunoscut sub numele de set de legături („link set”), fiecare set conținând până la 16 legături – vezi figura 11

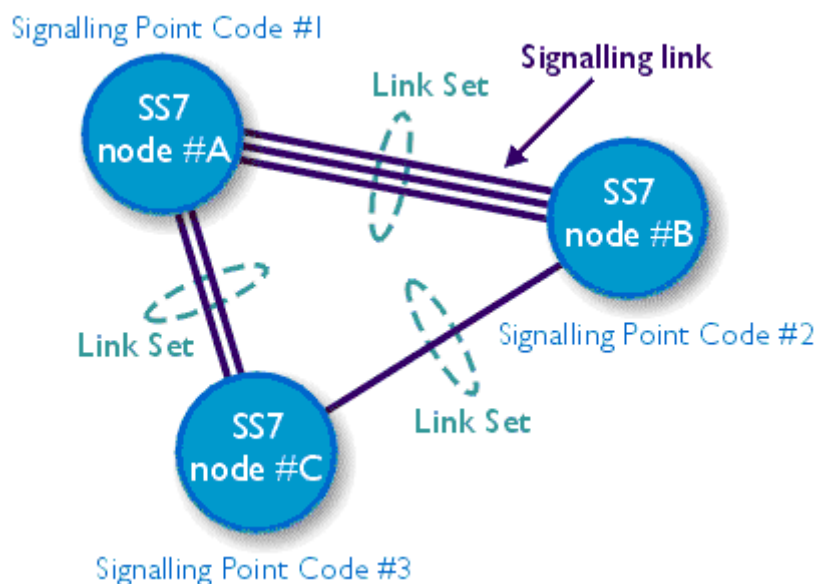


Fig. 11 Exemplu de rețea SS7 și seturi de legături de semnalizare

- ◆ MTP3 adaugă informație în câmpul SIF („Signalling Information Field”) al pachetului MSU. Această informație include adresa destinație a mesajului („Destination Point Code” - DPC), adresa sursă a mesajului („Originating Point Code” - OPC) un cod de selecție a legăturii de semnalizare utilizate („Signalling Link Selection” - sls) pentru distribuirea mesajelor între legăturile de semnalizare dintr-un set – vezi fig. 12 și 14.



Fig. 12 Structura antetului MTP3

- ◆ Nivelul MTP3 distribuie automat mesajele între legăturile dintr-un set și rerutează traficul de pe legăturile defecte pe legături funcționale din același set. MTP3 încearcă să refacă automat legăturile defecte și rerutează traficul pe acestea – cele două proceduri amintite se numesc „*Changeover*” și „*Changeback*”. MTP3 este capabil de asemenea să distribuie mesaje între legăturile din două seturi diferite care deservește aceeași destinație prin utilizarea unor noduri intermediare, seturile de legături în discuție fiind incluse într-un set de căi.
- ◆ Rutarea mesajelor la o anumită destinație de către MTP3 poate fi cvasi-asociată, caz în care mesajul trece printr-un nod intermediar înainte să ajungă la destinație sau asociată (sau complet asociată), caz în care există o legătură de semnalizare directă între sursa și destinația mesajelor.
- ◆ MTP3 asigură un transport sigur de mesaje pentru protocoalele de la nivelul superior, care utilizează MTP ca și un serviciu de transport mesaje – protocoalele de la nivelul superior sunt numite generic „*User Parts*”. Pentru a transporta un mesaj la nivelul superior corespunzător, MTP3 examinează indicatorul de serviciu („*Service Indicator - SI*”), care este o componentă a octetului de informații serviciu („*Service Information Octet*” - SIO) – vezi fig. 13 și 14.

