

UNIVERSITATEA POLITEHNICA FACULTATEA DE
ELECTRONICĂ, TELECOMUNICAȚII ȘI TEHNOLOGIA
INFORMAȚIEI
SPECIALIZAREA Ingineria Sistemelor de Calcul

LUCRARE DE DISERTAȚIE

ÎNDRUMĂTOR ȘTIINȚIFIC
Conf. dr. ing. ȘTEFAN STĂNCESCU

MASTERAND
ALIN MANACHE

ANUL 2010

Universitatea Politehnica București, Facultatea de Electronică
Telecomunicații și Tehnologia Informației

Lucrare de disertație

Tehnici SNMP de optimizare a traficului xDSL, pe
baza analizei SNR a canalelor liniei

Îndrumător științific
Conf. dr. ing. Ștefan Stăncescu

Masterand
Alin Manache

CUPRINS

Capitolul 1. Introducere	9
Capitolul 2. Servicii xDSL.....	13
2.1 Tehnologii de acces	14
2.2 Servicii simetrice.....	17
2.2.1 SDSL (Single Line Digital Subscriber Line)	17
2.2.2 HDSL (High Speed Digital Subscriber Line)	17
2.2.3 SHDSL	18
2.2.4 ISDN si IDSL	18
2.3 Servicii asimetrice	19
2.3.1 ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line)	19
2.3.2 ADSL Lite	23
2.3.3 ADSL2 și ADSL2+	24
2.3.4 G.lite ADSL	26
2.4 Servicii simetrice și asimetrice	26
2.4.1 VDSL (Very High Bit Rate DSL)	26
2.4.2 VDSL2	27
Capitolul 3. Nivelului fizic xDSL.....	30
3.1 Structura buclei locale în prezent	30
3.2 Repartitorul principal (MDF – Main Distribution Frame)	34
3.3 Subrepartitoarele (SR)	36
3.4 Cutiile de distribuție	36
3.5 Cablurile terminale	36
Capitolul 4. Semnale folosite în modulația DSL.....	39
4.1 Modulația în banda de bază.....	40
4.1.1 PAM (Modulația în Amplitudine a Impulsurilor).....	41
4.2 Modulația în benzi superioare benzii de bază.....	42
4.2.1 Modulația în banda de trecere cu o purtătoare.....	43

4.2.1.1 QAM (Modulația de Amplitudine în Cuadratură).....	44
4.2.2 Modulația cu mai multe purtătoare	45
4.2.3 Modulația DMT	47
4.2.3.1 Necesitatea	47
4.2.3.2 DMT	47
4.3 Circuite de modulație xDSL	
4.2.4 Conversia paralel-serie și introducerea intervalului de gardă	50
4.2.5 Conversoarele D/A, A/D și filtrele de emisie și recepție.....	52
4.2.6 Demodularea DMT.....	52
4.2.7 Eficiența spectrală a transmisiilor DMT.....	54
4.2.8 Aplicații ale modulației DMT	54
4.2.8.1 Estimarea debitului binar util (payload) ce poate fi asigurat de o transmisie ADSL.....	56
4.2.8.2 Estimarea constelației optime pentru o pereche de fire dată	60
4.2.8.3 Metoda Water Pouring si bit-loading	61
4.2.8.4 Alocarea bitilor si egalizarea de canal.....	62
Capitolul 5. Metode de control al traficului xDSL: SELT	72
5.1 Introducere	72
5.2 Eforturi de standardizare	74
5.3 Inovații arhitecturale ale SELT	75
5.3.1 Adunarea datelor (măsurarea)	76
5.3.2 Analiza Datelor	78
5.4 SELT vs. DELT	79
Capitolul 6. SNMP	85
6.1 Evoluție în timp	85
6.2 SNMP.....	86
6.3 MIB	86
6.3.1 Anatomia MIB	89
6.4 ASN.1 snmp v1	92
6.5 SNMP v2	94
6.6 SNMP v3	96
6.7 Utilizare SNMP.....	97

Capitolul 7 . Surse de zgomot xDSL: Studiu asupra diafoniei și paradiafoniei	113
7.1 Densități de putere spectrală pentru diferite sisteme xDSL	114
7.1.1 Densitatea spectrală de putere la ADSL	114
7.1.2 Densitatea spectrală de putere la HDSL, ISDN și T1.....	117
7.2 Paradiadiafonia (NEXT): Ecuații și rezultate	120
7.3 Telediafonia (FEXT): ecuații și rezultate	123
Capitolul 8 . Concluzii	126
Capitolul 9. Aplicatia x-lite	130
Capitoul 10 . Glossar	127
Capitoul 11 . Bibliografie	130
ANEXA A	131
Anexa A.1 : Calcularea densitatii spectrale de putere pentru serviciul ADSL	131
Anexa A.2 : Calcularea densitatii spectrale de putere pentru alte servicii decat ADSL	133
Anexa A.3 : Calcularea paradiafoniei	134
Anexa A.4 : Calcularea telediafoniei	135
ANEXA B	137
Anexa B.1 Efectele introducerii unei derivații în gol pe o linie bifilară	137

Scurt istoric

Perechea torsadată folosită pentru transmisiuni a fost brevetată în anul 1881, la 5 ani după descoperirea telefonului. Pași importanți în dezvoltarea comunicațiilor au fost făcuți odată cu ameliorarea răspunsului liniei prin instalarea de bobine de încărcare la intervale regulate (pupinizarea) și prin amplificarea electronică apărută în anii '20 în același timp cu comutația automată.

În anii '50 modulația cu multiplexare în frecvență pe bucla de abonat a constituit un nou pas înainte, alături de apariția în anii '60 a digitalizării PCM cu transmisie pe 64 Kb/sec (eșantioane pe 8 biți la 8 KHz) și multiplexarea temporală pe o pereche torsadată sau cablu coaxial (și apoi pe fibră optică pentru distanțele mari).

Pentru distanțe scurte între abonat și centrala telefonică tendința actuală este îndreptată către transmisia digitală prin utilizarea de noi suporturi, cum ar fi microundele și fibra optică, ce pot oferi o bandă de trecere foarte mare. În paralel s-a studiat posibilitatea folosirii infrastucturii existente, reprezentate de bucla locală, prin mărirea capacității de transmisie folosind tehnologii noi care alcătuiesc o nouă clasă de servicii numită xDSL.

Un debut timid s-a realizat în anii '50 sub două forme. Prima utiliza un modem în frecvență acustică cu un microfon și difuzor lipite de microreceptor pe o rețea comutată PSTN (Rețea Telefonică Publică Comutată) la două fire, iar a doua versiune a fost folosită pe o rețea privată de 4 fire. Transmisia a fost făcută prin modulație FSK (Frequency Shift Key) la 300biți/s sau 1200 biți/s. S-a folosit apoi modulația QPSK (Quadrature Phase Shift Key) care a permis transferul pe un canal de 1200 Hz cu 2400 bps. În 1967 este folosit pentru prima dată modemul cu egalizare ajustabilă și modulație 8-PSK : 4800 bps pe canal de 1600 Hz. Egalizarea adaptivă numerică a permis o creștere de debit la 9600 bps utilizând o nouă schemă de modulație de amplitudine în cuadratură QAM (Quadrature Amplitude Modulation). Pasul următor a fost reprezentat de generalizarea implementării QAM cu constelații de până la 64 puncte, ceea ce a dus

la debite de 14400 bps și la 56 kbps astăzi.

Debitele actuale de 33,6 kbps și 56 kbps nu ar fi putut fi realizate dacă nu s-ar fi utilizat conexiunea directă pe linie. Performanțele actuale se datorează și înlocuirii impulsurilor digitale cu tonuri prin dezvoltarea unui cod sofisticat care permite un câștig de codare mare (până la 6 dB) și printr-o dezvoltare a circuitelor egalizatoare numerice în tehnologie VLSI care mențin forma semnalului.

În prezent, un număr însemnat de utilizatori folosesc rețeaua telefonică pentru a accesa comunicațiile de date digitale. Chiar dacă viteza unui modem analogic a fost marită la 54 kbps, aceasta nu este suficientă pentru a ține pasul cu serviciile multimedia actuale de Internet.

Transmisia digitală pe bucla locală a fost realizată la mijocul secolului trecut și a fost diversificată și îmbunătățită substanțial de atunci. În anii '80 bucla locală a fost folosită ca o rețea de acces pentru serviciile digitale, fiind utilizată lățimea de bandă reală a acesteia (nu doar banda de voce). Limitarea în banda de voce a fost impusă în special de echipamentele terminale și nu de caracteristicile buclei.

Capitolul 1. Introducere

Tehnologia DSL (Digital Subscriber Line) a deschis o nouă frontieră recunoscând că largimea de bandă pe buclele de cupru locale nu trebuie limitată de aplicație, voce sau POTS (Plain Old Telephony Service). Este o soluție facilă și ușor de implementat peste rețeaua telefonică deja existentă. Arhitectura sistemelor DSL permite companiilor telefonice să folosească infrastructurile de perechi torsadate pentru a crea rețelele de acces de bandă largă. Combinația dintre infrastructura de cupru existentă și tehnologiile de transmisie pe linia digitală de abonat a dus la crearea unei noi ere de acces prin bandă largă, care este încă într-o continuă expansiune. Chiar și cu rețeaua de fibră optică, tehnologiile DSL vor fi necesare pentru accesul din ultima porțiune a rețelei către utilizatori. În mod normal, serviciile xDSL folosesc banda cuprinsă între 1 și 15 MHz. În timp ce calea semnalului vocal folosește frecvențe sub 4 kHz, o largime de bandă mai mare poate fi obținută prin aplicarea noilor coduri de linie și a tehnologiilor DSP (Digital Signal Processor). Totalul disponibil al lărgimii de bandă folosibile peste o buclă este dependent de un număr de factori, incluzând lungimea buclei, impedanța, puterea semnalului, frecvența și tehnici de codare a liniei. Cu cât e mai mare frecvența, cu atât e mai mare atenuarea și cu atât mai mic devine semnalul când este recepționat la destinație. . Aceste rețele nu au fost gândite pentru comunicațiile de date digitale. Este relativ simplu să se creeze sisteme de transmisie care să fie fiabile în laboratoare de simulare, dar este mult mai dificil să se folosească la aceeași capacitate, la care au fost proiectate, în mediile ostile din rețeaua reală.

În **Figura 1.1** este prezentat modelul de referință simplificat, care se realizează în transmisiunea pe linia telefonică, folosind tehnologiile ADSL.

Prezentarea simplificată a schemei de mai sus ar fi următoarea : fiecare telefon are două fire de cupru conectate direct la cel mai apropiat centru de comutație local (CO). Distanța este în mod uzual între 1 și 10 Km, fiind mai mică în zonele urbane decât în cele rurale. Legătura realizată între telefon și centru de comutație local se numește în termeni tehnici *bucă locală*. În ultimii 100 de ani, bucla locală a folosit semnalizarea

analogică și probabil va continua să o folosească încă mult timp de acum încolo, datorită costului ridicat al conversiei la digital.

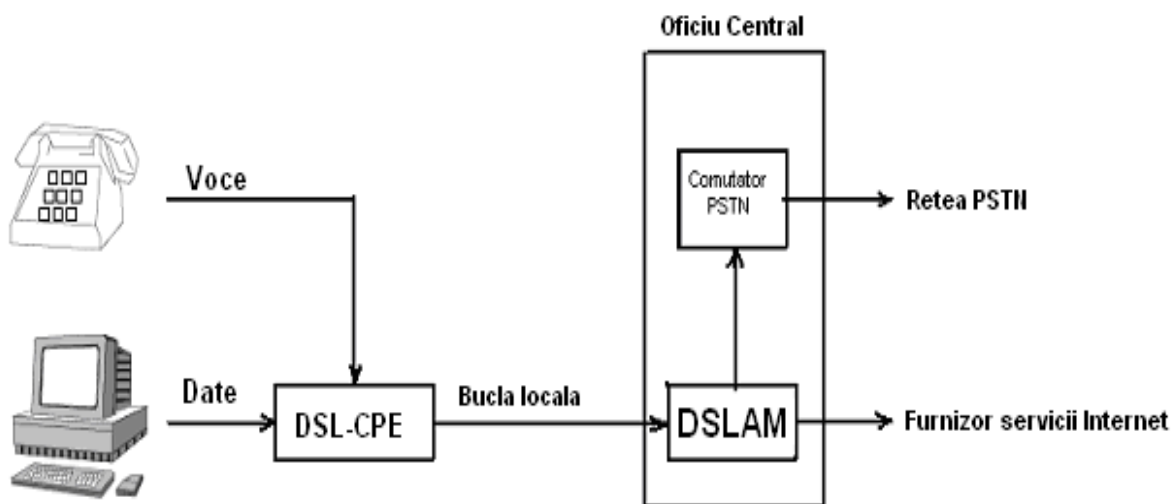


Figura 1.1: Modelul de referință simplificat ADSL

Atunci când un calculator trebuie să transmită date numerice pe o linie telefonică, datele sunt convertite în formă analogică pentru a putea fi transmise pe bucla locală. Această conversie este făcută cu ajutorul *modemului*. La oficiul local al companiei telefonice aceste date sunt convertite la o formă digitală pentru a fi transmise pe cabluri de capacitate mare pe anumite distanțe. Codificarea analogică a semnalului constă în modificarea tensiunii electrice în timp, pentru a putea reprezenta un șir de date.

La capătul celălalt al buclei locale, în centru de comutație local, este instalat un separator de frecvențe unde este filtrată partea de voce și este trimisă către un comutator local. Semnalul de date este rutat către un nou tip de dispozitiv numit *DSLAM* (Digital Subscriber Line Access Multiplexor), care conține același tip de procesor de semnal digital ca și modemul ADSL din partea de abonat. Odată ce semnalul recepționat a fost convertit într-un șir de biți, sunt formate apoi pachete de date și transmise ISP-istului.

Această separare completă între sistemul de voce și serviciul ADSL simplifică furnizarea serviciilor de către companiile telefonice. ADSL este un standard pentru

nivelul fizic, iar ceea ce rulează la nivelurile superioare depinde de distribuitorul de internet (ISP).

DSL, care se scrie de obicei și „xDSL”, indică faptul că avem de a face cu o familie de standarde și tehnologii create pentru a furniza legături de date de mare viteză pe fire de cupru. Indicele „x” poate fi înlocuit de H, S, I, V sau A depinzând de tipul de serviciu la care ne referim.

DSL reprezintă generația de modemuri ale viitorului care folosește avantajul faptului că bucla locală este un mediu de bandă largă la îndemână. Limitările impuse de banda vocală limitează modemurile convenționale la 33,6-56 kbps numai în centrala telefonică. Diferența majoră față de modemurile clasice analogice nu este dată de tehnologia sau debitul de date utilizate ci de aplicația folosită. Modemul analogic este fizic localizat la originea și la destinația traficului de date al clientului, cum ar fi de exemplu la un furnizor de servicii. Liniile telefonice folosite de semnalele convenționale de voce sunt conectate la un codec de voce (codor-decodor) în centrala telefonică care convertește semnalul de voce cu frecvența maximă de 4 KHz într-un semnal digital de 64 kbps, care va fi rutat apoi prin rețeaua telefonică publică (PSTN). Prin contrast cu DSL, apelul telefonic operează doar ca o conexiune PSTN capăt-la-capăt, ceea ce înseamnă că există o cale fixă stabilită prin rețea care va rămâne activă până când conexiunea este închisă. Folosind tehnologia xDSL, un modem trebuie să fie localizat în centrala telefonică locală și va trebui să refacă datele și să le transmită în rețea pentru a ajunge la destinație. Există două categorii generale de DSL: simetric și asimetric. DSL-ul simetric (SDSL) furnizează același debit în ambele direcții (upstream și downstream). DSL-ul asimetric (ADSL) furnizează mai mult debit pe downstream (pentru rețeaua user-ului) decât pe upstream.

Liniile digitale simetrice pentru abonat includ :

- SDSL
- SHDSL
- HDSL
- HDSL2
- IDSL.

Liniile digitale asimetrice pentru abonat includ :

- ADSL
- G.lite ADSL.

Formatul standardelor pentru ADSL (ITU G.992.3, G.992.5 si ANSI T1.413) au la baza aceeasi schema de modulatie : DMT (Ton Multiplu Discret).

Mai exista si serviciile simetrice si asimetrice :

- VDSL
- VDSL2.

Versiunile diferite de xDSL se pot utiliza în două categorii care depind de banda pe care o utilizează datele pe perechea de cupru : banda de bază sau banda de trecere. HDSL, ISDN și IDSL folosesc o bandă în apropierea benzii de bază, iar SDSL, ADSL și VDSL folosesc banda de trecere. Sistemele în banda de bază au un spectru de frecvențe care se extinde în jos până la valoarea nulă, în timp ce banda de trecere are un spectru cu limita de jos mai ridicată.

ISDN, IDSL și HDSL folosesc o tehnică simplă de codare pe linie pentru a transporta datele - codarea 2B1Q dezvoltată originar pentru tehnologia ISDN. Această codare permite transmisia a doi biți în același timp cu patru nivele de tensiune diferite ale semnalului (quaternar). Codare s-a folosit cu succes pentru a înjumătăți banda semnalului și perechea torsiada să aibă pierderi mai mici la frecvențele joase. Această tehnologie este denumită în banda de bază deoarece spectrul de energie generat de fluxul de date după codare se găsește între valoarea de 0 Hz și o valoare mai ridicată determinată de rata liniei.

În ciuda unor scheme de codare relativ simple, implementarea sistemelor în banda de bază este complexă deoarece necesită circuite hibride pentru a cupla recepția și transmisia pe o pereche torsiada într-o manieră care să nu ducă la interferențe între cele două sensuri de transmisie. Semnalul transmis poate fi de 10.000 de ori mai puternic decât cel recepționat, iar circuitul hibrid trebuie să fie precis și performant pentru a nu permite transmițătorului să „înece” semnalul mai slab de la recepție. O altă complexitate în implementarea unui sistem în banda de bază este dată de prezența ecoului, care necesită utilizarea unui compensator de ecou pentru minimizarea efectelor. Banda de trecere este alegerea perfectă pentru serviciile de bandă largă cand

unul din scopurile urmărite este păstrarea canalului de voce în limita 0-4 kHz.

Capitolul 2: xDSL : prezentare generală a serviciilor

Transmisia digitală pe bucla locală a fost realizată la mijocul secolului trecut și a fost diversificată și îmbunătățită substanțial de atunci. În anii '80 bucla locală a fost folosită ca o rețea de acces pentru serviciile digitale, fiind utilizată lățimea de bandă reală a acesteia (nu doar banda de voce). Limitarea în banda de voce a fost impusă în special de echipamentele terminale și nu de caracteristicile buclei.

Din punct de vedere economic, sistemele folosite pentru transmiterea semnalelor digitale pe linia de abonat, nu au fost fezabile niciodată pentru aplicațiile pe scară largă și, de asemenea, nu puteau substitui accesul analog în rețeaua telefonică. Începând cu anii '80 a crescut interesul pentru transformarea buclei locale dintr-un sistem pasiv de bandă vocală într-o rețea de acces pentru servicii digitale. În urma unor cercetări intense a fost utilizat primul sistem pilot folosit pentru transmisie digitală în USA (56 kbps) și în Japonia (64kbps). Aceste sisteme au fost predecesoarele actualelor metode de bază pentru accesul prin serviciul ISDN.

DSL, care se scrie de obicei și „xDSL”, indică faptul că avem de a face cu o familie de standarde și tehnologii create pentru a furniza legături de date de mare viteză pe fire de cupru. Indicele „x” poate fi înlocuit de H, S, I, V sau A depinzând de tipul de serviciu la care ne referim.

DSL reprezintă generația de modemuri ale viitorului care folosește avantajul faptului că bucla locală este un mediu de bandă largă la îndemână. Limitările impuse de banda vocală limitează modemurile convenționale la 33,6-56 kbps numai în centrala telefonică. Diferența majoră față de modemurile clasice analogice nu este dată de tehnologia sau debitul de date utilizate ci de aplicația folosită. Modemul analogic este fizic localizat la originea și la destinația traficului de date al clientului, cum ar fi de exemplu la un furnizor de servicii. Liniile telefonice folosite de semnalele convenționale de voce sunt conectate la un codec de voce (codor-decodor) în centrala telefonică care

convertește semnalul de voce cu frecvența maximă de 4 KHz într-un semnal digital de 64 kbps, care va fi rutat apoi prin rețeaua telefonică publică (PSTN). Prin contrast cu DSL, apelul telefonic operează doar ca o conexiune PSTN capăt-la-capăt, ceea ce înseamnă că există o cale fixă stabilită prin rețea care va rămâne activă până când conexiunea este închisă.

Folosind tehnologia xDSL, un modem trebuie să fie localizat în centrala telefonică locală și va trebui să refacă datele și să le transmită în rețea pentru a ajunge la destinație.

Liniile digitale simetrice pentru abonat includ :

- ✓ SDSL,
- ✓ SHDSL,
- ✓ HDSL,
- ✓ HDSL2,
- ✓ IDSL.

Liniile digitale asimetrice pentru abonat includ :

- ✓ ADSL,
- ✓ G.lite ADSL.

Formatul standardelor pentru ADSL (ITU G.992.3, G.992.5 și ANSI T1.413) au la baza aceeași schema de modulație : DMT (Ton Multiplu Discret).

Mai există și serviciile simetrice și asimetrice :

- ✓ VDSL,
- ✓ VDSL2.

Versiunile diferite de xDSL se pot utiliza în două categorii care depind de banda pe care o utilizează datele pe perechea de cupru : banda de bază sau banda de trecere. HDSL, ISDN și IDSL folosesc o bandă în apropierea benzii de bază, iar SDSL, ADSL și VDSL folosesc banda de trecere. Sistemele în banda de bază au un spectru de frecvențe care se extinde în jos până la valoarea nulă, în timp ce banda de trecere are un spectru cu limita de jos mai ridicată.

ISDN, IDSL și HDSL folosesc o tehnică simplă de codare pe linie pentru a transporta datele - codarea 2B1Q dezvoltată originar pentru tehnologia ISDN. Această

codare permite transmisia a doi biți în același timp cu patru nivele de tensiune diferite ale semnalului (quaternar). Codare s-a folosit cu succes pentru a înjumătăți banda semnalului și perechea torsadata să aibă pierderi mai mici la frecvențele joase. Această tehnologie este denumită în banda de bază deoarece spectrul de energie generat de fluxul de date după codare se găsește între valoarea de 0 Hz și o valoare mai ridicată determinată de rata liniei.

În ciuda unor scheme de codare relativ simple, implementarea sistemelor în banda de bază este complexă deoarece necesită circuite hibride pentru a cupla recepția și transmisia pe o pereche torsadata într-o manieră care să nu ducă la interferențe între cele două sensuri de transmisie. Semnalul transmis poate fi de 10.000 de ori mai puternic decât cel recepționat, iar circuitul hibrid trebuie să fie precis și performant pentru a nu permite transmițătorului să „înece” semnalul mai slab de la recepție. O altă complexitate în implementarea unui sistem în banda de bază este dată de prezența ecoului, care necesită utilizarea unui compensator de ecou pentru minimizarea efectelor.

Banda de trecere este alegerea perfectă pentru serviciile de bandă largă când unul din scopurile urmărite este păstrarea canalului de voce în limita 0-4 kHz.

În continuare vom face o scurtă prezentare a serviciilor DSL folosite în prezent.

2.1 Tehnologii de acces

Perechea torsadată de fire de cupru oferă o infrastructură pentru transfer și în ultimii ani au apărut o serie de tehnologii, grupate în general ca xDSL. Varianta DSL (Digital Subscriber Line) care are succes, ISDN, s-a impus în Germania și Comunitatea Europeană. Pentru a avea o linie DSL ne trebuie două modemuri, câte unul la fiecare capăt al liniei care vor realiza linia digitală. Centralele moderne digitale oferă direct interfețe la care ne putem conecta cu un modem DSL, care este de fapt un modem ISDN- B . Banda de frecvență în care lucrează modemurile DSL este de 0kHz-80kHz (120kHz, în unele implementări din Europa). În această bandă de frecvență se realizează două canale B (Basic Rate sau DS0 - de 64kbps fiecare), un canal D (Delta - 16kbps) și semnale de administrare a legăturii. De fapt în America de Nord și Japonia se distribuie

fracțiuni din legături PRI (23B+D) cu interfață fizică T1 (DS1), iar în Europa avem PRI (30B+D) cu interfață E1). Rezultă transfer duplex (în ambele direcții) de 160kbps pe cablu de 24 AWG la maxim 5,5km. ISDN a fost o tehnologie dezvoltată încă din 1980 și descrisă în ITU-T Red Book în 1984, care a introdus prelucrarea semnalului complex digital. Specificația ITU I.431 impune circuite de eliminare a ecoului la ambele capete ale liniei pentru separarea semnalului emis de cel recepționat.

Multiplexarea și demultiplexarea canalelor are loc în echipamentul atașat liniei. De obicei, modemurile DSL utilizau două linii POTS (Plain Old Telephone Service) tradiționale pentru conectare. Variantele moderne Pair-Gain (cu câștig de pereche) de modemuri DSL fac conversia a două linii POTS pe una singură, eliminând necesitatea uneia din liniile fizice. Cercetătorii din telecomunicații au căutat de multă vreme să îmbunătățească transferul pe linii. Încă din primii ani ai deceniului șase, cei de la Bell Labs au creat o tehnologie de digitizare a vocii și multiplexare cu care se puteau obține transferuri de voce digitizată în fluxuri de 64kbps (8000 de eșantioane pe 8 biți) și care se încadrau câte 24 rezultând un cadru de 193 biți și convenții de despachetare la recepție pentru ca fiecare grupă de 8 biți să ajungă la destinația corectă. Transferul de date echivalent rezultat era de 1,544 Mbps și se cunoaște sub numele DS1 sau T1.

Instalările inițiale pe cablu de cupru au fost deja înlocuite cu fibră de sticlă. Echivalentul european este E1 care oferă transfer la 2,048Mbps, pentru distanțe ceva mai scurte decât la T1 (5,5km). Firmele de telecomunicații au utilizat aceste linii pentru comunicații interne. Liniile sunt pretențioase din cauza protocolului AMI (Alternate Mark Inversion) cu ceas propriu și necesității de a pune repetoare pe linie. Banda de frecvență de 1,5MHz face ca doar un singur circuit T1 să poată exista într-un cablu cu 50 perechi torsadate. Desfășurarea pe scară largă de linii T1 / E1 ar impune crearea unei noi infrastructuri cablate, ceea ce costă mult. Azi liniile T1 / E1 sunt folosite la conectarea de centrale digitale de la firme la PSTN sau pentru alte aplicații ca interconectarea de routere, servere sau legături la ISP (Internet Service Provider).Datorită naturii asimetrice a transferurilor tipice de date de azi, adică un volum mare spre utilizator și mic înspre furnizorul de servicii, utilizarea de legături T1 / E1 scumpe se justifică doar în situații speciale. Exista mai multe tehnologii DSL, printre care VDSL (Very High Bit Rate DSL), ADSL (Asymmetric DSL), HDSL (High Bit Rate DSL), SDSL (Symetric DSL) și

IDSL (ISDN DSL). Aceste tehnologii diferă prin tehnicile de modulare, și prin compromisul distantă versus viteză pe care îl propun. Dintre toate aceste tehnologii, ADSL este la ora actuală cea mai populară din lume, datorită numeroaselor avantaje pe care le oferă.

2.2 Servicii simetrice

2.2.1 SDSL (Single Line Digital Subscriber Line)

SDSL operează pe o singură pereche torsadată și permite transportul de voce normală pe aceeași linie. Este oferit într-o varietate de debite cu rate începând de la 160 Kbps până la 2,048 Mbps și poate fi un bun candidat pentru rețelele cu servicii de bandă largă exceptând limitarea de distanță, care este de aproximativ 3,5 Km sau chiar mai puțin pentru rata maximă. La această distanță mai sunt și alte servicii care pot suporta rate mai mari în aval. Deoarece SDSL transmite și recepționează în aceeași bandă de frecvențe, în ambele direcții, există o limitare dată de paradiafonie la cei 3,5 Km.

Prin urmare SDSL oferă o familie mărginită de servicii atunci când utilizatorul este destul de aproape de centrală și când perechile sunt în număr insuficient, iar banda de date este importantă în amonte. Dacă rezerva de perechi este suficientă, tehnologia HDSL poate fi folosită la fel de bine. Legătura bidirecțională relativ mare va folosi firmelor care au volume mari de date de transferat în ambele direcții.

2.2.2 HDSL (High Speed Digital Subscriber Line)

Tehnologia HDSL este prima versiune de DSL introdusă și furnizează o legătură full duplex pe 2 perechi torsadate până la o distanță de 4 Km. Dezvoltată de Bellcore [7] la sfârșitul anilor '80 este destinată să fie o metodă economică care să poată satisface explozia cererilor venite din partea corporațiilor pentru serviciile DS1. Înainte de HDSL, DS1 putea fi oferit doar printr-o instalare de flux purtător T1 și folosea repetitoare pe linie sau fibre optice care trebuiau să fie instalate până la client. Ambele soluții erau

costisitoare iar HDSL a fost destinat să facă pregătirea viitoarelor conexiuni T1 sau E1, repede și ieftin, folosind perechile existente și utilizând un echipament în centrală și altul în clădirea clientului.

HDSL este interesant pentru că a fost pionierul serviciilor pe buclă, dar nu a fost un candidat la furnizarea serviciilor de bandă largă din mai multe motive. Unul din ele este dat de faptul că acest serviciu are nevoie de două perechi pentru a furniza un serviciu full de 1,544 Mbps sau 2,048 Mbps, existând și versiuni care oferă jumătate din această rată pe o singură pereche. Cu toate acestea, nici una din aceste versiuni, de rată întreagă sau jumătate, nu poate coexista cu serviciile de voce pe aceeași pereche, deoarece folosește o bandă largă care explorează și banda joasă utilizată de voce.

HDSL este un standard tehnic bine definit, suportat de mai mulți producători de echipamente și este răspândit în rețelele din întreaga lume.

2.2.3 SHDSL

SHDSL, cunoscut și ca G.SHDSL, este primul tip de DSL multi-rată standardizat, oferind viteze de până la 2.3Mbps pe o singură linie, respectiv până la 4.6Mbps pe două linii. SHDSL este disponibil la distanțe mai mari decât versiunile mai vechi de DSL și este mai puțin sensibil la diafonie. SHDSL este capabil să folosească infrastructura de cupru pentru a atinge rate de transfer mărite și prezintă disponibilitate la distanțe mai mari cu o influență redusă a zgomotului. SHDSL este mai potrivit ca tehnologie, pentru soluții business care necesită transfer de date de aceeași viteză în ambele direcții.

2.2.4 ISDN și IDSL

Rețeaua ISDN transmite date numerice și voce digitalizată (standardul există din 1988) și a fost creată să înlocuiască linia analogică tradițională (POTS).

Cu toate că traficul de date ISDN este rutat prin rețeaua comutată ca un apel telefonic obișnuit și nu printr-un concentrator DSLAM, serviciul ISDN este considerat predecesorul serviciilor xDSL. ISDN cu acces de bază cuprinde două canale de 64 Kbps utilizabile pentru servicii de voce și de date și un canal de date folosit pentru

semnalizarea cu comutatorul de 16 Kbps. Al doilea serviciu ISDN, numit *acces primar*, oferă 30B+2D canale la 64 Kbps (la fel ca PCM30) pe două perechi torsadate cu repetori până la 2 Km sau utilizând sisteme HDSL.

ISDN cu acces de baza (2B+D) exploatează o bandă de trecere de la 0-80 KHz în SUA și 0-120 KHz în Europa, pentru un debit de 160 Kbps pe o pereche torsadată de cupru lungă de până la 20 Km folosind 4 repetitoare.

IDSL este o altă tehnologie care înseamnă ISDN-DSL și care este redundantă față de ISDN. Furnizează 128 Kbps capacitate de transport de date. În multe privințe este identică cu ISDN, exceptând terminalul folosit la comutator care de obicei este un ruter și tratează traficul într-un mod specific. IDSL furnizează mai curând un acces dedicat decât un serviciu comutat și nu poate furniza trafic de voce la fel ca ISDN. Oferă companiei de telefonie avantajul eliberării convorbirilor lungi din comutatoare și beneficiază de compatibilitate cu sistemele companiei pentru previziune, administrare și întreținere a sistemelor ISDN. La fel ca ISDN necesită o singură pereche și poate acoperi distanțe de până la 6 Km, dar nu va fi compatibil cu serviciile de voce analogice deoarece în acest caz utilizează un canal digital de 128 Kbps. Nu poate face o rezervă de 4 KHz pentru un canal analog. Are dezavantajul unei benzi prea mici și a incompatibilității cu serviciile de voce.

2.3 Servicii asimetrice

2.3.1 ADSL (Linie Digitală Asimetrică de Abonat)

ADSL (Asimetric Digital Subscriber Line) este o tehnologie de transmisie de date care realizează o conexiune de mare viteză pe liniile existente. Ea oferă transferuri de date permanent folosind aceeași pereche de cupru utilizată pentru serviciile telefonice de voce a serviciile vechi telefonice (POTS). Are viteze diferite pentru fluxurile ascendent și descendent folosite. Poate fi configurat pentru a oferi viteze de peste 120 de ori mai mari decât serviciul pe linie comutată și de 100 de ori mai rapide decât ISDN.

ADSL s-a născut în SUA ca o dorință de a furniza un flux de date descendent de la centrală la abonat, pe o pereche de 0,4 mm până la o distanță de aproximativ 6 Km, cu posibilitatea de a obține rate de 6 Mbps la distanța de aproximativ 3.5 Km. Rata

ascendentă poate fi între 64 și 640 kbps, iar partajarea canalului se face asimetric cu un debit de transmisie stabilit în funcție de distanța dintre abonat și centrală.

Sistemele ADSL folosite în Europa pot include și ISDN de bază printr-o reducere a benzii de transmisie cu 10% în partea de jos. Rata ascendentă maximă de 640Kbps va produce doar ocazional probleme la transferul fișierelor foarte mari de la client către rețea și totul este disponibil pe o pereche de cupru fără a întrerupe serviciile deja existente de voce.

În **Tabelul 2.1** prezentăm principalele debite și distanțe uzuale în sistemele ADSL pentru un diametru al firului de cupru folosit de 0,4 mm.

ADSL este o tehnologie matură având mulți ani de dezvoltare și experiențe, fiind în prezent limitată de politica de dezvoltare a firmelor de telefonie și de furnizorii de internet. Există mulți producători care oferă ADSL atât pentru centrale cât și pentru clienți dar dacă prețul modemului intră în aceeași gamă cu prețul unei legături de foarte bună calitate pe modem clasic, tariful serviciului este încă prohibitiv.

Tabelul 2.1

Europa fără ISDN		Europa cu ISDN		SUA (fără ISDN)	
Rata de bit (Mbps)	Distanța (Km)	Rata de bit (Mbps)	Distanța (Km)	Rata de bit (Mbps)	Distanța (Km)
2	3,9	2	3,5	1,5	4,6
6	2,8	6	2,5	6,1	2,7
8	2,2	8	2	*	*

În prezent există două standarde incompatibile în competiție. În SUA există standardul oficial generat de comitetul ANSI și un altul care a fost o vreme standardul de piață "de facto". Standardul ANSI T 1.413 [1] și mai curând Recomandarea ITU-T G.991.2 [2] utilizează în mod complex, dar robust, tehnologia de modulație

multipurtătoare DMT (Discrete Multitone), celălalt folosește o metodă mai simplă numită CAP (Carrierless Amplitude and Phase)- Modulație de Amplitudine și Faza fără Purtătoare.

Tehnologia CAP a fost dezvoltată mai mulți ani și a stat la baza multor teste și cu toate că nu a fost definită ca un standard, a fost introdusă în producție și a fost utilizată în diferite rețele din SUA. Susținătorii tehnologiei CAP argumentează că este mai mult decât adecvată pentru utilizare și are un consum de putere mai mic decât produsele DMT. Susținătorii DMT spun că tehnologia oferă cea mai bună performanță pe distanțe mari iar costul ei scade pe zi ce trece.

În **Figura 1.1** prezentată în paragraful anterior este prezentată metoda de transmisie utilizată de ADSL. Un echipament local este instalat la clientul ADSL și multiplexează semnalele de voce și de date pentru o transmisie pe bucla locală. La centrală, un multiplexor de acces DSL (DSLAM) va separa semnalul de voce și îl va ruta pe un circuit comutat în rețeaua telefonică iar traficul de date va fi direcționat separat printr-o rețea „backbone” la un furnizor de servicii de internet sau la rețeaua unei companii. În **Figura 2.1** este prezentată rețeaua ADSL mai detaliat.

DSLAM-ul este echipamentul care face de fapt ca DSL-ul să existe. DSLAM se ocupă de fluxurile de date de viteză mare care vin de la abonați și le agregă într-o singură conexiune de viteză mare (ATM sau Gigabit Ethernet) spre ISP și vice-versa. Aceste multiplexoare de DSL sunt în general flexibile și suportă un număr diferit de conexiuni DSL, diferite protocoale și tehnologii de modulație în același tip de DSL.

