

Curs 12 Sisteme de transmisie - multiplexare digitale sincrone utilizate în rețele telefonice digitale

○ Dezavantajele sistemului de transmisie – multiplexare PDH:

- nu există o standardizare unitară internațională a sistemelor de multiplexare – transmisie PDH, coexistând în paralele mai multe astfel de standarde: standardul american, standardul japonez, standardul european.
- flexibilitate redusă și costuri ridicate datorită multiplexării asincrone.
- facilități de gestionare și întreținere a rețelei foarte limitate.
- operații de administrare și întreținere separate pentru fiecare serviciu.
- dificultăți legate de verificarea stării rețelei.
- sensibilitate ridicată la defecte.
- dificultăți legate de asigurarea unor capacități suplimentare de transmisie.
- topologie de rețea puțin flexibilă – se asigură doar legături punct la punct.

○ Dezavantaje sunt generate de faptul că nu există o sincronizare a nodurilor rețelei și datorită faptului că nu se asigură capacități de transmisie suplimentare adecvate pentru transmiterea informației de gestionare și întreținere.

○ Avantajele oferite de sistemele de transmisie-multiplexare sincrone sunt pe scurt următoarele:

- Multiplexare fără dopare pozitivă sau negativă (în cazuri speciale se poate realiza și multiplexare prin dopare – dacă se întrerupe legătura de sincronizare).
- Tact de referință standardizat în toată rețeaua.
- Acces direct la canalele individuale - multiplexarea afluenților este realizată astfel încât să se permită accesul la fluxurile individuale, fără a fi necesară demultiplexarea întregului flux de viteză mare. Este posibilă de asemenea comutarea flexibilă a fluxurilor individuale de pe un flux de viteză mare pe altul.
- Debite ridicate pentru aplicații de bandă largă.
- Capacitate de transport ridicată pentru monitorizare și control rețea.
- Sistem de management rețea eficient și flexibil. Modificarea configurației rețelei și asigurarea unor capacități de transport suplimentare este foarte ușoară.
- Integrare a tehnicilor de multiplexare plesiocrone anterioare.
- Monitorizare eficientă și flexibilă a defecțiunilor și a alarmelor și posibilitatea corectării automate a unor probleme.
- Integrarea tehnicilor de multiplexare plesiocrone.

Observație: Facilitățile enumerate, referitoare la gestionarea rețelei și multiplexarea / comutarea fluxurilor elementare, sunt permise de utilizarea unor canale speciale de gestionare, monitorizare și control, canale cu debite de transmisie ridicate (sute de kbps).

- În ciuda standardizării universale există două sisteme de transmisie – multiplexare sincrone și anume: SDH (Synchronous Digital Hierarchy) și SONET (Synchronous Optical NETwork).
- Sistemul SDH este practic sistemul European, iar sistemul SONET este sistemul American.
- Cele două sisteme utilizează același algoritm de multiplexare, au aceleași informații de control, au cadre de transport cu dimensiune și structură asemănătoare;
- Cadrele de transport de bază nu sunt identice (au dimensiuni diferite) și este diferită maparea afluenților plesiocroni.
- Sistemele de transmisie-multiplexare SDH/SONET au fost proiectate inițial pentru transmiterea fluxurilor PDH și a cadrelor PCM primare
- Structura cadrelor SDH/SONET au fost alese astfel încât să permită inserarea ușoară a fluxurilor PDH în fluxurile de date caracteristice acestor sisteme sincrone.
- Sincronizarea nodurilor rețelei, tehnica de multiplexare eficientă și managementul /controlul complex și flexibil permit însă transmiterea fluxurilor de date provenite de la orice sursă, cu condiția utilizării unor algoritmi de mapare corespunzători.

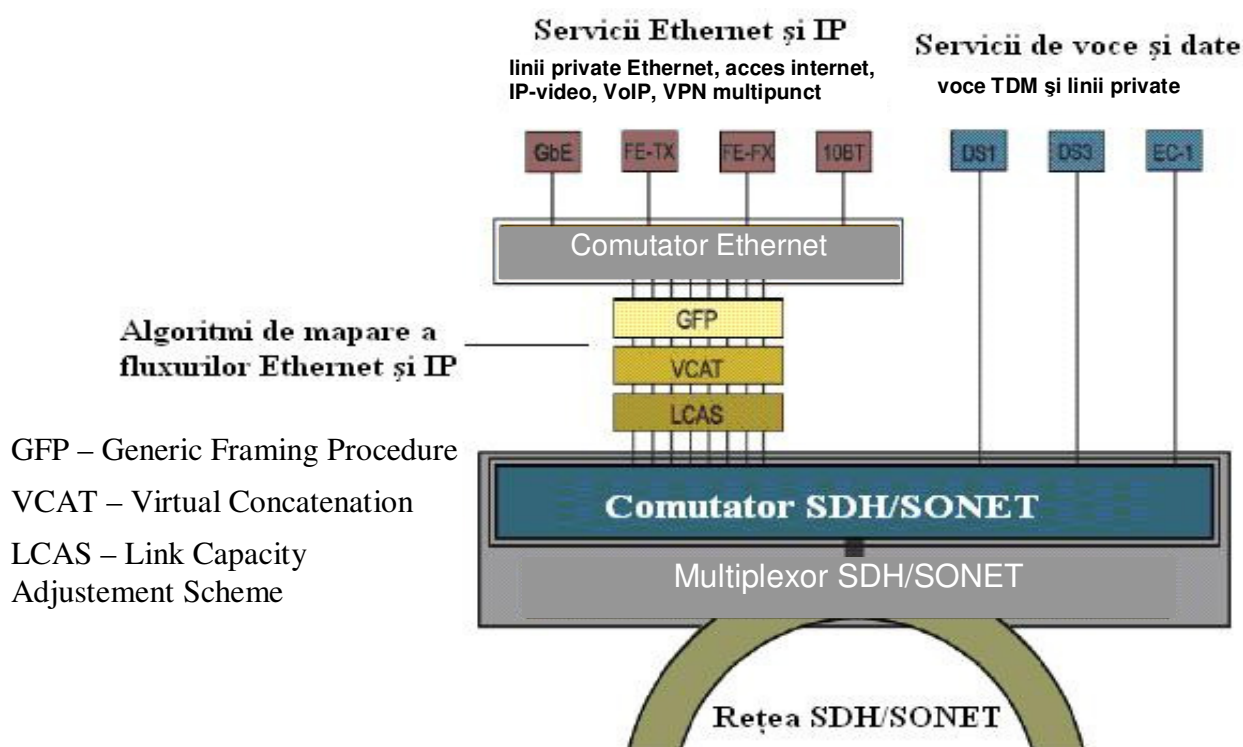


Fig. 1 Tipuri de date ce se pot transmite în rețelele sincrone SDH/SONET
Procesări necesare pentru transmisie

Topologii de rețea SDH/SONET. Integrarea rețelelor SDH/SONET într-o rețea de comunicații globală

- Există patru tipuri fundamentale de topologii de rețea:
 - topologie liniară – utilizată în situația în care structura cea mai corespunzătoare a rețelei este liniară (de ex. rețele de acces într-o rețea de viteză mare) și când nu este necesară o protecție mare la defecțiuni.
 - topologie inel – este topologia cea mai des utilizată; asigură o flexibilitate de gestionare mare a rețelei și o bună protecție la defecțiuni.
 - topologie plasă (“mesh”) – fiecare nod este conectat cu un număr de alte noduri – flexibilitate de management foarte mare, protecție la defecțiuni foarte mare, dar în același timp și o redundanță foarte mare a canalelor fizice de legătură dintre noduri.
 - topologie stea – utilizată pentru conectarea unor puncte mai îndepărtate și mai puțin importante; asigură protecție redusă la defecțiuni.
- Cele mai utilizate topologii de rețele sincrone sunt topologii de tip inel, tipurile de rețele cu această topologie fiind următoarele:
 - Rețea cu un singur inel - fiecare stație poate stabili o conexiune cu toate celelalte stații și poate ieși într-o rețea de viteză mai mare; stațiile au acces la toate informațiile din inel.
 - Protecția la defecțiuni a unei astfel de rețele este redusă.