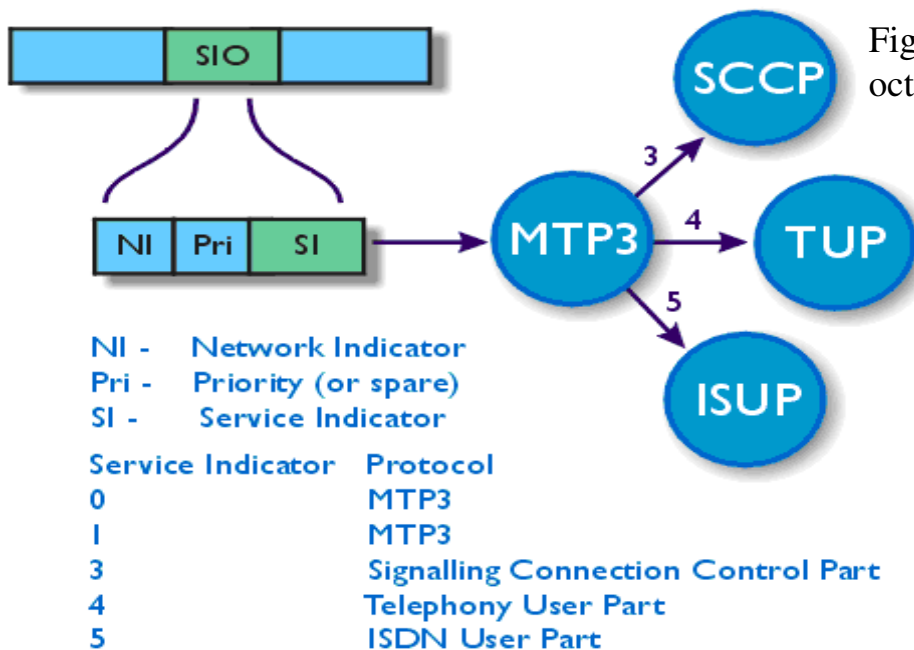


Fig. 13 Structura octetului SIO octet și distribuția mesajelor MTP3

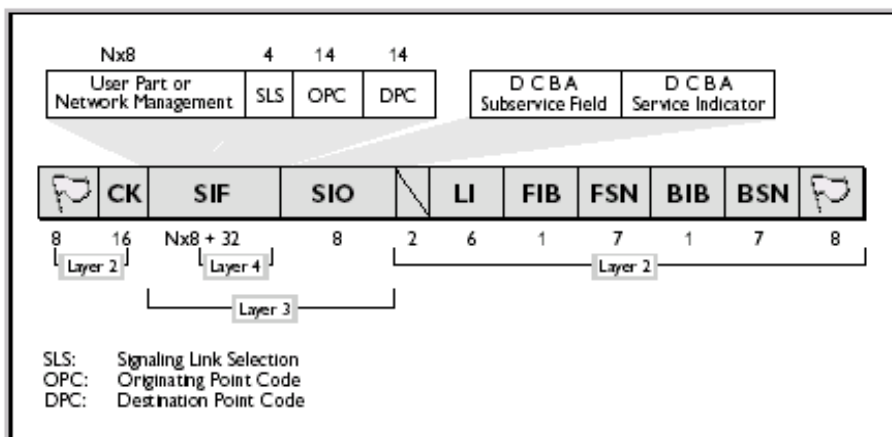


Fig. 14 Structura câmpurilor SIF și SIO

- ◆ SIO (Service Information Octet) – Octet de Informații Serviciu – conține câmpul subserviciu și indicatorul de serviciu.
 - Câmpul subserviciu (Subservice Field) conține indicatorul de rețea (național or internațional) și prioritatea mesajului – mesajele cu prioritate redusă sunt eliminate pe durata congestiilor; mesajele de testare (supervizare) a legăturilor de semnalizare au o prioritate mai mare decât mesajele de stabilire apel – fig. 14.
 - Indicatorul de serviciu (Service Indicator) – specifică utilizatorul MTP, care poate fi TUP, ISUP, SCCP sau altul – fig. 13.

- **Protocoale de nivel 4**

- ◆ Protocoalele de nivel 4 definesc conținutul mesajelor și secvențele de mesaje trimise la MTP3 pentru controlul resurselor de rețea, cum ar fi circuite și baze de date.