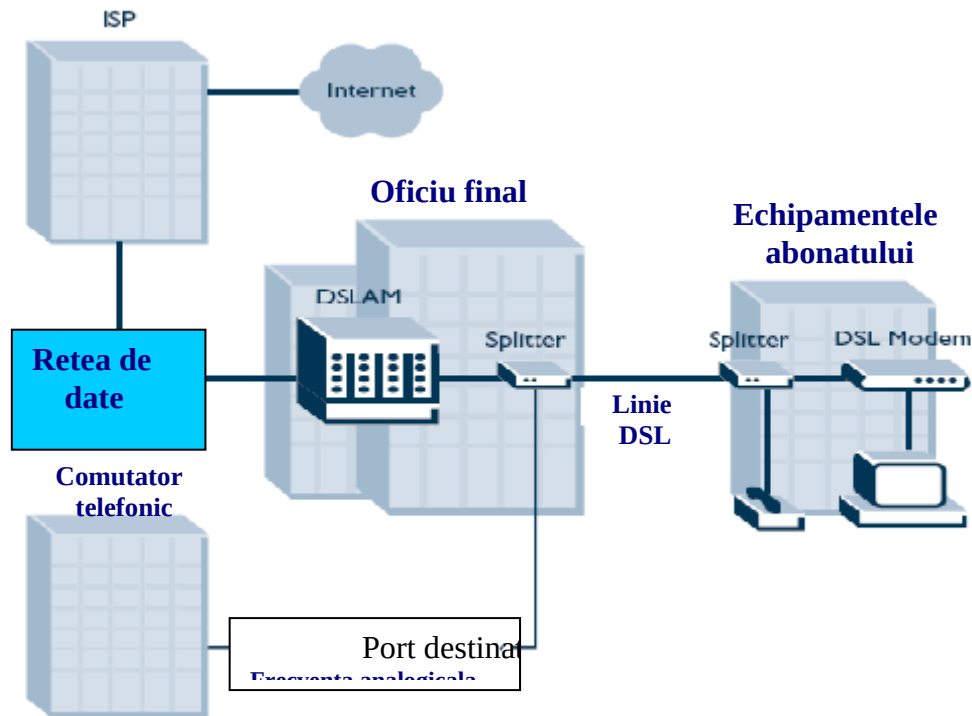


Figura 2.1: Rețea ADSL

Figura 2.2 descrie modul de împărțire a benzii în ADSL. Banda cea mai joasă (POTS) care transportă semnalul de voce între 0Hz și 4kHz este separată de semnalul de date cu un splitter (FTJ). ADSL alocă pentru transmisia de la client către centrală (upstream sau ascendentă) și pentru transmisia de la centrală către client (downstream sau descendentă) două benzi de frecvențe diferite, amândouă mult mai sus decât limita codecului de voce utilizat de centrală. Prin procesarea frecvențelor de până la 1 Mhz și chiar mai mult în DSLAM, localizat în centrală, se va permite atingerea ratei de transfer de date înalte.

Benzile de frecvență standard utilizate pentru ADSL sunt următoarele: fără ISDN: 0-4 kHz (POTS), 25-138 kHz (în amonte), 138-1104 Hz (în aval) Cu ISDN: 0-120 kHz (ISDN), 139-276 kHz (în amonte), 276-1104 kHz (în aval)

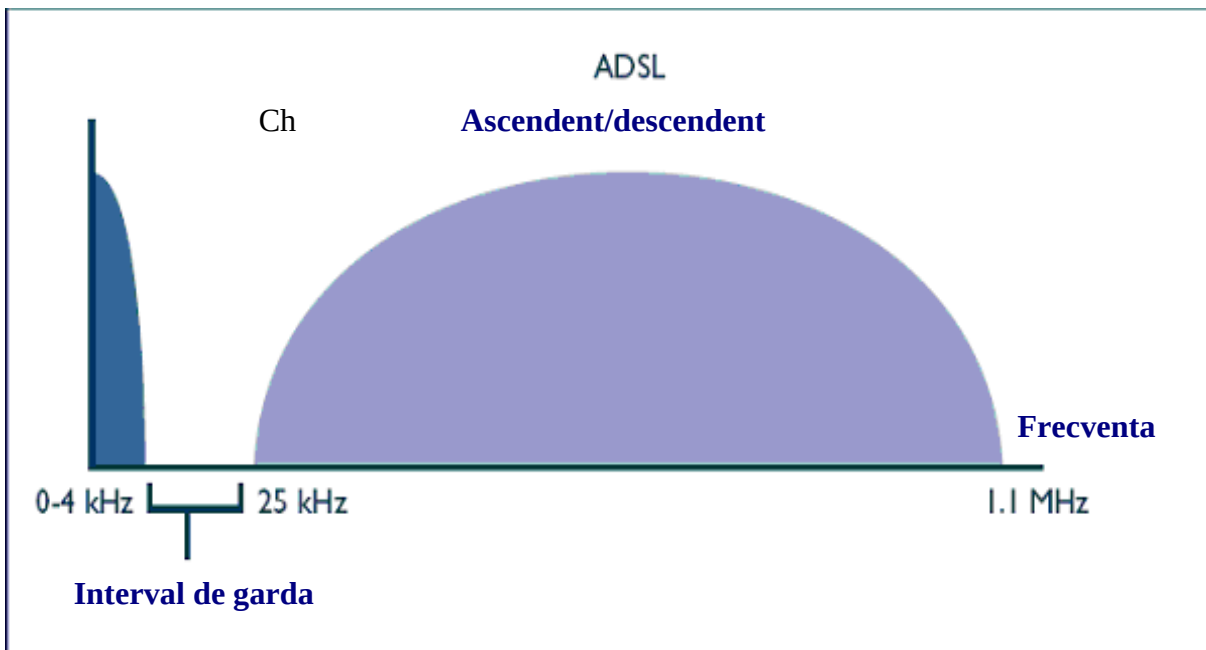


Figura 2.2: Benzile de frecvență în ADSL (fără ISDN)

2.3.2 ADSL Lite

Este forma mai simplă și mai economică a serviciului ADSL care are posibilitatea de a funcționa fără splitter la domiciliul clientului păstrând și serviciul telefonic clasic. În absența splitter-ului, clientul, fără asistența unui tehnician poate să își conecteze singur modemul ADSL la rețea. ADSL Lite nu este construit pentru a fi utilizat pe aceeași linie cu ISDN.

O caracteristică principală este faptul că modemul folosit pentru ADSL Lite este mult simplificat fiind realizat pentru un consum de masă, cum ar fi utilizarea de internet. În acest gen de aplicații s-a constatat că de multe ori debitul binar de 1,5 Mbps în aval și 512 Kbps în amonte este mai mult decât suficient.

2.3.3 ADSL2 și ADSL2+

Sunt sisteme xDSL specificate de Recomandările ITU-T G. 992.3 [3], G.992.4 [4] și G.992.5 [5] și aduc noi caracteristici prin creșterea performanței și a interoperabilității alături de suportul pentru noi servicii.

ADSL2 crește eficiența modulației, obține un câștig mare din codare și micșorează timpul de inițializare la 3 secunde, față de 10 secunde la sistemele ADSL clasice. ADSL2 ajunge la o rată de până la 12 Mbps în aval și 1 Mbps în amonte, în funcție de caracteristicile liniei, cu o scădere a consumului de energie față de ADSL. Permite de asemenea adaptarea debitului datelor în timp real înglobând o nouă inovație cunoscută ca adaptare fără întreruperi - în engleză SRA (Seamless Rate Adaption) și permite schimbarea ratei de transfer fără întreruperi a serviciului și fără erori de bit. Acest aspect este important deoarece calitatea cablului telefonic variază foarte mult și depinde de vechime, instalare, vecinătatea cu echipamentele electrice și posturile de radio, etc. Calitatea liniei mai poate varia în timpul zilei, după anotimp sau după condițiile meteo, iar modemul ADSL2 le va face o compensare adaptivă. ADSL2 permite furnizorilor de servicii să facă instalări fără a măsura linia sau să ajusteze modemul în mod manual și poate permite furnizorului de servicii să stabilească prin intermediul unui sistem de management o rată fixă necesară unui serviciu particular sau clasa de tarif pentru o rată de transfer specifică.

ADSL2 are abilitatea de a împărți banda între canale diferite cu caracteristici diferite în funcție de aplicație. De exemplu, ADSL2 permite atât accesul simultan la o aplicație de voce care are o întârziere mică dar rată de erori mare cât și la o aplicație de date care poate avea o întârziere mare dar necesită o rată de erori cât mai mică prin serviciul numit CVoDSL (Channelization and Channelized Voice over DSL). CVoDSL este o metodă de transport a traficului de voce transparent prin banda DSL care se folosește de rezervarea unui canal de 64 Kbps care reprezintă mai mult decât serviciile obișnuite de POTS. Echipamentul de acces va transmite acest circuit direct către centrala printr-un PCM.

ADSL2+ dublează banda folosită în aval ajungând la 2,2 MHz (**Figura 2.3**) cu facilitatea importantă de a putea utiliza în cazurile dorite numai banda 1,1-2,2 Mhz pentru a reduce diafonia în cabluri.

Poate, de asemenea, atinge rate de până la 20 Mbps pe liniile telefonice lungi de 1,8 Km (**Figura 2.4**) și în plus este compatibil cu sistemele ADSL și ADSL2.

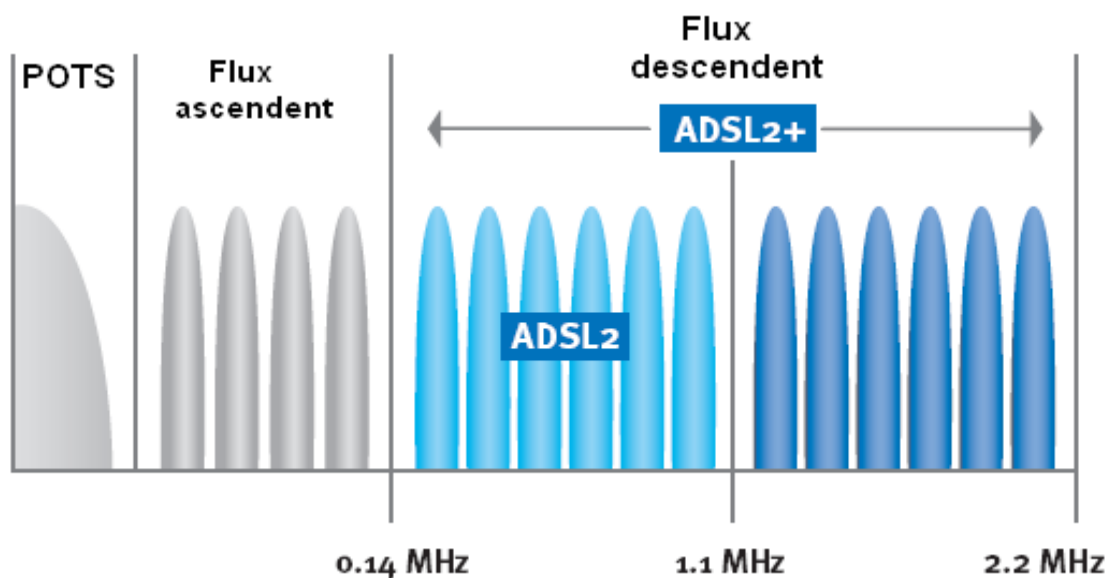


Figura 2.3: ADSL2+ dublează banda folosită pentru transportul de date

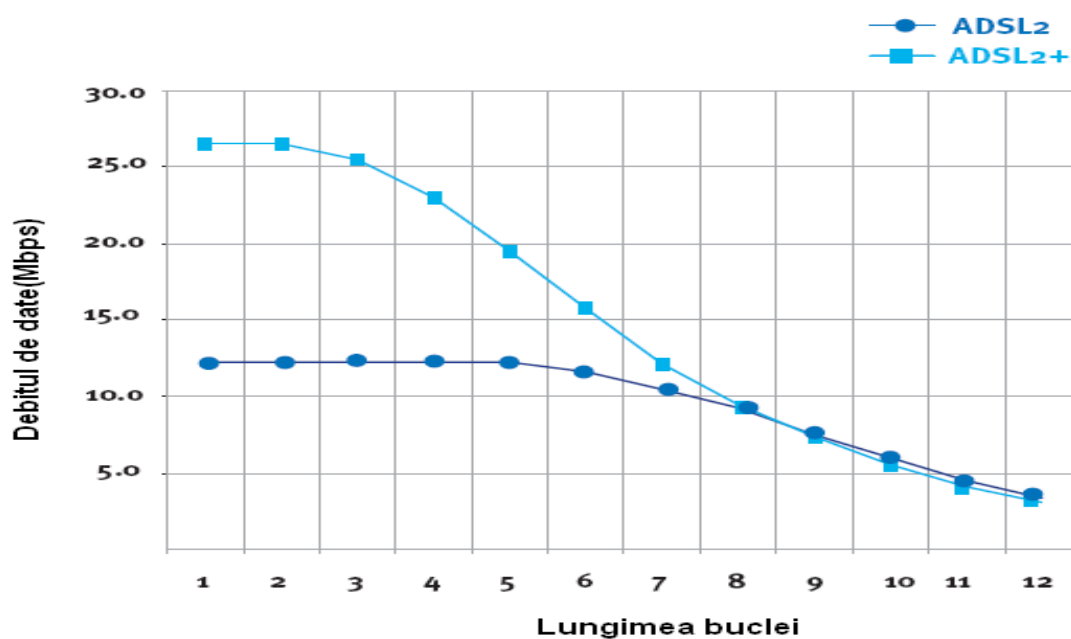


Figura 2.4: ADSL2+ dublează debitul maxim

2.3.4 G.lite ADSL

Este cunoscută sub numele de G.lite în mediul tehnic. Tehnologia a fost dezvoltată pentru a satisface cerințele “plug-and-play” ale consumatorilor. G.lite este o versiune a mediului de bandă largă a ADSL care permite accesul cu viteze de peste 30

de ori mai mari decât cea a unui modem analog de 56 kbps. Viteza pe fluxul descendent este de peste 1.5 Mbps și pentru cel ascendent de peste 500 kbps.

Tehnologia G.lite este mai puțin folosită decât ADSL, dar a introdus conceptul de instalare fără splitter.

RADSL (Rate Adaptive ADSL) reprezintă o versiune nestandardizată a serviciului ADSL. Implementările actuale pentru ADSL se referă uneori la acest tip de serviciu. RADSL oferă capacități de transmisie pentru abonatii care sunt în apropierea centralei telefonice și rate mai scăzute pentru cei care se află la distanțe mai mari.

2.4 Servicii simetrice și asimetrice

2.4.1 VDSL (Very High Bit Rate DSL)

VDSL (Very High Bit Rate DSL) este tehnologia viitorului care promite un transfer de date înalt, de până la 52 Mbps (standard STS1-SONET) pentru un flux de date descendent de la rețea către client pe distanțe scurte utilizând perechile torsadate de cupru. Cei 52 Mbps pot fi suportați până la 300 de metri, rata scăzând la 15 Mbps la o distanță de 1000 metri. Rata în amonte este de 1,5-2,3 Mbps.

La origine, VDSL a fost dezvoltat ca parte a companiei de telefonie în experimentul realizat legat de furnizarea fibrei optice la trotuar (FTTC). Pe o fibră optică se livrează un program TV într-un nod, iar VDSL oferă o metodă economică pentru ultimii 300 de metri, pentru 16-32 de clienți serviți, operând la viteze de 52 Mbps. VDSL poate livra programe digitalizate de televiziune, la fiecare reședință alături de servicii de internet, în cel mai bun mod dintre toate serviciile xDSL. Au fost propuse și încercate diferite formate VDSL, iar standardizarea este încă în lucru. Prin urmare VDSL oferă mai multă capacitate de comunicare decât au nevoie cei mai mulți dintre clienți și trebuie dezvoltată în conjuncție cu FTTC (Fiber to Curb) sau cu tehnologii similare pentru că nu sunt mulți clienți care să locuiască atât de aproape de oficiul central local.

2.4.2 VDSL2

Reprezintă a doua generație de VDSL și este specificat de standardul G.993.2 [2]. Specifică opt profile care se adresează unei raze de aplicații care include:

- transmisie simetrică în buclă la viteze de peste 10 Mbps la distanța de 100 metri și folosind o bandă de 30 MHz;
- rate de bit simetrice în raza de 10-30 Mbps pentru bucle cu lungime intermediară;
- operații simetrice cu rate descendente în raza de 10-40 Mbps pe bucle cu lungime cuprinsă între 3 Km și 1 Km .

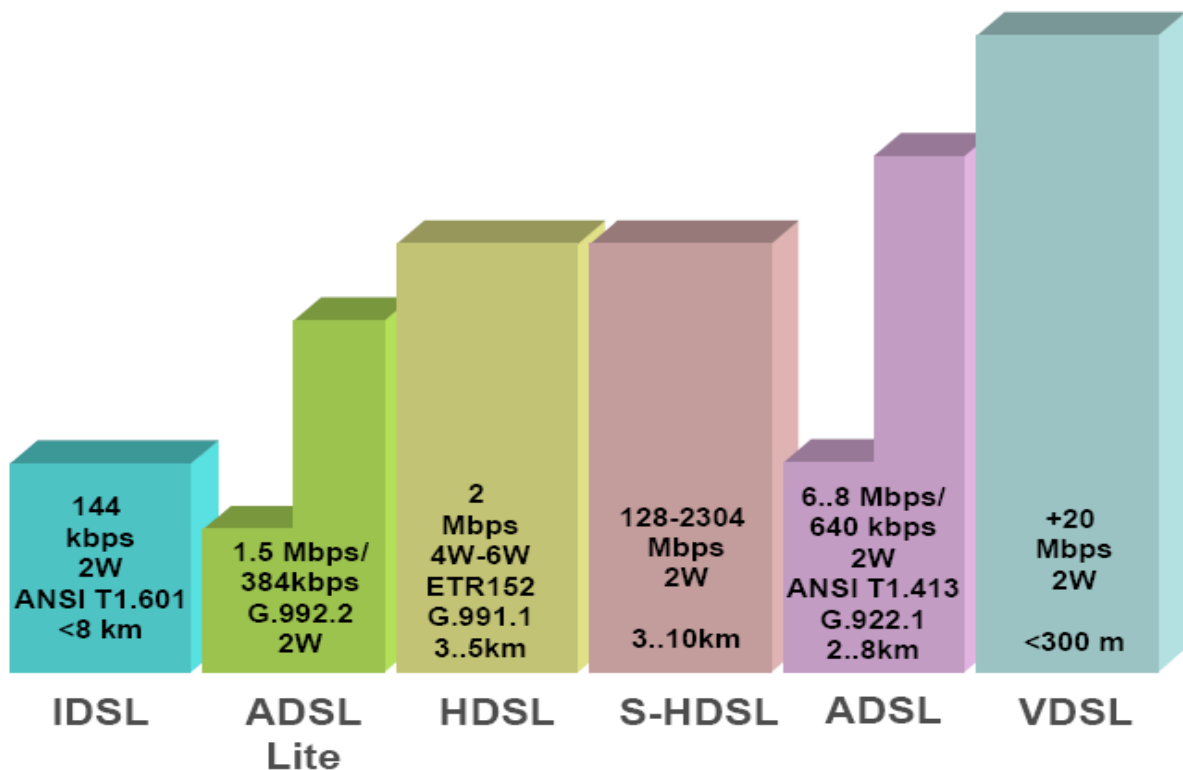
Tehnologia VDSL2 include majoritatea avantajelor prezentate la ADSL2 și are performanțe superioare față de serviciile oferite de VDSL.

În **Tabelul 2.2** sunt prezentate principalele sisteme xDSL folosite la momentul acesta pe mapamond [6].

Tabelul 2.2 Tehnologii xDSL opționale

Tipul serviciului DSL	Rata descendentă maximă	Rata ascendentă maximă	Lungimea maximă a liniei	Aplicații oferite clientului
Servicii simetrice				
HDSL	1.544Mbps (T1) 2.048 Mbps (E1)	1.544Mbps (T1) 2.048 Mbps (E1)	3.7 Km cu 2 fire pt. T1 și 3 fire pt. E1	Oferă doar transfer de date.
SDSL	2.3Mbps	2.3Mbps	3 Km	Oferă premise pe linia de abonat pe o singură pereche.
SHDSL	2.3 Mbps(pe o singura pereche)	2.3 Mbps(pe o singura pereche)	3 Km	Aplicații business care necesită lățime de bandă mare pe ambele direcții de acces.
	4.6Mbps(pe 2 perechi)	4.6Mbps(pe 2 perechi)	3 Km	
Servicii asimetrice				
ADSL	Peste 10 Mbps	Peste 1 Mbps	5.5 Km	Oferă rate de descarcare

ADSL Lite	Peste 1.5 Mbps	Peste 384 kbps	5.5 Km	ridicate pentru acces Internet, video la cerere, acces LAN, etc.
ADSL2	12 Mbps	1 Mbps	5.5 Km	Oferă rate de bit ridicate pentru mai multe servicii.
ADSL2+	20 Mbps viteză de descarcare pt. distanțe scurte	1 Mbps	5.5 Km	
ADSL2++	52 Mbps viteza de descarcare pt. distanțe scurte			Ofera viteze mari de descarcare pt. clienții din apropierea centralei telefonice.
<i>Servicii simetrice si asimetrice</i>				
VDSL	Simetric 10 Mbps Asimetric peste 10 Mbps pe distanțe scurte	10 Mbps 1.2 Mbps	1.3 Km 0.3 Km	Este utilizat în campusurile universitare și parcurile de afaceri. Oferă descărcare/încărcare de fișiere, acces VPN, video la cerere, etc.



Capitolul 3. Bucla locală

3.1 Structura buclei locale în prezent

Bucla locală definește perechea torsadată dintre centrul de comutație local și punctul de conectare al clădirii clientului și reprezintă o parte importantă din investițiile telefonice (în medie 20-25% din total) [7]. Cu toate acestea este cea mai veche parte a unui sistem telefonic, în unele cazuri păstrându-se cabluri vechi de zeci de ani. În aceste condiții, utilizarea de trafic de date cu viteze înalte poate avea probleme deoarece se pot găsi multe tipuri de cabluri în aceeași rețea.

Fiecare buclă de abonat este formată dintr-o pereche de fire de cupru izolate, cu diametre care variază de la 0.4 mm până la 0.9 mm. Dielectricul izolator este format din polietilenă, dar încă se mai folosesc și perechi izolate cu hârtie. Structura unei linii de abonat este prezentată în **Figura 3.1** și constă dintr-un cablu principal de capacitate mare care are în componență mai multe grupuri de perechi.

Rețeaua locală cuprinde:

- ✓ rețeaua de transport între repartitorul principal și subrepartitoare;
- ✓ rețeaua de distribuție între subrepartitor și cutia terminală;
- ✓ rețeaua de abonat între cutia terminală și abonat.

Rețeaua de transport se dimensionează pentru o încărcare maximă de 80-90%, iar rețeaua de distribuție pentru o încărcare maximă de 50%.

La nivelul interfeței de distribuție un cablu de capacitate mare este împărțit în mai multe grupuri de cabluri de distribuție de capacitate mai mică, care sunt apoi direcționate individual către punctul final. Perechea de cabluri către abonat este torsadată cu diferiți pași pentru a reduce diafonia și alte zgomote nedorite în buclă.

Din repartitorul central al centralei telefonice pornesc cabluri de capacitate mare având conductoare de calibru redus (0,4 mm). Din acest trunchi, pe parcurs, în subrepartitoare, se desprind ramuri de capacități mai mici, dar cu cabluri de calibru tot mai mare pe măsură ce distanța față de centrală crește (**Figura 3.1**) .

Un alt punct de vedere este reprezentat de faptul că nu există multe specificații pentru cablurile vechi și despre comportamentul lor la frecvențe înalte, fapt care a determinat ca munca de simulare și creație a echipamentelor de transmisiuni să se bazeze pe date empirice. Se știe că sunt cazuri în care există mari variații aleatoare ale caracteristicilor cablului după 500 KHz datorită variațiilor care pot apărea în procesul de fabricație.

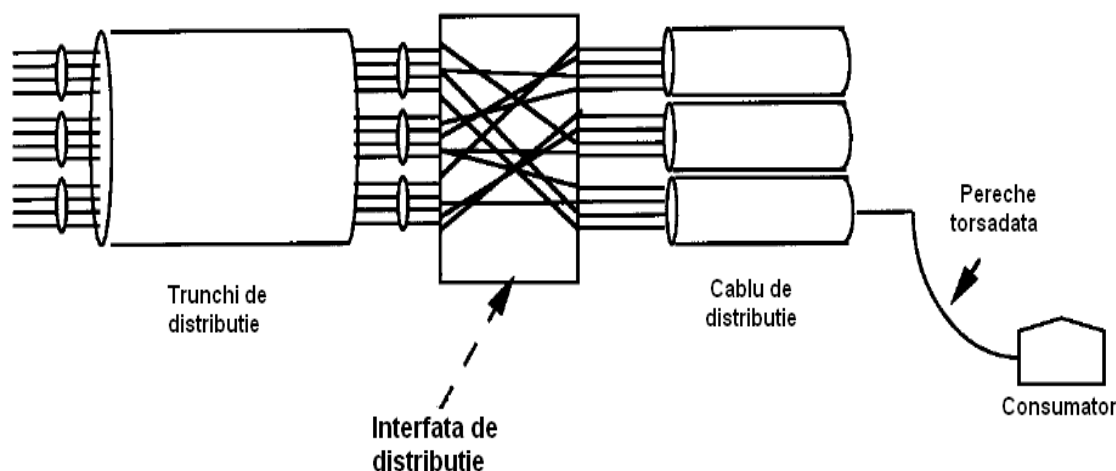


Figura 3.1: Structura liniei de abonat

La începuturile telefoniei s-au folosit cabluri aeriene care utilizau un singur conductor neizolat, iar pământul era utilizat pentru închiderea circuitului. Acest mod de conectare a cauzat mari neplăceri datorită diafoniei severe apărute la utilizarea pământului ca al doilea fir. Apariția cablurilor subterane cu perechi răsucite a marcat un nou început. Prima izolație folosită a fost hârtia care are calități foarte bune atâta timp cât este menținută uscată. Umezeala duce însă la deteriorarea rapidă a parametrilor liniei. O soluție adoptată a fost presurizarea cablurilor prin introducerea aerului sub presiune și a dus la prevenirea pătrunderii apei în micile orificii din mantaua de plumb. Aceste sisteme au fost totuși scumpe, iar din anii '70 s-a început înlocuirea cablurilor vechi cu cele cu izolație de PVC. La început a fost dezamăgitor pentru că pătrunderea apei dincolo de materialul izolator putea declanșa un proces electrolitic care ducea la dizolvarea conductorului de cupru producând deconectarea totală a perechilor afectate. Acest impediment a determinat utilizarea în continuare a sistemului de presurizare în special la cablurile principale dintre oficiul central și cutiile de distribuție (**Figura 3.2**).

Alternativ au fost folosite și cabluri acoperite cu gel pentru a împiedica infiltrarea apei. Acest tip de cablu este folosit în special pentru cablurile de distribuție. Un al treilea tip de cablu folosit este cablul de instalație care este folosit pe porțiunea finală a circuitului de abonat.

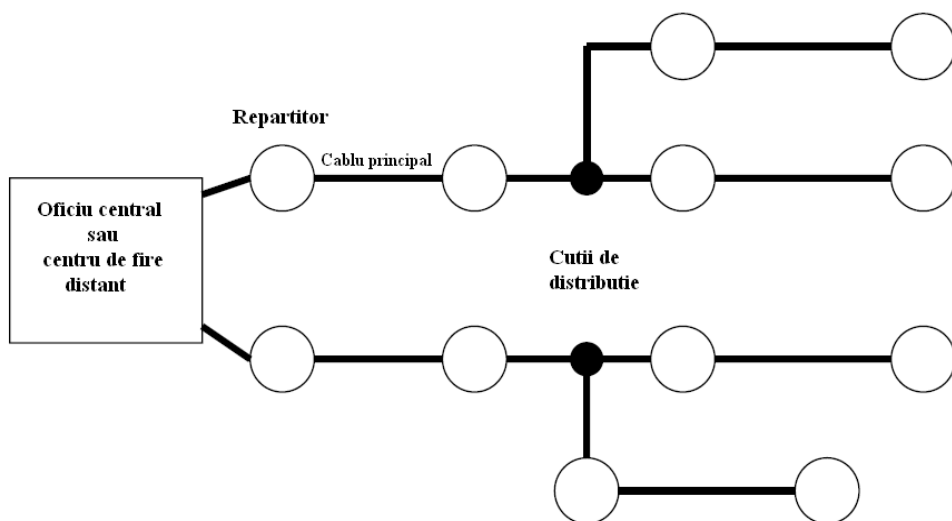


Figura 3.2(a): Configurația cablului principal

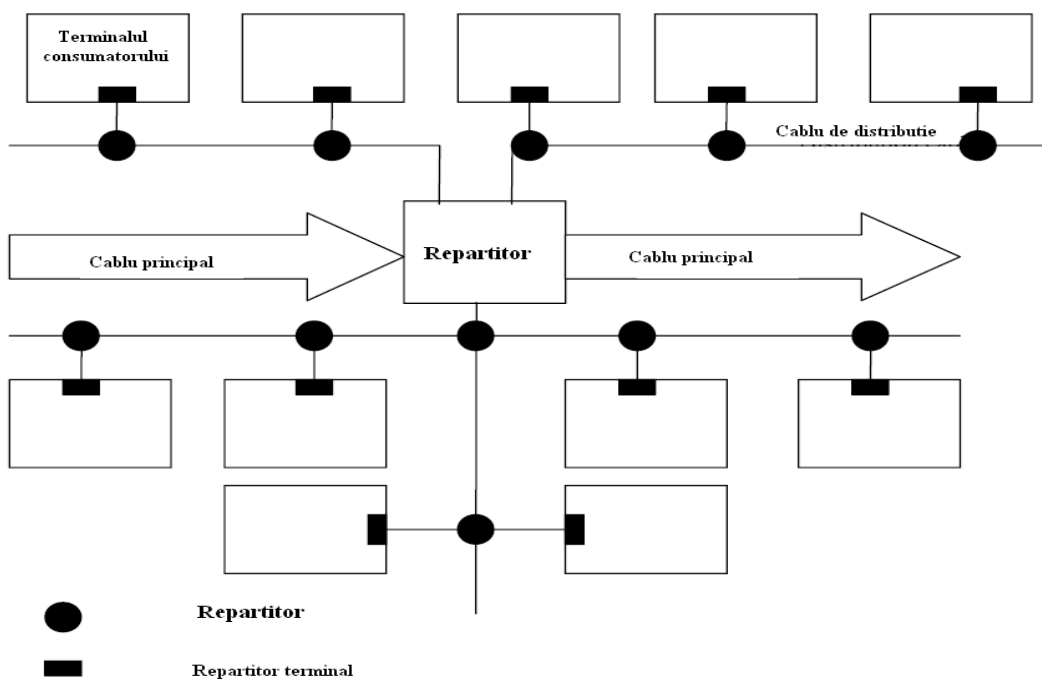


Figura 3.2(b): Configurația cablului de distribuție

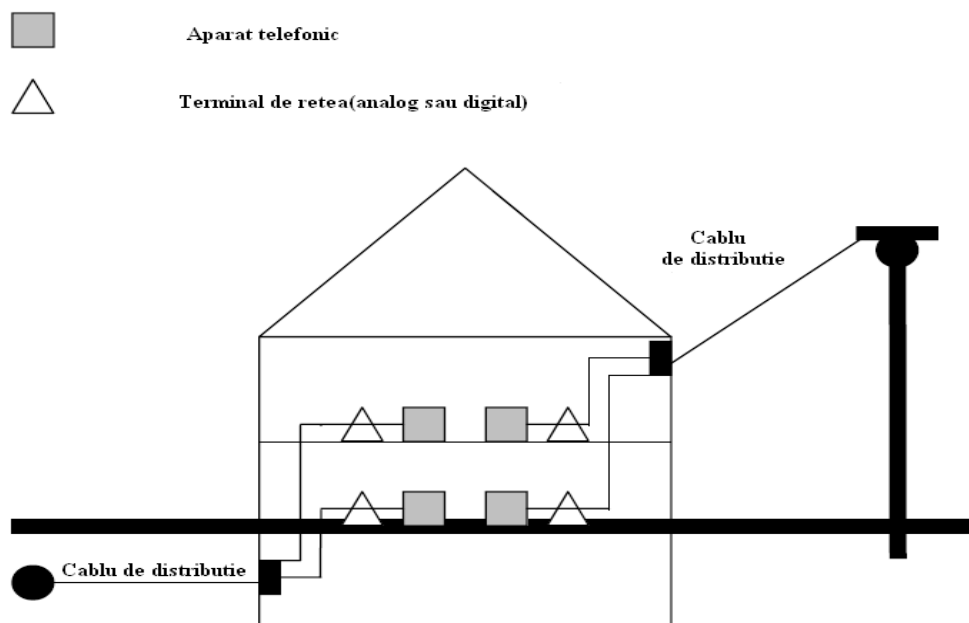


Figura 3.2(c): Cablul terminal

În ultimile două decade au fost făcute eforturi susținute pentru scurtarea lungimii buclei locale și îmbunătățirea rețelei pentru viitoarele servicii digitale care urmau a fi folosite. În cadrul acestor programe s-a urmărit desființarea derivațiilor în gol (terminale deschise și conectate cu o pereche de fire pentru a oferi un anumit tip de serviciu). Aceste punți au fost (și încă mai sunt) folosite în rețeaua telefonică veche pe aceeași pereche de fire sau erau incluse pentru a oferi o mai mare flexibilitate rețelei.

Lungimea maximă permisă pentru multiplările însumate este de 750 de metri având restricție la 600 metri pentru o multiplare unică.

În Europa lungimile tipice ale buclelor sunt cu mult mai scurte, în medie de 2,5 Km pentru că aici nu se utilizează repartitoare distanțe față de echipamentul de comutație, preferandu-se utilizarea de concentratori distanți conectați la centrale. Ultima tendință pentru rețeaua de telefonie fixă este reprezentată de scurtarea cât mai mult a

distanței față de abonat pentru o întreținere mai ușoară, fapt posibil prin utilizarea de rețele de acces pe fibră optică.

O altă problemă majoră care duce la limitarea capacității liniei este pupinizarea care mărește inductivitatea liniei odată cu creșterea distanței. Pupinizarea are un efect bun în sensul aplatizării răspunsului canalului la frecvențe situate în banda vocală dar creează probleme în cazul utilizării de frecvențe mai mari de banda vocală fiind total incompatibilă cu tehnologiile ADSL. În prezent pupinizarea nu mai constituie o problemă deoarece în Europa, în ultimii ani, s-a renunțat la utilizarea ei, iar în SUA doar o mică parte din aria rurală (25 %) o mai utilizează.

3.2. Repartitorul principal (MDF – Main Distribution Frame)

Repartitoarul principal reprezintă primul punct de flexibilitate al rețelei datorită faptului că se pot face conexiuni între firele care vin din centrală și cele care pleacă în cablurile principale. Ele pot fi localizate în apropierea oficiului central (de obicei în aceeași clădire) sau pot fi amplasate ca terminale distante, conectate prin intermediul sistemului buclei de transport (digitale) cu oficiul central (**Figura 3.3**).

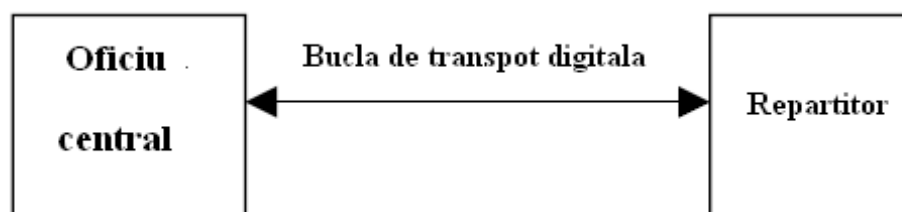


Figura 3.3: Repartitorul ca terminal distant

Sistemul buclei de transport poate opera peste perechi torsadate, fibră optică sau cablu coaxial. În cazul în care se oferă servicii de acces digitale de mare viteză prin intermediul buclei locale, care conține repartitoare distante, rețeaua de bandă largă trebuie extinsă până în repartitor. Se impune extinderea rețelei deoarece sistemul de transport prin buclă a fost gândit să suporte trafic în banda vocală și ISDN, și nu poate

face față ratelor de biți foarte ridicate asociate cu tehnologiile xDSL. În practică, acest deziderat duce, în primă fază, la realizarea unei rețele hibride capabilă să ofere serviciile digitale dorite, cu fibra optică mergând până în terminalul distant și perechile de fire torsadate să ofere serviciile în funcție de necesitățile utilizatorilor. Menirea principală a repartitoarelor este de a conecta terminațiile cablurilor principale și să le distribuie mai departe către subrepartitoare. Din punct de vedere al transmisiei, pot apare probleme datorită discontinuităților cauzate de cablurile de conectare. **(Figura 3.4)**

Diametrele cablurilor de instalare (0,32-0,4 mm) au valori de obicei diferite față de diametrele punților, care uzual au 0,8 mm pentru o rezistență mecanică mai bună. Cablurile principale pot avea și ele un diametru diferit față de cel al cablului de instalare (ex.0,5 mm față de 0,4 mm). La aceasta se adaugă faptul că punțile sunt răsucite fiecare separat iar anumite cabluri pot avea perechile grupate în cuarte. În repartitoare firele punților pot fi trase grupate în paralel ceea ce determină creșterea diafoniei de cuplare, implicând automat necesitatea ca anumite conexiuni de date să se facă cu cablu ecranat specific pentru transmisiunile de date (simetric de 120 Q sau asimetric de 75Q).