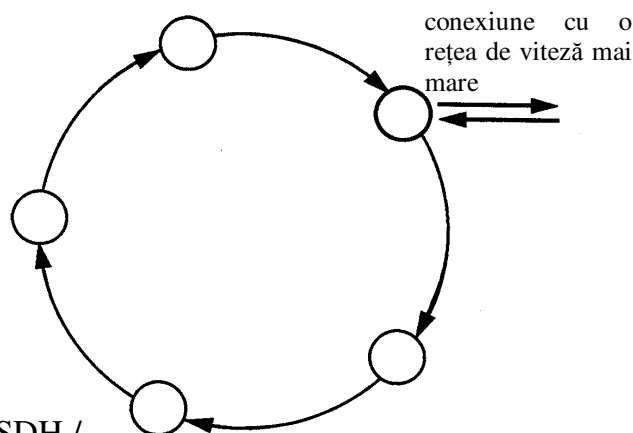


Fig. 2 Structură de rețea sincronă SDH / SONET formată dintr-un inel simplu

- Rețea cu două inele – se stabilesc două canale de transmisie a datelor cu sens opus, aceeași informație fiind trimisă în ambele direcții; rezolvă problema întreruperii cablului;
 - Se emite și se recepționează aceeași informație în / din două direcții.
 - În caz de întrerupere a legăturii este posibilă comutarea pe celălalt inel sau chiar se poate închide inelul în stațiile afectate (vezi figura 3 – „self-healing rings” - inele cu reparare automată).
 - Fiabilitatea rețelei se poate mări în continuare prin interconectarea a două inele în două puncte (vezi figura 4).

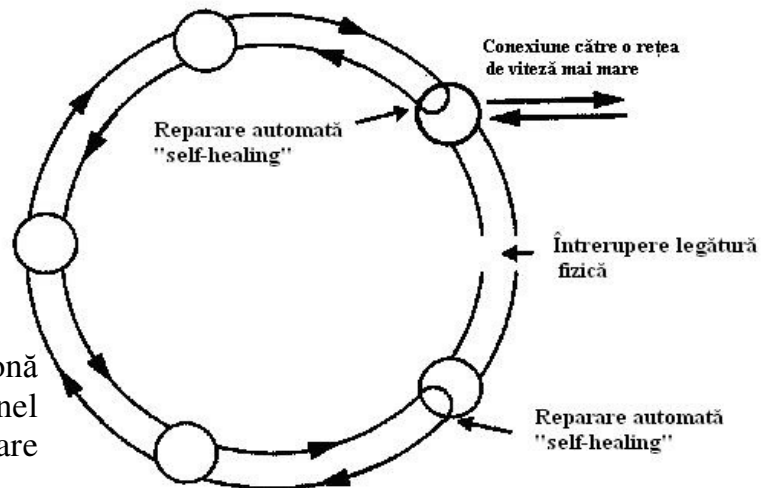


Fig. 3 Structură de rețea sincronă SDH / SONET formată dintr-un inel dublu cu posibilitate de reparare automată – „self healing”

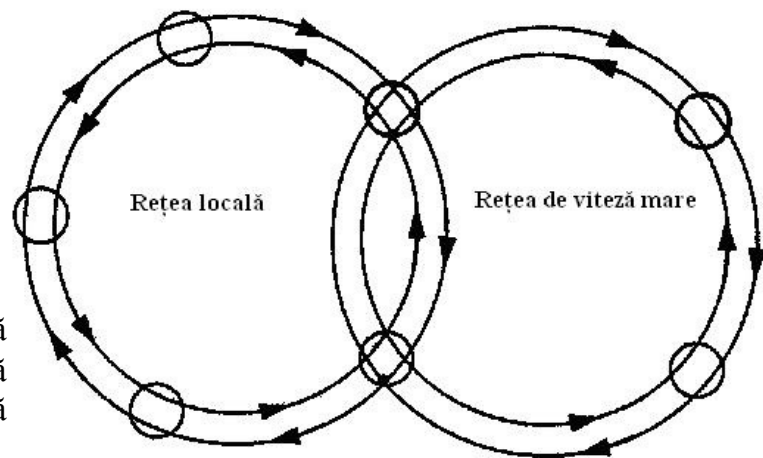


Fig. 4 Structură de rețea sincronă SDH / SONET formată din două inele duble interconectate în două puncte

○ Rețea cu patru inele, adică două inele pentru transmisie într-un sens și două inele pentru transmiterea informației în celălalt sens. Protecție la defecțiuni foarte bună, dar redundanța este mai mare – vezi figura 5.

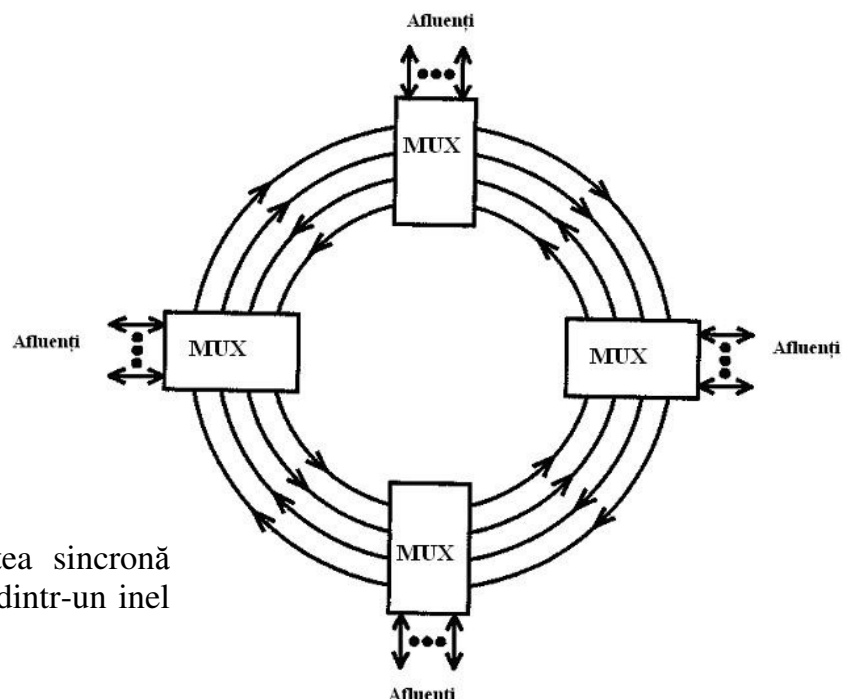


Fig. 5 Structură de rețea sincronă SDH / SONET formată dintr-un inel cuadruplu.

- Pentru exemplificare în figurile 6 și 7 se prezintă două structuri de rețele de transmisii de date care includ rețele SDH/SONET
- În figura 6 se prezintă structura posibilă a unei rețele (de tip inel) SONET/SDH internaționale, care conectează mai multe rețele naționale (tot rețele inelare).
- Rețelele naționale sunt rețele OC-12 - SONET (echivalent cu STM-4 – SDH – rețele cu un debit de 622Mbps), iar rețeaua internațională este una de tip OC-48 - SONET (echivalent cu STM-16 – SDH – rețele cu debit de 2488Mbps).
- Multiplexoarele din rețeaua internațională asigură în același timp și conexiunea dintre rețelele naționale, iar unele multiplexoare din rețelele naționale sunt și centrale telefonice.