- **TUP - Partea utilizator telefonie** – „Telephony User Part”

- ◆ TUP asigură servicii PSTN convenționale prin rețeaua SS7. TUP a fost primul protocol de nivel 4 standardizat și nu oferă servicii ISDN.
- ◆ Secvența de mesaje (semnale) utilizată pentru stabilirea – controlul – desfacerea unei legături telefonice normale este asemănătoare cu secvența de mesaje caracteristică protocolului ISUP

- **ISUP – partea utilizator ISDN** – „ISDN User Part” – definește protocolul și procedurile utilizate pentru stabilirea, managementul și eliberarea circuitelor trunchiuri care transmit voce sau date în rețeaua publică comutată – este utilizat atât pentru apeluri ISDN cât și apeluri non-ISDN; apelurile care încep și se termină în aceeași centrală nu utilizează semnalizarea ISUP. Oferă o varietate mai mare de mesaje și parametrii pentru implementarea serviciilor de tip ISDN în cadrul rețelei.

- Atât TUP cât și ISUP asigură mesaje și management adițional pentru controlul stării circuitelor. Este posibil să se reseteze un circuit sau un grup de circuite. Circuitele sunt resetate în mod normal la inițializarea sistemului sau după un defect. Proceduri similare există pentru blocarea circuitelor, făcându-le nedisponibile temporar pentru apeluri – orice apel recepționat pentru un circuit blocat este în mod automat rejectat. Blocarea poate aștepta terminarea apelurilor active, operație cunoscută sub denumirea de blocare de întreținere sau blocare fără eliberare și este utilizat înaintea operațiilor de întreținere. Blocarea hardware sau blocare cu eliberare este utilizată în cazul detecția echipamentelor sau trunchiurilor care întrerup (sau alterează calitatea) circuitele de voce și determină întreruperea imediată a circuitelor și apelurilor asociate.

- structura mesajelor ISUP este prezentată în fig. 15.