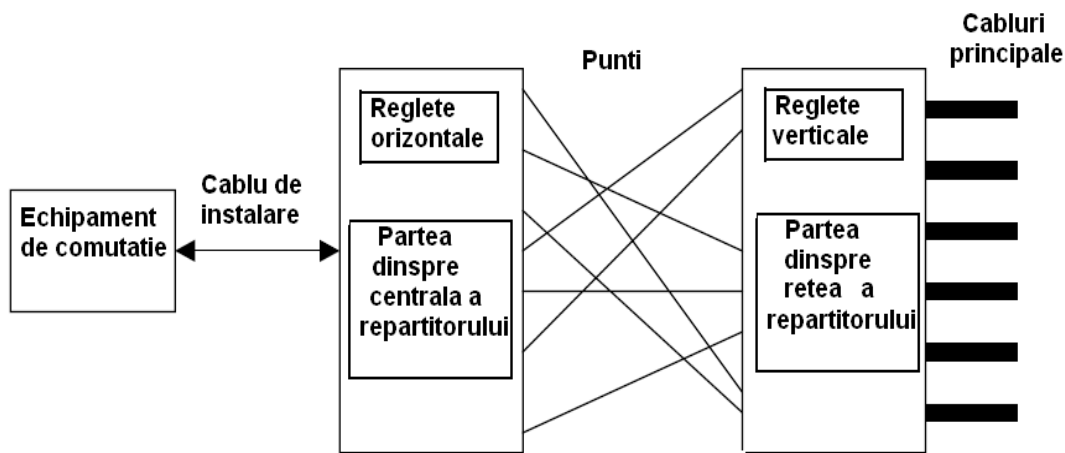


Figura 3.4: Configurația repartitorului

3.3 Subrepartitoarele (SR)

Reprezintă al doilea punct de flexibilitate al rețelei și în același timp reprezintă punctul de concentrare pasivă deoarece nu există întodeauna perechi în cablul principal pentru fiecare pereche care ajunge aici. Se realizează conexiuni la el ca într-un repartitor și se utilizează fire de cupru cu diametru de 0,6 mm. Prin amplasarea subrepartitoarelor se segmentează o zona în subzone care vor fi deservite de acestea.

Problemele care pot apare pot fi datorate diafoniei. În ultimul timp subrepartitoarele au capătat funcții noi prin înglobarea de echipamente care vor realiza o rețea hibridă cu fibra optica către centrală și cupru către client.

3.4 Cutiile de distribuție

Cutiile de distribuție (terminale) sunt practic ultimul punct de flexibilitate al buclei locale. În mod normal sunt instalate în punctele în care cablurile pătrund în clădire. De aici pleacă conexiunile direct în interiorul locuinței clientului. Aici poate apare doar problema discontinuității cauzată de diametrele diferite ale firelor-acest inconvenient poate fi prezent în oricare alt punct de flexibilitate al rețelei. Problema diafoniei este în general redusă deoarece nu există o concentrare foarte mare de fire.

3.5 Cablurile terminale

Tipic, sunt cabluri instalate între subrepartitoare și clădirea clientului, și au un număr variabil de perechi, între 6 și 500, cu o lungime care poate varia de la o țară la alta, dar cu un maxim stabilit la 1,5 Km. În funcție de necesități se mai utilizează și cabluri sau fire aeriene (brida de exterior). Acestea sunt supuse coroziunilor vânturilor și apei precum și la solicitări mecanice care determină utilizarea de materiale cu mai puțin cupru și implicit cu o conductivitate mai scăzută. De multe ori aceste fire aeriene cauzează probleme datorate coroziunii sau diafoniei severe cauzate de firele nerăsucite.

Parametrul primar care controlează abilitatea echipamentului din oficiul central de a semnaliza și diagnostica este rezistența buclei măsurată între două fire. Aranjamentul ideal va ține cont de diametrul cablului în acord cu lungimea buclei: cu cât este mai lungă bucla cu atât va fi mai mare și diametrul cablului folosit. Cazul ideal nu poate fi realizat în practică deoarece diferitele perechi care intră în componența unui trunchi de fire, care pleacă de la oficiul central, poate duce la distanțe variate ale aplicabilității serviciului. O practică comună constă în a pleca de la oficiul central cu un trunchi de cabluri care să conțină mai multe perechi cu diametre mici, și să se marească diametrul la nivelul interfeței de distribuție pe măsură ce distanța față de oficiul central crește. Diametrul (calibrul) unui conductor de cupru poate avea una din valorile următoare: 0.32; 0.37; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8 sau 0,9 mm. Conductoarele sunt asamblate în cabluri cu capacități standardizate de 6-11-16- 26- 51- 101- 102- 202- 203- 408- 612- 918- 1020-1223-1836, etc., de perechi. Majoritatea acestor capacități sunt multipli capacității de 51 sau 918 perechi.

Studiile arată că în Europa, lungimea liniei de abonat nu depășește 3 Km pentru 75% din abonați, considerată a se afla în zona verde; 17% au lungimea cuprinsă între 3 și 5 Km (zona gri), iar restul de 8% au lungimi de peste 5 Km (zona roșie). Structura rețelei liniilor de abonat este în principal arborescentă. Cel puțin o schimbare de diametru poate apare între trunchi și cablurile de distribuție și trebuie luată în calcul la orice analiză matematică.

Perechile din cablu sunt numerotate și au pași diferiți de torsadare iar cele cu pași diferiți au caracteristici de atenuare și de diafonie diferite. Tipic, pașii de torsadare mici oferă o mai bună imunitate la diafonie, dar tind să introducă o atenuare ușor mai mare.

Capitolul 4. Scheme de modulație folosite pentru transmisiuni în bucla locală

La alegerea schemei de modulare ce urmează a fi folosită pentru transmisiunile cu rate de bit ridicate peste liniile telefonice există două posibilități importante, iar fiecare are în componență diferite subtipuri și abordări de implementare [8].

Prima diviziune principală se refera la modularea în banda de bază iar a doua la modularea în banda de trecere (sau în benzi superioare benzii de bază). Modularea în banda de trecere se poate realiza prin modulația cu o purtătoare sau cea cu mai multe purtătoare (**Figura 4.1**).

Principala diferență dintre cele două tipuri de modulații constă în :

- ✓ pentru cazul modulației în banda de bază stream-ul de informație este codat și format spectral, dar poziția spectrului nu este schimbată ;
- ✓ în cazul modulației în banda de trecere informația este modulată printr-un semnal purtător care nu este constrâns într-o anumită bandă de frecvențe, ceea ce înseamnă că poate fi folosită orice bandă.

Așadar diferența se reduce la banda de frecvențe folosită. Modulația în banda de bază are o caracteristică de trecere mai scăzută, începând de la (sau aproape de) frecvența zero, iar modulația în banda de trecere are o caracteristică de trecere ce depinde de banda folosită, care poate fi situată oriunde în domeniul frecvențelor. În cazul modulației în banda de trecere una sau mai multe purtătoare pot fi folosite pentru transmisie. În cazul modulației cu multipurtătoare mai multe semnale purtătoare de frecvențe diferite sunt folosite pentru a diviza banda de frecvențe folosită într-o baterie de subcanale. Fiecare subcanal virtual începe de la o bandă de trecere independentă. Împreună, aceste subcanale formează un spectru continuu similar cu banda de trecere folosită în modulația unei singure purtătoare.

În cazul sistemelor DSL nu este o diferență prea mare între modulațiile utilizate (**Figura 4.1**) cât timp este implicată poziția spectrului transmis și prin urmare se

limitează banda de frecvențe utilizabilă. În secțiunile următoare vor fi prezentate diferite abordări ale schemelor de modulare folosite .

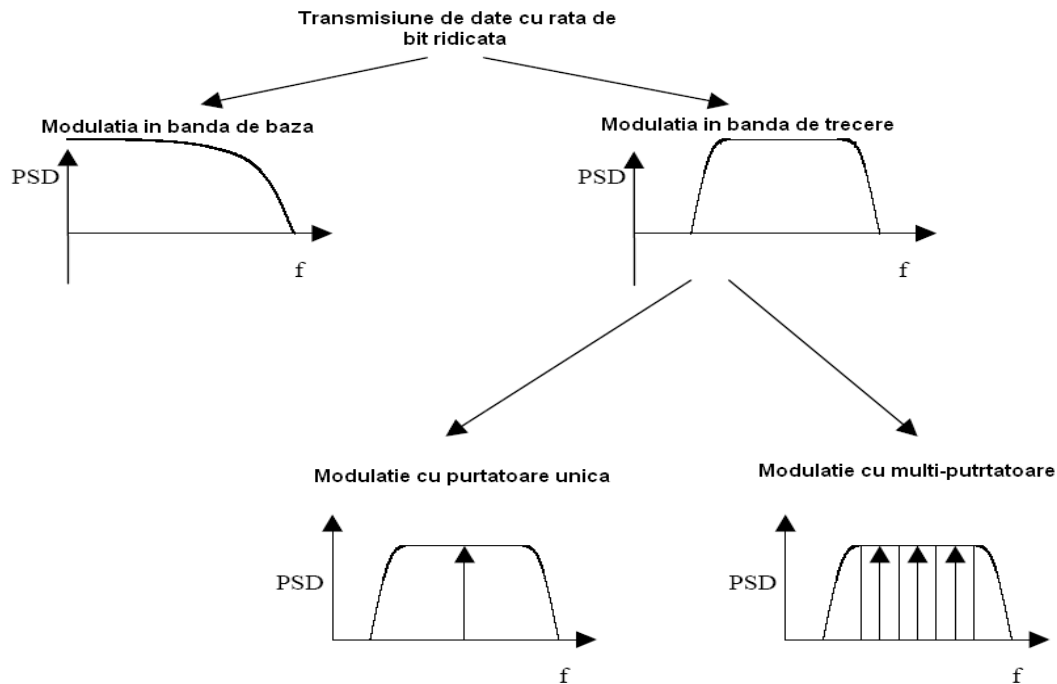


Figura 4.1 : Structura de bază a schemelor de modulație

4.1 Modulația în banda de bază

Din punct de vedere teoretic există posibilități variate de a implementa modulația în banda de bază : PAM (Modulația în Amplitudine a Impulsurilor), PDM (Modulația Impulsurilor în Durată), PPM (Modulația Impulsurilor în Poziție) și altele, depinzând de proprietatea trenului de impulsuri care este folosit pentru a transmite informația dorită [8]. În prezent, pentru implementarea practică a sistemelor de transmisiune în bucla locală doar PAM este folosită cu succes datorită implementării sale facile și frecvenței eficiente pe care o folosește.

4.1.1 PAM (Modulația în Amplitudine a Impulsurilor)

În sistemele de transmisiune cu PAM un număr de n biți sunt transmiși folosind simbolurile de la două nivele de amplitudine discrete ceea ce duce la prezența a patru nivele de amplitudine. Pot fi transmiși astfel 2 biți/simbol iar limitele de decizie depind de stările vecine. Se evidențiază natura discretă a spectrului în domeniul timp iar singurele valori ale semnalului recepționat sunt reprezentate de eșantioanele instantanee.

În acord cu numărul de biți transmiși rata de informații realizabile este egală cu $n \cdot f_s$ unde f_s reprezintă rata de simboluri a sistemului. Numărul de n biți/simbol poate avea valori ne-întregi dacă anumiți biți recepționați sunt grupați pentru a forma un număr mai mic de nivele de amplitudine discrete care nu reprezintă puterea lui 2 (de exemplu codarea de linie 4B3T). Alte coduri de linie care pot fi folosite sunt MDB (Modificare Duo-binară), 2B1Q, AMI (Alternate Mark Inversion) și altele.

O altă caracteristică importantă a modulației în banda de bază este reprezentată de posibilitatea existenței în semnalul transmis a componentei de curent continuu. Prezența transformatoarelor de linie la ambele capete ale buclei poate duce la prezența componentei continue în semnalul transmis iar acest lucru nu este dorit deoarece nu se mai poate transmite semnalul respectiv. Alte scheme de modulație balansate cum ar fi AMI sau 4B3T folosesc metode specifice de suprimare a acestei componente nedorite. Codarea 2B1Q folosește o metodă statică de modulație, pentru a reduce această componentă, prin folosirea probabilității egale de transmisie a simbolurilor. Este necesară prezența unui scrambler pentru a rezulta secvența de ieșire, independentă de datele introduse în sistem. Se evită astfel secvențele lungi de simboluri egale care vor duce la apariția componentei continue în spectrul transmis.

Se impune și limitarea lățimii de bandă folosite pe cât posibil deoarece proprietățile spectrale ale canalului duc la o atenuare accentuată a semnalului transmis odată cu creșterea frecvenței. Din punct de vedere al atenuării modulația în banda de bază reprezintă cel mai bun caz deoarece folosirea optimă a canalului se face la frecvențe scăzute ceea ce duce la o atenuare scăzută și zgomot de diafonie redus.

Zgomotul în impulsuri este o problemă majoră pentru transmisiunile în banda de bază, atâta timp cât energia acestui zgomot este concentrată în porțiunile cu frecvențe

scăzute. Alt impediment este reprezentat de interferența intersimbol care se manifestă la frecvențe mai mici de 20 kHz. Gradul de interferență între simboluri depinde de codul de linie folosit. Unele scheme de codare folosite au proprietăți de anulare a interferenței intersimbol datorită codurilor de linie care utilizează întrețesere de biți sau simboluri alternante (amintim aici MDB și AMI). Interferența simbolurilor depinde și de rata baud folosită deoarece pentru rate scăzute perioadele de simbol sunt lungi și lungimea impulsului de răspuns afectează mai puține simboluri. Prin urmare cerințele de egalizare sunt reduse.

Modulația în banda de bază cu PAM poate fi folosită doar pentru ADSL și/sau VDSL și are nevoie de cerințe în plus față de perechea de fire. Altfel trebuie acceptate constrângeri adiționale în comparație cu încrederea și întârzierea în transmiterea de date peste vechile servicii folosite.

4.2 Modulația în benzi superioare benzii de bază

Al doilea grup de scheme de modulație folosite este formată de cele în benzi superioare benzii de bază, care poate fi de asemenea divizată în scheme cu o singură purtătoare și cu mai multe purtătoare. Principalul avantaj al modulației în banda de trecere este dat de posibilitatea de a transfera frecvența transmisă în orice plajă de frecvențe. Nu sunt impuse limitări pentru folosirea de frecvențe joase ca în cazul modulației în banda de bază. Depinde de mediul sistemului și de alte aspecte legate de linie dacă această translație a frecvențelor se poate transforma într-un avantaj sau un dezavantaj. Deoarece în acest caz sunt diferențe considerabile în comportamentul dintre sistemele cu un singur sau mai multi purtători este dificil să se definească caracteristici de bază care să fie aplicabile tuturor schemelor de modulație în benzi superioare benzii de bază. Natura asimetrică a serviciului ADSL sugerează posibilitatea folosirii acestei scheme de modulație, cel puțin în aval, și FDM (Multiplexarea cu Diviziune în Frecvență) pentru separarea celor două direcții de transmisie. Asta ar duce la relaxarea condițiilor pentru anularea ecoului și paradiafonie și se reflectă în reducerea complexității echipamentului de emisie-recepție folosit. Alt avantaj major în folosirea modulației în banda de trecere

este reprezentat de posibilitatea realizării cu o mai mare ușurință a sistemelor extinse, ceea ce permite sistemului telefonic de bază, cum ar fi acces ISDN de bază și POTS, să fie folosit pe același fir cu serviciul ADSL.

În termeni generali modulația în banda de trecere este preferabilă în mediile cu zgomot predominant la frecvențe joase iar modulația în banda de bază este utilizată în mediile cu zgomot la frecvențe înalte. Cauzat de influența zgomotului de diafonie, nivelul zgomotului crește odata cu frecvența.

În altă ordine de idei impactul zgomotului în impulsuri, care are o caracteristică de trecere joasă, nu ar trebui deloc ignorat. Canalul prezintă o caracteristică de trecere joasă foarte accentuată ceea ce implică automat creșterea raportului semnal zgomot la frecvențe joase.

Un alt avantaj al acestei scheme de modulație este evitarea interferențelor de paradiafonie de la alte servicii.

4.2.1 Modulația în banda de trecere cu o purtătoare

Schema de modulare cu un purtător permite transmiterea integrală a cantității de date cu ajutorul unui singur semnal purtător ce ocupă întreaga bandă de frecvențe disponibilă. Dacă nu se folosesc filtre pe linie, spectrul semnalului purtător transmis este aproximativ alb în centrul benzii și are caracteristici de depășire către limitele benzii, combinate cu un exces de bandă. Semnalul modulat poate fi modelat, securizat și adaptat pentru a transmite spectrul optim în funcție de caracteristicile de transfer ale canalului și zgomotele din mediul de transmisie.

Voi prezenta în continuare cele mai importante două scheme de modulare cu o purtătoare.

4.2.1.1 QAM (Modulația de Amplitudine în cuadratură)

QAM se folosește de efectul a două semnale care utilizează aceeași frecvență purtătoare, dar sunt modulate printr-un semnal sinusoidal și unul cosinusoidal (**Figura 4.2**) care nu interferează într-un mediu ideal. Acest fapt este ușor de aplicat în cazul

transmisiunii digitale și are o rată dublă de eșantionare, la fel de ridicată ca și frecvența purtătoare. În cazul cel mai simplu, un semnal purtător are trecerea prin frecvența zero în timp ce celălalt este eșantionat. Chiar dacă nu există o relație integrală între rata de eșantionare și frecvența purtătoare această tehnică în cuadratură, care poate fi privită ca o combinație între modulația de fază și de amplitudine, poate fi aplicabilă și în aceste condiții. În acest caz este nevoie de o mai mare complexitate a transceiver-ului deoarece demodularea folosită, pentru perechea de purtătoare sinus și cosinus, trebuie să detecteze un tact de timp dublu. Tactul de timp dublu constrânge impulsul transmis în banda de bază să prezinte o formă dreptunghiulară și să nu varieze în amplitudine peste perioada de simbol. QAM poate fi înțeleasă ca o modulație PAM bidimensională în care fiecare din cele două purtătoare folosește o modulație în amplitudine a impulsului unidimensională.

Ca și în sistemele PAM spectrul transmis influențează performanța acestora întotdeauna când mediul nu este dominat de paradiafonie. Filtrele folosite pentru cele două dimensiuni sunt perechi Hilbert, ceea ce înseamnă că acestea au același răspuns în amplitudine iar cel în fază are un decalaj de 90° . Egalizarea în sistemele QAM este similară cu cea folosită în sistemele care folosesc PAM.

Pentru a realiza egalizarea în cele două dimensiuni ale sistemelor QAM există două posibilități.

Prima este dată de separarea celor două dimensiuni cu ajutorul unor filtre de fază ideale (perechi Hilbert) sau cu un demodulator așa cum este prezentat în **Figura 4.2**. Apoi egalizarea pentru semnalele în fază și în cuadratură poate fi realizată separat unidimensional la fel ca la PAM. Dezavantajul major al acestei metode este dat de interferența dintre cele două dimensiuni, care se manifestă datorită imperfecțiunilor din canal și nu pot fi redată direct cele două semnale recepționate. Pentru a anula aceste interferențe trebuie folosită în egalizor o structură încrucișată .

A doua metodă folosește cele două dimensiuni ca o singură intrare complexă în egalizor.

Egalizarea sistemelor QAM este înlesnită de existența unui purtător coerent, ceea ce duce la o recuperare a tactului de timp mai ușoară. Unul din avantajele sistemelor QAM, pentru tehnologiile DSL, este reprezentat de complexitatea scăzută în comparație cu sistemele care folosesc PAM.

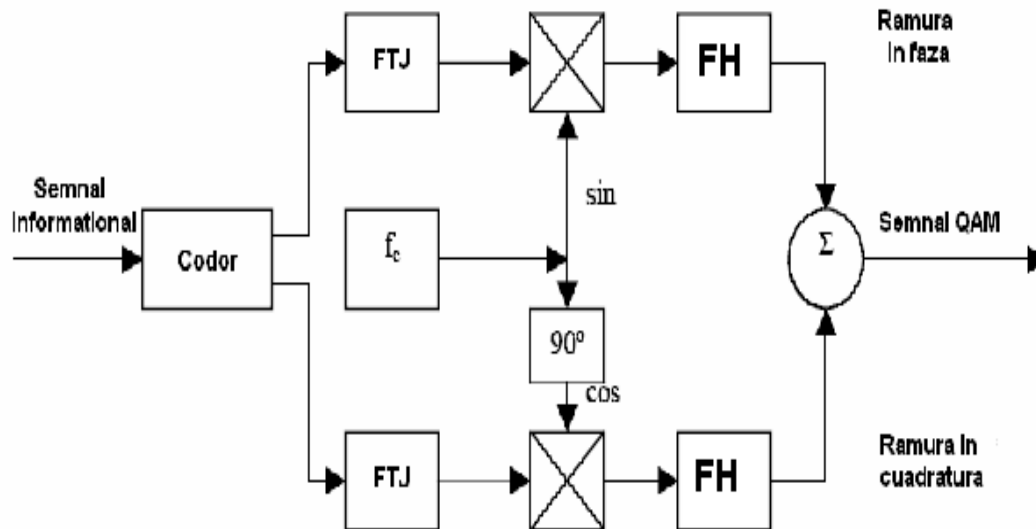


Figura 4.2: Modulator pentru QAM

4.2.2 Modulația cu mai multe purtătoare

Modulația cu multipurtătoare, pentru transmisiunea datelor digitale, este studiată de aproape jumătate de secol, dar până de curând nu a reprezentat un rol important în implementările practice în special datorită complexității sale în comparație cu modulația în banda de bază și modulația cu o purtătoare. Până în prezent modulația cu mai multe purtătoare este cunoscută sub diferite nume: DMT (Ton Multiplu Discret), în special folosită în sistemele cu fire cu alocare de bit adaptivă, OQAM (Modulația în Amplitudine Cuadratică Ortogonală), DWTM (Discrete Wavelet Multitone), OFDM (Multiplexare cu Diviziune în Frecvență Ortogonală), MCM (Modulație cu Multipurtători).

Principul de baza al modulației cu multipurtători este reprezentat de partiționarea benzii de frecvențe în mai multe subcanale paralele, peste care datele sunt transmise.

Se urmărește obținerea de canale cu frecvențe înguste, cu funcție de transfer de amplitudine aproape constantă și zgomot alb, fără a exista o corelație între subcanale. Cu cât numărul canalelor este mai mare și lățimea de bandă mai mică, cu atât aceste subcanale se vor apropia de caracteristicile ideale ale acestei abordări. Aceste

caracteristici se reflectă într-o mai simplă egalizare și, prin urmare, efectul zgomotului din egalizator este redus.

Avantajul acestei metode este dat de posibilitatea folosirii unui spectru flexibil. Sunt necesare echipamente de emisie-recepție în același cablu și este nesară o complexitate mai mare a rețelei. Raza de frecvențe utilizabilă a unui astfel de sistem este ușor mai mică decât în cazul modulației cu un purtător deoarece pe subcanale se poate transmite cel puțin un bit/simbol ceea ce duce la o minimă degradare a performanțelor.

Efectul cuantizării asupra numărului discret de biți ce poate fi transmis pe un subcanal poate fi compensat printr-o readaptare fină a puterii distribuite fără degradări ale performanței sistemului. O astfel de abordare oferă o mai bună utilizare a canalului și o adaptare ridicată la caracteristicile specifice.

Abordările practice în majoritatea cazurilor utilizează modularea cu simboluri QAM. Scopul principal în cadrul sistemelor cu modulație cu multipurtători este de a reduce interferența intersimbol și intercanal. Aceste două interferențe sunt cauzate de imperfecțiuni ale canalului. Interferența intersimbol este cauzată de răspunsul în impuls al canalului, iar interferența intercanal de asimetriile din canal. Există diferite metode de combatere a acestor interferențe care pot fi folosite exclusiv sau combinate:

- ✓ perioada de gardă între simboluri ;
- ✓ egalizarea liniară a benzii de trecere ;
- ✓ egalizarea benzii de bază ;
- ✓ semnalizarea structurii canalului/codarea vectorială.

4.2.3 Modulația DMT (Discrete MultiTone)

4.2.3.1 Necesitatea

Caracteristica $a(f)$ a cablurilor (torsadate) poate fi aproximată cu una liniară a cărei pantă și valoare inițială depind de calitatea și lungimea cablului; acest fapt are două consecințe asupra transmisiilor pe cablu:

- în cazul transmisiilor pe o singură purtătoare, semnalul modulat este distorsionat semnificativ considerând N_0 a zgomotului constantă, valoarea SNR la recepție scade cu creșterea frecvenței.
- de asemenea, zgomotele provocate de diafonie afectează anumite frecvențe ale spectrului ducând la înrăutățirea SNR în zonele respective ale spectrului.

Tinând cont de cele de mai sus transmisiile multipurtător sunt utilizate și pentru comunicațiile pe cablu pentru:

- a adapta constelația folosită la valoarea SNR din sub-banda de frecvență respectivă
- a adapta banda de frecvență a semnalului modulat la banda de coerență a cablului

4.2.3.2 DMT

Prin utilizarea IDFT (IFFT) în N puncte (și cu o frecvență de eșantionare $f_e = N \cdot f_s$) se obține suma a N semnale complexe modulate distincte pe N subpurtătoare.

Această sumă este definită de coeficientul părții reale $I(n)$ și cel al părții imaginare $Q(n)$; cei doi coeficienți sunt semnale reale care ocupă aceeași bandă de frecvență pentru a permite demodularea semnalelor QAM transmise pe N subpurtătoare, la recepție sunt necesare atât partea imaginară cât și partea reală a semnalului modulat OFDM-BB, $I(t)$ și $Q(t)$.

În cazul transmisiilor pe canale radio, cele două semnale reale $I(t)$ și $Q(t)$ sunt transmise pe două purtătoare ortogonale de canal $A \cos \omega_{\text{opt}}$ și $A \sin \omega_{\text{opt}}$, cu o modulație QAM. În cazul transmisiei pe cablu torsadat, semnalul modulat OFDM-BB nu este translatat pe purtătoare, datorită creșterii atenuării odată cu creșterea frecvenței. În consecință nu se pot transmite cele două semnale reale care constituie părțile reală și, respectiv, imaginare ale semnalului OFDM-BB.

Pe de altă parte, transmiterea doar a părții reale a semnalului OFDM-BB este echivalentă cu transmiterea doar a $N/2$ subcanale distincte, deoarece pentru semnale reale utilizarea unei frecvențe de eșantionare $f_e = N \cdot f_s$ permite doar refacerea a semnalelor cu $f \leq f_s \cdot N/2$. Rezultă că pentru a transmite N subpurtătoare distincte (cu frecvențe multipli întregi de f_s) folosind doar semnalul real $I(t)$, trebuie ca:

- frecvența de eșantionare să fie $2N \cdot f_s$

- partea imaginară $Q(t)$ să aibă o valoare constantă, independentă de setul de date modulatorie, care să fie cunoscută la recepție și care nu este transmisă.

Pentru a îndeplini condițiile de mai sus, trebuie impuse două condiții semnalului OFDM-BB:

- modulatorul realizat cu un bloc IFFT va avea $2N$ intrări în loc de N ;
- nivele modulatorie care modulează QAM tonurile $N+1, \dots, 2N-1$, vor fi complex conjugatele nivelelor introduse pe tonurile $N-1, \dots, 1$

Condițiile de mai sus pot fi exprimate sub forma:

$c_k = a_k + j b_k$ - simbolurile modulatorie complexe pe tonurile k , $k=1, 2, \dots, N-1$

$c_{2N-k} = (c_k)^* = a_k - j b_k$; simbolurile modulatorie complexe pe tonurile $N+1, \dots, 2N-1$ (1)

Totodată tonurile 0 respectiv N au un regim special, nivelele modulate pe aceste tonuri trebuind să fie reale. Deci $b_0 = b_N = 0$. În general, tonul 0 nu se modulează, $a_0 = 0$.

A doua condiție (1) împreună cu $b_0 = b_N = 0$, face ca partea imaginară a semnalului de la ieșirea IDFT (OFDM-BB) să fie nulă. Rezumând putem spune că semnalul DMT este un semnal OFDM-BB care transmite $2N$ tonuri și care are partea imaginară nulă.

Semnalul modulat DMT în funcție de k (index ton - frecvență multiplu de f_s) și n (index de timp discret) se va scrie:

$$s(n) = \sum_{k=0}^{2N-1} c_k e^{j \frac{2\pi k n}{2N}} \quad (2)$$

-ținând cont de relația (1) și de observațiile privitoare la tonurile 0 și N , semnalul DMT modulat se poate rescrie astfel:

4.2.4 Conversia paralel-serie și introducerea intervalului de gardă

Leșirile paralele ale părții reale din circuitul IFFT ($2N$ valori) sunt convertite într-un șir de biți serial la care se va adăuga un interval de gardă, care se mai numește și prefix ciclic. Pentru DMT, în sistemele DSL, s-a stabilit ca lungimea intervalului de gardă să fie $v = T_s/16$ ($T_s = 1/f_s$).

Adăugarea prefixului ciclic este arătată principal în figura 4.4. Ultimele eșantioane ale simbolului DMT sunt copiate și sunt apoi adăugate la începutul simbolului respectiv.

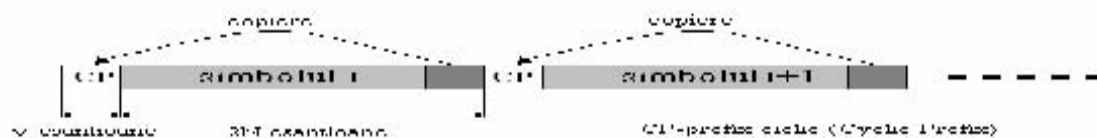


Fig. 4.4 Inserarea intervalului de gardă (prefix ciclic) în DMT

Introducerea prefixului ciclic are următoarele efecte:

- adăugarea acestuia creează un spațiu de gardă între două simboluri consecutive în domeniul timp, asigurând reducerea ISI în domeniul timp. ISI va afecta doar acest prefix ciclic, care la recepție va fi eliminat și doar eșantioanele utile ale simbolului vor intra în blocul de demodulare. Durata prefixului ciclic trebuie să fie mai mare decât durata răspunsului la impuls a canalului pentru a se elimina ISI în domeniul timp.
- reduce interferența intercanal (inter-ton) (ICI – Inter-Channel Interference) pe durata aceleiași perioade de simbol DMT
- introduce și o bandă de gardă în domeniul frecvență, adică o diferență între banda unui ton și intervalul de frecvență la care sunt spațiate tonurile. Purtătoarele sunt plasate la diferență de f_s între ele, iar frecvența de simbol a transmisiei este $f_s' = f_s/(1+u) < f_s = f_c/2$; banda de frecvență a transmisiei pe un ton poate fi aproximată cu $(k \cdot f_s - f_s'/2, k \cdot f_s + f_s'/2)$.

Prefixul ciclic este folosit la sincronizarea tactului de simbol și a tactului de eșantionare, precum și la egalizarea în domeniul timp; apoi prefixul ciclic este eliminat, nefiind folosit la demodulare.

Intreteserea datelor (interleaving) realizata asupra unor blocuri consecutive de date aduce:

Avantaje:

- ✓ Prin intretesere o eroare care afecteaza un grup de mai multi biti consecutivi dintr-un bloc este distribuita pe mai multe blocuri consecutive (care au fost intretesute) dar pe mai putini biti in fiecare din aceste blocuri, facand posibila corectarea sa prin codul corector de erori, daca intreteserea a fost facuta dupa codarea de canal;

Dezavantaje:

- ✓ Prin intretesere se introduce o intarziere suplimentara datorata necesitatii de a cumula mai multe blocuri de date inainte de a face intreteserea, respectiv de a astepta transmitia tuturor acestor blocuri pentru ca prin operatiunea inversa sa se obtina fiecare bloc de date la receptie.

Pentru a evita dezavantajul intarzierii suplimentare introdus de intretesere, in modemul ADSL se asigura doua cai:

- ✓ O cale rapida(fast), care nu foloseste intreteserea si care este asociata cu servicii care impun cerinte de intarziere minima, adica transmisie in timp real (video streaming sau videoconferinta);
- ✓ O cale normala, cu interleaving, asociata cu servicii care nu impun cerinte stricte de timp real (navigare internet).

4.2.5 Convertoarele D/A, A/D și filtrele de emisie și recepție

Convertoarele D/A, A/D dintr-un sistem DMT trebuie să fie mult mai precise și cu o gamă dinamică mai mare decât convertoarele necesare unor sisteme OFDM-BB sau cu o singură purtătoare. Aceasta se datorează în principal faptului că valorile posibile ale amplitudinii unui semnal DMT sunt mult mai numeroase decât valorile unui semnal

provenit din alt sistem de transmisie clasic, iar semnalul de ieșire are o dinamică mai mare; în DMT se pot utiliza și constelații cu $2^{14} = 4096$ de fazori.

Filtrul de emisie are rolul de a elimina replicile de înaltă frecvență ale semnalului ce urmează a fi transmis, apărute datorită implementării complet digitale a sistemului DMT. La intrarea în receptor trebuie să existe un același tip de filtru care are rolurile de elimina componentele exterioare benzii utile și de a realiza o filtrare anti-alias înainte de eșantionarea semnalului la recepție.

4.2.6 Demodularea DMT

După realizarea egalizării și după eliminarea prefixului ciclic, șirul de eșantioane de la intrarea receptorului DMT este convertit în blocuri de date paralele cu $2N$ valori. Acestea vor intra în blocul de demodulare realizat cu un circuit FFT în $2N$ puncte, ceea ce este echivalent cu trecerea semnalului din domeniul timp înapoi în domeniul frecvență. -la ieșirea blocului de demodulare din cele $2N$ ieșiri disponibile doar primele N sunt utile, datorită conjugării nivelelor transmise pe. Observațiile privitoare la tonurile 0 și N -mai jos este prezentată operația de demodulare în condițiile în care la recepție tactul de simbol și tactul de eșantionare sunt perfect sincronizate.

Folosind relațiile lui Euler, expresia datelor demodulate pe tonul l , unde l este indexul de ton la blocul de receptor realizat cu circuit FFT, se scrie:

$$c_l = \frac{1}{2N} \sum_{n=0}^{2N-1} \left[\sum_{k=0}^{N-1} d_k \cos\left(\frac{2\pi k n}{2N}\right) \right] e^{-j\frac{2\pi l n}{2N}} \quad (5)$$

-contribuția semnalului modulat pe canalul l la datele demodulate pe același canal cl -se obține făcând indexul de canal $k = l$ în relația (5):

$$c_k = \frac{1}{2N} \sum_{n=0}^{2N-1} a_n e^{-j \frac{2\pi n k}{2N}} = \frac{1}{2N} \sum_{n=0}^{2N-1} a_n e^{-j \frac{2\pi n k}{2N}} \quad (6)$$

Al doilea și al treilea termen din relația de mai sus sunt 0 deoarece cele două sume pot fi privite ca două progresii geometrice cu primul termen $a_0 = 1$ și de rație

$$r = e^{-j \frac{2\pi l}{2N}} \quad \sum_{n=0}^{2N-1} \left(e^{-j \frac{4\pi l}{2N}} \right)^n = \frac{e^{-j \frac{4\pi l}{2N}} - 1}{e^{-j \frac{4\pi l}{2N}} - 1} = 0 \quad (7)$$

În aceste condiții relația (6) se va scrie în continuare:

$$c_k = \frac{1}{2N} \sum_{n=0}^{2N-1} a_n e^{-j \frac{2\pi n k}{2N}} \quad (8)$$

Deci în urma demodulării se obțin exact nivelele modulate transmise pe canalul l, (s-a neglijat efectul canalului). Contribuția nivelelor modulate transmise pe un alt canal, $m \neq l$, asupra celor demodate pe canalul l este nulă, dacă toate semnalele auxiliare sunt perfect sincronizate; demonstrația este similară celei de la modulația OFDM.

Schema bloc a transmițătorului și receptorului DMT (fără circuitele de sincronizare) este dată în fig. 4.5.

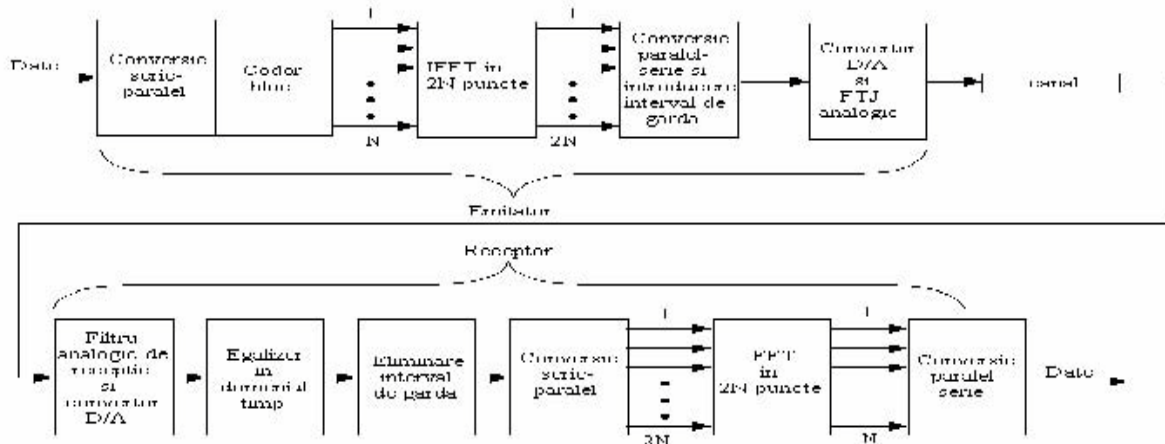


Fig 4.5. Schema bloc a emițătorului și receptorului DMT

4.2.7 Eficiența spectrală a transmisiilor DMT

Debitul binar util nominal D_n se calculează similar cu cel al modulației OFDM, vezi relația (2); banda de frecvență ocupată poate fi considerată în general aceeași; deci eficiența spectrală nominală a transmisiilor DMT se calculează similar cu cea a OFDM.