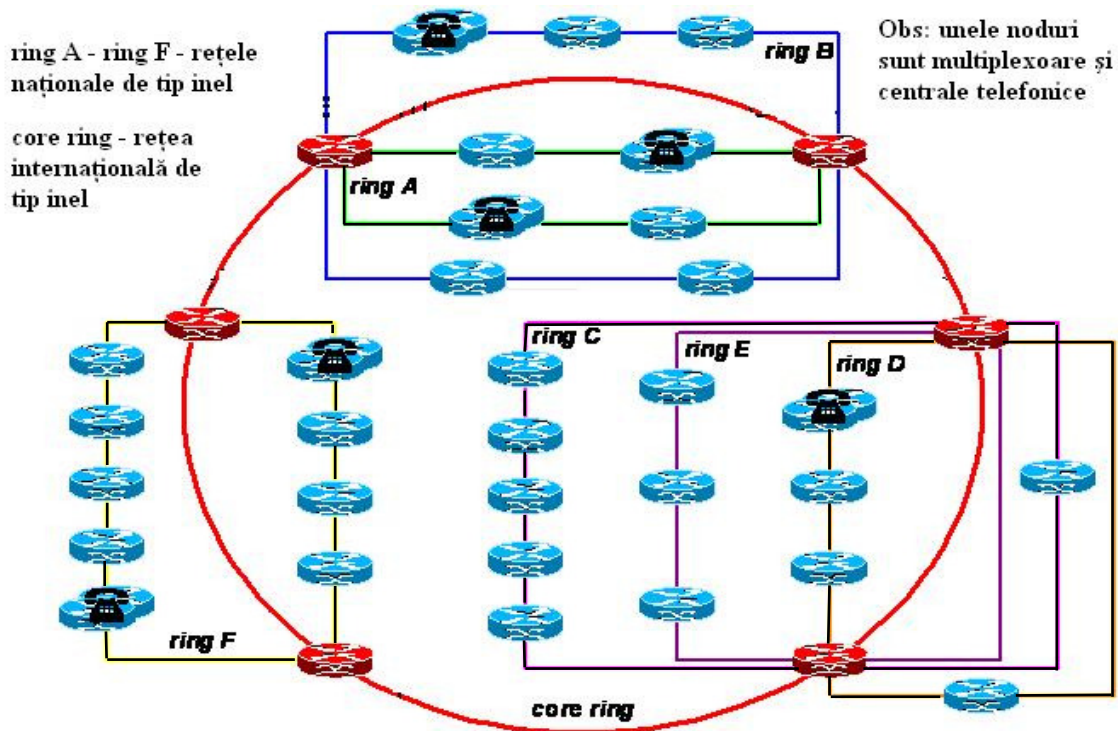
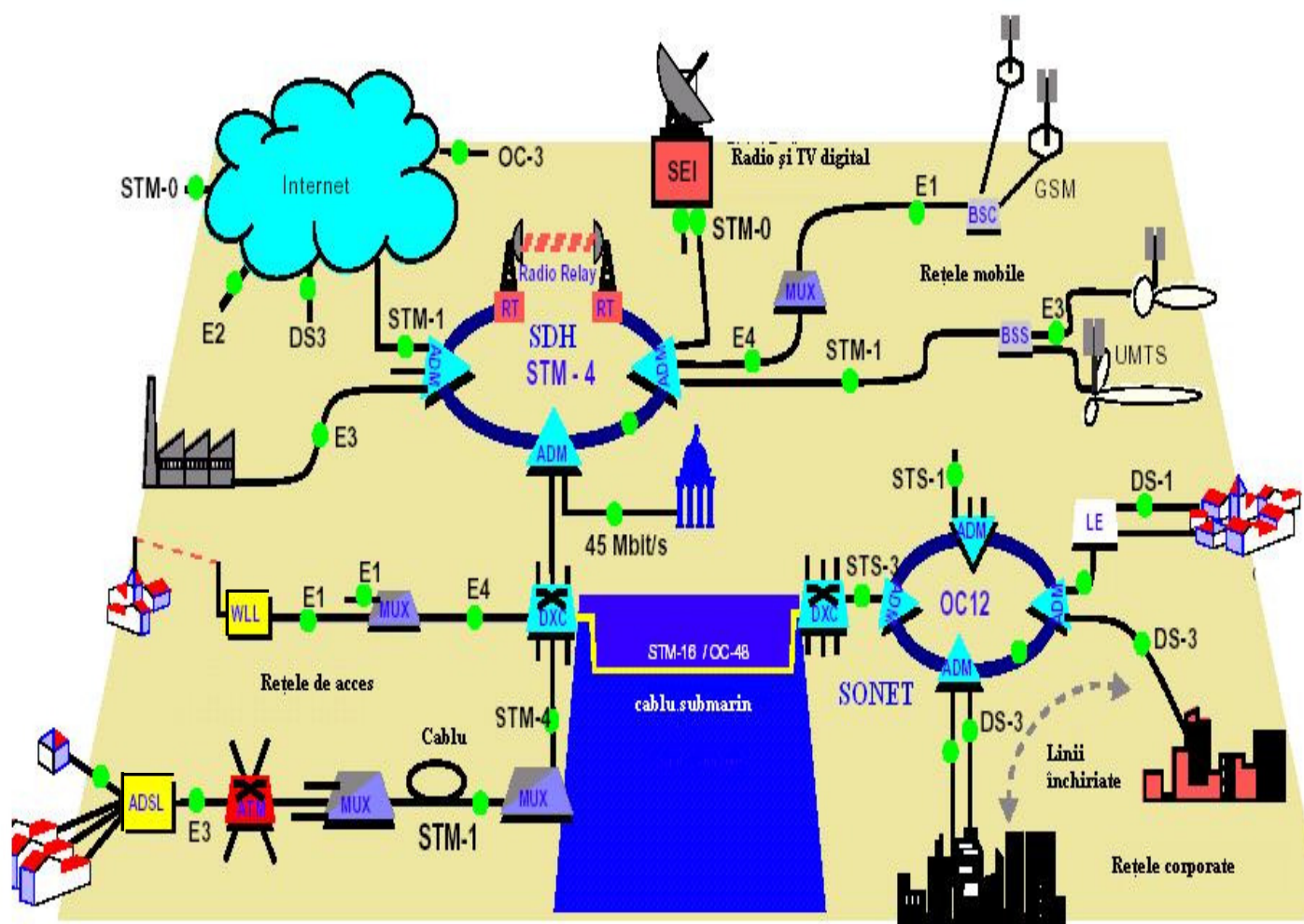


Fig.6 exemplu de rețea SDH/SONET internațională care conectează mai multe rețele naționale

- În figura 7 se prezintă un scenariu ipotetic de rețele digitale sincrone SDH și SONET întinse pe o arie geografică largă, rețele digitale care conectează o multitudine de sisteme de transmisii digitale cu debite diferite [TC].
 - Se pot observa în această figură ierarhiile de multiplexare PDH și SDH/SONET alocate la diferitele surse de fluxuri digitale și ierarhiile digitale SDH/SONET de viteză mare care asigură conectarea diferitelor sisteme digitale.
 - În rețeaua de acces debitele sunt de regulă mai mici sau egale cu cel al unui cadru STM-1 (cadru de bază al sistemului SDH), iar rețeaua digitală sincronă de mare viteză utilizează ierarhii STM-4, STM-16 sau mai mari (sau ierarhiile echivalente SONET).
 - În figura 7 se pot observa de asemenea și valorile debitelor asociate diferitelor surse de date și cadrele PDH utilizate pentru transportul acestora.

Observație: cadrul de transport STM-1, cadrul de bază al sistemului SDH corespunde la un debit util total de 150Mbps, iar cadrul STS-1, cadrul de bază al sistemului SONET corespunde la un debit util total de 50Mbps. Cadrul STM-0 este identic cu cadrul STS-1, iar cadrele OC-X și STS-X sunt identice, cadrele OC-X fiind asociate purtătoarelor optice, iar cadrele STS-X purtătoarelor electrice.