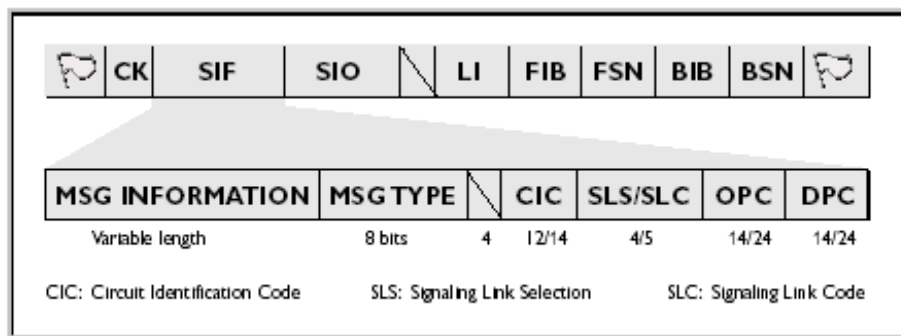


Fig. 15 Structura mesajelor ISUP

- câmpul SIF conține etichetele de rutare: DPC și OPC.
- codul CIC identifică circuitul trunchi rezervat de către centrala care începe apelul. Un trunchi este identificat în mod unic prin codul CIC și prin adresele „point code” ale SSP-urilor conectate prin acest trunchi.
- câmpul MSGTYPE specifică tipul mesajelor, adică: IAM, ACM, ANM, REL, și RLC – a se vedea fig. 4 și fig. 5 și explicațiile asociate; acest câmp definește conținutul câmpului mesaj – MSG INFORMATION.
- scurtă prezentare a mesajelor:
 - ◆ IAM – Initial Address Message – Mesaj de Adresă Inițială – conține informația necesară stabilirii apelului și este transmis atunci când comutatorul trebuie să închidă circuitul între partea apelantă și cea apelată.
 - IAM conține numărul apelat în partea variabilă obligatorie și poate conține numele și numărul părții apelante în partea opțională – este vorba despre câmpul MSG INFORMATION.
 - ◆ ACM – Address Complete Message – Mesaj de Adresă Completă – indică faptul că partea apelată este disponibilă și că partea îndepărtată a trunchiului a fost rezervată;
 - comutatorul origine răspunde la un mesaj ACM prin conectarea linie chemătoare la trunchi – circuitul de voce este realizat de la partea chemătoare până la partea chemată – semnalul de apel este transmis părții chemate și semnalul de revers apel este trimis părții chemătoare.
 - ◆ ANM – Answer Message – Mesaj Răspuns – în momentul în care partea chemată răspunde, comutatorul destinație întrerupe semnalul de apel și de revers apel și trimite un mesaj ANM către comutatorul origine;
 - comutatorul origine începe taxarea după ce verifică că partea chemată a liniei este conectată la trunchiul rezervat.
 - ◆ REL – Release Message – Mesaj de Eliberare – indică că circuitul a fost eliberat și cauza eliberării; un mesaj REL este trimis când una dintre părțile conversației închide telefonul (trece în stare inactivă ON HOOK); un mesaj de REL este trimis în direcția opusă și atunci când linia apelată este ocupată sau nu există circuit de trunchi disponibil (funcțional).
 - ◆ RLC – Release Complete Message – Mesaj Eliberare Realizată – validează recepția unui mesaj REL (de către partea opusă) a circuitului trunchi și întrerupe taxarea.
- **Partea de control a conexiunii de semnalizare (SCCP) – „Signalling Connection Control Part”**
- SCCP îmbunătățește capacitățile de rutare și adresare a MTP, permițând adresarea componentelor individuale de procesare sau a subsistemelor în fiecare punct de semnalizare.
- Adresarea SCCP de bază rutează mesaje prin rețea utilizând un număr de subsistem și un „point code” pentru a identifica destinația. Fiecare subsistem poate fi o baza de date de translație a numerelor. Unui „point code” SS7 i se pot asocia mai multe subsisteme.
- SCCP oferă 4 clase de servicii, numerotate de la 0 la 3 – vezi tab. 1
- Clasele de servicii SCCP cele mai utilizate sunt 0 și 1, folosite de către nivelul TCAP și de către nivelele mai mari pentru a controla rețelele mobile/wireless și rețelele inteligente. Clasele 2 și 3 pot fi utilizate în comunicații între stații de bază și controlere de stații de bază.

Clasă Proprietate

- 0 Fără conexiune. Datele sunt trimise la destinație fără a se negocia o sesiune.
- 1 Fără conexiune cu control de secvență. Se garantează transportul mesajelor la destinație în ordinea transmisiunii.
- 2 Orientat conexiune. Este negociată o sesiune (conexiune SCCP) înainte de schimbul de date.
- 3 Orientat conexiune cu control de flux.