Probabilitatea de eroare de bit, în funcție de SNR, se calculează similar cu cea a OFDM, dar în cazul aplicațiilor DMT trebuie făcută o mențiune: deoarece valoarea atenuării în funcție de frecvență și puterea zgomotului sunt relativ constante în timp pe un cablu dat, doar perturbațiile provenite prin diafonie fiind variabile în timp, la începutul transmisiiei se determină pe grupuri de tonuri constelațiile QAM (și codurile corectoare necesare) care asigură $BER < BER_0$, de exemplu $BER_0 = 1 \cdot 10^{-7}$.

4.2.8 Aplicații ale modulației DMT

Modulația DMT este utilizată în sistemele de transmisie ADSL și VDSL pe cablul torsadat de abonat, semnalul modulat fiind multiplexat pe linie cu semnalul CTFV.

Pentru ADSL modulația DMT este realizată pe 255 de tonuri poziționate la $k \times 4,3125$ kHz; tonurile sunt purtatoare, fiecare modulată cu o parte din datele care urmează a fi transmise; benzile de frecvențe alocate celor două sensuri de transmisie

sunt: upstream 30 – 134 kHz, (tonurile 7-31) și downstream 165 – 1100 kHz (tonurile 38- 255, din care 215 sunt modulate cu date), vezi figura 4.5.

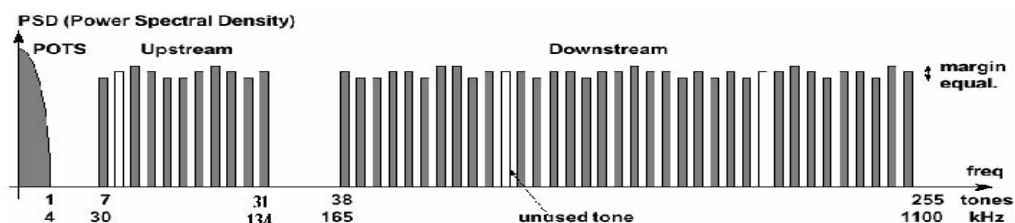


Fig. 14.
Dispunerea
spectrală a
legăturii
ADSL cu
DMT

Fig. 4.5 Impartirea Benzii in subcanale

Avantajele fata de o singura purtatoare, modulata cu aceeași cantitate totală de date sunt:

- o mai bună protecție la perturbatii, care afectează doar o parte din purtatoare;
- egalizare de canal mai simplă (banda mai îngustă pe fiecare canal);
- interferența intersimbol mai redusă datorită duratei mai mari a simbolurilor.

Datorită intervalului de gardă $v = T_s/16$ și transmiterii unui simbol DMT de sincronizare la fiecare 69 de simboluri DMT, frecvența de simbol utilă (efectivă) este $f_s' = 4$ kHz, durata utilă a simbolului fiind 250 μ s. Debitul binare efective asigurate sunt: DS - 160 kbit/s – 8 Mbit/s; US - 16 – 1000 kbit/s; trebuie reținut că în sistemele ADSL și VDSL se utilizează numai modulațiile codate care asigură $BER < 10^{-7}$ la valoarea SNR de pe tonul (grupul de tonuri) respectiv.

Debitul binare asigurate depind de lungimea, tipul și calitatea cablului, distanțele maxime fiind de 6 km (cablul de 0.4 mm) sau 8 km (cablul de 0.5 mm) (fără zgomot, sensibilitate maximă).

Codurile corectoare utilizate sunt: coduri convoluționale (într-o modulație 4D-TCM) concatenate, pentru unele aplicații, cu codurile RS. Între cele două tipuri de coduri se introduce un interleaver.

Modulațiile utilizate adaptiv, în funcție de valoarea SNR sunt: de la 4-QAM la 32768-QAM (fază în constelație), adică de la 2 la 15 biți/simbol QAM. Schema bloc simplificată a modemului DSL din centrală este dată în fig. 4.6.

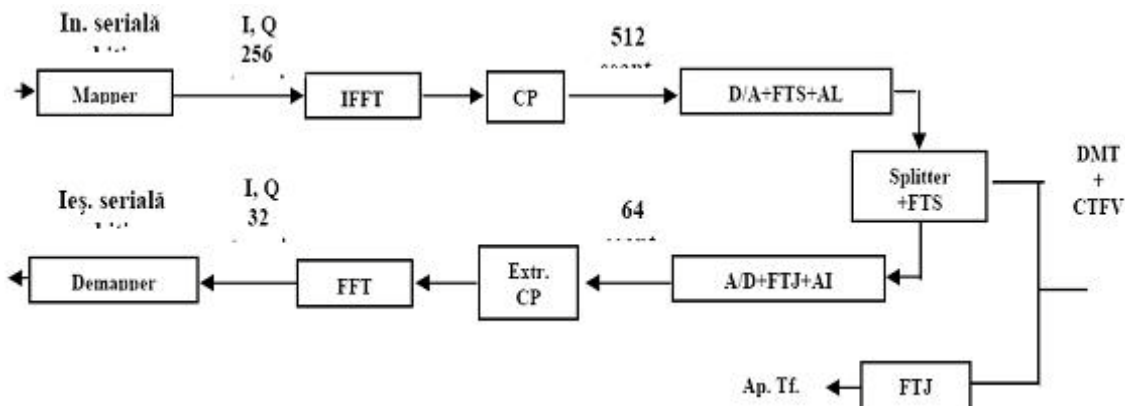


Fig 4.6 Schema bloc simplificata a emisiei-receptiei ATUC

Considerând numărul de tonuri utilizate pentru cele două sensuri de transmisie: ATU-C (ADSL Transceiver Unit - Central) va face IFFT în 2×256 puncte, adică va modula 215 tonuri (3 neutilizate - emisie DS) și va face FFT în 2×32 puncte, adică va demodula 24 (1 neutilizat – recepție US) ATU-R (Remote) va face FFT în 2×256 puncte, va demodula 215 tonuri (3 neutilizate - recepție DS) și va face IFFT în 2×32 puncte, va modula 24 (1 neutilizat – emisie US) – în principiu!

4.2.8.1 Estimarea debitului binar util (payload) ce poate fi asigurat de o transmisie ADSL

Datorită mapării Gray (sau dublu Gray) utilizate, probabilitatea de eroare ce bit se poate aproxima, pentru valori medii și mari ale SNR, cu probabilitatea de eroare de simbol împărțită la $\log_2 N$. Variația probabilității de eroare de bit, obținută prin simularea transmisiilor, pentru constelațiile 2-PSK, QPSK, 16-QAM, ..., 256-QAM este prezentată în figura 16. Pentru a obține SNR necesar obținerii unei $p_e = 10^{-7}$ la valorile SNR indicate în figura 16 se va adăuga 0.5 dB. -Pentru constelațiile folosite în ADSL, valorile aproximative ale SNR necesare asigurării lui $p_e = 10^{-7}$ precum și creșterea SNR necesară asigurării aceleiași p_e la trecerea de la o constelație la următoarea, $\Delta \text{SNR}(2N)$, sunt date în tabelul 1.

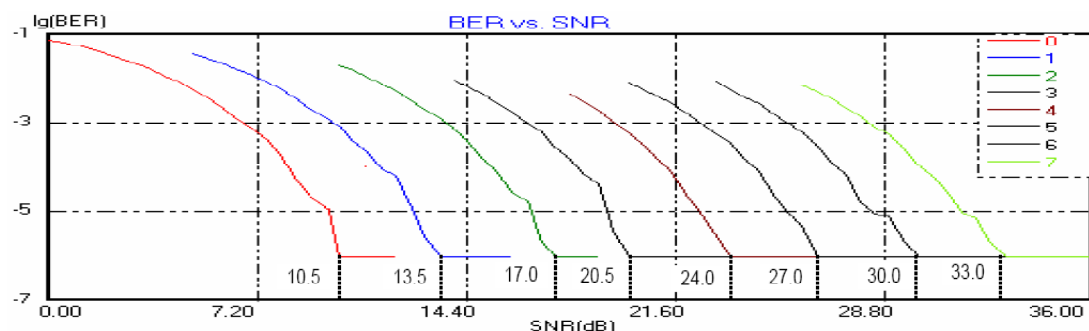


Figura 16. Variația BER vs. SNR pentru 2-PSK(0), QPSK(1), 8-QAM(2), 16-QAM (3), 32-QAM(4), 64-QAM(5), 128-QAM(6) și 256-QAM(7); curbele sunt obținute prin simularea transmisiilor

N	4	8	16	32	64	128	256
$\Delta\text{SNR}(2N)[\text{dB}]$	-	3.68	3.30	3.15	3.1	3.05	3
SNR-7 (N) [dB]	14.5	18.2	21.5	24.65	27.75	30.8	33.8
N	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768*
$\Delta\text{SNR}(2N)[\text{dB}]$	3	3	3	3	3	3	3
SNR-7 (N) [dB]	36.8	39.8	42.8	45.8	48.8	51.8	54.8

Tabelul 1. Valorile SNR necesare constelațiilor QAM pentru a asigura $p_e = 10^{-7}$

Pe fiecare purtatoare se pot transmite între 4 și 14 biți, în funcție de raportul semnal zgomot, conform tabelului 2:

Tabelul 2

Rata de transmisie r Biți/simbol	Tip modulație(QAM- 2^r)	SNR necesar (dB) pentru $\text{BER}=10^{-7}$
4	QAM-16	21,8
6	QAM-64	27,8
8	QAM-256	33,8
9	QAM-512	36,8
10	QAM-1024	39,9

12	QAM-4096	45,9
14	QAM-16384	51,9
15	QAM-32768	57,9

La conectare modemul din centrul de comunicație (denumit ATU-C – ATM Transmission Unit Central) impreuna cu modemul utilizator (ATU-R – ATM Transmission Unit Remote) , măsoară raportul semnal / zgomot pe fiecare subpurătoare, conform figurii 4.7 și, în funcție de raportul semnal zgomot real stabilesc rata de bit pe fiecare subpurătoare. Se prevede și o margine de zgomot care să permită transmiterea în bune condiții chiar dacă ulterior apare o ușoară creștere a zgomotului.

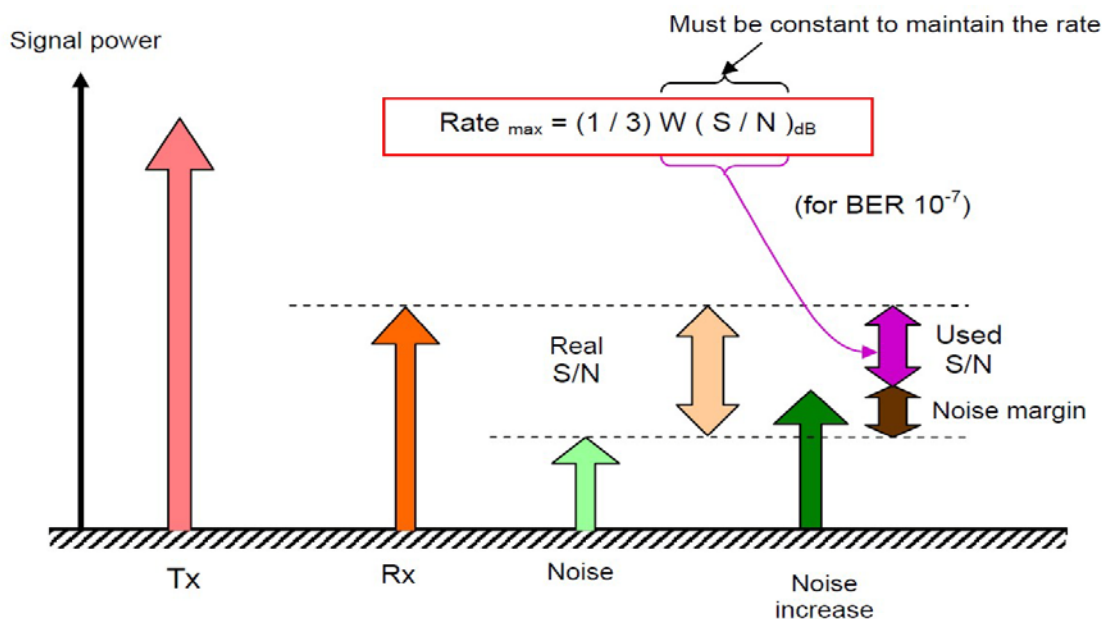


Fig. 4.7 Semnalul emis, semnalul recepționat și zgomotul pe o purtătoare ADSL

La estimarea numărului de biți transmiși pe fiecare subpurătoare se ține cont de atenuarea canalului, zgomotul efectiv, diafonia și eventualele interferențe, fiind posibil ca unele purtătoare afectate de o interferență de radiofrecvență (RFI) să nu fie folosite deloc, cum vedem in figura 4.8:

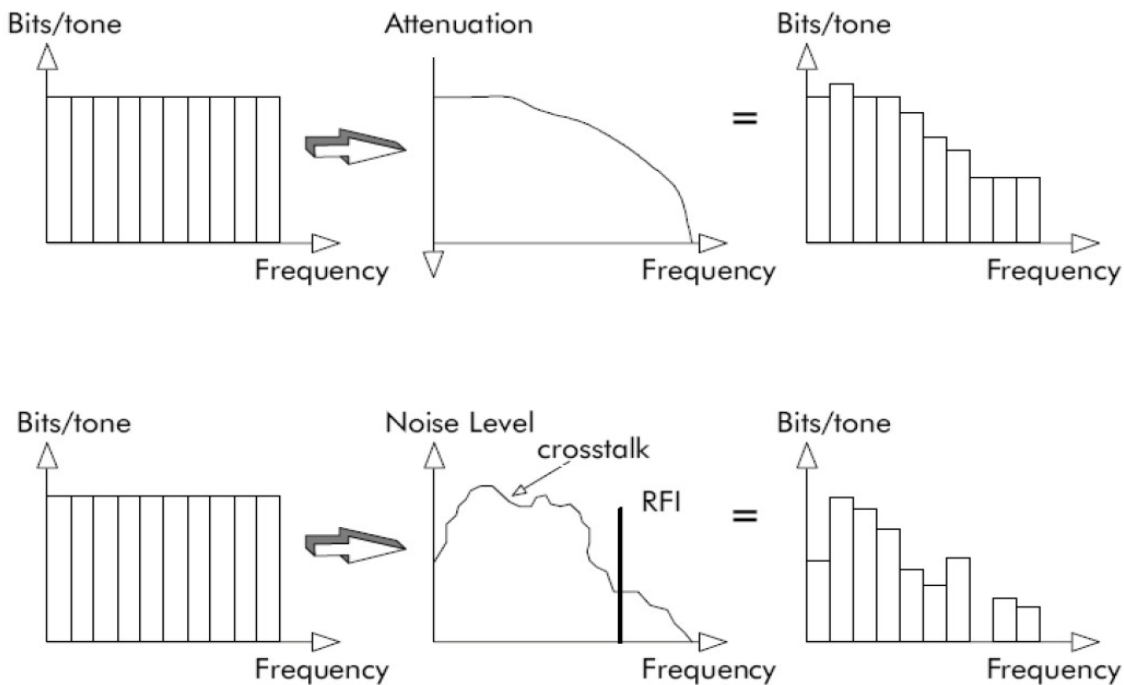


Fig. 4.8 Estimarea numarului de biti pe subpurtatoare

În figura 4.9 se ilustrează realocarea unor biți de pe o subpurtătoare afectată de o perturbare de radiofrecvență (indicată prin săgeată), pe subpurtătoarele vecine, în scopul menținerii ratei de transmisie, folosind rezerva dintre rata maximă (corespunzătoare SNR real din fig 17) și rata efectivă (SNR folosit din fig 17). Această realocare se face periodic pe toată durata conexiunii, prin măsurători asupra calității liniei, executate de ATU-C și ATU-R.

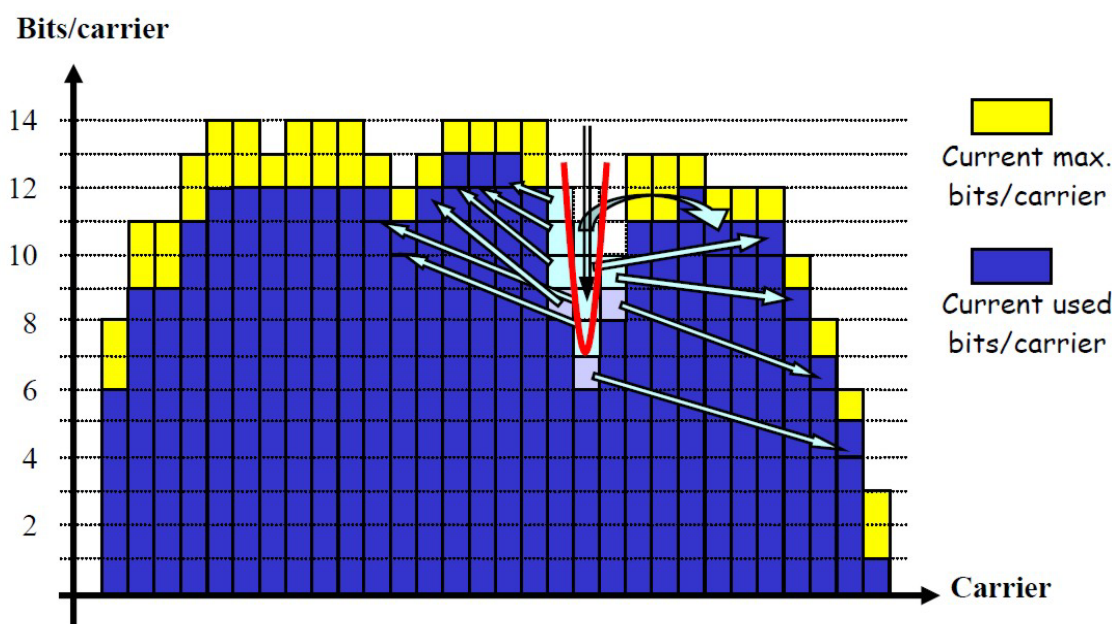
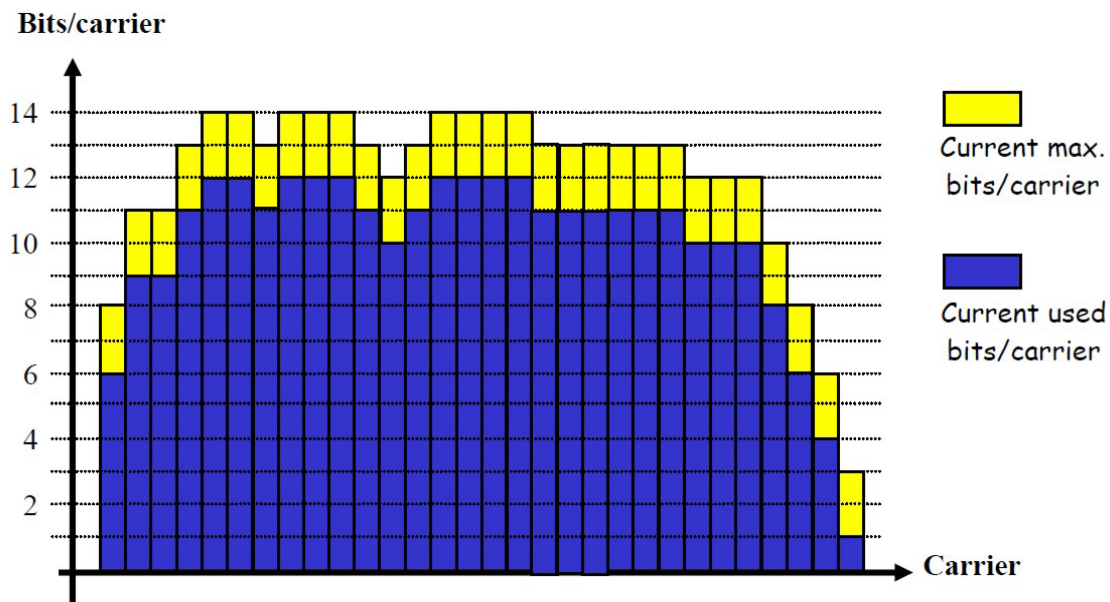


Fig. 4.9 Alocarea dinamică a numărului de biți pe subpurătoare

4.2.8.2 Estimarea constelației optime pentru o pereche de fire dată

Pentru calcularea valorii SNR minim necesare unei constelații cu N fazori pentru a asigura pe $\leq 1 \cdot 10^{-7}$, se va considera că SNR necesar constelației QPSK pentru a asigura această probabilitate este $SNR_4 \approx 14.5$ dB. Apoi, la această valoare se vor

adăuga valorile $\Delta\text{SNR}(2N)$ pînă la atingerea constelației dorite. Valorile obținute sunt prezentate în linia a treia a tabelului 1, $\text{SNR}-7(N)$. În standardele ADSL la aceste valori ale SNR se adaugă o margine de 6 dB, care „compensează” efectele celorlalte semnale interferente din canal.

Pentru calculul SNR la transmisia unui ton ($f = kfs$) modulat cu o constelație N-QAM pe un cablu dat, se utilizează relația (6) în care se consideră lărgimea de bandă a semnalului modulat pe un ton $LB = 4.3125 \text{ kHz}$, densitatea spectrală de putere a zgomotului $N_0 = -140 \text{ dBm/Hz}$, P_s puterea medie a semnalului emis pe acel ton, în (36) $a(f)$ reprezintă atenuarea măsurată a acelui ton pe cablul dat:

$$\begin{aligned} \text{SNR [dB]} &= P_s[\text{dBm}] - a(f)[\text{dB}] - (N_0 + 30\lg 4.3125) [\text{dBm}] - 6 \text{ dB} = \\ &= P_s[\text{dBm}] - a(f)[\text{dB}] + 111 [\text{dBm}] - 6 \text{ dB}; \quad (9) \end{aligned}$$

Puterea medie emisă/ton este 0.43125 mW (-3.7 dBm) pe DS și 0.6835 mW (-1.7 dBm) pe US.

Constelația utilizată (N) va fi cea mai mare pentru care este îndeplinită condiția:
 $\text{SNR} > \text{SNR}-7(N)$ (10)

4.2.8.3 Metoda Water Pouring si bit-loading

Asa cum am spus anterior, spre deosebire de modulația în frecvență tradițional, numărul de biți transmiși pe fiecare subcanal poate fi diferită pe fiecare subcanal în parte. Pentru a putea explica algoritmul bit-loading explic mai întâi metoda: “water pouring” – turnarea apei.

Să ne amintim ca limita Shannon a unui canal ideal, limitat în bandă este:
 Unde C este capacitatea în biți / s, W este banda și P_s este puterea transmisă. Într-un sistem DMT, cu banda unui subcanal (Df) suficient de mică, putem să privim răspunsul subcanalului $|H(f)|$ ca fiind constantă și capacitatea sub-canalului poate fi reprezentată de:

Unde $N(f)$ este densitatea zgomotului. Capacitatea împrăștiată de-a lungul întregii benzi W este dată de:

Prin urmare, puterea semnalului este mare când SNR-ul subcanalului este mare și mic când SNR-ul canalului este mic. Rezultatul este denumit algoritmul “water pouring”.

Pe baza acestuia putem elabora și algoritmul bit-loading. Numărul de biți alocați fiecărui subcanal este bazat pe SNR-ul fiecărui subcanal. Subpurătoarei cu SNR-ul cel mai mare îi este alocată mai mulți biți și invers:

Unde SNR_j este SNR-ul la ieșirea subcanalului j^{th} și r_{DMT} este numit gaură de SNR definit de:

4.2.8.4 Alocarea biților și egalizarea de canal

Această estimare se referă la transmisiile care nu folosesc coduri corectoare de erori. La fiecare 69 de simboluri de DMT se transmite un simbol DMT pentru sincronizare. Astfel, ținând cont de prefixul ciclic frecvența utilă de simbol în DMT este:

$$f_s = \frac{6816}{4.31254 \times 6917} \text{ kHz} \quad (11)$$

În funcție de raportul semnal/zgomot și de atenuarea măsurate pentru fiecare ton pe perechea de fire utilizată se stabilește constelația QAM (numărul de biți pe simbol QAM) care trebuie folosită pentru a asigura pe $< 10^{-7}$ (vezi tabelul 1 și relațiile (9) și (10)); această operație se numește „bit loading”

Astfel tonurile utilizate pe fiecare sens de transmisie sunt împărțite în G grupuri, de câte g tonuri (de minim 5 tonuri) pe care se va transmite același număr n_i de biți. - Deci debitul util nominal D_n va fi:

$$D_n = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^G n_i \quad (12)$$

Datorită caracteristicii $a(f)$, numărul maxim de biți/simbol DMT este estimat la 2000, pe DS, și la 200 – 250 pe US, conducând la debite utile maxime de 8Mbps (DS) și 0.8-1Mbps (US).

DMT este un fel de modulație cu multipurtătoare care suprapune mai multe subpurtătoare pentru a reprezenta un șir de biți de intrare. Față de modulația în frecvență convențională, numărul biților transmiși pe fiecare subcanal poate fi diferit în modulația multipurtătoare. Alocarea algoritmului șirului de biți de intrare pe fiecare subpurtătoare care este denumit “bit loading” este crucial pentru performanța DMT.

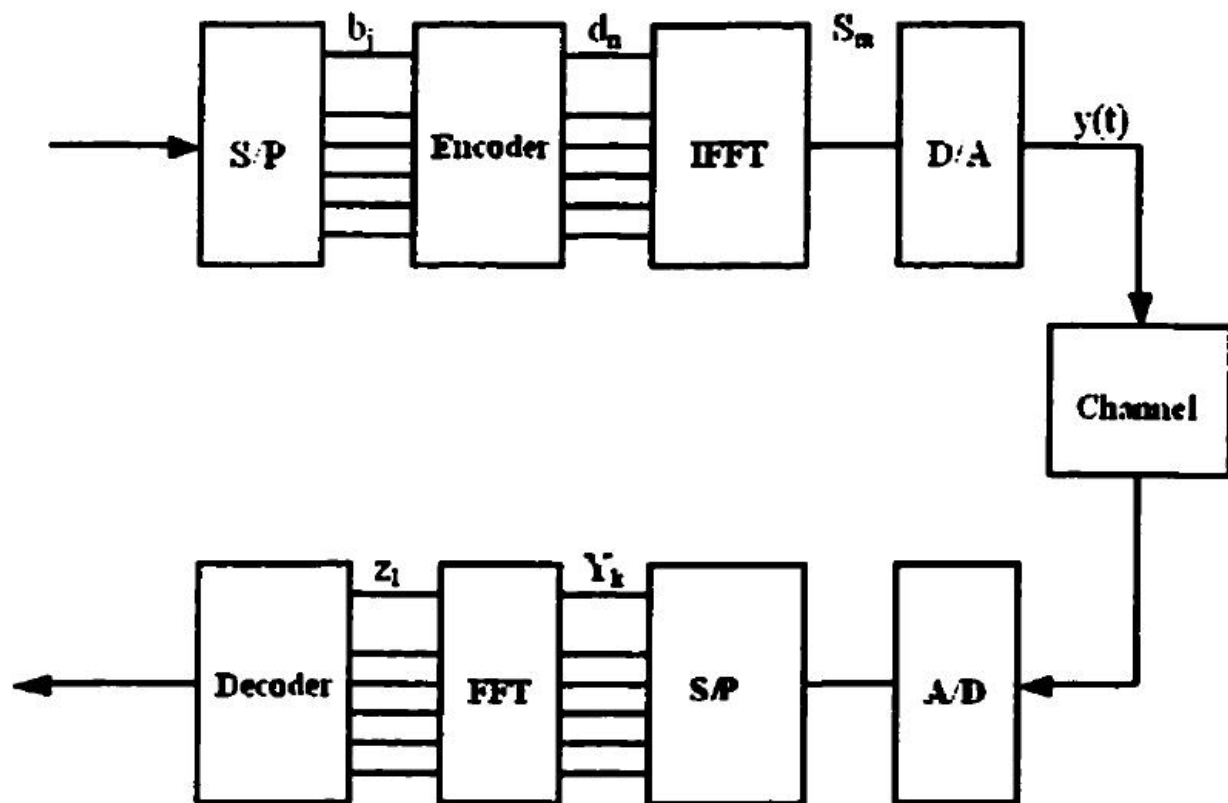


Fig. 4.10 Modulator și demodulator DMT

În fig. 4.10 un șir serial de biți este mai întâi convertit în șir de biți paralel și este asignat pe diferite subcanale, pe baza SNR-ului fiecărui subcanal conform algoritmului “bit-loading”. Numărul de biți asignați unui subcanal particular este reprezentat de b_i .

Fiecare din biți b_i este mapat într-un subsimbol complex DMT d_n , unde $d_n = a_n + jb_n$. IFFT acționează asupra vectorului $\{2d_n\}$ și rezultatul este vectorul $S = \{S_0, S_1, \dots, S_{N-1}\}$ format din N numere complexe, cu:

Transmisia DMT este folosită pentru a transfera date pe un link. De exemplu transmisia DMT este folosită în sistemele asimetrice de abonat (ADSL), conform specificației în standardul publicat de Uniunea Internațională de Telecomunicații.

În sistemul de transmisie specificat de standard, biți de intrare sunt împărțiți între mai multe tonuri sau frecvențe. Depinzând de proprietățile mediului de transmisie și numeroasele constrângeri, în special de puterea de ieșire, unele tonuri sunt capabile să transmită un număr mai mare de biți ca altele. Prin urmare unor anumitor tonuri le sunt alocate un număr mai mare de biți. Numărul de biți transmiși pe fiecare ton sunt stocați într-o tabelă de alocare a biților (bit allocation table). Tabela poate fi updatată din când în când pentru a se adapta schimbărilor din mediul de transmisie.

O constelație de puncte de modulație de amplitudine în cuadratura (QAM) este generată pentru fiecare ton, constelația QAM codează biți alocării fiecărui ton. De exemplu, constelația de 16 puncte posibile pentru codarea a $16=2^4$ biți este ilustrată mai jos:

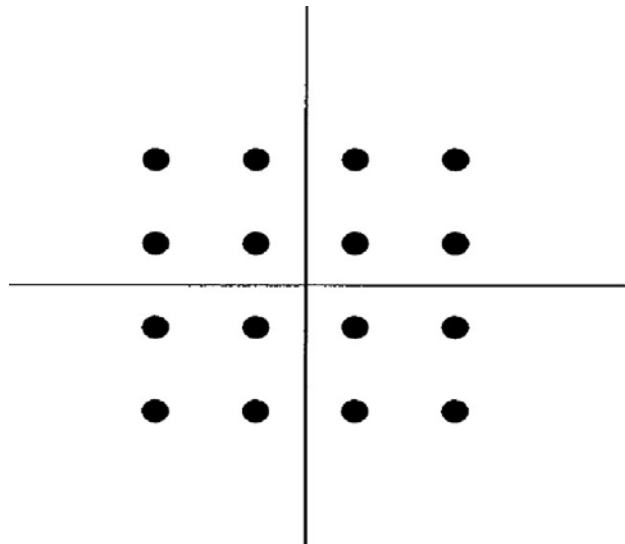


Fig 4.11 Modulație QAM în 16 puncte

O matrice mai mare sau mai mica de puncte este folosită depinzând de numărul de biți asigurați fiecărui ton.

Multitudinea de constelații sunt apoi convertite într-un șir de biți de ieșire, în general de o transformare Fourier inversă. Șirul de biți corespunzător fiecărui frame este

cunoscut și sub numele de simbol care conține tonurile individuale și corespunzător punctele constelațiilor QAM ce codează biții fiecărei frame.

Șirul de biți de la ieșire este apoi transmis pe un link ADSL, de exemplu rețeaua de telefonie publică (PSTN), la un receptor care decodează șirul de puncte ale constelațiilor pentru a reface frame-urile transmise.

În detaliu decodarea constă în pașii: mai întâi trecerea printr-o transformare Fourier discretă a șirului de biți de intrare pentru a obține numere complexe, reprezentând simbolurile QAM primite. Faza și amplitudinea simbolurilor QAM primite pot fi afectate de transmiterea lor pe link-ul de comunicație, dar acest efect poate fi corectat de un egalizator de frecvențe ce poate include și un filtru adaptiv, pentru a regenera șirul de biți transmisi. Adicional circuite de corecție a erorilor sunt incluse pentru a putea să corecteze biți individuali.

Totuși, mediul de transmisie rămâne vulnerabil la zgomot și la efectul de îngustare de bandă. Acesta din urmă poate cauza “valuri” de erori să intre în receptor. Poate fi foarte dificil pentru circuitele corectoare de erori să refacă aceste erori ce pot duce la pierderea de date. O altă problemă o constituie controlul frame-urilor, care trebuie transmise corect. Prin urmare acestea rămân ca nevoi de îmbunătățire a transmisiei multitone.

Pentru combaterea acestor două probleme se propune o nouă metodă de abordare. Este dată o metodă de modulație multiton de transmitere a biților generând o multitudine de frame-uri incluzând: alocarea unui număr semnificativ de biți fiecărei multitudini de tonuri; asignarea biților fiecărei frame tonurilor discrete astfel încât fiecărei ton discret îi este asignat numărul de biți alocăți, în cadrul căruia permutarea care alocă biții fiecărei frame câte unui ton se rotește în cadrul unei secvențe de permutări diferite în frame-uri diferite.

Cu alte cuvinte biți frame-urilor sunt amestecați și stratificați în frame-uri successive, astfel încât biți fiecărei frame nu sunt, ca în standardul actual G.992, mereu asigurați aceluiași ton ci unor tonuri diferite în frame-uri diferite. Astfel robustețea la îngustarea de bandă este îmbunătățită. De multe ori părți diferite din frame-uri sunt folosite să transfere date diferite și astfel îngustarea de bandă poate distruge transmisia

pe un ton. Prin amestecarea biților unui frame pe tonuri diferite nu sunt mereu aceeași biți ai frame-ului care sunt afectați. Acest lucru poate usura corecția de erori.