ADM - multiplexor "Add - Drop" DXC - multiplexor "digital cross connect" LE - centrală locală "local exchange" WLL - buclă de acces „wireless” - „wireless local loop"

BSC - controler stație de bază - "Base Station Controller" BSS - sistem de comutație mobilă - "Base Switching System"

Fig. 7 Exemplu de rețea digitală de transmisie – multiplexare care include rețele digitale PDH, SDH și SONET

Tipuri de multiplexoare utilizate în sistemele SDH/SONET

- Nu se face distincție între multiplexoare și echipamentele terminatoare de linie; multiplexarea nu este o simplă intercalare a biților ca și în cazul sistemelor PDH;
- Multiplexoarele utilizate în rețelele sincrone SDH și SONET sunt echipamente mult mai complexe decât multiplexoarele utilizate în sistemele PDH. Caracteristicile de bază ale acestor multiplexoare sunt:
 - Asigurarea accesului direct la fluxurile de bază multiplexate.
 - Multiplexarea în fluxul de ieșire a unor fluxuri de intrare cu debite și structuri diferite.
 - Asigurarea unei flexibilități sporite pentru gestionarea capacității de transmisie.
 - Tehnică de multiplexare mult mai sofisticată decât o simplă întrețesere de biți sau de grupuri de biți.
 - Unele multiplexoare SDH/SONET efectuează și operații de comutare, asigurând transferul unor fluxuri elementare între fluxurile multiplexate de viteză mare.
- Există trei categorii de multiplexoare SDH/SONET și anume:
 - **Multiplexoare terminale** – este tipul de multiplexor cel mai simplu (vezi figura 8).
 - Este echipat cu interfețe de linie sincrone și plesiocrone, iar interfețele de abonat sunt localizate în modulele de acces AM (Acces Module).
 - Înspre partea de linie (la recepție) semnalele de intrare STM-N sau OC-N (fluxuri multiplex de ordin superior) sunt dezasamblate în fluxuri de bază STM-1 sau STS-1 și sunt trimise către interfețele de abonat.
 - Înspre partea de utilizator buclele pot fi comutate, multiplexorul putând funcționa și ca un comutator al fluxurilor de abonat.
 - În partea de transmisie semnalele sosite de la abonați sunt asamblate în cadre de bază STM-1 sau STS-1 care apoi alcătuiesc cadre de ordin superior și apoi sunt transmise pe linie.
 - În partea dinspre abonați buclele locale (legăturile de acces) pot fi comutate prin menținerea relației de fază dintre semnale transmise pe aceste bucle.

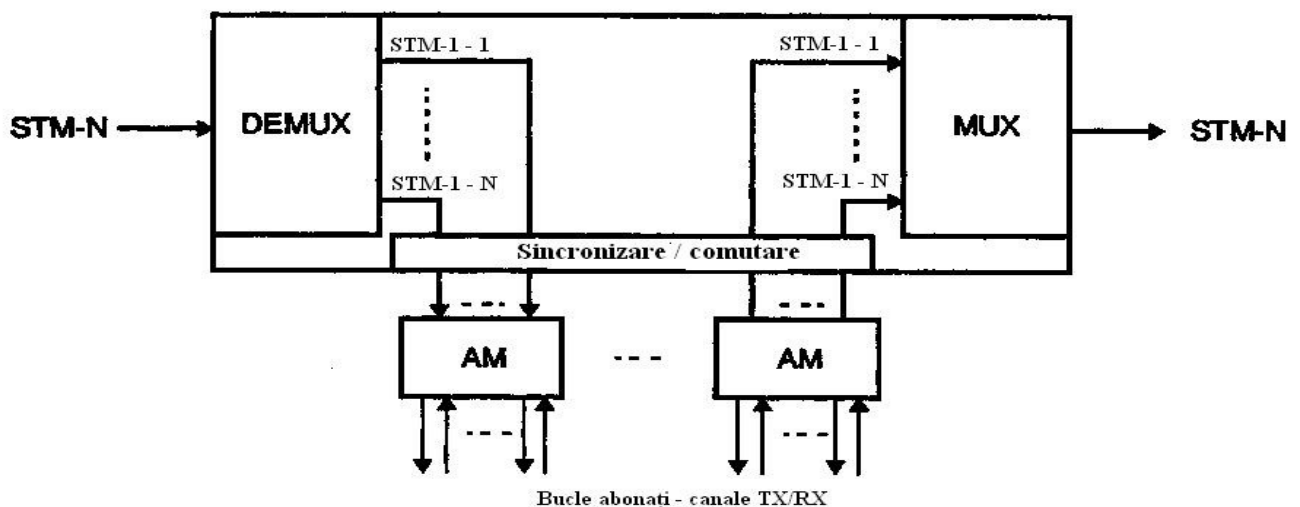


Fig. 8 Schema bloc a unui multiplexor SDH terminal

- **Multiplexoare Add/Drop** - sunt echipate cu interfețe de linie sincrone și plesiocrone și cu o linie specială (Add bus + Drop Bus) care permite inserarea și / sau extragerea fluxurilor PDH elementare în / din cadrele STM-N sau OC-N.
 - Semnalul multiplex STM-N sau OC-N, de ordin superior, este dezasamblat în cadre elementare STM-1 sau STS-1.
 - Cadrele de bază se aplică magistrelor de extragere a semnalelor Drop-Bus, unde se realizează operația de extragere a unui flux PDH elementar.
 - Semnalele de abonat care trebuie transmise se aplică magistrelor de inserare Add-Bus, unde sunt asamblate în structuri de date corespunzătoare și sunt apoi inserate în cadrele de bază STM-1 sau STS-1 (vezi figura 9).
 - Procesul de multiplexare / demultiplexare constă în inserarea sau extragerea semnalelor afluenților fără a fi necesară dezasamblarea completă a semnalului multiplex SDH.
 - Multiplexorul conține și un modul de comutare a fluxurilor de intrare. Când nu se extrage semnal magistralele Add și Drop pot fi interconectate, fiind posibilă comutarea între diferite interfețe de abonat

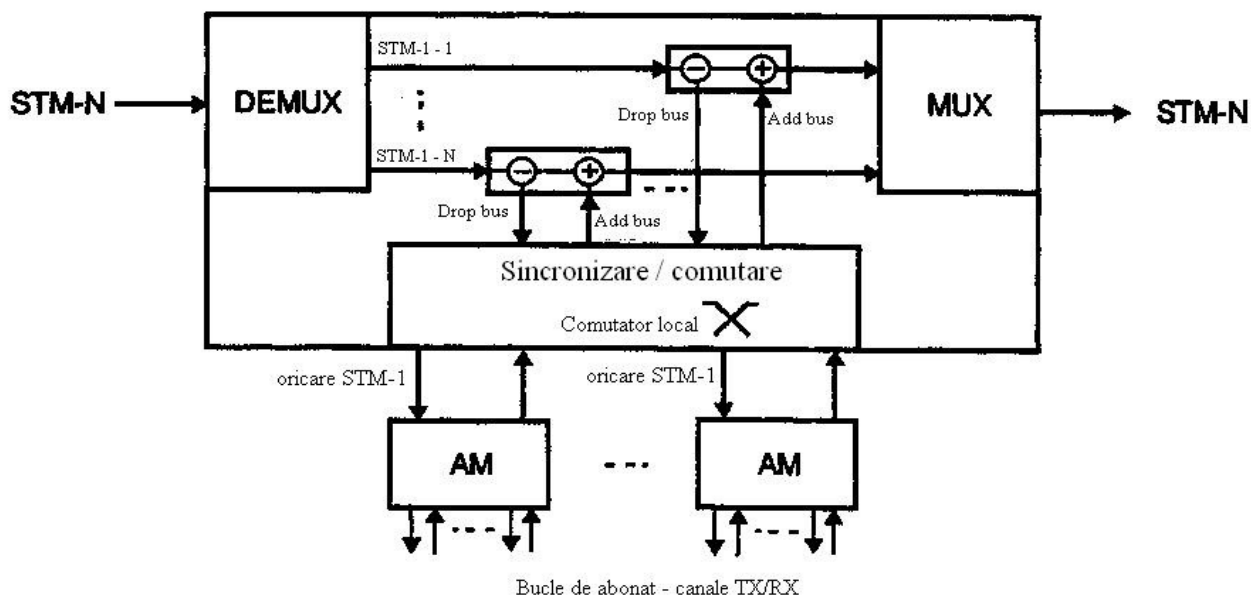


Fig. 9 Schema bloc a unui multiplexor SDH Add/Drop

- **Multiplexoare cross-connect** – reprezintă o matrice de comutare echipată cu un număr (de regulă mare) de porturi (module de interfață) care pot fi interfețe de linie sau de abonat.
 - Semnalele digitale recepționate pe un anumit port de intrare pot fi conectate prin matricea de comutație la un port de ieșire și în plus semnalele multiplexate pot fi dezasamblate în semnale individuale și trimise la diferite porturi de ieșire (vezi figura 10).
 - Semnalul STM-N sau OC-N recepționat este dezasamblat în fluxuri de bază STM-1 sau STS-1 care sunt trimise apoi către modulele de intrare IM (Input Modules).
 - Semnalele sosite de la interfețele de abonat sunt de asemenea asamblate în cadre STM-1 sau STS-1 și sunt trimise la modulele de intrare.