Tab. 1 Clase de servicii SCCP

- SCCP menține (memorează) o stare pentru fiecare subsistem de care este conștient, subsisteme care pot active (și se pot accesa) („*Allowed*”) sau inactive (și nu se pot accesa) („*Prohibited*”). Un mesaj poate fi trimis numai la un subsistem activ. La fel, o conexiune se poate deschide numai către un subsistem activ.
- Mesajul de bază al legăturilor SCCP fără conexiune este așa numitul SCCP UNITDATA, numit de asemenea UDT. Când SCCP detectează o destinație inactivă pentru un mesaj, mesajul UDT poate fi eliminat sau poate fi returnat la sursă ca și un pachet UNITDATA SERVICE (UDTS), dacă o astfel de opțiune este setată în câmpul de serviciu al mesajului.
- Pentru a detecta și raporta starea subsistemelor, SCCP transmite mesaje de management, încapsulate în mesaje UDT; aceste mesaje sunt trimise între entitățile fiecărui SCCP.
- Mesajele de verificare a stării subsistemelor sunt generate periodic, aproximativ la fiecare 30s, la fiecare subsistem inactiv pentru a se determina când rutarea către aceste destinații este posibilă. SCCP oferă de asemenea facilități pentru a face subsistemele să cunoască starea altor subsisteme și astfel orice modificare în procesul de rutare poate fi raportat imediat.
- SCCP permite de asemenea o capabilitate de adresare avansată, caz în care un subsistem este reprezentat printr-o secvență de caractere denumită adresă globală sau „Global Title”. O adresă globală este o metodă de a ascunde un „point code” SS7 și numărul de subsistem destinație de sursa unui mesaj, de exemplu interconectarea unor rețele diferite în care nu există alocare comună a adreselor „point code”. O asemenea metodă este utilizată în roamingul între diferite țări în sistemele GSM mobile.
- În funcție de topologia rețelei, adresele globale sunt translatate la nivelul STP sau a unor centrale „gateway” unde o rețea are funcții de interconectare cu rețele adiacente.
- Informația de adresă trimisă la SCCP pentru rutarea mesajelor poate conține un „point code” destinație, un număr de subsistem și opțional o adresă globală. Pentru transmisia cu succes a mesajului cerința minimă este specificarea unui „point code”, pentru ca mesajul să pătrundă în nodul SCCP. Dacă adresa „point code” nu este cunoscută, informația de adresă este aplicată unui proces de translație a adresei globale („Global Title Translation”), operație care va produce un „point code” destinație și opțional un număr de subsistem sau o altă adresă globală. Informația legată de adresa chemată dintr-un mesaj conține un indicator de rutare care instruește SCCP ca să ruteze pe bază de „point code” și număr de subsistem sau adresă globală. Dacă rutarea se realizează pe baza unei adrese globale, această adresă este supusă unui proces de translație pentru a se produce o nouă adresă destinație, care poate fi un nod de procesare a informației sau un alt nod SCCP care va putea traduce din nou informația.

- Fig. 16 arată utilizarea adreselor globale „Global Titles” în operații GSM-mobile pentru localizarea informațiilor de descriere a abonatului mobil, localizate în subsistemul „Home Location Register” – HLR al unei alte rețele, situație întâlnită în roaming internațional. Informațiile de descriere a abonatului sunt păstrate într-o bază de date în rețeaua proprie a abonatului, bază de date care trebuie interogată pentru ca abonatul să primească servicii de la rețeaua vizitată. Interogarea bazei de date este trimisă prin SCCP cu o adresă globală contruită din informații legate de abonatul mobil – codul de itentitate al terminalului sau numărul abonatului, informații care dețin date suficiente pentru a ruta mesajul la gateway-ul de ieșire prin utilizarea translației de adresă. Translații ulterioare în cadrul rețelei proprii abonatului vor ruta cererea către baza de date corectă.