Metoda este exemplificată mai bine cu ajutorul fig. 4.12, 4.13, 4.14:

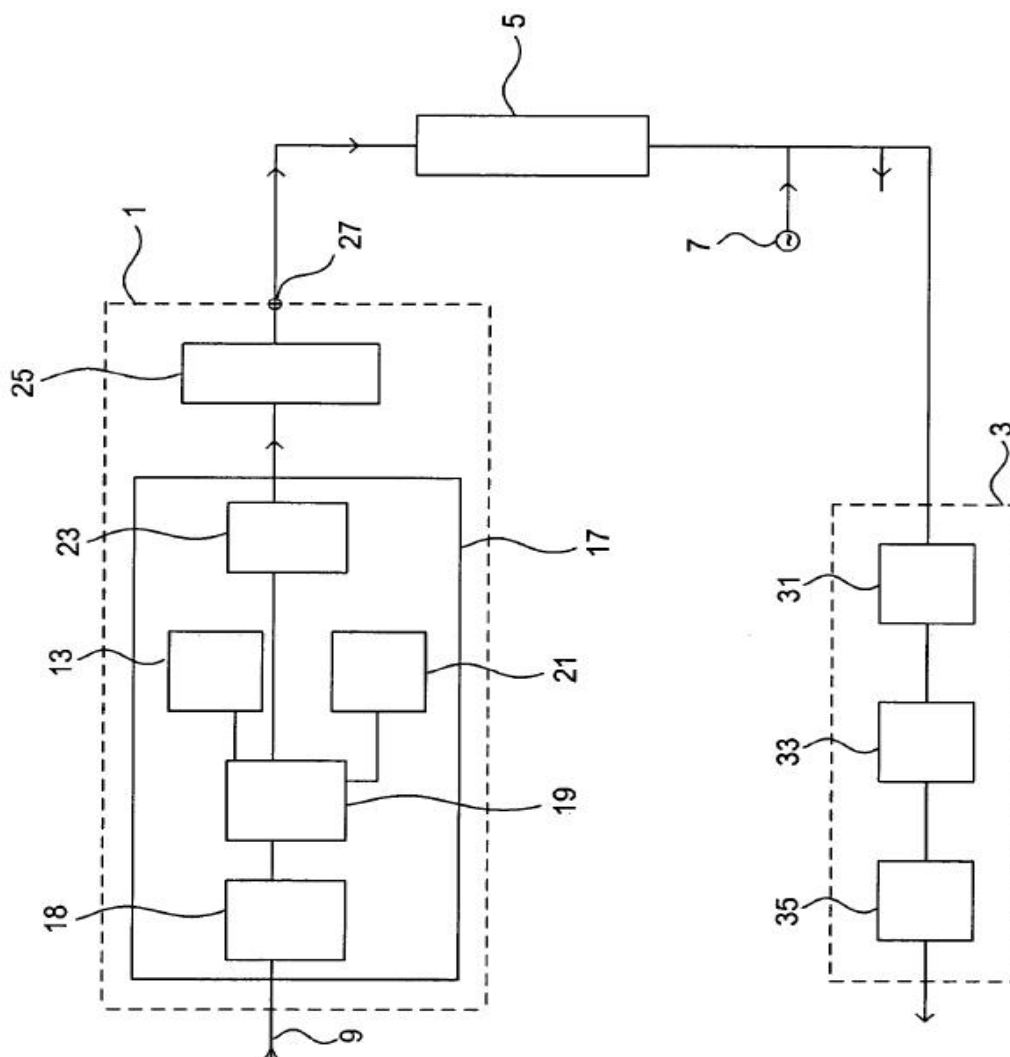


Fig 4.12 Emițător, receptor și link-ul dintre ele

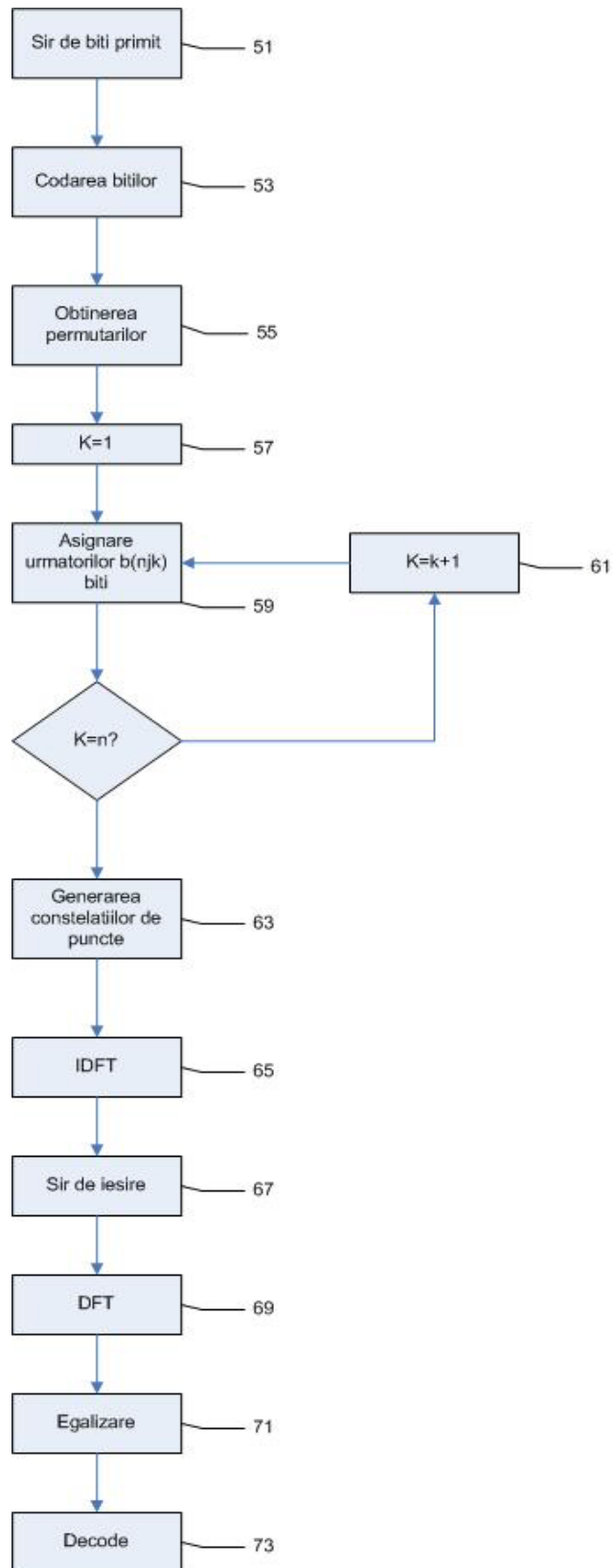


Fig 4.13 Diagrama debitului

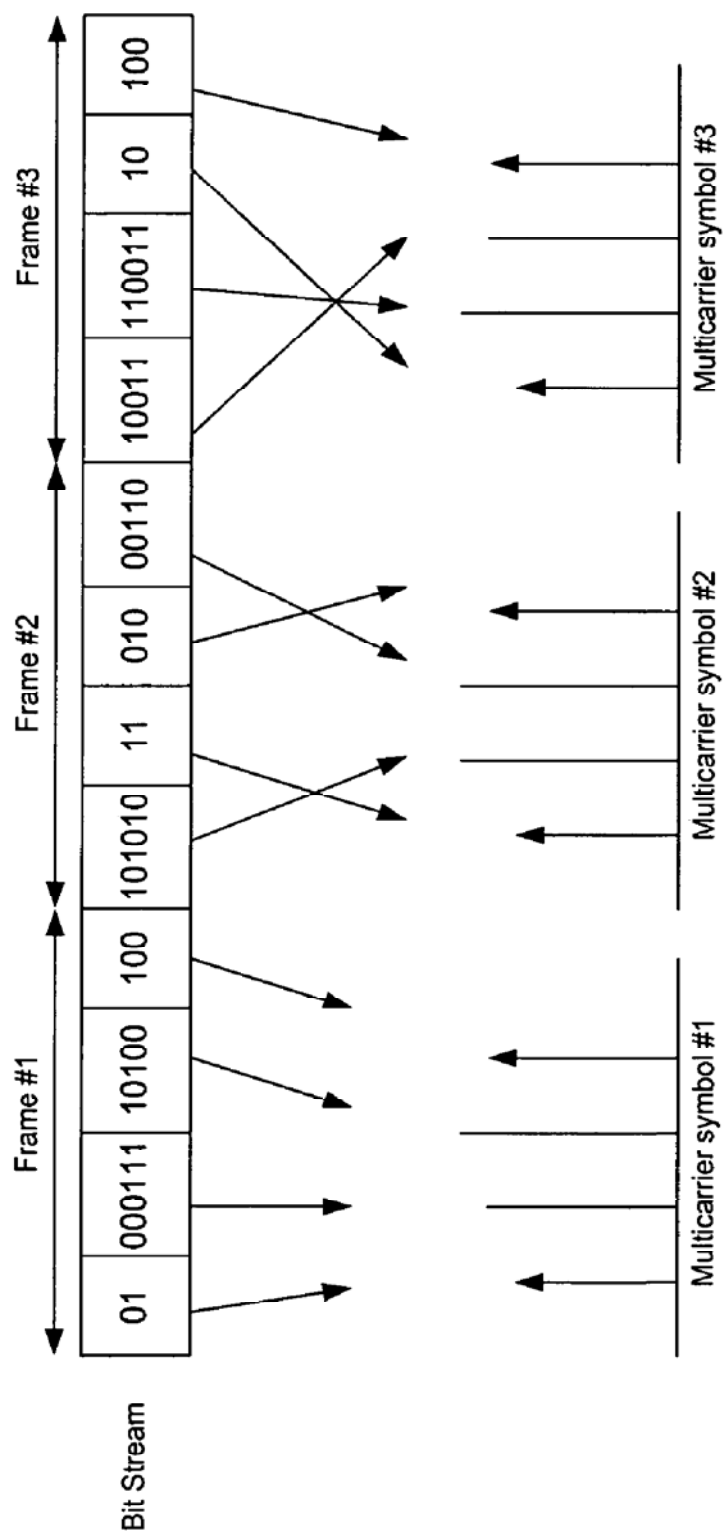


Fig 4.14 Schema alocării biților

Un emițător 1 transmite date pe un link 5 la un receptor 3. Linkul 5 nu este izolat de zgomot și adăugarea de zgomot semnalului este ilustrată de sursa de zgomot 7.

Emitătorul 1 primește (pas 51) un șir de biți 9 pentru transmisie. Șirul de biți este împărțit într-o multitudine de frame-uri 11, din fig 4.14. Șirul de biți este împărțit în frame-uri la un pas anterior. Acești biți sunt codați (pas 53) folosind un cod corector de erori, în modul 18. Codul Trellis este folosit în personificarea descrisă. În codul trellis, biți unui frame sau simbol sunt selectați, nu din toate combinațiile posibile, ci dintr-un subset determinat cu referire la biți transmisi anterior, în așa măsură ca erorile determinate în biți transmiși să fie identificate și corectate. Datele sunt trimise pe link-ul 5 folosind mai multe tonuri discrete sau frecvențe. Fiecare ton poate purta un număr diferit de biți, care sunt înregistrați într-o tabelă de alocare a biților 13. Această tabelă înregistrează numărul de biți $b(i)$ pentru al i -ilea ton, unde i este un număr pozitiv ce poate varia de la 1 la n , n fiind numărul de tonuri discrete.

Alocarea biților este exemplificată în fig 4.14, care ilustrează o multitudine de tonuri 15, de capacitate diferite. În exemplul simplificat, primul ton poartă 2 biți, al 2-lea ton poartă 6 biți, al 3-lea ton 5 biți și al 4-lea ton poartă 3 biți. În practică se pot folosi mai multe tonuri.

Numărul de biți purtat de fiecare ton depinde de zgomotul canalului la frecvența canalului și poate fi supusă constrângerilor, cum ar fi puterea maximă total ce poate fi transmisă pe canal. Numărul total de biți ce poate fi purtat de un canal variază din timp în timp. Prin urmare tabela de alocare a biților 13, poate fi updatată periodic, zilnic, la ora sau când se dorește.

Tabela de alocare a biților 13 este dată de un generator de tonuri 17, care primește un șir de biți de intrare. Un modul de alocare 19, din generatorul de tonuri, asignează biți pe tonuri. Biți sunt alocați pe tonuri după cum urmează: mai întâi permutarea folosită pe frame este obținută (pas 55) din codorul 21 care generează la ieșire o permutare diferită de fiecare dată când este acționat. Codorul este acționat odată per frame pentru a se genera o nouă permutare pentru fiecare frame. Permutarea pe frame-ul j poate fi considerată ca fiind un set de numere întregi $[n_{j1}, n_{j2}, n_{j3}, \dots, n_{jn}]$. Acest set reprezintă permutarea primelor n numere întregi pozitive $[1, 2, 3, \dots, n]$ pentru frame-ul al j -lea.

O buclă este inițializată (pas 57) cu $k=1$. Apoi, bucla se repetă cu următorii biți $b(n_{jk})$ ai frame-ului asignat (pas 59) tonului k , și k este crescut (pas 61) până când $k=n$ și ultimii biți ai frame-ului sunt asignați. În acest fel, biți sunt asignați în ordine de la începutul frame-ului încâpând cu primul ton n_{j1} al permutării frame-ului j , urmat de al doilea ton n_{j2} și tot așa până când se ajunge la n_{jn} .

În primul frame, biți sunt asignați tonurilor segvențial. Dacă primul ton din prima permutare are să fie al 10-lea ton ($n_{11}=10$), tabela de alocare a biților anunță ca biți $b(10)$ vor fi asignați tonului și ca primi $b(10)$ biți ai frame-ului sunt alocați aceluia. Dacă următorul ton ce va fi folosit este al 47-lea ($n_{12}=47$), numărul următor corespunzător de biți $b(47)$ ai frame-ului sunt alocați tonului 47. Metoda se repetă până când toți biți frame-ului sunt alocați. Această metodă de alocare poate fi reprezentată ca o permutare de numere întregi $[1,2,3,\dots,n]$, unde numărul întreg din fiecare poziție reprezintă numărul tonului ai biților corespunzători din fiecare frame. Astfel, dacă primi biți sunt asignați ton-ului 10 și următorii biți sunt asignați ton-ului 47, permutarea începe $[10,47,\dots]$.

În exemplul din fig 4.13, în primul frame primii 2 biți sunt asignați primului ton, următorii 6 biți sunt asignati la al 2-lea ton, următorii 5 biți sunt asignați la al 3-lea ton și ultimi 3 biți sunt asignați la al 4-lea și ultimul ton. Aceasta poate fi reprezentată ca permutația $[n_{11},n_{12},n_{13},n_{14}]=[1,2,3,4]$.

În următorul frame, permutarea între biți și tonuri este schimbată. Astfel, în fig 4.13, primi biți sunt asignați celui de-al 2-lea ton ($i=2$). Din moment ce numărul de biți alocați celui de-al 2-lea ton ($b(2)$) este 6, primi 6 biți sunt asignați lui. Următorul folosit este primul ton. Din moment ce primul ton poartă doar 2 biți, următorii 2 biți sunt asignați primului ton și tot așa până când toți biți celui de-al 2-lea frame sunt asignați. Aceasta poate fi reprezentată ca permutarea $[n_{21},n_{22},n_{23},n_{24}]=[2,1,4,3]$.

O alta permutare de biți și tonuri este folosită la frame-ul 3, 4 și cei ulterior. În al 3-lea frame avem permutarea: $[n_{31},n_{32},n_{33},n_{34}]=[3,2,1,4]$.

Este de preferat să se folosească un ciclu complet de permutări posibile ale biților și tonurilor în frame-urile successive înainte de a se reveni la începutul ciclului. Astfel, în exemplul din fig 4, alocarea biților parcurge toate cele 24 de permutări posibile ale lui $[1,2,3,4]$ înainte să repete ciclul. Permutările sunt generate de codorul 21 care lucrează

prin generarea unei segvente de permutări într-o manieră predeterminată care poate fi decodată numai folosind un codor identic la celalalt capăt. Biți alocați tonurilor sunt trecuți printr-un generator de constelații 23, care generează (pas 63) o constelație de puncte reprezentând biți alocați fiecărui ton. Numărul de puncte din constelații ce va fi ales depinde de numărul de biți alocați fiecărui ton. De exemplu, dacă 6 biți sunt alocați unui singur ton, atunci este nevoie de $2^6=64$ puncte de constelație. Se poate folosi o modulație de amplitudine în quadratură, dar se poate folosi cu ușurință și alte metode de generare a punctelor de constelație: APK,QPSK.

Constelația de puncte este apoi trecută printr-un modul de transformată Fourier inversă 25, care are la ieșire o transformare fourier inversă (pas 65) și transmite (pas 67) datele transformate la ieșirea 27 pe canalul 5. La recepție datele intră într-un modul de transformare Fourier direct (pas 69). Un egalizator de frecvențe 33 compensează efectele canalului prin schimbarea (pas 71) fazei punctelor din constelațiile primite, pentru a compensa orice schimbare a fazei sau pierdere de amplitudine în canal.

Un decoder 35 generează (pas 73) biți primiți de la constelațiile de puncte. Biți primiți trebuie să fie asigurați corect biților din frame-uri prin desfacerea repartizării biților pe tonuri. Deoarece secvența de permutări a biților pe tonuri este predefinită și cunoscută atât de emițător cât și de receptor, rearanjarea biților se face foarte ușor.

Dacă secvența permutărilor nu este predefinită inițial, atunci se trimite un mesaj inițial de la emițător către receptor prin care se transmite informații legate de secvența tonurilor.

Folosirea tonurilor ordonate variabil permite o densitate de putere mai mică în intervalele când link-ul nu este încărcat la capacitate maximă.

Ordonarea tonurilor variabil crește robustețea transportului datelor la efectul de îngustare de bandă. Este comun pentru datele transmise să conțină anumite părți în anumite părți ale fiecărui frame. Când un număr de semnale diferite este transmis este comun să se alocă fiecărui semnal o parte de frame. Zgomotul este de bandă îngustă și astfel în aranjamentele anterioare fără ordonarea tonurilor variabila astfel de zgomote va afecta mereu aceeași parte de frame și deci aceeași parte de semnal.

Decizia în alegerea unei anumite scheme de modulație depinde de cerințele specifice ale serviciilor care urmează a fi realizate cu sistemul de transmisie respectiv. În cazul ADSL alegerea este dificilă deoarece există servicii diferite care pot fi transmise peste o platformă comună. Aici motivul dominant este reprezentat de posibilitatea extinderii serviciilor noi asupra serviciilor telefonice existente, POTS și acces de bază ISDN. Decizia care se ia între utilizarea modulației cu un purtător sau mai mulți este dominată de considerații legate de performanță. Avantajul evident al modulației cu multipurtători este dat spectrul utilizabil flexibil care o face adaptivă la medii zgomotoase diferite și permite manipularea diafoniei. Un alt avantaj al modulației cu multipurtători pentru ADSL este posibilitatea adaptării de rate cu pași mici fără a crește complexitatea sistemului. În sistemele cu VDSL flexibilitatea spectrului folosit reduce interferența radio-frecvență

Capitolul 5. SELT (Testarea buclei de la un singur capăt)

5.1. Introducere

Dezvoltarea serviciilor DSL este în continuare creștere, pe măsura ce tot mai mulți utilizatori de internet se orientează către serviciile de bandă largă. În același timp operatorii din întreaga lume încearcă să acopere cererea tot mai mare, și mai ales să eficientizeze provizionarea și mentenanța serviciilor DSL.

SELT(single end line testing), precum testele folosite în verificarea serviciilor telefonice de voce, este un mod automat de a testa bucla DSL dintr-un capăt al liniei, din oficiul central(CO-central office) sau, mai puțin probabil, de la utilizator. SELT nu necesită prezenta unui tehnician sau a unui echipament anume la capătul abonatului.

În prezent furnizorii de servicii DSL lucrează pentru îmbunătățirea serviciilor, în dorința de a-și crea o imagine favorabilă prin respectarea serviciilor contractate. Pentru realizarea acestor obiective este foarte importantă prezenta unor informații concrete despre starea liniei. Din păcate aceste verificări nu se fac, vitezele la care se face

provizionarea fiind mai mica decât viteza suportata de bucla.

Majoritatea buclelor au fost instalate de foarte mult timp, iar modificările aduse acestora, de-a lungul anilor, nu au fost înregistrate. Operatorii trebuie sa ştie caracteristicile liniei aceste fiind obținute prin precalificare înaintea implementării DSL. Din cauza faptului ca majoritatea operatorilor stabilesc tarife in funcție de banda oferita, aceştia trebuie sa ştie lungimea buclei, daca este alcătuita din segmente de linie puse in cascada cu diametre diferite, daca sunt prezente derivații in gol, bobine de încărcare(bobine Pupin), si alți parametri care pot influenta viteza liniei.

Fară SELT alternativa operatorilor este sa ofere o banda mai mica, dar care sigur poate fi respectata, sau sa deplaseze un tehnician la client pentru a face masurători in vederea determinării benzii maxime suportate. Prin SELT operatorul afla destule informații fără sa mai fie nevoie de deplasarea unui tehnician.

Sunt trei situații in care SELT este de ajutor operatorului:

- **După instalarea DSLAM:** in aceasta situație nu a fost instalat modemul la client dar s-a tras puntea din DSLAM. Prin SELT se poate verifica daca portul din DSLAM este conectat fizic la bucla abonatului si detectează prezenta bobinelor de încărcare din bucla abonatului. Prin acest test se verifica daca s-a tras bine puntea in repartitor si schimbarea segmentului de linie unde s-au detectat bobine de încărcare.
- **Precalificarea serviciului DSL:** avem aceeași situație, CPE ul nu a fost instalat, s-a pus puntea din DSLAM, s-au efectuat testele aferente. Obiectivul in acest moment este precalificarea buclei(caracteristicile liniei, măsurarea zgomotului, etc.) in scopul de a se putea estima banda maxima care va fi suportata. Aceasta precalificare este foarte importanta pentru a nu se oferi o banda mai mare decât ce poate suporta linia
- **După activarea serviciului DSL:** In aceasta situație serviciul a fost deja activat, utilizatorul are instalat modemul si inițial serviciul a avut un nivel satisfăcător de funcționare dar in acest moment au apărut probleme in funcționare. Posibile probleme ce pot apărea sunt întreruperea buclei, creșterea zgomotului in bucla, probleme de echipamente.

5.2 Eforturi de standardizare

Standardele sunt foarte importante industriei pentru mai multe motive. In primul rând se urmărește dezvoltarea tehnologiei, ajutor in dezvoltarea mai rapida a noilor concepte, iar in al doilea rând încurajează interconectarea, compatibilitatea echipamentelor de la furnizori diferiți si încurajează participarea acestora la stabilirea standardelor.

Fiind o tehnologie noua, realizarea SELT ar beneficia foarte mult din elaborarea unui standard pentru aceasta tehnologie. Dezvoltarea unui standard pentru SELT ar aduce beneficii operatorilor, prin păstrarea unui mediu de testare al buclei constant indiferent daca DSLAM ul sau modemul DSL sunt de la producători diferiți. Mai mult dezvoltarea in layere a oricărui standard oferă producătorilor de echipamente flexibilitatea de care au nevoie in elaborarea echipamentelor. Standardizarea si adoptarea SELT va contribui la continua dezvoltare a pieței DSL, iar pe perioada mai lunga va ajuta furnizorul prin scăderea costurilor provizionării linilor.

Dezvoltarea unui standard pentru SELT este in lucru prin proiectul G.selt la ITU in grupul de studiu 15 întrebarea 4. In Figura 5.1 este prezentat modul funcțional G.selt hotărât la întâlnire ITU din octombrie 2002. Acest model consta din trei layere.

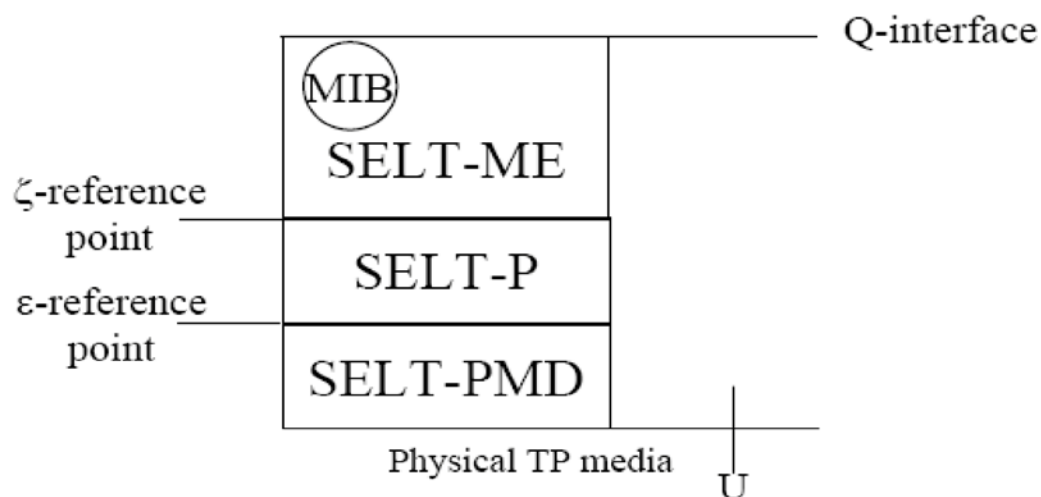


Figura 5.1: Modelul funcțional G.selt
Blocul SELT-PMD (single-ended loop test – physical-medium dependent) are

rolul de a face observații asupra mediului fizic la care echipamentul G.selt este conectat. Se pot deosebi două tipuri de măsurători: măsurători asociate cu excitarea mediului fizic de către blocul SELT-PMD și măsurători care nu au nevoie de stimulare. Blocul funcțional SELT_P (single-ended loop test – processing) are rolul de a transforma parametri secundari în parametri definiți în MIB (Management Information Block). Acești parametri, supranumiți și “parametri primari”, reflectă caracteristicile liniei. Cel de-al treilea bloc funcțional SELT-ME (single-ended loop test - management entity) asigură comunicarea cu OSS prin interfața Q.

În funcție de performanța dorită a SELT, complexitatea implementării diferă. Diferența în complexitate a SELT se evidențiază în blocul SELT-P

5.3 Inovații arhitecturale ale SELT

Se dorește o implementare a SELT la nivelul DSLAM urilor care să respecte modelul prezentat pentru G.selt. În consecință primul bloc funcțional va avea acces la bucla cu rolul de a măsura parametri buclei. Cel de-al doilea bloc are rolul de a interpreta parametri obținuți în urma măsurătorilor, caracterizând bucla. Cel de-al treilea bloc este interfața cu operatorul. În continuare se va prezenta funcționalitatea celor trei nivele în detaliu.

5.3.1 Adunarea datelor (măsurarea)

Măsurătorile standard care pot fi folosite pentru SELT includ:

- **Reflectometrul în domeniul timp (TDR - Time-domain reflectometry):**

Un impuls este trimis în bucla. Forma și întârzierea semnalului reflectat conține informații despre locul în care apar diferențe de impedanță. De exemplu, dacă măsurarea se face pe un cablu fără terminație semnalul care se întoarce o să fie inversat, iar forma semnalului reflectă trecerea de două ori prin cablu. Semnalul care se întoarce se folosește la determinarea lungimi și a diametrului cablului. Pentru o măsurătoare cât mai exactă se trimit mai multe impulsuri de probă, făcându-se determinările pe o medie a semnalelor care se reflectă.

- **Reflectometrul în domeniul frecvență (FDR - Frequency-domain reflectometry):** Bucla este testată cu o frecvență variabilă (prin baleere) pentru a identifica frecvența la care perechea rezonază sau nu răspunde. De exemplu vârful în semn recepționat corespunde frecvenței care crează unde staționare. Frecvența corespunzătoare undelor staționare furnizează informație despre lungimea cablului.

- **Parametrul de împrăștiere, respectiv S11 sau răspunsul la ecou:** Această metodă este similară cu FDR, dar în loc să scaneze frecvențe individuale se utilizează măsurarea răspunsului ecoului. De aici se determină impedanța de intrare a buclei care ajută la determinarea topologiei buclei.

- **Densitatea Spectrală de Putere (PSD – Power spectral density) a zgomotului din linie:** Pentru a se face această măsurătoare trebuie să nu se trimită date pe circuit, iar modemul va măsura zgomotul prezent în buclă.

Deși nu este imediat observabil, cu excepția măsurării densității spectrale de putere a zgomotului, toate celelalte tehnici de măsurare întorc aproape aceleași informații despre buclă de abonat. De exemplu transmiterea unui impuls “pur” în buclă este echivalent cu transmiterea unui semnal plat din punct de vedere spectral, tipic pentru măsurătorile S11. Cele două semnale se aseamănă prin transformata Fourier. Se aseamănă și rezultatele celor două măsurători. Deși toate tehnicile de măsurare teoretic dau rezultate identice despre parametri buclei, în practică pot apărea diferențe cauzate de limitări și detaliile implementării. De exemplu, în majoritatea modemurilor ADSL semnalul transmis este generat printr-o transformata Fourier inversă rapidă (IFFT), din această cauză doar frecvențele discrete pot fi trimise și măsurate. Această limitare face dificil pentru modemurile ADSL să efectueze spațierea fină în frecvență folosită în tehnicile FDR. Totuși un modem ADSL poate obține aceeași acuratețe la SELT cu o măsurare a ecoului răspunsului. În plus, dacă este capturat un semnal TDR lung, acesta poate fi modelat cu transformata Fourier pentru a se obține o spațiere mai mare.

Deși toate tehnicile de măsurare întorc informații identice despre buclă pot totuși să apară, în faza de analiză, diferențe și avantaje a unei tehnici față de alta. Avantajele depind de algoritmi folosiți în analiză datelor măsurate și de constantele care se folosesc la măsurare (ex: rata la care se fac măsurătorile, frecvențele de început și de

sfârșit, etc.). Este foarte posibil ca pentru a se crește acuratețea rezultatelor, unele metode de analiza au nevoie de mai multe tipuri de măsurători.

În ultimul rând măsurătorile folosite trebuie să fie negociate între algoritmul de analiza și unitatea care efectuează măsurătorile. G.selt va specifica interfața în care se fac aceste negocieri și care va returna rezultatul unității care a efectuat măsurătoarea. Pentru a se asigura interconectare este nevoie ca G.selt să specifice un set minim de măsurători și parametri ce trebuie suportați. Din cauza că modemurile DSL diferă prin procesarea și transmiterea semnalului setul minim de caracteristici ale SELT se vor schimba odată cu tehnologia.

5.3.2 Analiza Datelor

Motorul de analiza a datelor are rolul de a estima caracteristicile buclei folosindu-se măsurătorile efectuate de SELT. Parametri obținuți sunt:

- Topologia buclei, derivații în gol lungime/număr. De asemenea este importantă impedanța de terminație. În Figura 5.2 este prezentată topologia unei bucle, alcătuită din cinci segmente fiecare cu lungime și diametru propriu. Obiectivul SELT este acela de a oferi operatorului o estimare a topologiei buclei cât mai apropiată de modelul real. Din cauza că furnizorii folosesc metode de construire a rețelei diferite (număr maxim de segmente din bucla, numărul de derivații în gol permise pe bucla) reprezintă un avantaj posibilitatea de setare a acestor reguli. Aceste setări crește semnificativ acuratețea măsurătorilor.
- Bobine de încărcare – detecție și localizare. Nu toate regiunile din lume folosesc bobine de încărcare. În regiunile unde se folosesc, acestea sunt instalate folosind reguli stricte. Se poate simplifica algoritmul dacă se stabilește din start dacă sunt bobine de încărcare pe linie.
- Atenuare buclei sau atenuare de inserție – având estimată topologia buclei, se poate calcula atenuarea buclei sau atenuarea de inserție.
- Profilul diafoniei – folosind densitatea spectrală de putere măsurată la capătul apropiat se poate estima tipul și numărul de perturbatori de diafonie prezenți.
- Zgomotul buclei la capătul îndepărtat – folosind profilul de diafonie estimat, se

poate face o determinare a zgomotului din bucla. Totuși, se fac mai multe presupuneri pentru a se putea estima zgomotul.

- Banda maxima pe upload si download – având o estimare a atenuării buclei si a zgomotului prezent pe baza acestor date se poate estima si banda maxima care se poate atinge. Chiar daca toți parametri folosiți la determinarea benzii sunt estimați foarte exact, banda nu poate fi data exact din cauza ca depinde si de modem, de chipsetul modemului, de versiunea de soft.

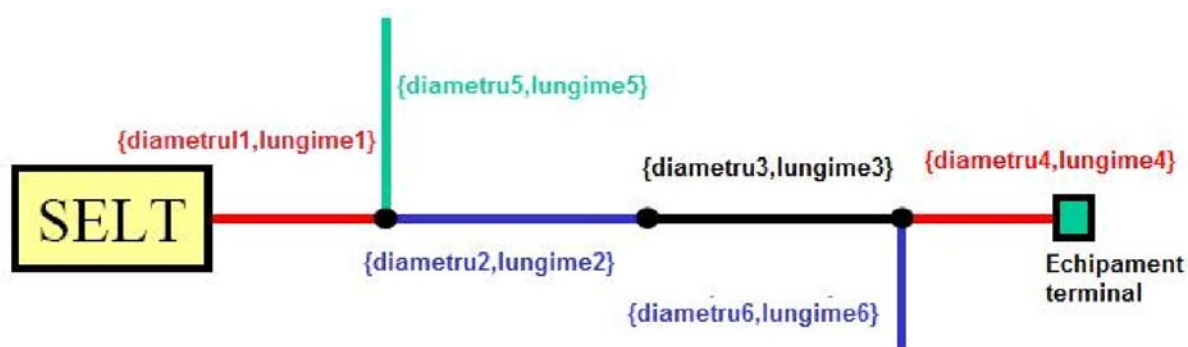


Figura 5.2 Exemplu de topologie a unei bucle

Ultimul pas pentru SELT este distribuția parametrilor prin MIB in Sistemul Operațional de Suport (OSS - Operations Support System). Este esential sa se integreze controlul si rezultatele SELT intr-o interfata ce poate fi folosit de serviciul de suport clienti.

5.4. SELT vs. DELT

SELT este folosit in principal pentru precalificarea buclelor PROACTIV. Cunoscand anticipat daca o bucla este capabila sa suporte ADSL2+-determinand distanta, ecartamentul cablului si zgomotul-parametrii buclei pot fi stabiliti fara sa fie nevoie sa

conectezi anticipat clientul respective. Aceast lucru nu numai ca salveaza timp si bani, dar si imbunatateste satisfactia clientilor evitand instalari eronate.

DELT este in principal folosit pentru teste REACTIVE ale buclei, dupa ce un modem a fost instalat-folosit fie pentru a identifica un deranjament pe linie sau pentru a afla parametrii initiali ai unei bucle imediat dupa instalare, pentru a-i utiliza pentru identificarea unor viitoare probleme pe linia respectiva. In plus, DELT poate ajuta in identificarea capacitatii unei linii de a suporta noi servicii cum ar fi voce si video, etc.

DELT (Dual Ended Line Testing) a fost definit de standardul ITU-T G.992.3 in cadrul ADSL2. SELT poate fi folosit pentru diagnosticarea buclelor atunci cand deprecierea buclei este atat de severa incat DELT-ul nu poate fi folosit din cauza incarcarii bobinelor sau a unui scurt circuit. DELT este insa mult mai util atunci cand ambele capete sunt conectate deoarece ofera o mai buna diagnosticare a buclei si respectiv informatii mult mai detaliate.

DELT necesita o modificare splitterului CPE (Customer Premises Equipment) si/sau a modemului pentru a permite terminatii OSP (Outside Plant). Partea negativa a DELT-ului consta in faptul ca este dependenta de upgradarea echipamentelor clientului, ceea ce este mult mai greu de controlat de ISP. Aspectul pozitiv al DELT-ului consta in faptul ca ne ofera masuratori mult mai precise. Informatiile furnizate de DELT ne ajuta la izolarea locatiei deranjamentului cat mai precisa, precum si la identificarea surselor de imperfectiune a liniei cauzate de crosstalk, interferenta radio si cablul cu terminatii multiple. S-a constatat ca SELT ofera valori ale masuratorilor in marja de +/-10% pentru buclele OSP sub 2.74 m. Costurile reduse de testare fac SELT-ul mult mai atractiv decat DELT-ul.

Testele SELT includ:

- Caracterizarea buclei :Distanta (in kft)
- Caracterizarea buclei :Ecartamentul cablului (in AWG)
- Nivelul zgomotului (bBm/Hz)
- Nivelul zgomotului vs. Frecventa (grafic)

Testele DELT includ:

- Rezultate generale: Rata de download maxima (bps)
- Rezultate generale: Atenuarea buclei la download (db)
- Rezultate generale: Atenuarea semnalului la download (db)
- Rezultate generale: Limitele SNR-ului la download (db)
- Rezultate generale: Puterea actuala de transmitere a semnalului la download (bBm)
- Rezultate generale: Rata de upload maxima (bps)
- Rezultate generale: Atenuarea buclei la upload (db)
- Rezultate generale: Atenuarea semnalului la upload (db)
- Rezultate generale: Limitele SNR-ului la upload (db)
- Rezultate generale: Puterea actuala de transmitere a semnalului la upload (bBm)
- Rezultate detaliate: Zgomot vs. Frecventa (upload)
- Rezultate detaliate: Atenuare vs. Frecventa (upload)
- Rezultate detaliate: SNR vs. Frecventa (upload)
- Rezultate detaliate: Zgomot vs. Frecventa (download)
- Rezultate detaliate: Atenuare vs. Frecventa (download)
- Rezultate detaliate: SNR vs. Frecventa (download)
- Rezultate grafice : Zgomot vs. Frecventa (upload)
- Rezultate grafice : Atenuare vs. Frecventa (upload)
- Rezultate grafice : SNR vs. Frecventa (upload)
- Rezultate grafice : Zgomot vs. Frecventa (download)
- Rezultate grafice : Atenuare vs. Frecventa (download)
- Rezultate grafice : : SNR vs. Frecventa (download)

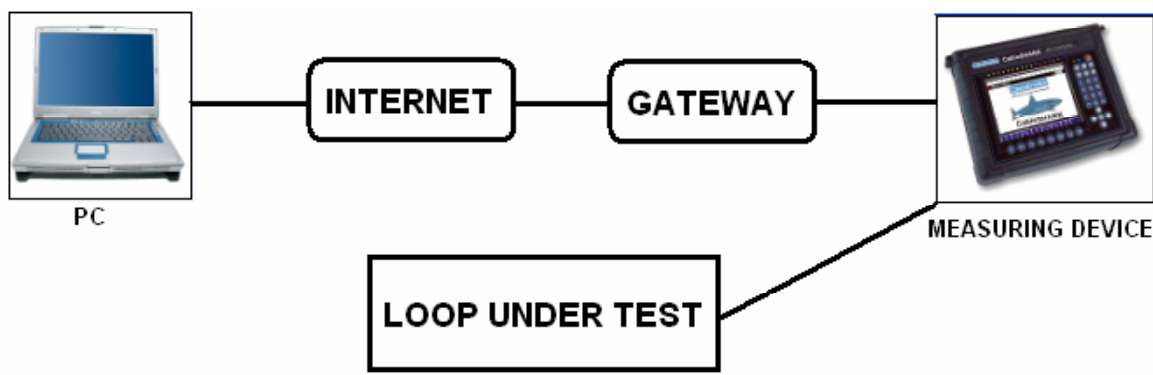


Figura 5.3: Mediul de masuratoare (SELT)

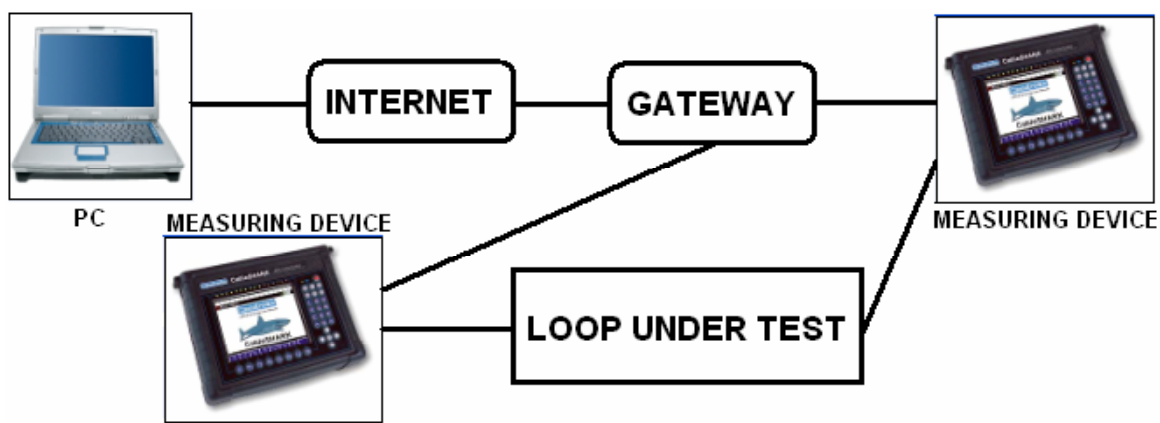


Figura 5.4 : Mediul de masuratoare (DELT)

In cadrul companiei de telecomunicatii S.C. Romtelecom S.A., pentru efectuarea de masuratori DELT si respectiv SELT de la distanta se foloseste o aplicatie numita Looking Glass. In urma unei masuratori DELT pe o linie de abonat se poate observa ca aceasta linie este sincronizata iar la RAD_SES_CNT ca abonatul respectiv este conectat. Se pot observa de asemenea si parametrii liniei (atenuarea buclei si a semnalului, SNR-ul, viteza maxima pe care o suporta linia si viteza la care portul abonatului este configurat pe partea de download cat si partea de upload). Mai jos se poate observa ip-ul public cu care clientul este conectat. Foarte important este faptul ca se poate observa si data/ ora la care a fost efectuata ultima modificare pe portul respectiv.