- Modulele de intrare dezassemblează semnalele STM-1 sau STS-1 în unități de bază independente, (containere), unități care se trimit prin matricea de comutație către modulele de ieșire OM (Output Modules), unde se reasamblează cadrele STM-1 sau STS-1.
- Un multiplexor de ieșire reasamblează semnalul STM-N sau OC-N. Această structură permite schimbul de canale între liniile de intrare și cele de ieșire, între liniile de intrare și ieșire și liniile de abonat și între liniile de abonat.

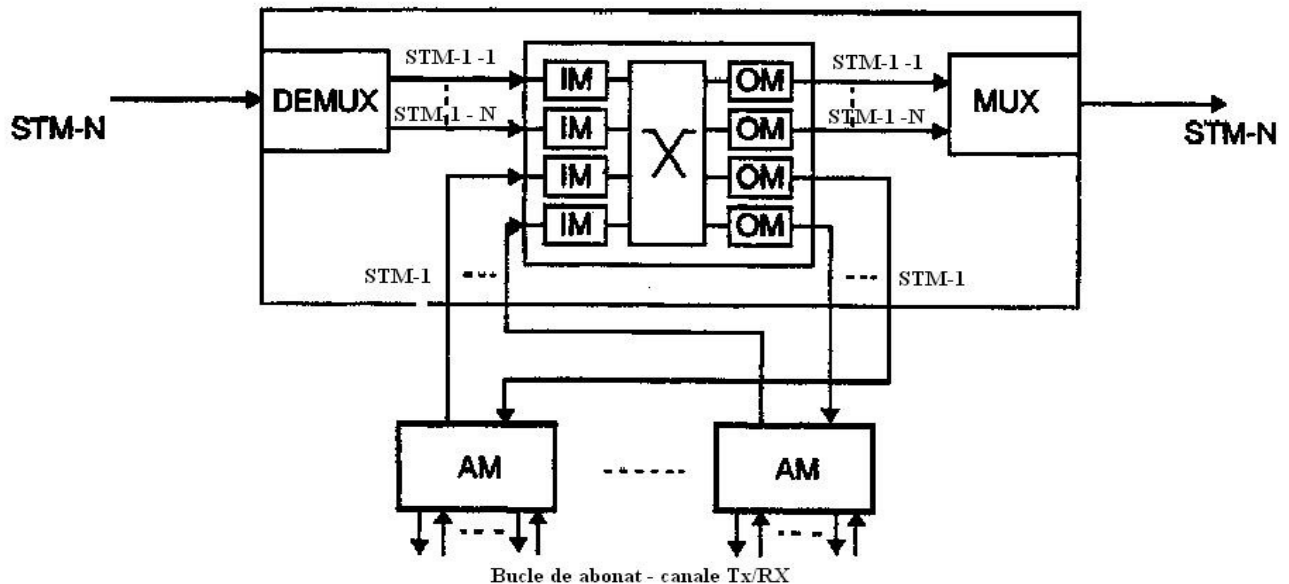


Fig. 10 Schema bloc a unui multiplexor SDH cross-connect

Regeneratoare SDH

- În cazul sistemului PDH regeneratoarele au sarcina regenerării semnalului, verificării regulei de codare, localizarea defectelor și suplimentar asigurarea unui canal de serviciu – semnalul trece în mod transparent prin regeneratoare;
- În cazul sistemului SDH regeneratoarele au mai multe sarcini suplimentare: semnalul este descramblat și este analizată structura cadrului STM-N; este determinată calitatea transmisiei; este evaluată informația de management și sunt asigurate canale suplimentare de date și de serviciu;
- Anumite antete ale cadrelor sunt refăcute în fiecare regenerator; localizarea defectelor este asigurată de către un sistem de management pe baza informațiilor furnizate de către toate elementele sistemului, nefiind necesare echipamente speciale pentru localizarea defectelor.

Sincronizarea rețelelor sincrone SDH/SONET

- Două aspecte majore trebuie considerate în ceea ce privește sincronizarea nodurilor SDH/SONET și anume: care sunt nodurile de referință (care dau semnalul de sincronizare) și care este rețeaua de sincronizare (cum se transmite efectiv semnalul de sincronizare de la nodurile de referință la celelalte noduri din rețea).
- Rețeaua de sincronizare poate fi alcătuită astfel:
 - o rețea separată (dedicată) pe care transmite un semnal analogic sau unul digital utilizat ca și referință - este necesară o rețea suplimentară cu probleme inerente legate de defecțiuni și în plus pot apare defazaje între referință și semnalul de date recepționat.

- utilizarea rețelei de transport a datelor pentru transmiterea referinței de tact, unul din canalele elementare (un flux elementar de 1.544Mbps, unul de 2.048Mbps sau alt flux elementar în funcție de debitele fluxurilor PDH transmise) fiind folosit pentru transmiterea unui semnal digital special de sincronizare.
- Nodurile rețelei sincrone se împart din punctul de vedere al sincronizării astfel:
 - referință de ceas primară (PRC – Primary Reference Clock sau ceas Stratum 1), cu următoarele caracteristici principale:
 - eroare relativă a frecvenței de oscilație: 10^{-11} .
 - poate fi implementat cu ceasuri cu cesiu; poate oscila liber, dar poate fi corelat și cu timpul CUT (Coordinated Universal Time).
 - există maxim unul singur per operator.
 - nod de sincronizare de tranzit (TSSU – Transit Synchronization Supply Unit sau ceas Stratum 2), cu următoarele caracteristici principale:
 - eroare relativă de 10^{-9} a frecvenței de oscilație.
 - poate fi implementat cu ceasuri cu rubidiu.
 - destul de stabile pentru a asigura sincronizarea rețelei (sau a unor părți ale rețelei) pe perioade scurte de pierdere a referinței PRC.
 - nod de sincronizare local (LSSU – Local Synchronization Unit sau ceas Stratum 3), cu următoarele caracteristici principale:
 - eroare relativă a frecvenței de oscilație mai mică de $2 \cdot 10^{-8}$.
 - se poate implementa cu cristale (cuart) compensate cu temperatura.
 - capacități reduse de menținere a sincronizării în cazul pierderii referinței.
 - se utilizează de regulă în comutatoare locale.
 - ceas echipament SDH (SEC – SDH Equipment Clock sau ceas Stratum 4), cu următoarele caracteristici principale:
 - eroare relativă a frecvenței de oscilație, în condiții de sincronizare, mai mică de 10^{-8} .
 - eroare relativă a frecvenței de oscilație, în oscilație liberă, mai mică de $4.6 \cdot 10^{-6}$.
 - se utilizează în comutatoare locale, centrale private.
- Ajustarea tactului: pe baza semnalelor de tact de la nivelele superioare ale ierarhiei (de tact) se generează semnale de corecție a frecvenței tactului local; frecvența tactului local joacă în jurul frecvenței date de PRC.
- În figura 11 este prezentată o structură posibilă a unei rețele simple de sincronizare
 - Restricții teoretice referitoare la structura unui lanț de sincronizare sunt următoarele:
 - lanțul nu trebuie să conțină mai mult de 10 noduri SSU și 60 de noduri SEC;
 - între două noduri SSU nu este permis să fie mai mult de 20 noduri SEC
 - Aceste restricții sunt impuse de stabilitatea tactului generat într-un nod - stabilitatea descrește pe măsură ce crește numărul de noduri din lanțul de sincronizare, datorită acumulării erorilor de sincronizare pe lanțul de sincronizare.