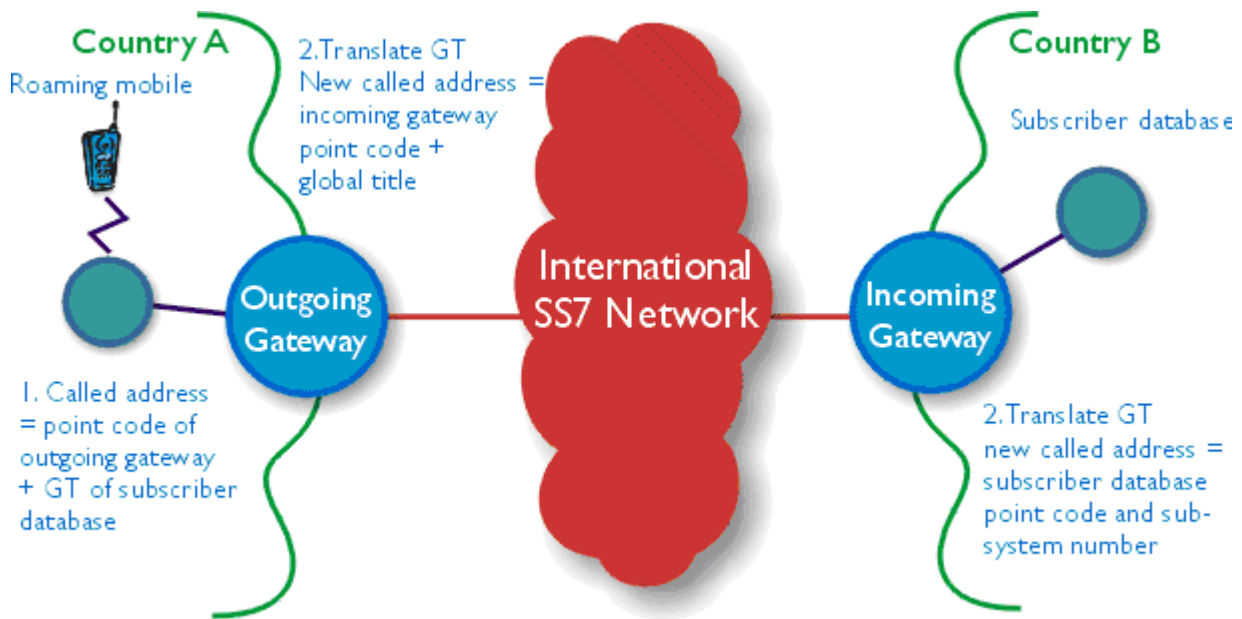


Fig. 16 Utilizarea translației de adresă globală (GTT) în roaming mobil

- Translația de adresă globală este utilizată de asemenea pentru localizarea unei baze de date de translație a numerelor de telefon netaxabile, bază de date localizată într-un SCP, prin utilizarea unui număr 800 ca și o adresă globală care este translatată într-un STP pentru a se obține baza de date care conține translații pentru un domeniu de numere 800. De ex. 800-1xxxxx poate fi legat de o bază de date A iar 800-2xxxxx poate fi legat de o bază de date B, după cum se poate vedea în fig. 17.

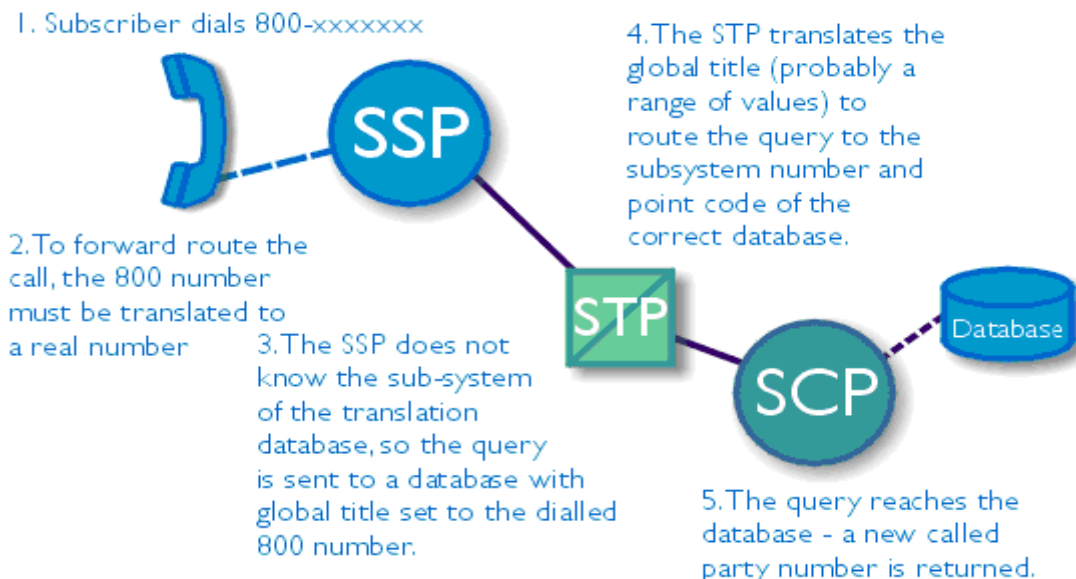


Fig. 17. Utilizarea translației de adresă globală pentru localizarea translației de numere 800