MASURATORI PENTRU LINIA 0264211812 - Windows Internet Explorer		
Rezultat request	ALL OK	
Level	INFO	
DATA	2009-05-12T18:59:36.574Z - 60,62 min in urma	
Mesaj	Measured.	
Cheie mesaj	delt.completed	

REZULTATE MASURATORI : CJ_DEJ_DFLORILOR_EDA_5 ; Card&Port: 15-3		
Administrative status	up	
Operational status	up	
Last change	May 12, 2009 9:52:50 PM	
LINE STATUS	< DOWNLOAD >	< UPLOAD >
Loop attenuation [dB]	3.4 dB	3.4 dB
Signal attenuation [dB]	2.4 dB	1.2 dB
SNR	13.5 dB	21.0 dB
Maximum attainable rate	8128 kbps	1056 kbps
Current rate	6176 kbps	544 kbps
Output power	-13.1 dBm	-1.5 dBm
Line operational mode	ITU-T ADSL over POTS(G.992.1 Annex A)	
LINE_CUSTID	-	
RAD_SES_CNT	1	
RAD_IP_LIST	92.85.115.70	

Figura 5.5 : Masuratoare DELT efectuada cu aplicatia LG

In cadrul unei masuratori selt pe aceeasi linie de abonat,se poate observa ca aceasta linie s-a desincronizat de 20 secunde insa putem afla informatii legate de lungimea estimata a buclei,de atenuarea acesteia,de nivelul zgomotului raportat la frecventa si de viteza maxima estimate pe linia respectiva (download si respective upload).

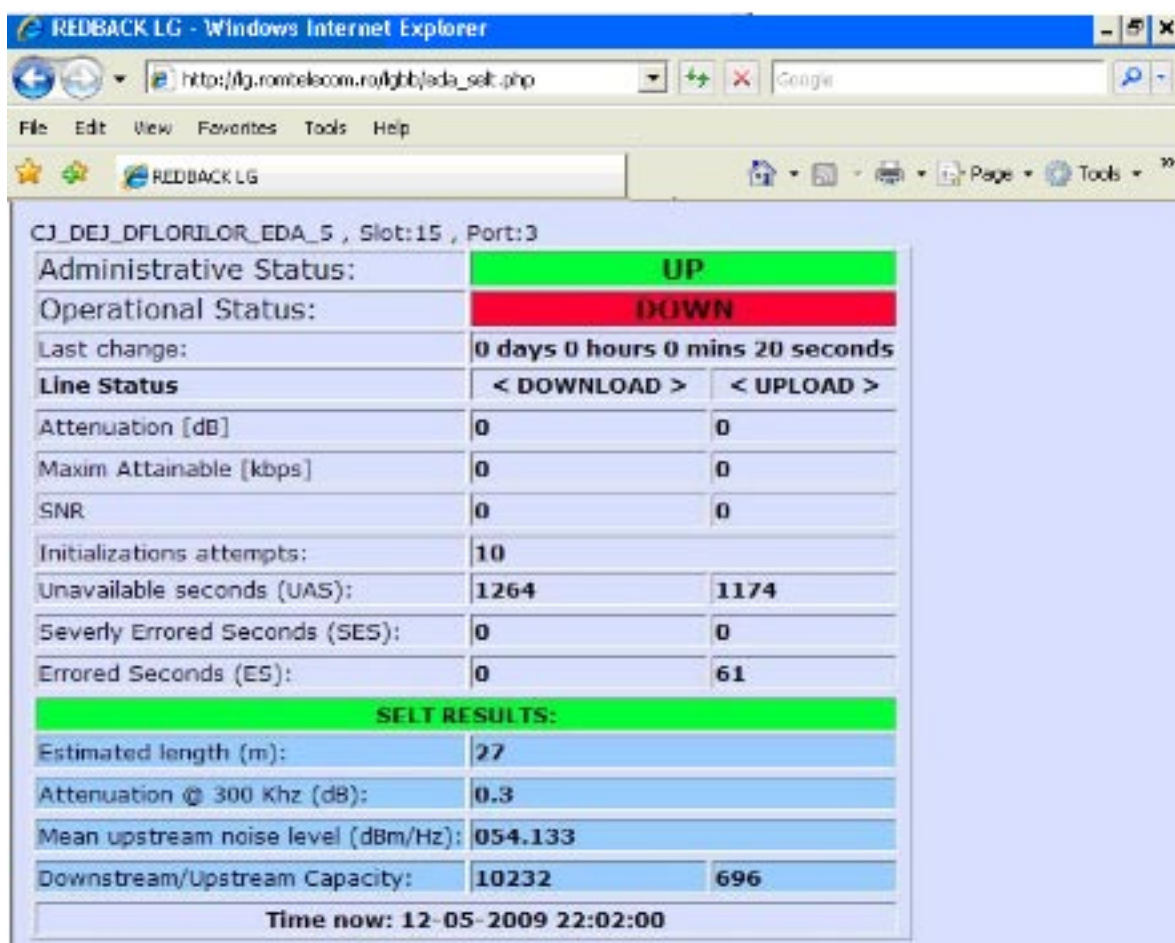


Figura 5.6 : Masuratoare SELT efectuata cu aplicatia LG

Capitolul 6. SNMP

6.1 Evoluție în timp

La început în 1988, era nevoie de un instrument de administrare pentru rețeaua TCP/IP și în particular pentru Internet.

Punctul de început a fost dat de IAB (Internet Architecture Board – Comisia care supraveghează dezvoltarea protocolului IP și procesul de standardizare) prin publicarea în Aprilie 1988 a RFC 1052. Acest RFC indică cerințele pentru standardul de administrare al rețelei. Este intitulat “Recomandările IAB pentru dezvoltarea de standarde de administrare a rețelei Internet” și spune că administrarea rețelei trebuie:

- să fie cât se poate de mare;
- să fie cât se poate de mare diversitatea implementărilor;
- să fie cât se poate de mare diversitatea administrărilor;
- să acopere cât mai mult protocolul IP;

Din acest moment lucrurile încep să se miște mult mai repede. O parte importantă a conceptului era cunoscută deja din dezvoltări anterioare în jurul routerelor, în special SGMP (Simple Gateway Monitoring Protocol). Următoarele RFC-uri sunt primele documente care se adresează protocolului SNMP publicate în 1988:

- RFC 1065 – Structura și identificarea informației de administrare pentru inter rețele TCP/IP (Structure and Identification of Management Information for TCP/IP-based internets)
- RFC 1066 – Baza de informații de administrare pentru administrarea rețelelor din inter rețele TCP/IP (Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets)
- RFC 1067 0 Un protocol simplu de administrare a rețelei (A Simple Network Management Protocol)

RFC-urile sunt foarte importante în evoluția unui protocol. După un studiu preliminar, un RFC este prezentat ca o etapă a unui standard. După o perioadă de aproximativ șase luni devine un “standard schișă” (Draft Standard). În acest moment, trebuie să existe cel puțin 2 implementări ale acestui protocol.

După o perioadă de 4 luni, dacă IESG (Internet Engineering Steering Group - grup care coordonează activitățile grupurilor de lucru IETF) îl recomandă ca standard, atunci IAB ia decizia finală de a adopta sau nu standardul.

În mai 1991 sunt publicate mai multe RFC-uri:

- RFC 1155 Structure and Identification of Management Information for TCP/IP-based Internets Structure and Identification of Management Information Guidelines for Object Names (Structura și identificarea informației de administrare pentru structuri de inter rețele bazate pe TCP/IP și indicații pentru identificarea informației de administrare pentru nume de obiecte) ;
 - descrie cum informația de administrare a fost structurată într-un arbore global.
 - conturează câteva restricții pentru a păstra simplitatea protocolului.
 - introduce regulile pentru atribuirea numelor obiectelor.
- RFC 1212 Concise MIB Definitions (Definiții MIB precise)
Completează RFC 1155 cu detalii tehnice
- RFC 1213 Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II

(Baza de informații de administrare pentru administrarea rețelelor din cadrul inter rețelelor bazate pe TCP/IP: MIB-II)

- acest document definește versiunea a doua a MIB(MIB-II, Management Information Base) ce va fi folosită pentru protocoalele de administrare a rețelelor în inter rețele TCP/IP.
- Înțiruire de peste 100 de parametri ce sunt necesari pentru a păstra setările, starea și statisticile sistemelor de operare din rețele.
- RFC 1157
- Simple Network Management Protocol (SNMP)
- Definește mesajele care pot fi transferate între stațiile de administrare și entitatea administrată pentru a citi sau actualiza parametri;
- Definește mesajele de avertizare (TRAP) trimise de sistem în situații de pericol;
- Definește formatul mesajelor și detaliile protocolului de comunicare;

Diferite grupuri de lucru au contribuit la dezvoltarea și răspândirea protocolului prin crearea de MIB-uri pentru toate tipurile de echipamente de rețea (switch-uri, routere, hub-uri, interfețe WAN). În noiembrie 1991 sunt publicate cerințele pentru integrarea sondelor. Aceste sonde supraveghează, interoghează și fac captura pasivă a traficului pe un anumit segment de rețea pentru analiza ulterioară. Ele păstrează statistici ale traficului, căderilor cauzate de protocol, surse, destinație și alte criterii.

Un administrator de rețea are posibilitatea de a pune pragul de avertizare și stăția de administrare care va primi mesajul de avertizare.

În aprilie 1993, SNMP versiunea 2 devine standard. Oferă facilități care îmbunătățesc securitatea și autentificarea. Această versiune este criticată pentru că a introdus complexitate în administrare și pentru că este incompatibilă cu SNMP versiunea 1.

În 1997 se înființează un grup reunit care are ca scop crearea versiunii 3 a protocolului SNMP. O parte din eforturi sunt orientate către administrarea protocoalelor multimedia.

Partea centrală a lui SNMP este un set de operații (și informațiile pe care le dau aceste operații) asta dă administratorilor de rețea abilitatea de a schimba starea unor dispozitive bazate pe SNMP. De exemplu poți folosi SNMP să închizi interfața unui router sau să verifici viteza conexiunii Ethernet. SNMP poate contoriza până și temperatura de lucru a switch-urilor și să te anunte dacă este prea mare.

SNMP este asociat în general cu administrarea de routere, dar este important să înțelegem că poate fi folosit pentru a administra orice tip de componente care acceptă și folosesc acest protocol. Ca și predecesorul său SGMP (Simple Gateway Management Protocol) SNMP poate administra sisteme Unix sau Windows, surse de putere și multe altele. Orice dispozitiv care poate folosi comenzi SNMP poate fi administrat. Asta nu include doar dispozitive fizice ci și software cum ar fi servere web și baze de date.

Alt aspect important este administrarea rețelei pe ansamblu față de administrarea unui singur router, gazda și alte dispozitive. Remote Network Monitoring

(RMON) a fost dezvoltat ca să ne facă să înțelegem cum funcționează rețeaua în sine, dar și cum dispozitive individuale afectează rețeaua ca un tot unitar. Poate fi folosit nu numai să monitorizăm traficul LAN dar și traficul WAN.

De ce a fost necesar SNMP?

De când a apărut la sfârșitul anilor '60, Internetul a cunoscut o creștere permanentă. Protocolul TCP/IP s-a dezvoltat într-un mediu întreținut atât de fonduri guvernamentale cât și de cercetările academice. Datorită performanțelor sale, protocolul TCP/IP a făcut ca din ce în ce mai multe organizații să-și includă rețelele proprii la cea mai dezvoltată rețea: Internetul. În prezent, Internetul este format din milioane de calculatoare răspândite în zeci de țări.

S-au dezvoltat din ce în ce mai multe aplicații de către utilizatorii de internet. De asemenea, mulți oameni au început să depindă de Internet în munca lor de zi cu zi. TCP/IP a început să fie utilizat pe scară largă în rețelele private ale companiilor comerciale. Companiile nu-și pot permite ca rețeaua să meargă prost sau serverele să cadă pe perioade îndelungate. O altă problemă era securitatea și confidențialitatea. Astfel a apărut nevoia unui protocol de administrare a rețelelor și de monitorizare a funcționării lor.

6.2 SNMP

SNMP versiunea 1 este versiunea inițială a conceptului de SNMP a fost introdusă pentru a răspunde nevoii de administrare a dispozitivelor ce folosesc protocolul IP. Este definit în RFC 1157. SNMP oferă utilizatorilor un set simplu de operații care permite acestor dispozitive să fie administrate de la distanță. Baza protocolului SNMP este un set simplu de operații care oferă administratorilor posibilitatea de a urmări sau modifica parametrii unor dispozitive ce suportă SNMP. SNMP este asociat cu administrarea routerelor, imprimantelor, surselor de alimentare etc. Orice dispozitiv care execută software ce permite extragerea de informații SNMP

poate fi administrat. Aici sunt incluse atât echipamentele hardware cât și aplicații software cum ar fi serverele web și bazele de date.

SNMP este inclus în stiva TCP/IP în nivelul aplicație și majoritatea implementărilor folosesc UDP pentru a transfera mesaje. UDP este un protocol fără conexiune și nu oferă siguranța livrării mesajelor, aceasta fiind responsabilitatea celui care a implementat aplicația. SNMP funcționează folosind UDP deoarece este considerată acceptabilă pierderea de pachete în comparație cu funcțiile pe care trebuie să le îndeplinească entitățile administrate.

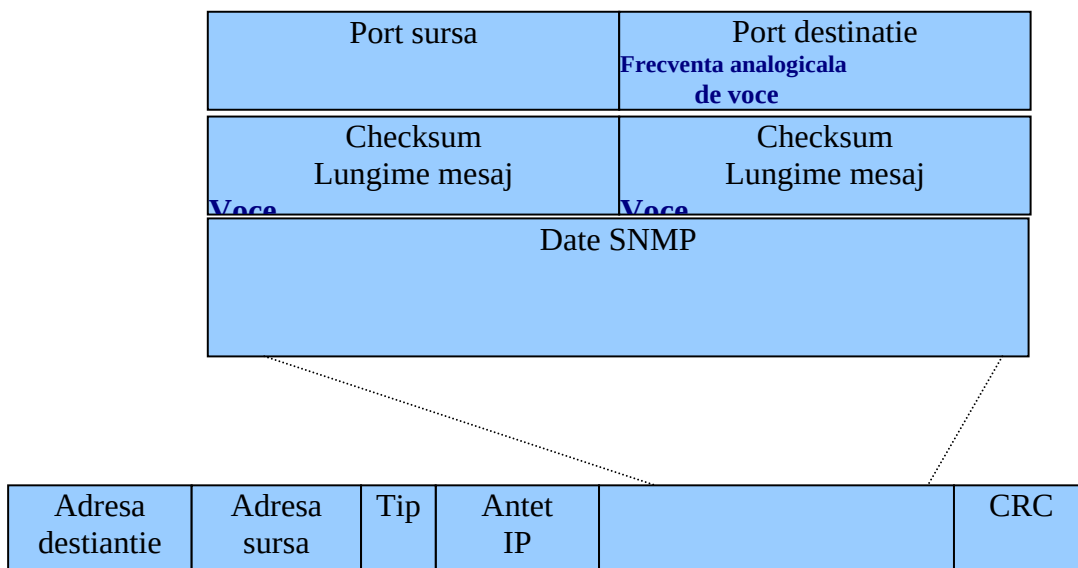
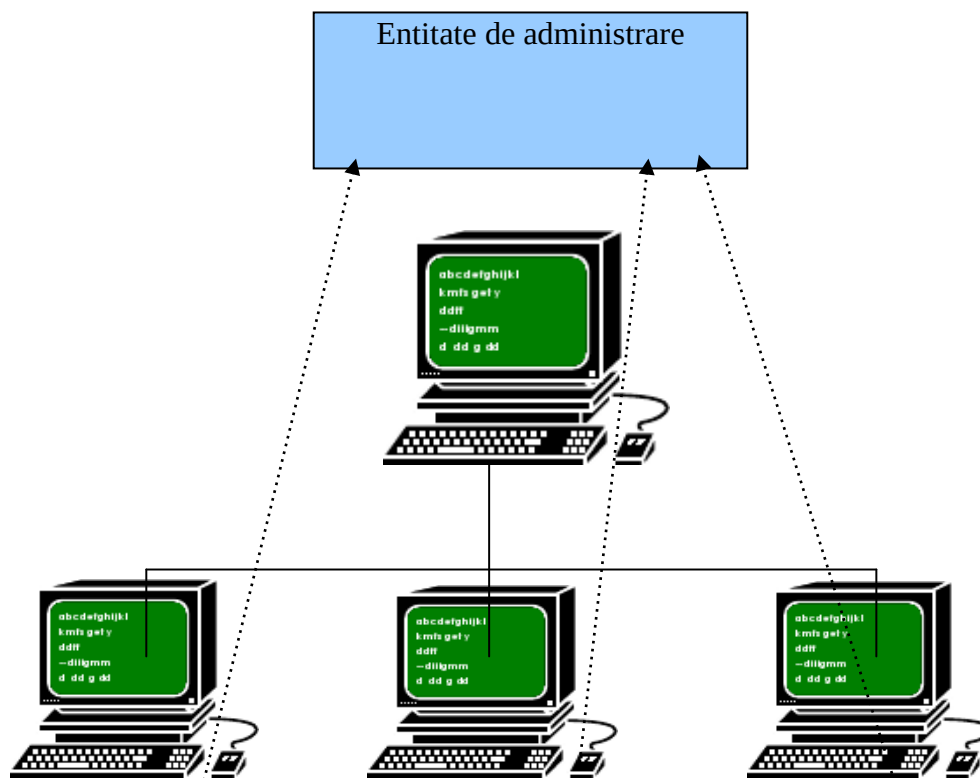


Fig 6.1. Datagrama UDP ce conține un mesaj SNMP



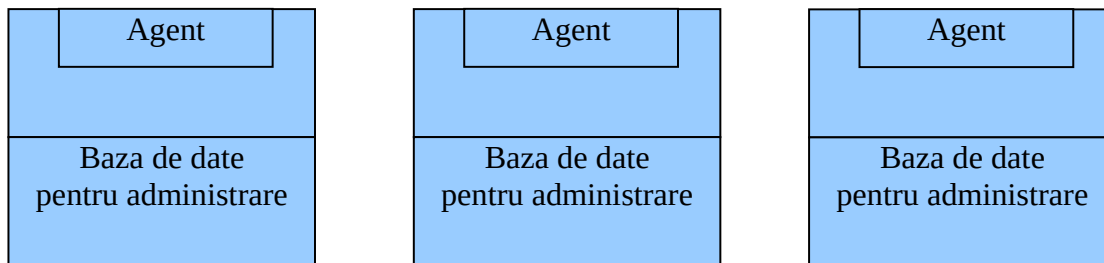


Fig 6.2. Retea administrata folosind SNMP alcatuita din echipamente administrate, agenti si un sistem de administrare a retelei.

Comenzi de baza

Dispozitivele administrate sunt monitorizate si controlate folosind 4 comenzi SNMP: citire, scriere, trap(capcana) si operatii de traversare. Comenzile de citire sunt folosite de entitatea de administrare pentru a monitoriza dispozitivele administrate. Entitatea de administrare analizeaza diferite variabile care sunt folosite de echipamentele administrate. Comenzile de scriere sunt folosite de entitatea de administrare pentru a controla dispozitivele administrate. Entitatea de administrare schimba valoarea variabilelor folosite de echipamentele administrate. Comanda trap(capcana) este folosita de echipamentele administrate pentru a raporta asincron evenimente catre entitatea de administrare. Cand anumite evenimente apar, un echipament administrat trimite un mesaj trap catre entitatea de administrare. Operatiile de traversare sunt folosite de entitatea de administrare pentru a determina ce variabile suporta un echipament administrat si sa adune secvential informatii in tabelele de variabile.

6.3 Management Information Base (MIB)

MIB este o colectie de informatii care este organizata ierarhic. MIB-urile se pot accesa folosind un protocol de administrare a retelelor cum este SNMP. MIB-urile contin obiecte administrate si sunt identificate prin identificatoare de obiecte. Un obiect administrat este una din multele variabile specifice echipamentului administrat. Obiectele

administrare sunt formate din una sau mai multe instante, care sunt in general variable. Exista doua tipuri de obiecte de administrare: scalar si tabular. Obiectele scalare definesc o singura instanta de obiect. Obiectele tabulare definesc mai multe instante de obiecte care sunt grupate impreuna in tabele MIB. Un exemplu de obiect administrat este at Input, care este un obiect scalar ce contine o singura instanta de obiect, valoarea intreaga care indica numarul de pachete AppleTalk intrate pe o interfata a routerului. Un identificator de obiect (object ID) identifica in mod univoc un obiect administrat in ierarhia MIB. Ierarhia MIB poate fi descrisa ca un arbore cu o radacina fara nume, cu nivele atribuite diverselor organizatii.

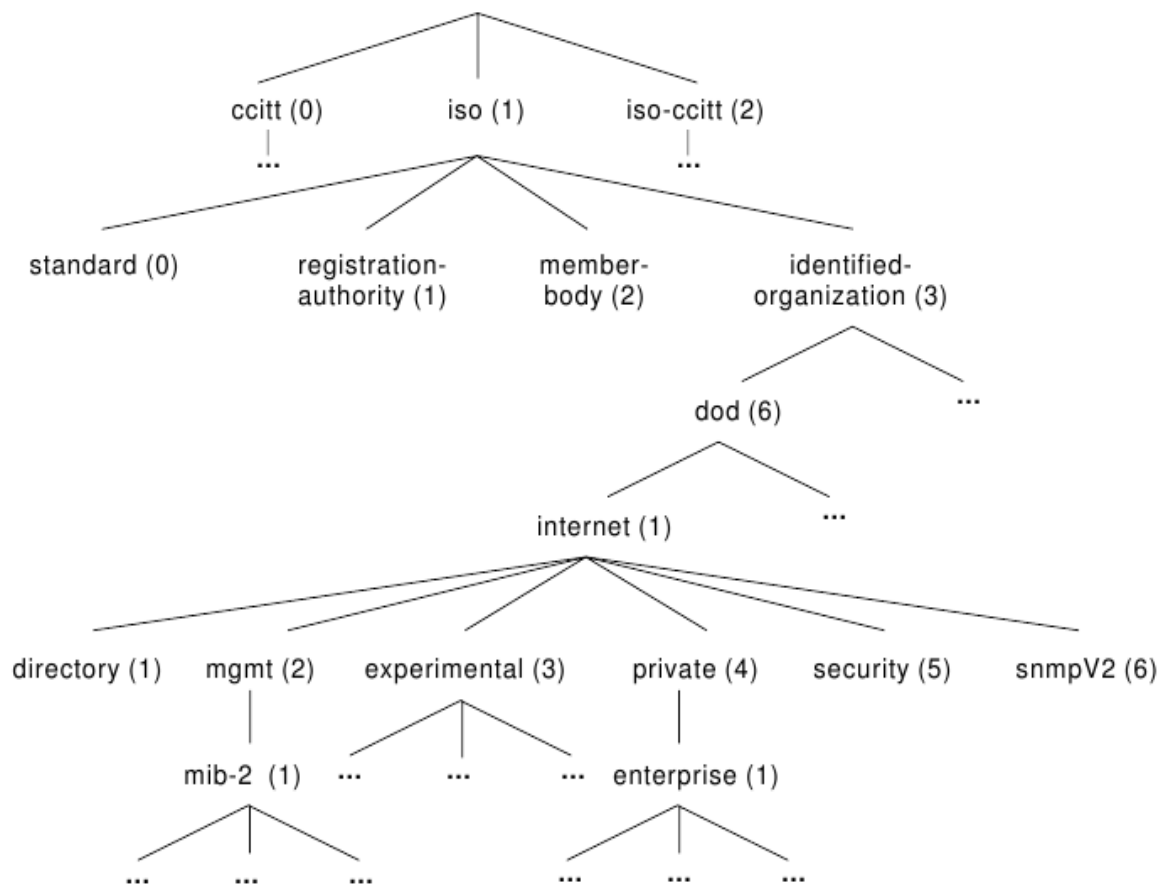


Fig 6.3. Arborele MIB prezinta diverse ierarhii atribuite de diferite organizatii.

MIB este cea mai buna alegere conceptuala de stocare a datelor. Gestionarii pot obtine informatii de la MIB prin cereri directe catre agentul de gestiune. In multe cazuri ei pot deasemenea modifica si manipula informatiile din MIB.

MIB nu trebuie confundata cu o baza de date. MIB nu contine informatii despre lumea reala intr-un fisier de sistem, dar este „conectata” la lumea reala si poate oferi o privire asupra ei. Cu alte cuvinte, MIB ofera o abstractizare a dispozitivelor gestionate folosite in scopul gestionarii.

Cand un manager manipuleaza informatiile din MIB, setarile actuale ale dispozitivului sunt modificate, afectand felul in care dispozitivul se comporta in realitate. Managementul informatiei furnizeaza bucati de care network-manager-ii se pot folosi pentru a controla dispozitivul, si a afla informatii necesare gestionarii dispozitivului. MIB-urile sunt conceptele centrale in gestionarea retelelor, iar importanta lor nu poate fi trecuta cu vederea

MIB contine multe piese individuale de informatii de administrare despre entitatea gestionata- informatii despre aspectele fizice (porturi), informatii despre aspectele logice (protocoale, softwer-uri si proprietati ale serviciilor de comunicatii). Piese de informatii de gestionare din MIB sunt cunoscute si ca obiecte gestionate(managed objects-MO)-abstractizari ale aspectelor individuale ale dispozitivelor gestionate, care nu au fost descompuse pentru gestionare dar care sunt tratate ca o entitate informationala. In general aceste aspecte corespund „substantivelor” care sunt considerate subiecte a conversatiilor de gestionare dintre manageri si agenti.

Categorii de informatii de administrare

Deosebirile dintre categoriile de informatii de administrare sunt importante deoarece in general, aplicatiile de administrare trateaza categoriile in mod diferit si le foloseste in scopuri diferite.

- **Informatii de stare** – Aceasta se refera la informatiile despre starea curenta a resurselor fizice si logice in raport cu datele operationale.

Include informatii despre functionarea dispozitivului sau de cat timp sistemul functioneaza de la ultima pornire. Aceasta categorie de informatii de administrare include deasemenea si informatii referitoare la performantele curente a dispozitivului ce executa acesta la un moment dat, incluzand numaratoare de pachete si numaratoare de conexiuni pentru difertele protocoale, solicitarea CPU-ului si utilizarea largimii de banda si a memoriei. Informatiile de stare sunt informatiile de administrare cele mai relevante pentru monitorizarea unei retele. Aplicatiile de administrare nu pot modifica aceste informatii avand acces doar la citirea lor – informatiile de stare se afla sub posesia dispozitivului. In multe cazuri, informatiile de stare se modifica frecvent si rapid deoarece acestea arata activitatea curenta a dispozitivului. Din acest motiv, in cele mai multe cazuri, aplicatiile de administrare nu copiaza aceste informatii in baza de date, dar de fiecare data cand are nevoie de ele le obtine direct de la dispozitiv.

- **Informatiile fizice de configurare** – Aceste informatii arata cum este configurat din punct de vedere fizic dispozitivul. Aceasta categorie cuprinde informatii privitoare la tipul dispozitivului, informatii fizice de configurare ale dispozitivului, porturi libere, serial numbers, adrese MAC. Ca si informatiile de stare, infomatiile de configurare fizica se afla in posesia dispozitivului – aplicatiile de administrare avand acces doar la citirea acestora nu si la modificarea lor. Spre deosebire de informatiile de administrare, informatiile de configurare fizica se modifica rar sau niciodata. Din acest motiv aplicatiile de administrare aleg sa copieze aceste informatii in baza de date, pentru eficienta, in loc sa ceara aceste informatii dispozitivului de cate ori are nevoie de ele. In general petru modificarea informatiilor de configurare fizica este nevoie de actiunea fizica a unui tehnician de retea, prin introducerea unei noi placi in componenta retelei.

- **Informatii de configurare logica** – Se refera la setarile parametrilor si resursele logice configurate ale dispozitivului ca adresele de IP, numere de telefon sau interfete logice. Spre deosebire de alte categorii de informatii de administrare, informatiile de configurare logica sunt controlate si pot fi modificate de aplicatiile de administrare si administratori cu drepturi de administrare, si nu de dispozitivul insasi. Acestea furnizeaza parghiile pe care managerii de retea le folosesc pentru a controla reseaua. Din aceasta cauza, in cele mai multe cazuri, aplicatiile de administrare aleg sa copieze informatiile de configuratie logica in baza de date. Binenteles ca un administrator sau o alta aplicatie pot schimba aceste informatii, astfel ceandu-se potentiale risuri pentru informatiile memorate in baza de date a aplicatiei de administrare si pentru logica de configurare a elementului de retea care poate rula nesincronizat. Informatiile de configurare logica poate fi subdivizata in informatii de configurare pt startup si informatii de configuratie tranzitorii. Informatiile de configuratie a startup-ului trebuie sa fie detinute de dispozitiv pentru ca sistemul sa supravietuiasca reboot-urilor repetate. Informatiile de configuratie tranzitorii nu trebuie sa persiste si pot fi pierdute sau chiar readuse la valorile default daca un dispozitiv trebuie sa fie restartat.
- **Informatii istorice** – Acestea includ instantanee istorice de performantare relatate la informatiile de stare, incluzand diagrame a diferitelor tipuri de evenimente ca diagrame firewall a recentelor conexiuni. Informatiile istorice sunt diferite de celelalte tipuri de informatii pentru ca nu arata resursele administrate actual. Aceste informatii nu trebuiesc tinute in MIB, dar sunt date simple ce sunt retinute la dispozitiv. Scopul acestor informatii este de nu a incarca aplicatiile de administrare, care pot simplu sa obtina aceste informatii de la dispozitiv in loc sa le calculeze.

În anumite cazuri, informațiile de administrare care se găsesc în MIB nu sunt chiar informații de administrare. Acestea reprezintă parametrii ai anumitor acțiuni care se execută de către dispozitiv, ca executarea unei operații „ping”.

Diferențele dintre MIB și o bază de date

Dacă MIB este un concept de stocare a datelor, de ce să nu fie tratat la fel ca o bază de date, accesat printr-un limbaj query al bazei de date ca SQL folosind un sistem de administrare al bazei de date (DBMS)? Răspunsul la această întrebare se găsește în ceea ce urmează.

- **Footprint** – Mecanismele obișnuite DBMS necesită resurse de procesare însemnate spre deosebire de interfețele de administrare. Majoritatea dispozitivelor de rețea au capacități de procesare limitate
- **Cerințe de administrare specifice** – Relațiile care sunt folosite în DBMS pentru reprezentarea datelor au scopuri generale și flexibile, nu sunt foarte bine concepute pentru a reprezenta constrângerile specifice administrării. O parte din informațiile de administrare sunt deținute de agentul de administrare iar altele de administrator. Aceste tipuri de cerințe trebuie luate în considerare iar MIB trebuie să furnizeze suportul necesar. În același timp majoritatea procesărilor pe care DBMS le poate furniza nu sunt necesare într-un agent de administrare.
- **Efecte reale** – MIB-ul nu este o bază de date „pasivă”, ci o vedere a unui sistem activ din lumea reală. Informațiile din MIB sunt accesate sau afectate nu numai de operațiile de administrare ci prin multe alte mijloace – protocoale de control, autentificarea utilizatorilor și reconfigurarea dispozitivului prin intermediul liniei de comandă. Deci, MIB nu poate fi configurat prin intermediul DBMS.

- **Caracteristicile datelor continute** – O baza de date contine de obicei volume mari de date care au aceeaasi structura. Pe de alta parte, MIB este mult mai heterogena cu privire la tipul de informatii pe care le contine. Contine foarte multe tipuri de informatii cu putine instante pentru fiecare.

Desigur ca nimic nu afecteaza faptul ca aplicatia de administrare in general stocheaza informatii despre reseaua pe care o administreaza intr-o baza de date si se bazeaza pe capabilitatile si functiile DBMS. MIB este continut in dispozitivul administrat, este parte a agentului, nu administratorului, si reprezinta un singur obiect administrat, nu intreaga retea cu mii de dispozitive.

Legatura dintre MIB si protocoalele de administrare.

Se poate observa ca MIB este foarte des asociat cu SNMP (Simple Network Management Protocol). SNMP defineste un protocol de comunicare care este des folosit intre administratori si agenti. SNMP necesita informatii de administrare in MIB ca sa poata fi reprezentat conform regulilor specifice unui limbaj, cunoscut sub numele de structure of management information (SMI). Pentru a se evita orice confuzie MIB nu depinde de nici un protocol de administrare. Cu alte cuvinte daca SNMP ar deveni inechit si nu va mai fi sustinut, conceptul de MIB ca un mijloc conceptual de stocare a datelor pentru informatiile de administrare va ramane valid. Aceasta arata ca MIB ca un concept general de stocare de informatii de administrare trebuie sa se deosebeasca prin modul specific prin care MIB este implementata ca parte a instrumentatiei de administrare a dispozitivului. MIB este doar o privire asupra dispozitivului administrat, iar agentul nu face altceva decat sa o prezinte. Un agent de administrare suporta un protocol de administrare particular prin intermediul caruia comunica cu administratorul, iar protocolul de administrare are proprietatea de a gasi cai specifice de a arata continutul MIB-ului.

In teorie MIB poate fi definit ca fiind independent de protocolul de administrare, in practica, diferitele protocoale de administrare necesita propriile cai de furnizare a vederii asupra dispozitivului administrat, conducand spre propriile implementari MIB. Cateodata aceeaasi resursa reala trebuie reflectata in diferite scopuri. In aceste cazuri sunt implementate MIB-uri redundante.

Cateva protocoale de administrare si interfete nu au o notiune specifica despre MIB - de aceea se poate ca un concept de stocare a datelor sa fie accesat de catre administrator. Ele nu ofera informatii care se refera in mod special la MIB-de exemplu, nu sunt cereri „get” care se refera la MO. Cu toate acestea informatiile de administrare sunt transportate sub forma parametrilor operatiilor de administrare.

Definitiiile MIB

Informatiile de administrare din MIB de fapt reprezinta date. Aceste date arata starea dispozitivului in momentul in care este administrat. Spre exemplu, daca administratorul cere informatii despre starea curenta a unui link iar cererea ajunge la agent in acest moment, informatiile returnate ar trebui sa arate starea dispozitivului din acest moment. Bineinteles ca managerul trebuie sa ia in calcul intarzierile de comunicare; informatiile de administrare nu ajung cerute nu ajung in timp real, dar in general intarzierile sunt destul de mici. Informatiile de administrare din MIB creeaza o instantanee a unui dispozitiv la un moment dat. Cand se cere aceleasi informatii de la un alt dispozitiv sau de la acelasi dispozitiv dar la un moment de timp diferit, informatiile sunt diferite. In procesarea datelor, acestea se bazeaza pe definitiile lor. Aceste definitii contin informatii specifice ca tipul datelor si explicatii cu privire la ce reprezinta datele. Informatiile de administrare din MIB instantiaza definitia MIB. Continutul definitiei MIB se refera la model. Arata tipul informatiilor de administrare care sunt reprezentate si constituie o abstractizare de administrare a lumii reale. Spre exemplu, un model care subliniaza o definitie MIB poate contine informatii de administrare care reprezinta sfarsitul unei conexiuni TCP. In model, aceste informatii de administrare au anumite proprietati asociate. Aceste proprietati sunt date individuale si pot include numarul

portului TCP, adresa de IP, si adresa portului punctului final de comutare a conexiunii, numarul de pachete care au fost trimise prin conexiunea TCP, numarul de pachete care au fost primite. Fiecare proprietate are definit tipul de data. Modelul defineste si alte constrangeri semantice: constrangeri care specifica anumite aspecte cu privire la semnificatia modelului. O constrangere poate fi: ca pot fi mai multe puncte de sfarsit a conexiunii TCP in acelasi timp, idicand ca este permisibila instantierea MIB pentru a contine mai multe instante de obiecte administrate care corespund fiecarui punct de sfarsit al conexiunilor TCP. O alta constrangere poate defini conditiile prin care informatiile despre endpointul conexiunii TCP poate fi sters din MIB si cand un eveniment va fi trimis daca acesta se intampla. Definitia MIB clarifica modelul si il scrie. In scopuri practice, termenii model, definitia MIB si definitia modelului sun sinonime. Cu alte cuvinte, modelul stabileste terminologia care va fi folosita intre agent si administrator.