Observație: a nu se confunda topologia rețelei de sincronizare cu topologia rețelei de transport a datelor; topologia rețelei de sincronizare arată cum se transmite referința de tact de la un nod la altul.

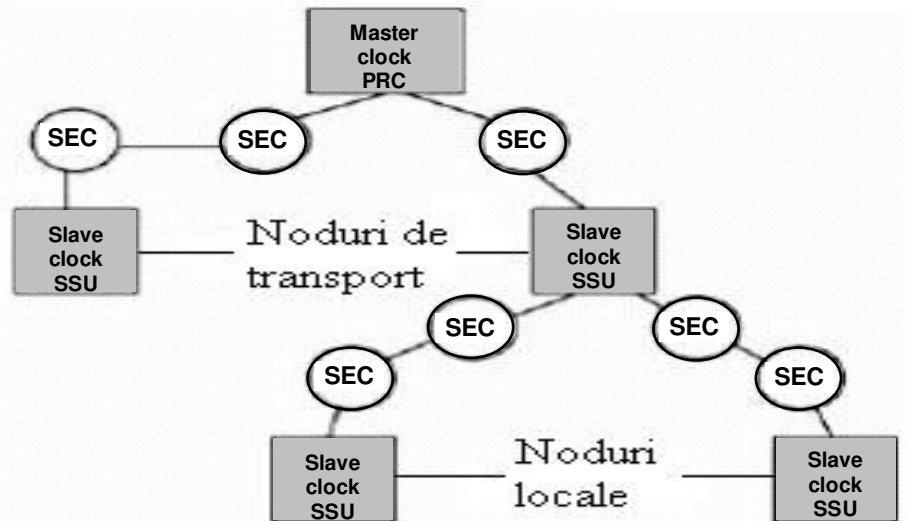


Fig. 11 Structura posibilă a unei rețele de sincronizare

Principiile multiplexării SDH/SONET. Concepte de bază legate de multiplexarea SDH

- Transmisia semnalelor SDH/SONET poate fi asemănată cu transportul unor containere pe o bandă.
 - Informația utilă („payload”) este transportat în unități, numite containere, de diferite mărimi.
 - Pentru transport aceste containere au nevoie de un antet (etichetă) care conține informații despre conținutul containerului, date de monitorizare, date care sunt evaluate la recepție.
 - „Banda” utilizată pentru transportul containerelor este împărțită în cadre de dimensiuni egale, cadre în care se inserează containerele
 - Poziția unui container față de cadrul de transport este arbitrară - un container nu trebuie să înceapă la începutul cadrului de transport și se poate întinde peste două cadre consecutive.
 - Tipul datelor din container nu are importanță din punctul de vedere al transportului și informațiile posibile de completare pot fi privite ca și parte a datelor utile („payload”).
 - ◆ Containere au anumite dimensiuni fixe impuse fiind necesară completarea informației utile pentru umplerea containerului înainte de transport.
 - Structura generală a unui container și modul de plasare al acestuia în cadrul de transport sunt exemplificate în figura 12.

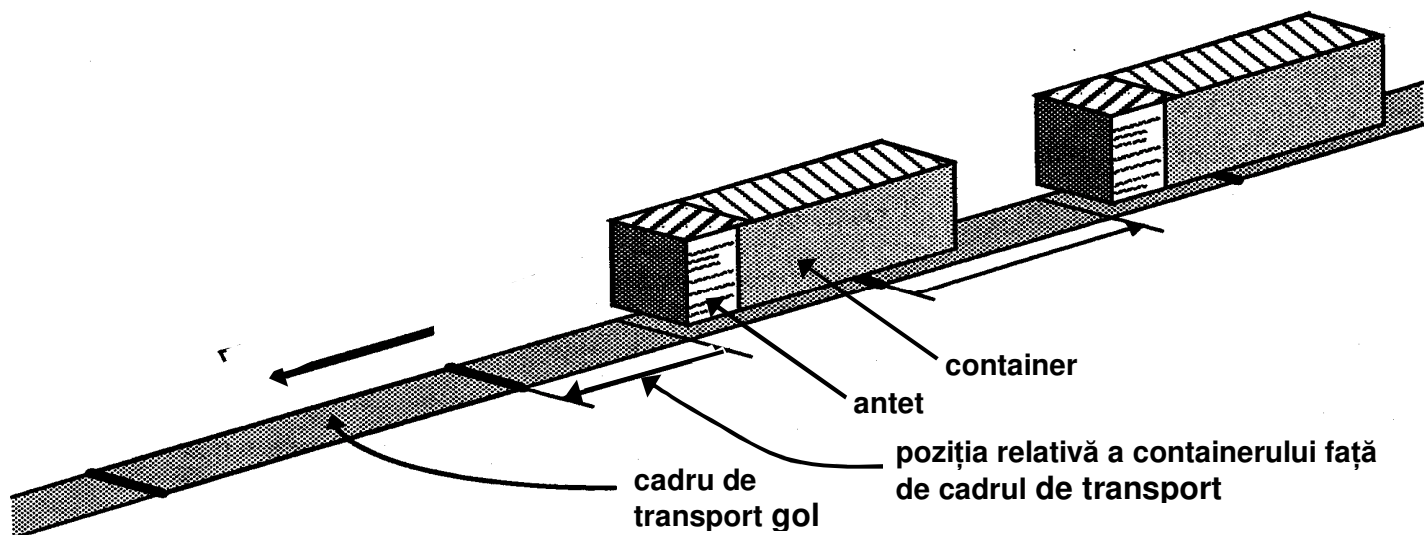


Fig. 12 Structura generală a unui container și modul de plasare al acestuia pe cadrul de transport

- Înainte de transport mai multe containere mici pot fi combinate pentru a forma un grup de containere, împachetat într-un container mai mare; fiecare container va avea o etichetă ce va fi evaluată la recepție.
- Fiecărui container i se asociază o poziție în cadrul grupului față de începutul containerului de capacitate mai mare.
- Dacă informația utilă este mai mare decât containerul disponibil, adică debitul informației utile este mai mare decât debitul containerului disponibil, se pot concatena mai multe containere ce vor forma un lanț de containere.
 - De exemplu un semnal de 599,04Mbps (broadband ISDN) poate fi transportat în 4 containere de dimensiune maximă 140Mbps
 - Poziția lanțului de containere pe banda de transport este definită de poziția primului container.
 - Cadrul de transport trebuie dimensionat astfel încât dimensiunea lanțului de containere să nu depășească dimensiunea cadrului de transport, dar lanțul de containere nu trebuie să înceapă la începutul cadrului și se poate întinde pe două cadre de transport.

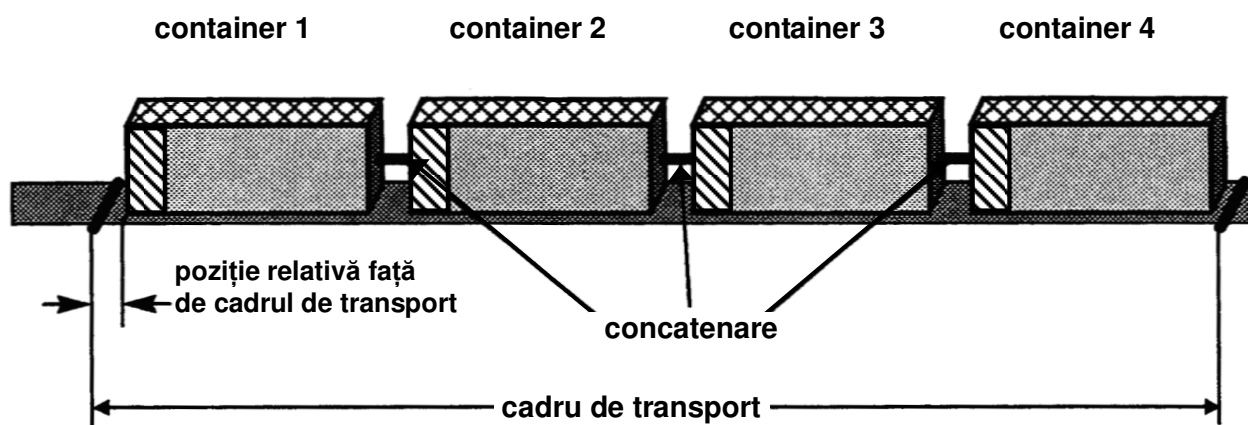


Fig. 13 Concatenarea mai multor containere și inserarea blocului de containere concatenate pe banda de transport