- **Capabilități de tranzacție (TCAP)** – „Transaction Capabilities”
- Partea TCAP oferă o metodă structurată pentru a cere realizarea unor operații la un nod îndepărtat, definind fluxul de informație pentru controlul operației și raportarea rezultatului.
- Operațiile și raportarea rezultatelor sunt realizate în cadrul unei sesiuni denumite dialog (în partea superioară a lui TCAP) sau tranzacție (în partea inferioară a lui TCAP). În cadrul unui dialog pot fi active mai multe operații la diferite stadii de procesare. Operațiile și rezultatele sunt incluse în elemente de informație numite componente. Operația efectuată de TCAP este de a stoca componente de la nivelele superioare în vederea transmisiei până când se recepționează (de la nivelele superioare) un element de informație de gestionare a transmisiei, moment la care componentele stocate sunt formate într-un singur mesaj TCAP și sunt trimise prin SCCP către alte entități TCAP.
- În sensul de recepție, TCAP despachetează componentele din mesajele recepționate de la SCCP și transmite fiecare componentă ca și un element separat de informație către protocolul de nivel superior. Fig. 18 arată fluxul de informație TCAP

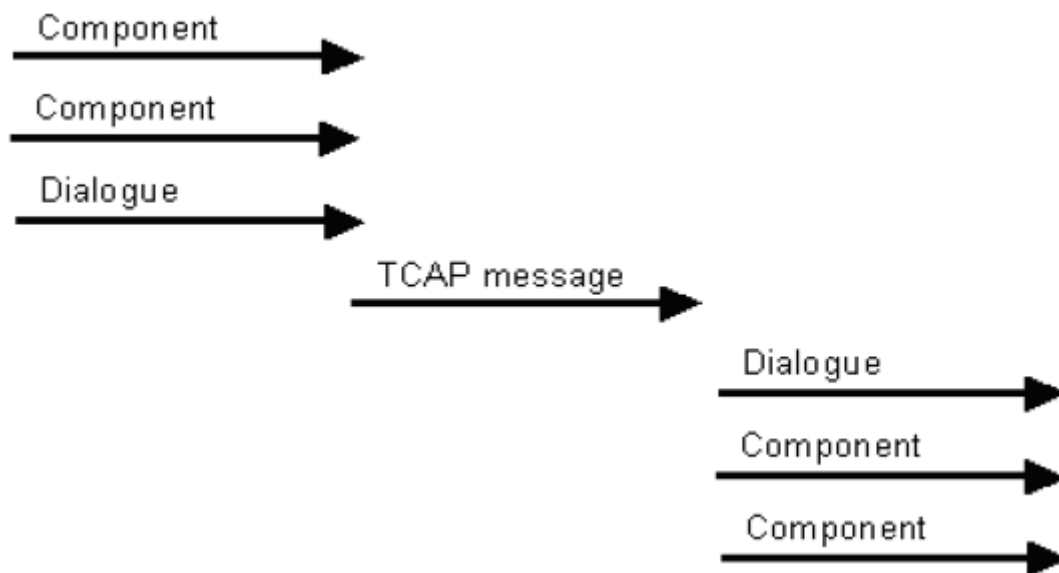


Fig. 18 Fluxul de informație TCAP

- Aplicațiile tipice ale TCAP sunt servicii mobile (de ex. înregistrarea terminalelor aflate în roaming), servicii de rețele inteligente („Intelligent Networks”), (de ex. apeluri către numere gratuite și servicii de cartele de apel – „calling card”) și servicii de administrare și întreținere (OA&M).
- **Partea de aplicații mobile (MAP)** – „Mobile Application Part”
- Partea de aplicații mobile este utilizat în cadrul rețelelor mobile/wireless pentru a se accesa informații de roaming, pentru a se controla procesul de „hand-over” și pentru a asigura servicii de mesaje (SMS). Pentru aceste operații se utilizează în mod tipic TCAP peste SCCP și MTP ca și mecanism de transport.