Distribuitorii de echipamente publica definitiile MIB-ului pe care dispozitivul lor il implementeaza. Distribuitorii de aplicatii de administrare pot astfel programa aplicatiile de administrare pentru ca acestea sa poata fi folosite logic cu definitiile specifice dispozitivului. O definitie MIB astfel poate fi privita ca un contract intre distribuitorii de aplicatii de administrare si distribuitorii de echipamente de administrare. Datorita investitiilor in aplicatiile de administrare care supoarta definitiile MIB, acestea trebuie sa fie stabile si nu trebuie sa fie subiectul schimbarilor dese.

Codarea informatiilor de administrare

In final, trebuie mentionat ca informatiile de administrare necesita codarea cand sunt trimise prin intermediul cablurilor ca parte a comunicatiilor de administrare. Toate obiectele administrate trebuiesc uniformizate intr-o reprezentare cunoscuta si mutuala, care sa se potriveasca intr-o cerere sau raspuns intre administrator si agent.

6.3.1 Anatomia MIB

Pentru a ne forma o parere despre cum arata mib trebuie sa ne uitam la limbajul de specificatii al MIB, si la o definitie actuala a MIB. Datorita ubicuitatii SNMP, folosim SMI-ul SNMP-ului, iar pentru definitia MIB MIB-2. MIB-2 are specificatii de folosire impreuna cu dispozitiv care implemnteaza stiva protocolului TCP/IP. Acesta poate fi gasit pe orice dispozitiv care suporta SNMP si constituie cel mai raspandit MIB de pe glob.

Structura informatiilor de administrare-privire de ansamblu

In SMI, definitiile MIB sunt specificate ca module MIB. Un modul MIB serveste in general unui scop particular, ca definirea informatiilor de administrare relationate la interfetele de comunicare ale dispozitivului sau la serverul voice-mail care este incastrat pe anumite tipuri de dispozitive. MIB-ul unui anume dispozitiv instantiaza mai multe module MIB, fiecare reprezentand un aspect al dispozitivului de administrat. Termenul de MIB este folosit des ca sinonim pentru modul MIB; astfel se spune ca un dispozitiv suporta mai multe MIB-uri, dar in realitate are un singur MIB care este definit in mai multe module MIB.

In esenta, un MIB SNMP consta intr-un set de obiecte de administrare care instantiaza tipurile de obiecte care fac parte din modulul MIB. Aceste obiecte de administrare nu sunt obiecte in sensul de obiect-orientate, dar pot fi considerate ca variabile MIB.

De fapt sunt cateva tipuri de informatii definite in modulul MIB:

- Isasi tipurile de obiect, instantele care contin informatiile de administrare actuale –variabilele MIB.
- Noduri care nu reprezinta nimic specific dar sunt introduse in scopuri de organizare. Spre exemplu, un modul MIB pentru Border Gateway Protocol(BGP) poate contine un nod „statistici BGP”, dupa care tipurile de obiecte sunt grupate in functiile de statisticile BGP.

Alte tipuri de informatii care nu sunt la fel de evidente la prima vedere, sunt introduse ca artificii ale limbajelor. Cele mai importante sunt introduse doar cu SMIv2.

- Conversatiile textuale care introduc sinonime sau „macros” pentru definirea tipurilor de date simple. O parte din cele mai intalnite conventii textuale care au fost standardizate includ TIMETicks, pentru a reprezenta timpul in milisecunde pare a trecut de la ultimul reboot al sistemului, sau IPAddress, pentru a reprezenta o adresa de IP.
- Tipuri de stare de coformitate care sunt adaugate de implementarile unui anumit agent, menit sa identifice ce portiuni dintr-un modul MIB poate suporta un agent.

Informatiile MIB sunt aranjate intr-un arbore conceptual. Fiecare definitie intr-un modul MIB este reprezntata in acel arbore. Fiecare node este numit relativ la nodurile continute; acest nume este cunoscut sub denumirea de identificatorul obiectului(OID). Arborele este cunoscut sub numele de arbore de identificatoare de obiecte. Nodul din varful arborelui contine definitia modului MIB, care face parte la randul lui dintr-un arbore de identificatoare de obiecte mai mare. Alte module MIB sunt perechi pt nodul MIB-2 din arbore si provin din mgmt sau experimental sau private. Nodul mgmt din arborele de identificatoare de obiecte este folosit drep container pentru modulele MIB care constituie standarde oficiale. Asa cum se poate deduce din realitate, identificatorul lui MIB-2 este 1. Nodurile intreprinderilor permit companiilor sa adauge propriul modul MIB in arborele de identificatoare de obiecte. Pentru a face acest lucru compania trebuie sa-si obtina nodul desupra nodului intreprinderii.

Deasupra nodului care reprezinta modulul MIB-2 se afla un numar de alte noduri care definesc structura modulului MIB- de exemplu un nod numit system care este numit relativ la modulul MIB continator, MIB-2. Deasupra nodului system se afla alte noduri reprezentad tipurile obiectelor pentru descrierea sistemului, locatia sistemului e.t.c.. Tipurile de oiecte care sunt definite ca parti ale modulului MIB, sunt intotdeauna derivate ale nodurilor arborelui; nodurile interioare servesc in general in scopuri organizationale si de grupare.

Se disting astfel 2 categorii de tipuri de obiecte:

- Tipuri de obiecte care sunt instantiate doar odata in agent. Deci putem spune ca exista doar o singura instanta a tipului de obiect in MIB. Acestia

sunt numiti scalai. Un xemplu il reprezinta un tip de obiect care contine numele hostului, sau un serial-number al carcasei sau setari globale ale dispozitivului.

- Tipuri de obiecte care pot fi instantiate de mai multe ori. De aici putem spune ca in MIB pot exista mai multe instante ale aceluiasi tip de obiect. Aceste obiecte sunt numite obiecte coloana, deoarece ele au fost gandite ca o coloana in tabelul conceptual care poate avea mai multe linii, una pentru fiecare instanta. Un exemplu este un tip de obiect care arata informatii despre cardurile din carcasa, carui arbore ii este multiplu, resurse de comunicatii care sunt create dinamic si upte in timpul rularii, ca si conexiunile.

Indiferent daca sunt scalari sau obiecte coloana, fiecare obiect administrat apartine unui tip de data specific limbajului de specificatii SMI si SMIv2. Tipurile de date simple includ stringuri, numere ca : intregi, numaratoare pe 32 si 64 de biti. Dupa cum indica si numele, numaratoarele sunt folosite pentru a numara ceva ca numarul de pachete primite, Numaratoarele au proprietatea de a creste intotdeauna. Masuratoarele(gauges), pe de alta parte, sun folosite pentru a indica nivelul curentului, ca numarul de pachete care au fost primite in ultimele minute sau utilizarea curenta a largimii de banda. Masuratoarele pot creste sau descreste.

Nu exista tipuri de date complexe ca in limbajele de programare(siruri, liste, structuri). Daca cineva doreste sa reprezinte o parte din informatiile de administrare care ar fi mai bine gandite ca un tip de obiect complex, aceasta trebui regandita pentru a reprezenta informatia ca un tip de obiect simplu. O structura cu mai multe instante poate fi gandita ca un tabel , in care fiecare linie din tabel sa contina o instanta a structurii. Un sir poate fi reprezentat printr-un tabel cu un obiect coloana in plus care o sa contina indicele.

Consideratii MIB speciale pentru adresarea deficitelor protocolului SNMP

Felul in care obiectele sunt identificate in interiorul tabelelor este dat de semantica unica din SNMP. Cu toate acestea, mare parte din complexitatea SNMP rezolva tratarea tabelelor. Un alt aspect al SNMP este ca la momentul in care SNMP a fost conceput, nu s-a tinut cont de necesitatea operatiilor de a crea si sterge intrari in tabel. Sunt multe cazuri in care aplicatia de administrare trebuie sa stearga sau sa adauge in/din tabele. Se considera , spre exemplu, un sistem IP PBX . O aplicatie de administrare trebuie sa fie capabila sa adauge un telefon prin introducerea numarului de telefon si a numarului portului prin care este conectat telefonul. Intr-un MIB SNMP, informatiile de administrare ale telefonului sunt continute de un tabel phone. Intrarile in tabel sunt asociate informatiilor de administrare ale fiecarui telefon. Aceste informatii trebuiesc adaugate sau sterse de catre aplicatia de administrare. Dupa ce un SNMP a fost lansat, devine clar destul de repede ca trebuie facut ceva in legatura cu aceasta deficiente. Solutia a constat in definirea unor noi tipuri de obiecte care sa contina o anumita semantica pentru emularea operatiilor lipsa. Aceasta arata ca, in anumite cazuri, granita dintre ce constituie informatiile de administrare si ce constituie operatiile care se aplica asupra informatiilor devine incerta. In acest caz particular, pentru emularea, operatiilor de creare si stergere, o conventie textuala speciala numita row status a fost introdusa cu noua versiune de SMI, SMIv2. Setarea acestui obiect la valoarea destroy ar sterge automat intrarea in tabel. Ca efect secundar, intreaga intrare va disparea din MIB si odata cu aceasta si tot ce se bazeaza pe ea. Crearea unei noi intrari in tabel este si mai ciudata: Obiectul din tabel este setat la valoarea create. La momentul in care se face cererea obiectul nici macar nu exista, deci cum poate fi modificata o valoare din obiectul coloana? Raspunsul este ca datorita semanticii speciale a starii liniei obiectului, astfel SNMP recunoste ca un obiect status-row este implicat, deci obiectul este creat ca un efect colateral.

Modelarea informatiilor de administrare

S-a mentionat de mai multe ori ca informatiile de administrare pe care un agent le expune prin interfata de administrare constituie o abstractizare a dispozitivului administrat. Aceasta abstractizare se bazeaza pe un model din lumea reala, o informatie

din MIB este o instanță a modelului. Pentru că este folosită în scopuri administrative, modelul include aspecte care sunt relevante în administrație și omite aspectele lumii reale care nu sunt. Spre exemplu, revizia softwerului care rulează pe acest dispozitiv, setările care sunt configurate ca valori time-out pentru un protocol particular, și numărul de serie al dispozitivului sunt aspecte de care aplicațiile de administrare sunt interesate—spre exemplu pentru programarea updateurilor, îmbunătățirea performanțelor rețelei sau inventarierea lucrurilor din rețea. Aceste informații trebuie incluse în informațiile de administrare ale dispozitivului pe care agenul le expune și trebuie să fie parte a modelului care reprezintă dispozitivul. Pe de altă parte, culoarea carcasei în care vine dispozitivul, numărul de circuite integrate care sunt pe placa de bază, mărimea pachetului care a fost transmis nu sunt lucruri care prezintă interes pentru aplicațiile de administrare. Aceste aspecte trebuie omise din model. Găsirea unei abstracții nu este întotdeauna ușoară pentru că nu este evident ce piesă de informație va fi necesară. Exemple: Este important să includem timpul la care alarma critică a fost activată în informațiile de administrare? Este necesar să păstrăm numărul statistic de pachete pentru fiecare pachet în parte, sau sunt suficiente statisticile sumare? Dacă modelul include prea puține informații de administrare, dispozitivul va fi foarte greu de administrat. Ca o consecință, în unele cazuri, deciziile de administrare trebuie luate fără informații suport adiționale. De asemenea, or fi mai puține posibilități de îmbunătățire a performanțelor rețelei deoarece o parte din setări nu pot fi modificate. Cu privire la acest lucru, este recomandat să gresim până la limita de siguranță—în schimbul riscului de a furniza prea puține informații și prea puține unelte de administrare, poate fi o bună idee să se furnizeze instrumentație de administrare un pic mai multă decât minimul absolut cerut. Cu toate acestea, și includerea a prea multe informații în model poate conduce către probleme. Când sunt prea multe informații de administrare, interfața de administrare poate fi mai complexă decât este necesar. Aceasta necesită cunoșterea de către utilizatori a modului de interpretare a mai multor piese de informații de administrare. De asemenea, instrumentarea informațiilor dispozitivului necesită mai mult efort și mai mult timp de dezvoltare, și poate crește urma memoriei a agentului de administrare în dispozitiv, rezultând costuri crescute. Din aceleași motive aplicațiile de administrare devin mai scumpe. Pentru evitarea adăugării de prea multe informații de administrare și

includerea de prea multe suporturi de administrare, dezvoltatorii de modele trebuie sa fie clari in legatura cu scopul informatiilor de administrare. Ei trebuie sa reziste tentatiei de a include aspecte ale lumii reale in dispozitivul administrat ca parte a informatiilor de administrare doar pentru ca aceste aspecte exista. Dezvoltatorul de modele trebuie sa cunosca de ce o piesa de informatii de administrare poate fi folositoare in scopuri administrative.

Gasirea unei balante echilibrate intre ce trebuie inclus si ce nu in model este foarte important. Definirea unei abstractizari optimale cand se modeleaza un dispozitiv in scopuri administrative nu este o treaba banala. Este o problema de proiectare, iar proiectarea este o activitate de creatie, si necesita si experienta si intuitie. Proiectarea este o disciplina care necesita apropiere sistematica la fel de mult cat cere intuitia. Lectia despre proiectarea obiect-orientata poate fi aplicata aici. Tehnicile de modelare ca metodologia Unified Modeling Language (UML) pot servi ca punct de plecare pentru definirea unui model al unui dispozitiv in scopuri administrative, fiind independente de orice limbaj de definitie MIB particular. Modelul rezultat poate fi un meta-metamodel – un model al entitatii de administrat, care este independent de propriile specificatii actuale ca parte a definitiei MIB. Acest model serveste ca punct de start in derivarea specificelor definitiei MIB, care sunt specificate conform unei metashema particulare.

Cand aceeaasi caracteristica a unui dispozitiv este administrata folosind diferite interfete de administrare, fiecare cu propria vedere asupra dispozitivului, trebuie folosita o terminologie consistenta pentru a face referire la aceleasi entitati de baza ale lumii reale. Spre exemplu, endpointul unei conexiuni ATM trebuie sa fie referit similar si de catre CLI si de catre SNMP. Intr-un exemplu anterior, termenul de conexiune TCP a fost folosit in mod repetat in loc sa fie numit conexiune TCP intr-o schema, linie TCP in alta schema si urma TCP in alta. Folosirea de termeni consistenti pentru a face referire la aceeaasi resursa de baza administrata face ca userul sa inteleaga ca diferitele interfete de administrare sunt bineinteles numai vederi diferite a aceluasi aspect al lumii reale. Cand terminologiile diferite si inconsistente sunt folosite, fapte simple ca acesta tind sa devina obscure, facandu-i pe useri si pe dezvoltatorii de aplicatii sa incurce lucrurile. Unul din avantajele folosirii modelului abstract independent de limbajul de definire MIB este acela ca in momentul in care modelul este tradus in diferitele limbaje de definire

MIB, modelul rezultat tinde sa fie consistent in terminologia si structura obiectului administrat la care se refera. Trebuie accentuata ideea ca nici un model nu este „bun” sau „rau”, dar diferitele proiecte pot fi mai mult sau mai putin apropiate de setul de takuri de administrare. Diferitele proiecte pot fi mai mult sau mai putin elegante. Structura unui proiect elegant este simpla si usor de inteles. Este eficient in limita permisiva ca userii sa acceseze informatiile de administrare de care au nevoie intr-un scop administrativ. In plus, este mai usor sa mentii si sa extinzi. Aceasta inseamna ca, adaugarea in model a unei noi proprietati a dispozitivului, este posibila fara o examinare a modelului.

6.4 ASN.1

Mesajele trebuie sa aibe acelasi inteles pentru toate calculatoarele care comunica intre ele. Datele asociate unui limbaj de programare de nivel înalt nu au aceeasi reprezentare în toate calculatoarele. Pentru ca ele sa fie interpretate la fel, înaintea de transferarea lor între doua procese, trebuie convertite din sintaxa locala (abstracta) într-o sintaxa de transfer (concreta), larg utilizata. În mod similar, la receptie, înainte de a fi prelucrate, datele vor fi convertite din sintaxa de transfer în sintaxa locala. Pentru a nu se impune utilizarea unui anumit (mereu acelasi) limbaj de programare pentru orice aplicatie, deci pentru a lasa la latitudinea utilizatorilor alegerea limbajului de programare într-o anumita aplicatie, ISO si ITU-T au definit o sintaxa abstracta generala, adecvata pentru definirea tipurilor de date asociate celor mai multe aplicatii distribuite, numita ASN.1 (Abstract Syntax Notation 1). ASN.1 reprezinta un standard de descriere a structurilor de date, de codare, transmitere si decodare. Este alcatuit dintr-un set de reguli generale pentru descrierea structurii obiectelor independente de tehnicile proprii de codare ale terminalelor. In contextul SMNP ASN.1 specifica modul in care datele sunt reprezentate si transmise intre calculatoare. Lucrul cel mai important la ASN.1 este faptul ca nu depinde de masinile intre care se face legatura. Asta inseamna ca un PC

care foloseste Windows NT poate comunica cu un PC Sun SPARC fara sa se puna problema de unele aspecte cum ar fi “byte ordering”.

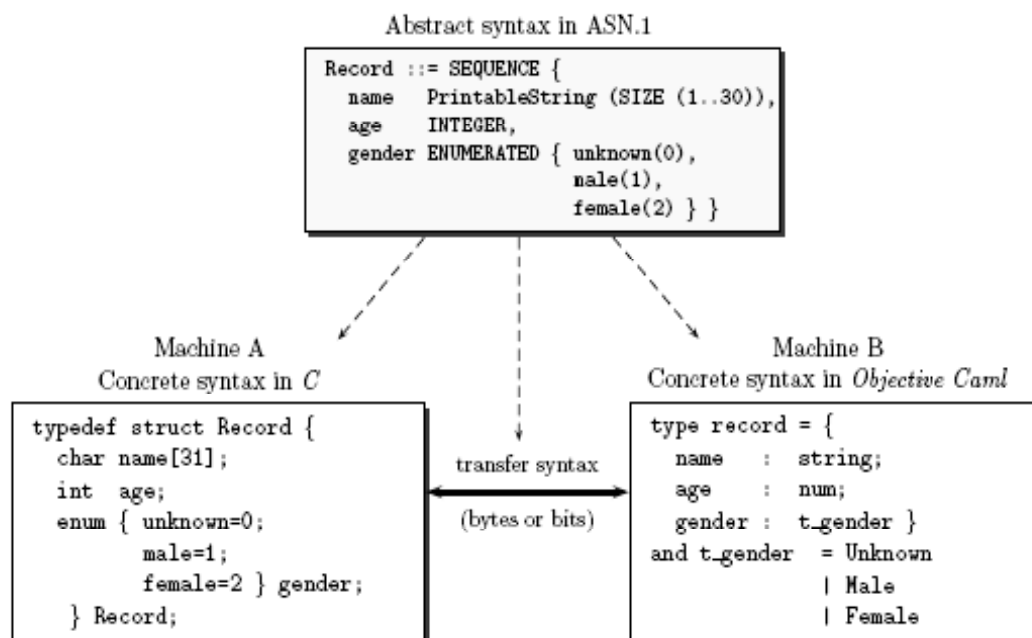


Fig 6.4. Exemplu de sintaxa in ASN.1

ASN.1 nu impune un algoritm anume de codare a informatiei. Totusi, de acest standard sunt legate urmatoorii algoritmi de codare:

- * Basic Encoding Rules (BER)
- * Canonical Encoding Rules (CER)
- * Distinguished Encoding Rules (DER)
- * XML Encoding Rules (XER)
- * Packed Encoding Rules (PER)
- * Generic String Encoding Rules (GSER)

Regulile de codare definesc sirurile de biti folositi in reprezentarea datelor abstracte transmise. Sintaxa defineste elemente cum ar fi: reprezentarea tipurilor de date generale, lungimea informatiei si modurile de definire a structurilor de date mai complexe.

BER

În acest algoritm fiecare element de date este codat prin tipul de identificare, lungime și elemental de date propriu-zis. Acest tip de codare este cunoscut drept codare TLV (type-length-value). Acest format permite unui client să decodaze informația ASN.1 dintr-un stream incomplet, fără a fi necesară o cunoaștere anterioară a lungimii, conținutului sau a interpretării semantice a datelor.

Câmpul type din TLV are un byte cu structură următoare:

8	7	6	5	4	3	2	1
clasa	p/c	numar					

Primii doi biți (clasa) arată dacă tipul este valid doar pentru o anumită aplicație, dacă trebuie definit sau dacă este nativ ASN.1. P/C arată dacă valoarea este de tip primitiv sau construită, iar câmpul număr specifică exact tipul variabilei.

Protocolul SNMP folosește ASN.1 împreună cu BER ca schemă de codare. Alături de acesta ASN.1 împreună cu BER se mai folosește și pentru protocolul LDAP, în criptografie (PKCS) sau telecomunicații (ISDN până la un anumit nivel).

După cum a fost deja explicat ultimii 5 biți ai identificatorului BER sunt folosiți pentru a identifica exact tipul obiectelor. Din cauza acestui fapt numărul maxim de tipuri de date care pot fi reprezentate direct este de 30. Această valoare reprezintă totuși o margine superioară sigură în implementarea BER pentru SNMP. În continuare se vor prezenta câțiva identificatori folosiți explicit în implementarea ASN.1 pentru SNMP.

Tipuri de aplicații primitive SNMP	Identificator în hex
IpAddress	40
Counter (Counter32 în SNMPv2)	41
Gauge (Gauge32 în SNMPv 2)	42
TimeTicks	43
Opaque	44
NsapAddress	45
Counter64 (doar în SNMPv2)	46
UInteger32 (doar în SNMPv2)	47

Tipuri specifice in mesaje SNMP	Identificator in hex
GetRequest-PDU	A0
GetNextRequestPUD	A1
GetResponse-PDU (Response-PDU in SNMPv 2)	A2
SetRequest-PDU	A3
Trap-PDU (obsolete in SNMPv 2)	A4
GetBulkRequest-PDU (added in SNMPv 2)	A5
InformRequest-PDU (added in SNMPv 2)	A6
SNMPv2-Trap-PDU (added in SNMPv 2)	A7

Folosind acesti indentificatori se poate comunica usor cu agentul SNMP si genera raspunsul cerut.

PER(Packed Encoding Rules)

PER este un set de reguli folosit in ASN.1 pentru a produce un transfer compact pentru structurile de date din ASN.1, definit in 1994. In comapratie cu BER, PER ofera un mod mult mai compact de codare a informatiilor. Se incearca reprezentarea datelor folosind un numar minim de biti. Neajunsul este ca un decodor trebuie sa stie toata sintaxa abstracta a structurii de date ce urmeaza sa fie decodata. Exista doua versiuni ale regulilor de codare impachetata: aliniata si nealiniata. In codarea nealiniata bitii sunt impachetati netinandu-se cont de limitele octetilor. In codarea aliniata, anumite tipuri de structuri de date sunt aliniate in functie de limitele octetilor(avand ca efect neutilizarea unor biti folositi ca padding). Codarea nealiniata foloseste cel mai mic numar de biti, insa dureaza mai mult sa fie prelucrata.

Comparatie intre ASN.1 si alte cheme de definire a structurilor de date

Asa cum este folosit in mod obisnuit, ASN.1 genereaza o codare binara. Alte protocoale de comunicatie, cum sunt rotocoalele HTTP si SNMP, definesc mesaje folosind marcaje text si valori, uneori bazate pe notatia Backus-Naur imbunatatita.

Au existat diverse discutii legate de cele abordari si care este mai buna; ASN.1 este considerata mai eficienta, si cu PER(Packed Encoding Rules), ofera un mod mai compact de codare. Modul text este considerat mai usor de implementat si de verificat(din moment ce o persoana se poate uita direct la mesaj). In cazul protocolului Megano(folosit in retele VoIP) deoarece nu s-a ajuns la un consec sunt folosite ambele metode de codare

Felul cum se defineste structura de date de administrare conform standardului SMI

SMI este cel care stabileste ce semnificatie au datele din MIB si structura lor, iar MIB foloseste ASN-1 ca sa lucreze. Variabilele sunt obiecte individuale. Obiectele sunt organizate in grupuri de variabile si grupurile sunt ansamblate in moduli. Un modul MIB are o anumita structura prin care defineste rostul variabilelor.

Cuprinde:

1. modulul IDENTITY (o zona in care se specifica date ale implementatorului: nume, adresa);
2. modulul Obj. id. (se specifica locul in arborele de definire a obiectului, conform standardelor);
3. Obj. Type (este o macro-definitie si poate sa apara de mai multe ori. Defineste un obiect); In Obj. Type trecem variabilele administrate si proprietatile lor. O astfel de macro-definitie are o structura proprie formata din parametrii: (4 obligatorii si 4 obtionale)

Cei obligatorii:

1. parametru de sintaxa (SYNTAX); Este un parametru dintr-un grup de parametrii acceptati de obiectul care se identifica prin Obj. id. Putem avea ca sintaxa: Integer, Counter, TimeTicks, Bit String, Octet String, IP Adress.

2. parametru de acces (MAX_ACCES); Este un parametru care da informatia despre accese de tip R/W sau R/O.
3. STRATUS; Are trei valori: cunent, depricate, absolete.
4. DESCRIPTION; Este un text (comentariu).

Ex:

lost Pack OBJ TYPE
SYNTAX Counter 32
MAX_ACCES R/O
STRATUS cunent
DESCRIPTION "Nr. pachete pierdute de la ultima pornire"

6.5 SNMP v2

Pe langa securitatea imbunatatita, versiunea 2 include si un mecanism de strangere multipla si detalierea mesajelor de eroare raportate catre entitatea de administrare. Mecanismul de strangere multipla suporta aducerea de tabele si cantitati mari de informatii. Acest mecanism imbunatateste performantele retelei cand se acceseaza cantitati mari de date.

SNMP v2 a imbunatatit suportul pentru rezolvarea erorilor si include coduri de eroare in plus ce permit diferentierea anumitor conditii de eroare. In plus, trei tipuri de exceptii sunt suportate in SNMP v2. Ele sunt:

- No such object
- No such instance
- End of MIB

Din moment ce SNMP versiunea 2 este foarte aproape sa devina un standard final care are imbunatatiri de performanta semnificative si devine din ce in ce mai folosit, suportul pentru SNMP versiunea 2 este recomandat.

SNMPv1 si v2 au o mare raspandire datorita urmatoarelor:

- sintaxa de definire a datelor este independenta de platforma – este un subset de ANS 1

- o notatie de transfer independenta de platforma – BER;
- comunicatiile SNMP cu formate de mesaje si tipuri de mesaje;
- mesajul contine versiunea de SNMP;
- mesajul contine un sir de caractere ca un fel de autentificare;
- un ghid de definire a datelor de management – SMI;
- structuri de stocare a datelor de administrare – fisiere MIB;

Tip PDU	ID cerere	Stare Eroare	Index Eroare	Obiect 1 Valoare 1	Obiect 2 Valoare 2	Obiect x Valoare x
------------	--------------	-----------------	-----------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Fig 6.5. Sablon de mesaj (PDU) folosit de SNMP v2

Tip PDU – Identifica tipul de mesaj transmis(Get, GetNext, Inform, Response, Set or Trap;

ID cerere – Asociaza cererile SNMP cu raspunsul;

Stare eroare – Indica numarul de erori si sau tipul erorii. Numai in mesajele de raspuns este setat acest camp. Alte operatii pun zero in acest camp;

Index eroare – Asociaza o eroare cu o anumita instanta a unui obiect. Numai in mesajele de raspuns este setat acest camp. Alte operatii pun zero in acest camp;

Obiect x Valoare x – Asociaza o valoare cu o instanta a unui obiect.

Interoperabilitate intre versiunile 1 si 2

Din nefericire versiunile 1 si 2 de SNMP nu sunt compatibile. In doua domenii importante. Formatul mesajelor si operatii de protocol. Mesajele din versiunea 2 au un header si o unitate de protocol diferita de cea din versiunea 1. mai mult SNMPv2 foloseste doua protocoale care nu sunt specificate de SNMPv1. Totusi exista doua versiuni de coexistenta intre versiunea 1 si versiunea 2: agenti proxy si sistem de administrare bilingv. In cazul folosirii de agenti proxy agentul de la versiunea 2 lucreaza

ca un proxy pentru cel de versiunea 1. Pasii sunt urmatoarii: un NMS de la un SNMPv2 emite o comanda pentru un agent SNMPv1, NMS-ul trimite mesajul SNMP la agentul proxy SNMPv2, agentul proxy face comenzile Get, GetNext si Set pentru mesaj spre agentul SNMPv1 nemodificate, mesajele de GetBulk sunt convertite de agentul proxy la mesaje GetNext care sunt trimise la agentul SNMPv1. Alternativa la aceasta este un sistem de administrare retea bilingv. Aceasta inseamna ca sistemul in sine ofera suport pentru SNMPv1 si SNMPv2. Pentru a facilita aceasta aplicatia contacteaza un agent. Apoi NMS-ul examineaza informatia stocata in baza de date locala si spune daca agentul accepta SNMPv1 sau v2. in functie de raspunsul primit de la baza de date NMS-ul comunica cu agentul folosind versiunea corespunzatoare de SNMP.

Vulnerabilitati ale versiunilor 1 si 2

Aceste doua versiuni sunt sor de atac prin programe de “ascultat pachete” pentru ca nu implementeaza nici un fel de codare. Sunt vulnerabile la algoritmi de tip “brute force” sau bazati pe dictionar pentru a ghici codurile din retea. Desi sunt implementate sa functioneze peste TCP si alte protocoale este in general folosit peste conexiunea UDP care este vulnerabila la atacuri asupra ip-ului. astfel toate versiunile sunt vulnerabile daca se trece de lista de acces care restrictioneaza accesul SNMP. Capabilitatile de scriere pot fi folosite pentru a cauza probleme majore. Aceste metode de scriere sunt folosite foarte rar in practica din aceste motive. Din aceste motive este catalogat ca un sistem foarte vulnerabil la atacuri.

Exista evident metode de evitare sau minimizare a acestor probleme. Pasii principali ar fi: punerea unui patch de la distribuitor, oprirea tuturor serviciilor SNMP neesentiale, filtrarea accesului SNMP doar la dispozitivele care trebuie administrate, schimbarea parolilor fata de cele normale.

6.6 SNMP v3

Este cea mai noua versiune de SNMP. Cea mai mare contributie a ei este securitatea retelei. Adauga suport pentru autentificare si comunicatii private intre entitatile retelei. In anul 2002 a ajuns un standard complet. Urmatoarele RFC definesc standardul: RFC 3410, RFC 3411, RFC 3412, RFC 3413, RFC 3414, RFC 3415, RFC 3416, RFC 3417, RFC 3418, si RFC 2576. desi standardul este complet vanzatorii de software nu vor sa treaca pe noul sistem. In aceste conditii cele mai multe implementari sunt pentru versiunea 1 desi aceasta a fost trecuta la nivel de standard istoric

SNMP v3 ofera un mediu sigur de administrare care acopera urmatoarele.

- indentificarea entitatilor SNMP pentru a facilita comunicarea intre ele – fiecare are un identificator numit EngineID si comunicarea este posibila doar daca o entitate cunoaste entitatea propriului ei coleg. Capcane si notificările nu respecta aceasta regula.

- suport pentru modele securizate – un model securizat este cel care defineste regulile de securitate intr-o retea

- definirea de teluri de securitate care includ protectie fata de urmatoarele probleme:

- modificarea informatiei – protectie impotriva entitatilor care ar putea modifica un mesaj de la o sursa autorizata in tranzit

- mascarada – protectia impotriva considerarii ca un sistem are autorizările necesare cand acesta nu le are;

- modificarea ordinii mesajelor – protectie impotriva reordonarii mesajelor sau intarzierea lor.

- siguranta – protectie impotriva ascultarii mesajelor de catre o alta parte
- specificatiile pentru USM – exista urmatoarele mecanisme de comunicatie
- comunicatii fara autentificare sau intimitate (NoAuthNoPriv)
- comunicatii cu autentificare dar fara intimitate (AuthNoPriv)
- comunicatii cu autentificare si intimitate
- definirea diferitelor metode si protocoale de comunicare – curent exista MD5 si SHA care sunt utilizate de USM
- definirea unei proceduri de descoperire – pentru a facilita comunicarea intre entitatile;
- definirea de framework MIB pentru SNMP – pentru a facilita configurarea si modificarea entitatilor de la distanta.

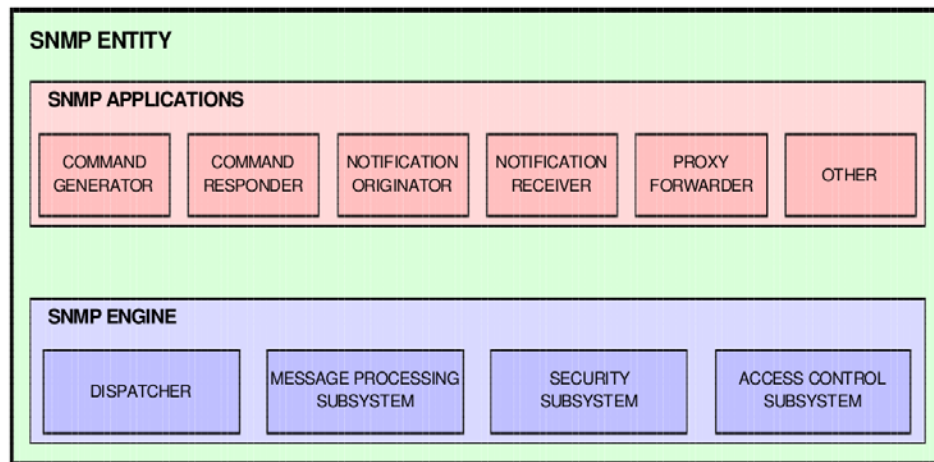


Fig 6.6. Arhitectura SNMP v3

Versiune 3 are doua facilitati suplimentare foarte importante si anume administrare si securitate. Securitatea se refera la autentificare si criptarea datelor.

Alternative la SNMP

CMIP (Common Management Information Protocol)

Acest protocol a fost conceput de catre guverne si de catre marile companii ca o alternativa la SNMP. Parea a fi orealitate mai ales ca parea a avea fonduri aproape

nelimitate. Problemele de implementare au intarziat proiectul iar numai anumiți producători îl ofera ca produs final.

CMIP a fost conceput să elimine problemele și să devină un administrator mult mai stabil de rețea. La bază este similar cu SNMP dar are un număr mai mare de tipuri de PDU. În acest caz unsprezece la număr față de cele cinci ale lui SNMP. De asemenea în CMIP variabilele sunt văzute ca fiind structuri foarte complexe cu multe atribute. Acestea includ: atribute de variabilă (care reprezintă caracteristicile variabilelor), comportamente ale variabilelor (ce acțiuni poate variabilă să inițieze), notificări (variabilă generează un raport atunci când este activată).

Avantajele față de SNMP sunt câteva. În primul rând securitatea care SNMP v1 și v2 sunt foarte slabe. Alt avantaj al lui CMIP este faptul că pentru utilizator este mai ușor să vadă ce se întâmplă cu rețeaua în ce stare este. Mai mult CMIP este orientată pe obiecte față de SNMP care este bazat pe obiecte. Aceasta înseamnă că se pot folosi programe orientate pe obiecte în timp ce se proiectează sistemul.

Marele dezavantaj este totuși că pentru a implementa CMIP este nevoie de o putere de calcul de 10 ori mai mare decât în cazul unui sistem bazat pe SNMP.

DME (Distributed Management Environment)

Filosofia din spatele DNE este: consistență (tehnologia de management trebuie să ofere managerilor posibilitatea de a avea o imagine clară despre sistem), interoperabilitate (trebuie să fie compatibil cu celelalte sisteme cum ar fi SNMP și CMIP), scalabilitate (trebuie să fie ușor să implementat diferite sisteme de organizare cu multe topologii).

Din ce este scris mai sus se vede că sistemul DMI se bazează intens pe programarea orientată pe obiect. Aceasta face posibilă transformarea unei aplicații

difficile in una simpla prin impartirea ei in bucati mai mici si ascunderea implementarii de utilizator.

Avantajele sunt ca poate fi suprapusa peste sisteme de ja existente iar sistemul de tratare a evenimentelor este mult mai sofisticat si ofera mai multe posibilitati de control.

Dezavantajul este frameworkul este emult prea generalizat si anumite sisteme isi pot pierde din avantajele unice fata de celelalte.

Este un echilibru intre a face viata mai usoara administratorului de sistem si platirea pentru frameworkul generalizat si munca care va fi depusa pentru a trece de la vechiul la noul sistem.

6.7 Utilizare SNMP

Asa cum sugereaza si numele protocolul este destul de simplu pentru ca este simplu de inteles si agentul software necesita putina programare. Este aceasta simplitate care ii confera stadiul de cel mai utilizat protocol pentru administrarea retelei. O implementare SNMP este mult mai directa decat alte implemantari de administrare retea.

Este un protocol standardizat: ca un protocol internet este standard deschis si dezvoltat prin eforturile comunitatii Internet iar implementarile viitoare sunt bazate pe standarde deja existente.

Universal acceptat: toti marii producatori ofera suport penru SNMP. Toate dispozitivele bazate pe SNMP accepta un set comun de informatii despre retea.

Portabilitate : este independent de limbajul de programare si de platforma de lucru. Standardul are un set de operatii care trebuie sa se comporte identic pe toate sistemele.

Cerinte minime: facilitatile oferite de SNMP sunt la un pret foarte scazut ca procent din performanta sistemului.