- Cadrul de transport reprezintă formatul de transmisie (mediul de transmisie) pentru containere;
 - Are o structură similară cu cea a containerului, fiind compus din N coloane și M rânduri.
 - Pentru a se putea face față la diferitele cerințe de capacitate au fost definite cadre de transport de diferite dimensiuni – aceste subdiviziuni sunt definite ca și nivele ierarhice.
 - Nivele ierarhice SDH, cadrele de transport de la diferite nivele ierarhice, diferă prin numărul de coloane, parametru care crește cu un factor de 4 de la un nivel ierarhic la următorul (vezi tabelul 1).

Nivel ierarhie SDH	Număr de coloane	Număr de rânduri	Capacitate de transport
1	270	9	155,520Mbps
4	1080 (4*270)	9	622,080Mbps
16	4320 (16*270)	9	2488,320Mbps
64	17280 (64*270)	9	9953,280Mbps
256	69120 (256*270)	9	39830,12Mbps

Tab. 1 Ierarhia de multiplexare SDH. Structura cadrelor de transport și debitele binare asociate

- În cazul sistemelor sincrone este foarte importantă structura cadrului de transport de la primul nivel ierarhic, cadrele de transport de la nivelele ierarhice superioare fiind obținute prin multiplexarea cadrelor primare. Structura cadrului de transport de la primul nivel ierarhic SDH, cadru numit STM-1 („Synchronous Transport Module”) este prezentat în figura 14.
- Acest cadru de transport este practic o structură de tip matrice compus din 270 de coloane și 9 rânduri, primele nouă coloane având funcții speciale, iar restul de 261 de coloane fiind rezervat pentru „payload”.
 - Structură formată din primele 9 coloane reprezintă „overhead-ul” cadrului de transport (SOH – Section Overhead), este plasat la începutul cadrului de transport; este independent de „payload” și se transmite chiar dacă nu avem date utile, având printre altele și rol de delimitare cadru de transport.
 - „Overhead-ul” este practic un minicontainer cu diferite informații necesare pentru transmisie și include un poantor (rândul numărul 4) pe 9 octeți, care dă poziția containerului în cadrul de transport.
 - Înainte ca un container să fie plasat în cadrul de transport, valoarea poantorului este calculată și apoi containerul este plasat în poziția corespunzătoare din cadru.
 - Poantorul permite de asemenea și o adaptare dinamică a containerului la cadrul de transport, containerul putând fi mișcat în ambele direcții prin modificarea offsetului relativ la începutul cadrului; dacă se realizează o „cross-conecxiune”, adică containerul este luat de pe o „bandă de transport” și este plasat pe altă bandă, este evaluată noua valoare a poantorului și se determină noua poziție a containerului.
 - Frecvența de transmisie a cadrelor STM-1 este de 8000 de cadre pe secundă, un cadru având o durată de 125μs.

- Capacitatea de transport globală a cadrului STM-1 este de $270 \text{ coloane} \cdot 9 \text{ rânduri} \cdot 8 \text{ biți} \cdot 8000 \text{ cadre / secundă} = 155,52 \text{ Mbps}$, din care o capacitate de $261 \text{ coloane} \cdot 9 \text{ rânduri} \cdot 8 \text{ biți} \cdot 8000 \text{ cadre / secundă} = 150,336 \text{ Mbps}$ este alocat datelor utile, iar restul de $9 \text{ coloane} \cdot 9 \text{ rânduri} \cdot 8 \text{ biți} \cdot 8000 \text{ cadre / secundă} = 5,184 \text{ Mbps}$ se alocă pentru „overhead”.

Observație: structura de tip matrice a cadrului de transport se formează numai în punctele de prelucrare a informației, adică multiplexoare, comutatoare, regeneratoare, transmisia realizându-se serial bit cu bit. Transmisia octeților din matrice se realizează pe linii începând cu colțul stânga sus, în cadrul unui octet biții fiind transmiși începând cu MSB.

- ❖ De observat de asemenea că structura de matrice descrisă se assemblează și în regeneratoare, adică regeneratoarele au și funcții de control al calității legăturii și identificare-semnalizare defecte, fiind mai mult decât simple regeneratoare a impulsurilor transmise pe linie.