- Rețelele mobile solicită multe accese la baze de date. Punctul de subscriere a unui abonat este o baza de date cunoscut sub numele „Home Location Register (HLR)”. Când abonatul intră într-o celulă și se înregistrează în rețea, informațiile legate de abonat se stochează temporar în echipamentele care deservesc celula vizitată într-o bază de date cunoscut sub numele de „Visitor Location Register (VLR)”. MAP specifică un set de funcții și fluxuri de informație care implementează aceste servicii pentru a permite

transferul de informație între bazele de date menționate, pentru a se înregistra, localiza și trimite apeluri către abonatul care realizează roaming (termenul se referă și la intrarea în celule deservite de un alt punct de comutație mobil (MSC – „Mobile Switching Center”) și nu numai la intrarea în rețele din alte țări)

- Figura 19 și tabelul 2 arată cum se rutează apelul către un terminal mobil

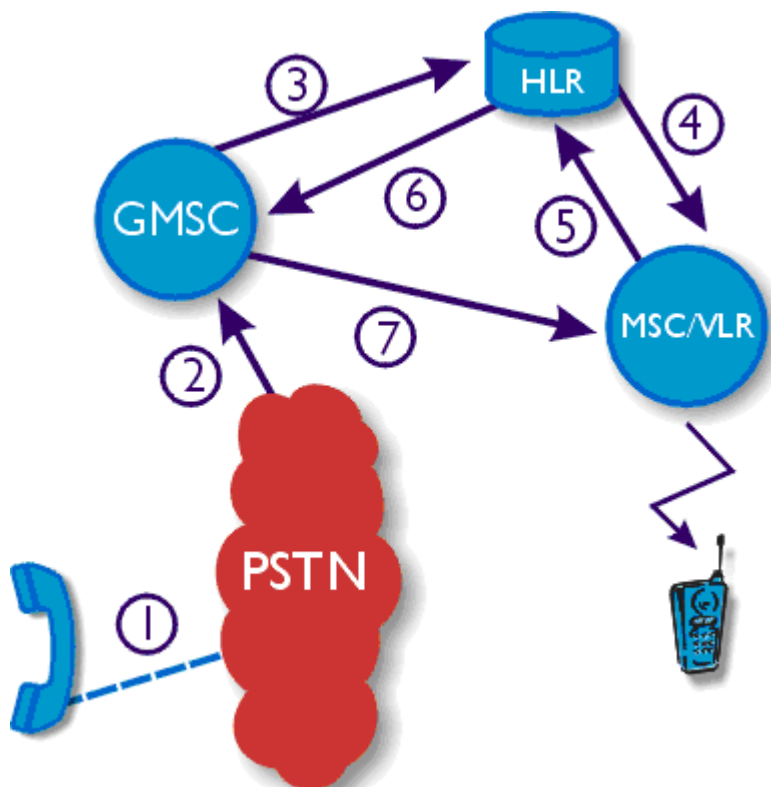


Fig. 19 Apelarea unui terminal mobil

- 1 Abonatul chemător apelează abonatul mobil.
- 2 Prefixul rețelei mobile determină rutarea apelului către punctul de comutare gateway al rețelei mobile – GMSC.
- 3 GMSC utilizează informația din numărul apelat pentru a localiza baza de date HLR al abonatului mobil chemat.
- 4 HLR este deja informat despre locația (adresa) bazei de date VLR a abonatului mobil și cere un număr de rutare temporar pentru a permite rutarea apelului către MSC-ul corect.
- 5 MSC/VLR răspunde cu un număr de rutare temporar care va fi valid numai pe durata acestui apel.
- 6 Numărul de rutare este returnat la GMSC.
- 7 Apelul se realizează utilizând semnalizare standard ISUP (sau similar) între GMSC și MSC-ul vizitat.

Tab. 2 Etapele apelării unui terminal mobil