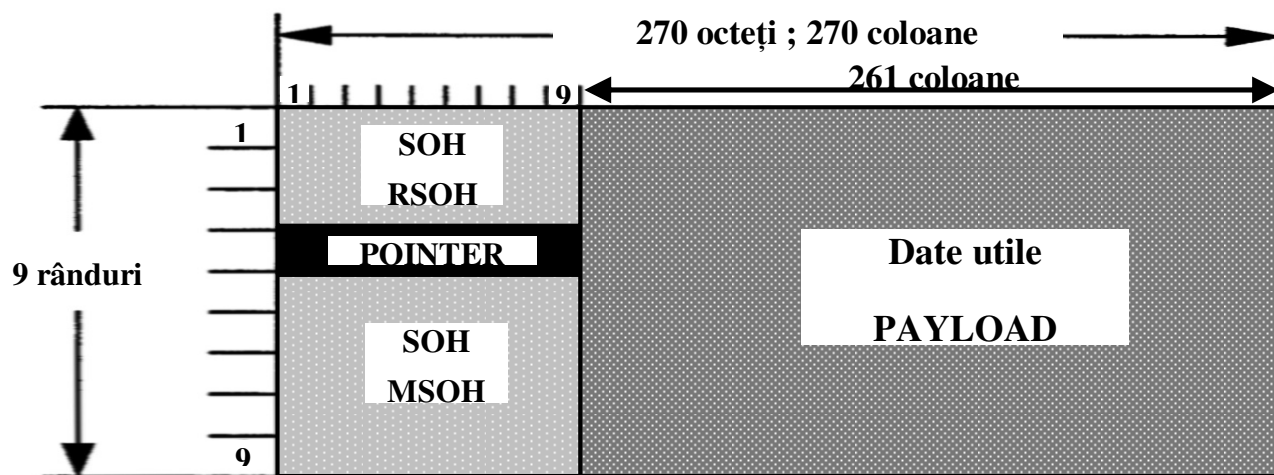


Fig. 14 Structura cadrului de transport STM-1

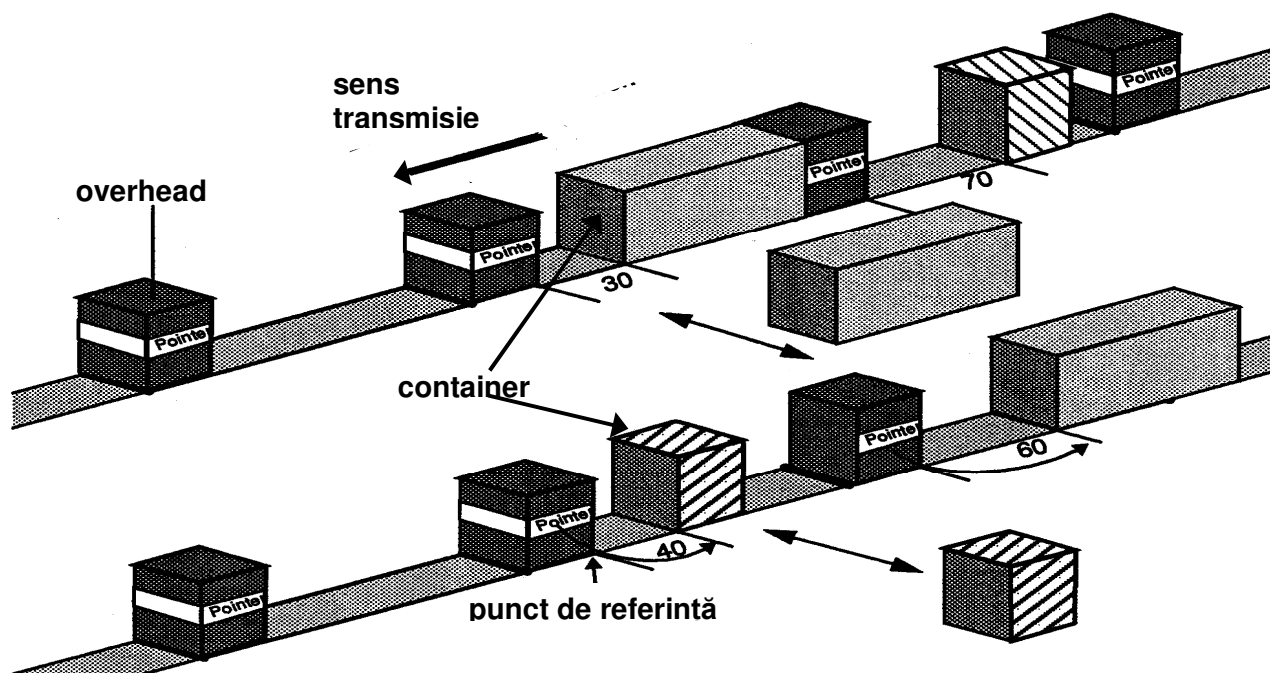


Fig. 15 Exemplu de utilizare a poantorilor SDH pentru poziționarea containerelor pe banda de transport în cazul comutării unor fluxuri de date între diferite cadre de transport

- Sistemul de multiplexare sincron SONET este destinat în special (dar nu numai) multiplexării cadrelor PDH corespunzătoare sistemului de multiplexare plesiocron american, fapt ce impune o structură diferită a cadrului de transport de bază, numit STS-1 („Synchronous Transport Signal”).
- Datorită necesității unei standardizări universale la debite ridicate, cadrele SONET au fost proiectate astfel încât să fie compatibile cu cadrele de transport SDH.
 - Cadrul STS-1 reprezintă practic o treime din cadrul STM-1, adică același număr de rânduri dar un număr de coloane de trei ori mai mic.
 - Structura cadrului de transport de bază STS-1 este dată în figura 16, iar în tabelul 2 se prezintă nivelele ierarhice de multiplexare SONET și în paralel se dă și echivalența cu nivelele ierarhice SDH.

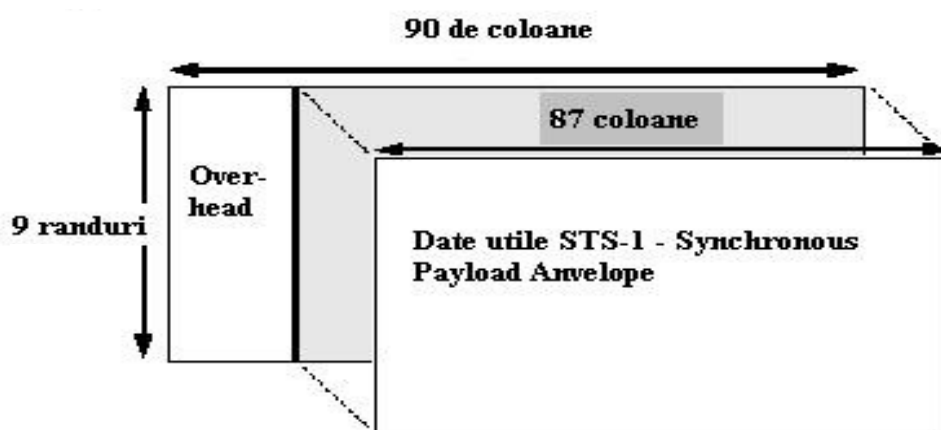


Fig. 16 Structura cadrului de transport SONET STS-1

Nivel ierarhic SONET	Structură (nr. coloane)	Debit	Nivel ierarhic SDH
STS-1 (OC-1)	90	51,840Mbps	STM-0
STS-3 (OC-3)	270 (90*3)	155,520Mbps	STM-1
STS-12 (OC-12)	1080 (90*12)	622,080Mbps	STM-4
STS-48 (OC-48)	4320 (90*48)	2488,320Mbps	STM-16
STS-192 (OC-192)	17280 (90*192)	9953,280Mbps	STM-64
STS-768 (OC-768)	69120 (90*768)	39813,12Mbps	STM-256

Tab. 2 Ierarhia de multiplexare SONET. Structura cadrelor de transport și debitele binare asociate și echivalență cu ierarhia de multiplexare SDH

Observație: nivelul (cadrul) STM-0 nu se utilizează de regulă !!! Notățiile STS și OC reprezintă practic același lucru – STS se referă la semnalul electric, iar OC se referă la semnalul optic.

- Cadrele de transport de ordin superior STM-N și STS-N sunt generate prin intercalarea cadrelor individuale STM-1 respectiv STS-1. Multiplexarea se realizează coloană cu coloană pentru informația de „payload” și la fel se multiplexează și octeții de pointer.
- Octeții din SOH nu se multiplexează ci se generează separat pentru fiecare cadru STM-N sau STS-N în parte. Modul de alcătuire a cadrului STM-4 din 4 cadre STM-1 este ilustrat în figura 17.

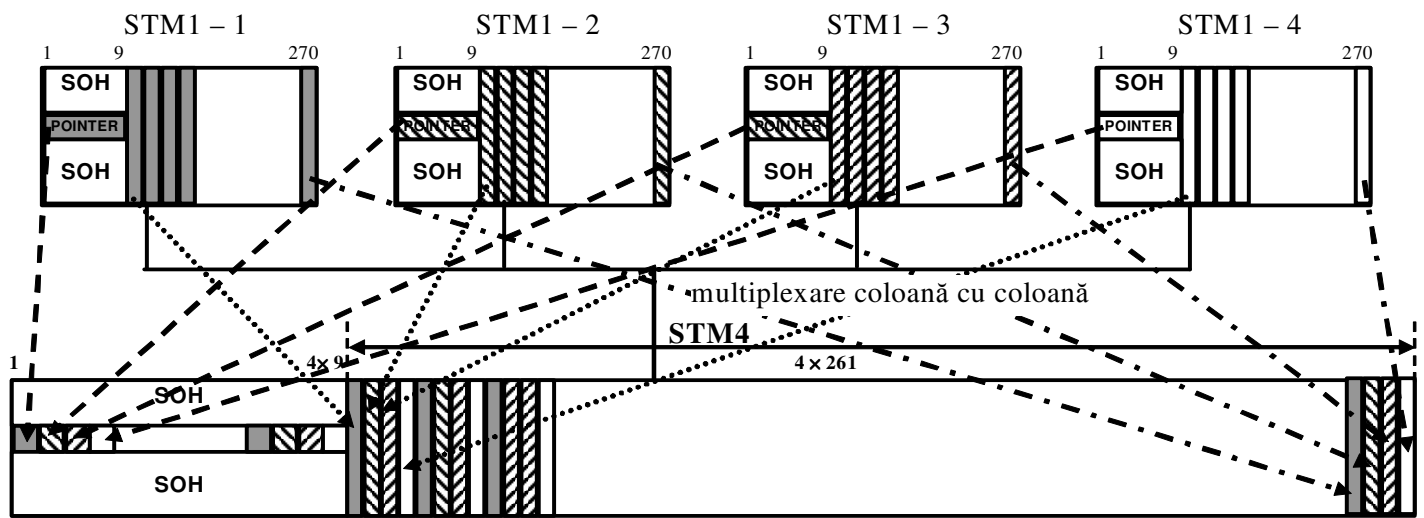


Fig. 17 Multiplexarea cadrelor de transport STM-1 într-un cadru de transport STM-4