SNMP a fost conceput astfel incat sa poata fi portat pe orice sistem din orice retea. Este foarte utilizat deoarece este cel mai popular dintre protocoale este si cel mai raspandit si orice distribuitor stie despre el.

Pe platformele linux sunt disponibile agenti de monitorizare a statiei de lucru. Acesti agenti asculta cererile SNMP, colecteaza informatii despre parametrii statiilor de lucru.

Sa zicem va trimitem o cerere SNMP catre un router:

```
SUMMARY Delta T Destination Source Summary
16 0.0015 [194.18.1.1] [192.1.1.5] SNMP GetNext ipNetToMediaIfIndex ..
ipNetToMediaNetAddress (3 items)
```

SNMP: ----- Simple Network Management Protocol (Version 1) -----

SNMP:

SNMP: Version = 0

SNMP: Community = public

SNMP: Command = Get next request

SNMP: Request ID = 5

SNMP: Error status = 0 (No error)

SNMP: Error index = 0

SNMP:

SNMP: Object = {1.3.6.1.2.1.4.22.1.1.1.0.0.0.1} (ipNetToMediaIfIndex.1.0.0.0.1)

SNMP: Value = NULL

SNMP:

SNMP: Object = {1.3.6.1.2.1.4.22.1.2.1.0.0.0.1} (ipNetToMediaPhysAddress.1.0.0.0.1)

SNMP: Value = NULL

SNMP:

SNMP: Object = {1.3.6.1.2.1.4.22.1.3.1.0.0.0.1} (ipNetToMediaNetAddress.1.0.0.0.1)

SNMP: Value = NULL

SNMP:

Sa zicem ca raspunsul primit este urmatorul:

SUMMARY	Delta T	Destination	Source	Summary
18	0.0261	[192.1.1.5]	[194.18.1.1]	SNMP GetReply

ipNetToMediaPhysAddress .. ipNetToMediaType (3 items)

SNMP: ----- Simple Network Management Protocol (Version 1) -----

SNMP:

SNMP: Version = 0

SNMP: Community = public

SNMP: Command = Get response

SNMP: Request ID = 5

SNMP: Error status = 0 (No error)

SNMP: Error index = 0

SNMP:

SNMP: Object = {1.3.6.1.2.1.4.22.1.2.1.1.194.18.1.0}
(ipNetToMediaPhysAddress.1.1.194.18.1.0)

SNMP: Value = FFFFFFFFFFFFFFFF, Broadcast

SNMP:

SNMP: Object = {1.3.6.1.2.1.4.22.1.3.1.1.194.18.1.0}
(ipNetToMediaNetAddress.1.1.194.18.1.0)

SNMP: Value = [194.18.1.0]

SNMP:

SNMP: Object = {1.3.6.1.2.1.4.22.1.4.1.1.194.18.1.0}
(ipNetToMediaType.1.1.194.18.1.0)

SNMP: Value = 4 (static)

SNMP:

Primul lucru pe care il observam este ca parametrul "Error status" este egal cu zero, ceea ce inseamna ca nici o eroare nu a avut loc. Acest lucru ne face sa credem ca interogarea a fost un succes total.

Insa la o privire mai atenta observam ca primul OID este **.1.3.6.1.2.1.4.22.1.2** cu o instanta **.1.1.194.18.1.0**. Sunt mai multe lucruri gresite aici. O prima problema este ca cererea a fost pentru ipNetToMediaIfIndex si am primit ca rapsuns ipNetToMediaPhysAddress.

In limbaj MI, am cerut **1.3.6.1.2.1.4.22.1.1** si am primit **1.3.6.1.2.1.4.22.1.2**). Deoarece nu am obtinut ipNetToMediaIfIndex nu putem face o incadrare corecta in topologie.

Capitolul 7. Studiu asupra diafoniei și paradiafoniei

Pentru a ilustra mai bine noțiunile exprimate în subcapitolul 5.12 voi face o evaluare a diafoniei utilizând funcția de densitate de putere spectrală a mai multor servicii xDSL. Ecuatiile provenind din surse diferite, pentru același serviciu xDSL, au fost implementate în Matlab pentru a le compara și evalua. Aceste formule s-au implementat cu o scală de factor 1000, pentru a permite desenarea graficului în dBm. Anexa A contine codul programului din care au rezultat graficele prezentate în acest capitol.

Am fost luate ca referință următoarele surse:

✓ **T.Starr, M.Cioffi și P.J. Silverman - „Understanding DSL technology”**

Această lucrare realizează un studiu asupra serviciului xDSL din cadrul rețelelor de telecomunicatii din SUA și oferă ecuații ale diafoniei pentru mai multe tehnologii de transmisie: ADSL, ISDN, HDSL și ISDN.

✓ **Standardul T1.413 al ANSI**

T1.413 oferă modele de diafonie pentru aceleași tipuri de DSL precum și pentru diafonia de pe liniile T1.

✓ **Recomandarea G.991.2 al ITU**

Această sursă a fost folosită pentru ecuațiile care se referă la diafonia prezentă pe liniile cu SHDSL. Pentru alte funcții de interferență se folosește tot standardul T1.413.

7.1 Densități de putere spectrală pentru diferite sisteme xDSL

Pentru a putea evalua funcția densitate de putere a paradiafoniei și telediafoniei trebuie cunoscută funcția PSD a serviciilor care interferează.

7.1.1 Densitatea spectrală de putere la ADSL

❖ *Calculul pentru ADSL ascendent în acord cu Starr și Cioffi [5]:*

$$PSD_{ADSL,US}(f) = K_{ADSL,US}(f) \cdot \frac{\left[\sin\left(\frac{\pi f}{f_0}\right) \right]^2}{\left(\frac{\pi f}{f_0} \right)^2} \quad 0 \leq f \leq \infty \quad (11)$$

unde:

$$f_0 = 270 \text{ kHz}$$

$$K_{ADSL,US}(f) = \begin{cases} -38 \text{ dBm / Hz} & 28 \text{ kHz} \leq f \leq 138 \text{ kHz} \\ -38 - 24 \cdot \left(\frac{f - 13800}{43125} \right) \text{ dBm / Hz} & f \leq 138 \text{ kHz} \end{cases}$$

❖ *ADSL ascendent în acord cu standardul T1.413 ANSI [1]:*

$$PSD_{ADSL-Perturbator}(f) = K_{ADSL} \cdot \frac{2}{f_0} \frac{\left[\sin\frac{\pi f}{f_0} \right]^2}{\left(\frac{\pi f}{f_0} \right)^2} \cdot |FTJ(f)|^2 \cdot |FTS(f)|^2 \quad \text{pentru } 0 \leq f \leq \infty \quad (12)$$

unde:

$$f_0 = 276 \cdot 10^3 \text{ Hz}$$

$$K_{ADSL} = 0,0437 \text{ Watt}$$

$$|FTJ(f)|^2 = \frac{f_h^a}{f^a + f_h^a} \quad f_h = 138 \cdot 10^3 \text{ Hz} \quad , \quad \alpha = 20,32$$

$$|FTS(f)|^2 = \frac{f^a + f_l^a}{f^a + f_h^a} \quad f_l = 4000\text{Hz} \quad , \quad f_h = 25875 \quad , \quad \alpha = 7,34$$

Pentru ADSL ascendent, se folosesc două modele puțin diferite. Formula 11 folosește o constantă dependentă de frecvență, în timp ce ecuația 12 încorporează un filtru trece sus și unul trece jos.

În Figura 7.1 se poate observa că cele două funcții rezultate sunt identice. Se va observa că formula 12 atinge un nivel mai ridicat de putere și are o cădere la o frecvență ușor mai înaltă. La frecvențe joase devine clar că formula 11 face o aproximare și o deplasare a funcției FTS (funcția nu pornește din origine).

Formula 12 este singura unde nu s-a adăugat un factor de scalare (dBm) în implementarea Matlab. Dacă aceasta s-ar fi realizat, funcția trebuia mărită cu 30dB pentru a rezulta o curbă completă în afara limitei graficului.

❖ *ADSL descendent în acord cu Cioffi și Starr [5]:*

$$PSD_{ADSL,US(f)} = K_{ADSL,US(f)} \cdot \frac{\left[\sin\left(\frac{\pi f}{f_0}\right) \right]^2}{\left(\frac{\pi f}{f_0}\right)^2} \cdot |FTJ(f)|^2 \cdot |FTS(f)|^2 \quad 0 \leq f \leq \infty \quad (13)$$

unde:

$$f_0 = 270\text{kHz} \quad K_{ADSL} = 110,4\text{mW}$$

$$|FTJ(f)|^2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^2} \quad f_{3dB} = 1,104\text{MHz}$$

$$|FTS(f)|^2 = \frac{f^8}{f^8 + f_{3dB}^8} \quad f_{3dB} = 20\text{KHz}$$

- ❖ Pentru ADSL descendent în acord cu T1.413 ANSI formula este aceeași cu ecuația 12 dar se iau în calcul alte variante de filtre și alte frecvențe:

$$f_0 = 2,208 \cdot 10^6 \text{ Hz} \quad K_{ADSL,US} = 0,1104 \text{ Watti}$$

$$|FTJ(f)|^2 = \frac{f_h^a}{f^a + f_h^a} \quad f_h = 1,104 \cdot 10^6 \text{ Hz} \quad \alpha = 11.96$$

$$|FTS(f)|^2 = \frac{f^a + f_l^a}{f^a + f_h^a} \quad f_l = 4000 \text{ Hz} \quad f_h = 25875 \text{ Hz} \quad \alpha = 7,09$$

În cazul calcului pentru ADSL descendent diferența principală constă în factorul $2/f_0$. Punând acest factor în rezultatul formulei, practic, se va obține același grafic pentru ambele formule așa cum este ilustrat în Figura 7.1. Diferențele minore se găsesc la filtre iar frecvența de tăiere este semnificativ mai joasă în ecuația 13.

Pentru ADSL ascendent și decendent vom obține două grafice complet diferite. Acest lucru are sens deoarece ADSL folosește multiplexarea în frecvență (FDM) pentru a transmite în două benzi diferite de frecvență. ADSL ascendent va transmite doar la frecvențe relativ joase în timp ce banda utilizată de ADSL decendent este mult mai largă. Deoarece cele două benzi se suprapun, trebuie folosit un compensator de ecou

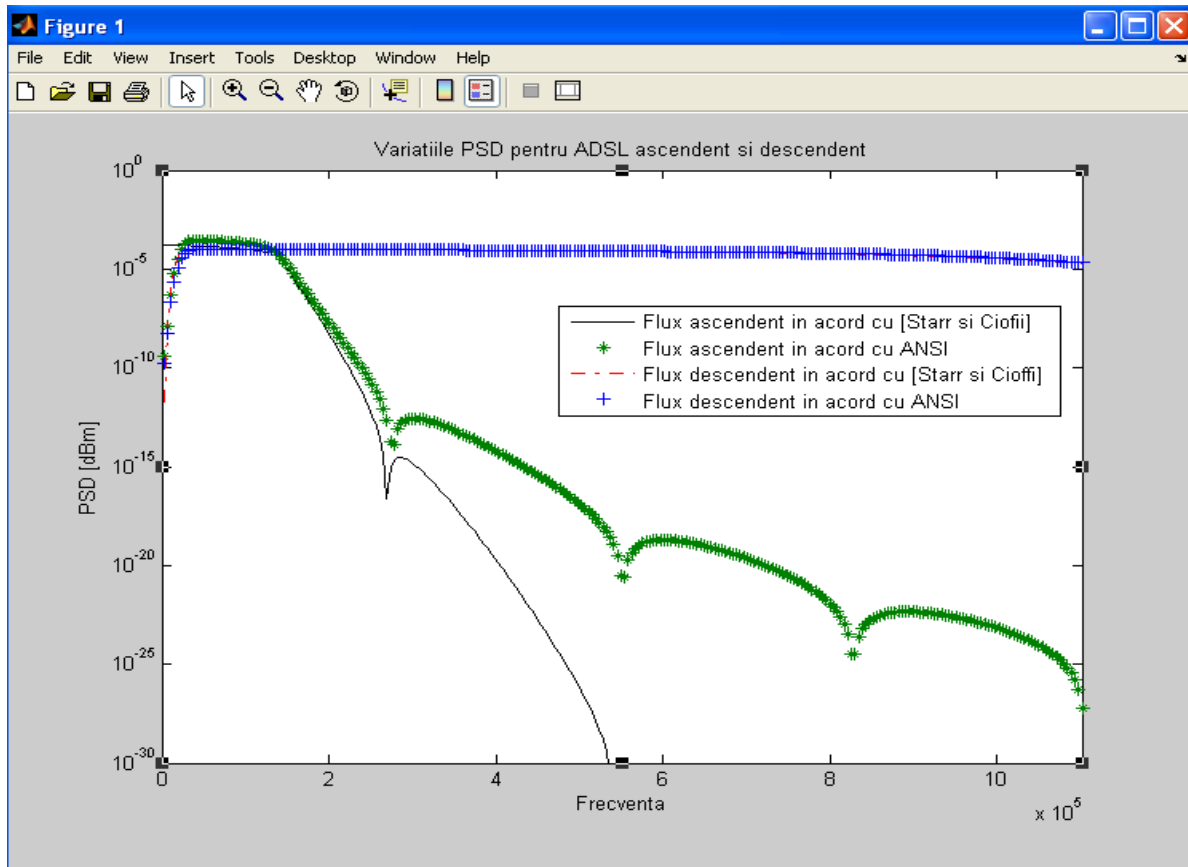


Figura 7.1: Densitatea spectrală de putere la ADSL

7.1.2 Densitatea spectrală de putere la HDSL, ISDN și T1

❖ Pentru HDSL cele două surse sunt caracterizate de aceeași ecuație (14). Această ecuație ilustrează densitatea spectrală de putere a unui semnal codat 2B1Q de 392 de ksimboluri/s cu nivele aleatoare echiprobabile și cu impulsuri drepte în întreaga bandă (full band square top). Ultimul factor poate fi identificat ca un filtru trece jos cu o tăiere de frecvență la 196Khz.

Figura 7.2 arată funcția HDSL cu cei doi lobi semnificativi. Primul lob manifestă o cădere odata cu tăierea frecvenței.

$$PSD_{HDSL}(f) = K_{HDSL} \cdot \frac{\left[\sin\left(\frac{\pi f}{f_0}\right) \right]^2}{\left(\frac{\pi f}{f_0} \right)^2} \cdot \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{f}{f_{3dB}} \right)^8 \right]} \quad (14)$$

unde:

$$f_0 = 392 \text{kHz} \quad f_{3dB} = 196 \text{KHz} \quad , \quad K_{HDSL} = \frac{5}{9} \cdot \frac{V_p^2}{R}$$

$$V_p = 2,50 \text{Volti} \quad R = 1350 \text{ohmi}$$

❖ Pentru ISDN avem ecuația 15 care ne dă densitatea spectrală de putere a unui semnal 2B1Q de 80 Ksimboluri/s cu nivele aleatoare echiprobabile, cu impulsuri dreptunghiulare în întreaga bandă. Ultimul termen poate fi indentificat ca un FTJ cu limita de tăiere la 80 de kHz. Constantele folosite sunt similare cu cele folosite la calculul HDSL. Aparent, rezultatul din figură este similar cu cel de la HDSL dar lobii sunt mult mai ascuțiți și încep să se încline de la aproximativ 80 kHz.

$$PSD_{ISDN} = K_{ISDN} \cdot \frac{\left[\sin\left(\frac{\pi f}{f_0}\right) \right]^2}{\left(\frac{\pi f}{f_0} \right)^2} \cdot \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{f}{f_{3dB}} \right)^8 \right]} \quad (15)$$

unde:

$$f_0 = 80 \text{kHz} \quad , \quad K_{ISDN} = \frac{5}{9} \cdot \frac{V_p^2}{R}$$

$$V_p = 2,50 \text{Volti} \quad , \quad R = 1350 \text{ohmi}$$

❖ Pentru $T1$ avem egalitatea 16. Aici avem un factor adițional reprezentat de un sinus pătrat. Acest factor este responsabil pentru valorile înalte ale funcției reprezentate la frecvențe înalte așa cum este reprezentat în Figura 7.2.

$$PSD_{T1}(f) = \frac{V_p^2}{R_L} \cdot \frac{2}{f_0} \cdot \frac{\left[\sin\left(\frac{\pi f}{f_0}\right) \right]^2}{\left(\frac{\pi f}{f_0} \right)^2} \cdot \left[\sin\left(\frac{\pi f}{2 f_0}\right) \right]^2 \cdot |H_{formare}(f)|^2 \cdot |H_{Trans}(f)|^2 \quad (5.6)$$

unde :

$$|H_{formare}(f)|^2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{f_{3dB}} \right)^6} \quad |H_{transformare}(f)|^2 = \frac{f^2}{f^2 + f_{1,3dB}^2} \quad \text{si}$$

$$V_p = 3,6 \text{Volts} \quad , \quad R_L = 100 \text{Ohms} \quad , \quad f_0 = 1,544 \text{MHz} \quad , \quad f_{3dB} = 3 \text{MHz} \quad , \quad f_{1,3dB} = 40 \text{kHz}$$

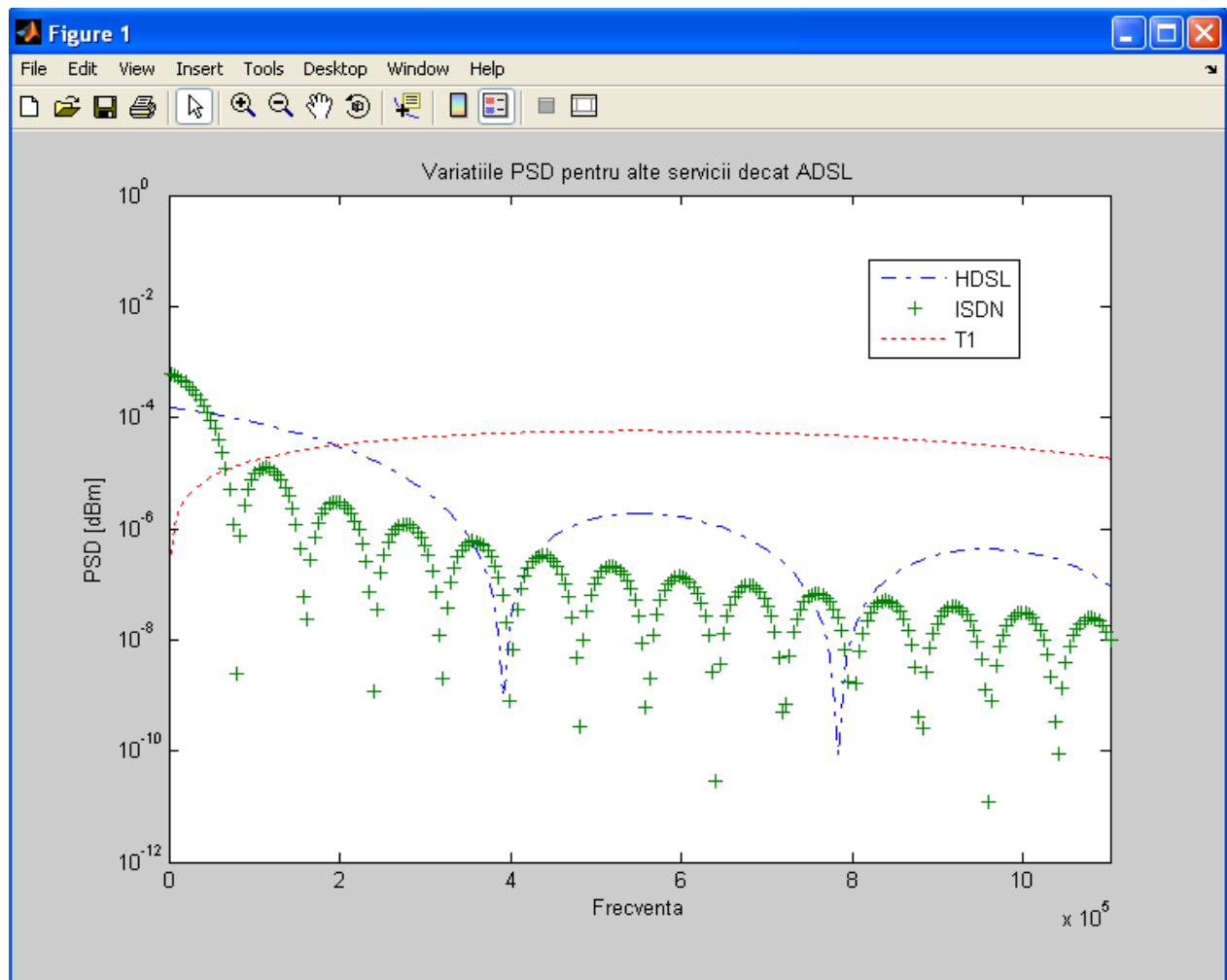


Figura 7.2: Densitatea spectrala de putere pentru alte servicii

7.2 Paradiadiafonia (NEXT): Ecuatii și rezultate

Ecuatia 17 calculează densitatea spectrala de putere a paradiafoniei pentru un perturbator dat, în acord cu Cioffi și Starr [5]. Diferența față de standard o reprezintă constanta 10^{-13} care va deveni în standardul ANSI constanta $8,81 \cdot 10^{-14}$ dar în final generează același rezultat. Caracteristic paradiafoniei este câștigul cu frecvența la puterea $3/2$.

$$PSD_{NEXT(f)} = PSD_{perturbator} \cdot \left(\frac{N}{49} \right)^{0,6} \cdot 10^{-13} \cdot f^{-1,5} \quad (17)$$

Calculul a fost realizat pentru un număr N de 10 perturbatori în același cablu. În Figura 7.3 este ilustrat graficul pentru paradiafonie când formula 17 a fost aplicată pentru funcțiile ADSL investigate mai înainte.

Semnalul ADSL în amonte ocupă o bandă nominală de la 25 până la 138kHz, dar și lobii superiori laterali semnalului din banda de trecere pot contribui la crearea unei paradiafonii în semnalul descendent. Efectul lor va depinde de metoda de combatere a suprapunerii benzilor după eșantionare folosită în transmițătorul distant.

Nivelul puterii este mai redus cu un factor apropiat de 10^6 . Se observă că pentru sensul ascendent forma graficului nu s-a schimbat foarte mult dar pentru ADSL pe sensul descendent apare o creștere a diafoniei datorată frecvențelor înalte.

În Figura 7.4 am reprezentat funcțiile de densitate spectrală de putere pentru celelalte servicii. Cea mai mare interferență este realizată de serviciul T1. Aceasta explică de ce transmisiile de acest tip trebuie segregate în grupuri separate ale cablului. Se observă din grafice că toate spectrele cu excepția celui pentru T1 scad în putere odată cu frecvența.

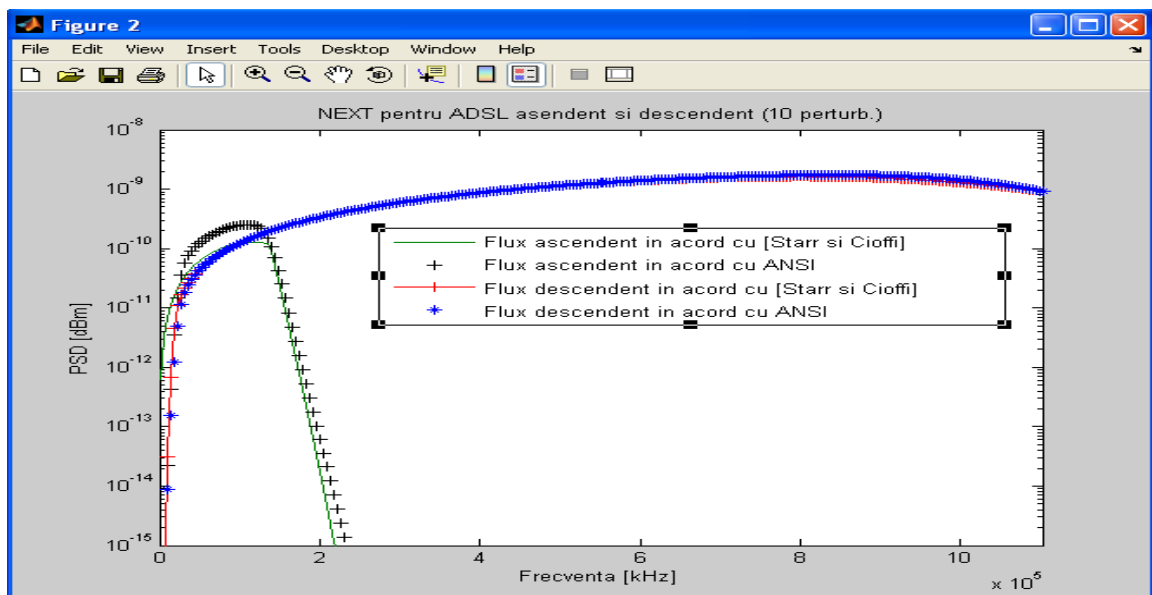


Figura 7.3: Paradiafonia (NEXT) pentru ADSL

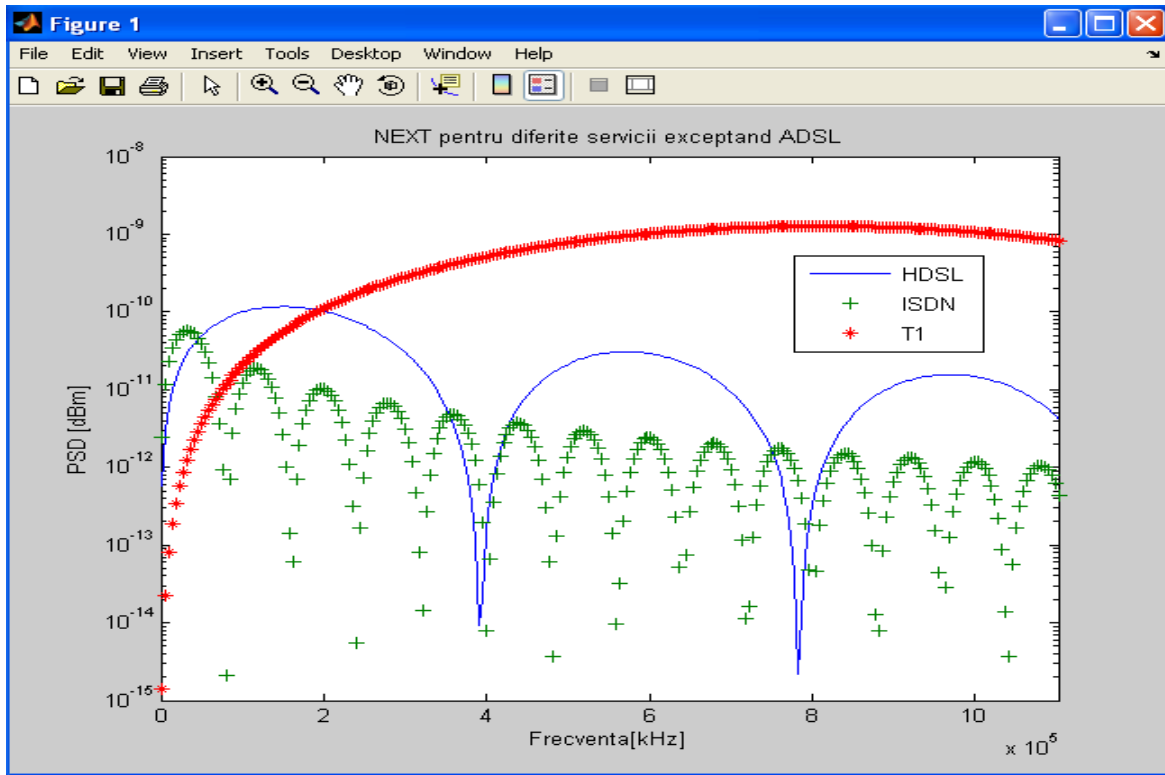


Figura 7.4: Paradiafonia (NEXT) pentru alte servicii

7.3 Telediafonia (FEXT): ecuații și rezultate

Zgomotul de telediafonie este produs de semnalul care se propagă pe linia de transmisiuni. În ecuația telediafoniei (18) intervine funcția de transfer a canalului $H(f)$ pe care am implementat-o utilizând parametrii clasici ai unei linii cu diametru de 0,4 mm și lungă de 3 Km.

În **Figura 7.5** se prezintă graficul funcției de transfer obținute.

$$PSD_{FEXT(f)} = PSD_{perturbator} \cdot |H(f)|^2 \cdot \left(\frac{N}{49}\right)^{0,6} \cdot 9 \cdot 10^{-20} \cdot d \cdot f^{-2} \quad (18)$$

Parametrul d reprezintă distanța căii de cuplaj.

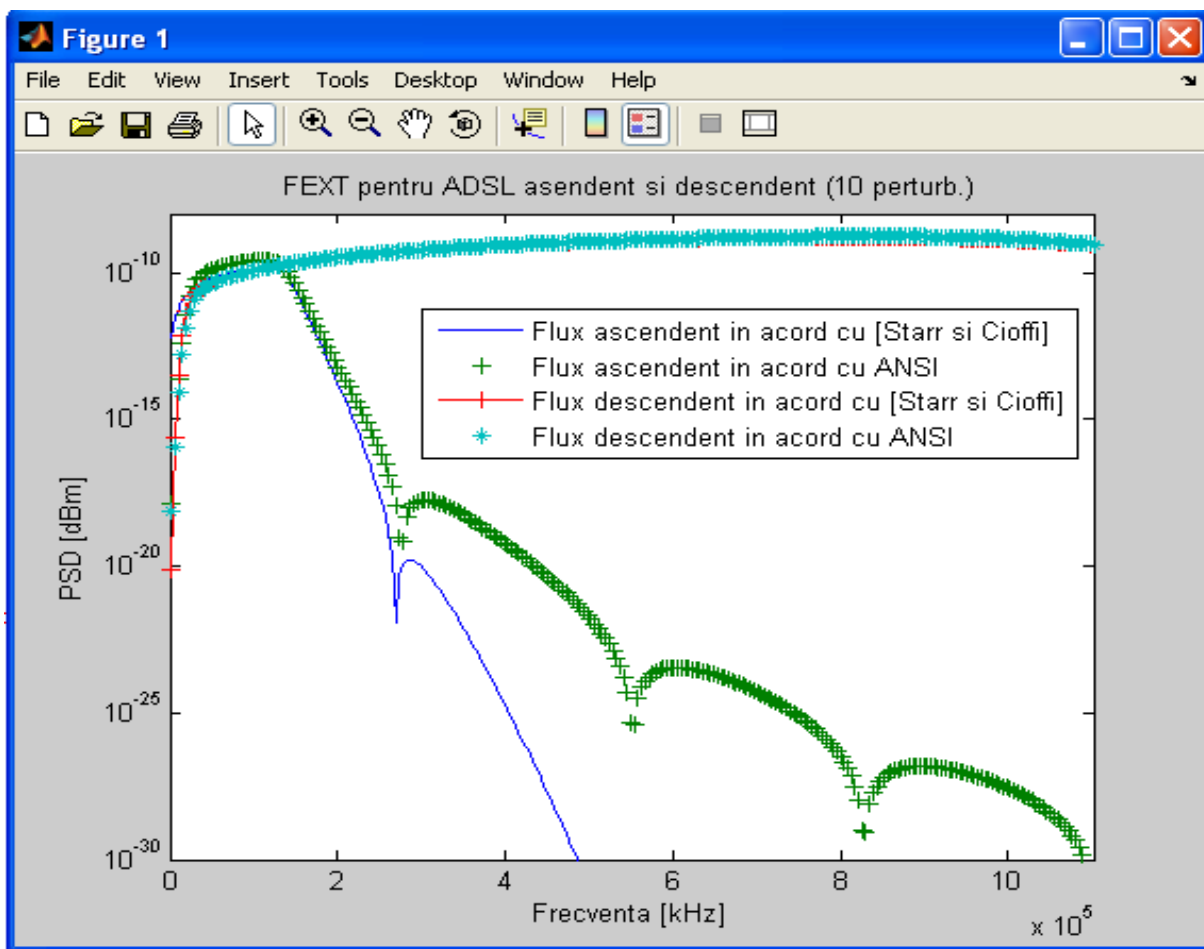


Figura 7.5: Telediafonia (FEXT) pentru ADSL

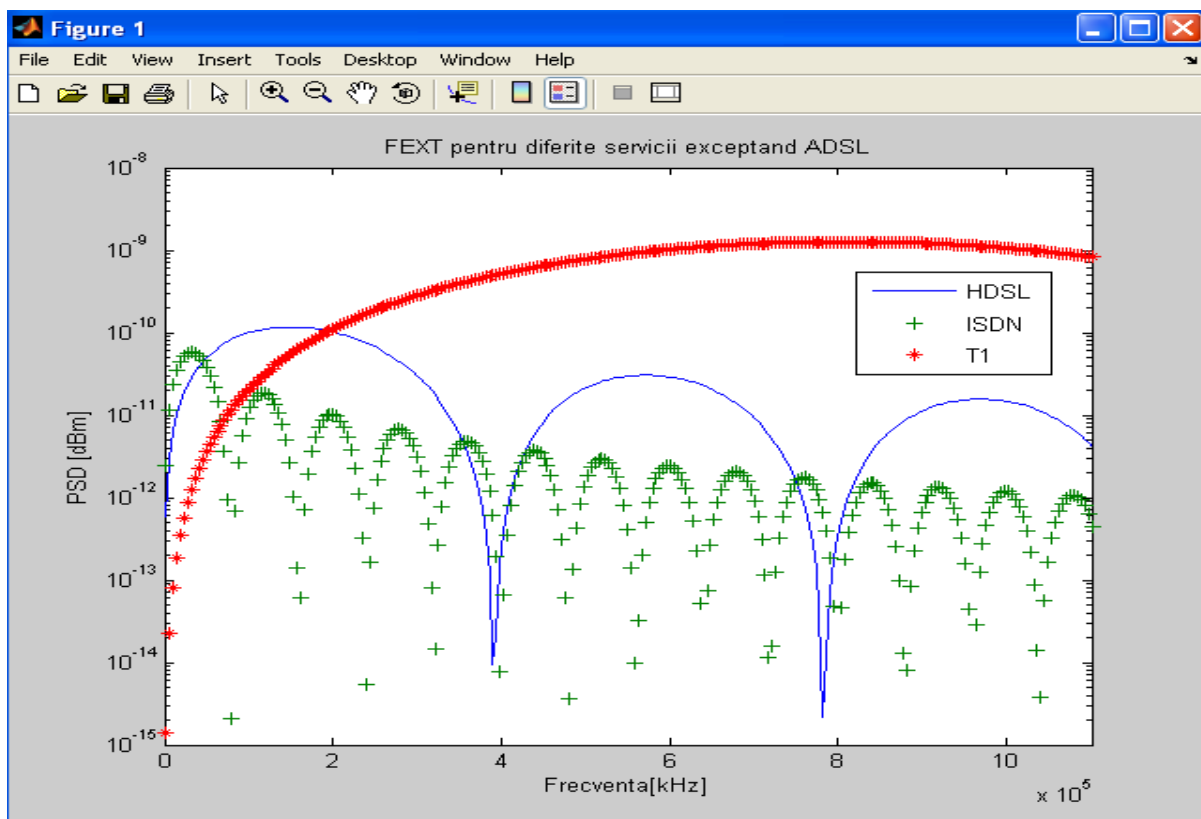


Figura 7.6: Telediafonia (FEXT) pentru alte servicii

Figurile 7.5 și 7.6 ne arată rezultatele obținute din ecuația 18 folosindu-se aceleași densități spectrale de putere ca pentru paradiafonie. De aceasta dată nivelul de putere maxim este redus cu aproximativ 10^{-30} considerând și cuplajul d tot la 3 Km, ceea ce ne arată că interferența, din punct de vedere teoretic, nu este o amenințare pentru transmisia de date pe liniile de cupru.

Funcțiile de diafonie obținute pot fi utilizate pentru crearea de măști PSD ale serviciilor din perechi adiacente. Teoretic se poate considera că interferență mutuală este minimă, dar tehnic cablurile nu sunt adiacente pe toată lungimea lor.

O metodă folosită pentru a limita degradarea serviciilor este realizarea de măști spectrale: maximum de putere permisă definită pentru un număr oarecare de segmente de frecvență. Aceste măști ne pot ajuta să ajustăm puterea transmisă pentru a determina ca diafonia rezultată să se păstreze în limitele măștii. Se observă că în gama de frecvență 0-1 Mhz exceptând T1 puterea va scade odată cu creșterea frecvenței. Deasemenea relația

folosită pentru calculul paradiafoniei, care are o funcție cu frecvența la puterea 1.5, ne arată că interferența cea mai mare se manifestă la frecvențe joase și scade odată cu creșterea frecvenței. O diafonie mare la frecvențe mari ar fi un factor major în degradarea raportului semnal zgomot. Din acest motiv schemele de modulație ar fi fost proiectate să aibă un spectru cu putere mică la frecvențe înalte. Datorită acestui fapt a fost aleasă pentru ADSL, pe sensul ascendent, o rată de date mică, într-o bandă îngustă și la frecvențe relativ joase, iar pentru sensul descendent o bandă mai largă și implicit o rată mare de transmisie.

Capitolul 8. Concluzii

În această lucrare am realizat o analiză condițiilor de mediu generale pentru transmisiunile de date de bandă largă realizate pe bucla de abonat. Am descris elementele rețelei locale împreună cu efectele pe care le exercită acestea asupra transmisiunilor de date. Am tratat și calculat imperfecțiunile pentru serviciile xDSL suportate de bucla locală: paradiafonia, telediafonia și efectul derivațiilor în gol introduse pe linie. Din analize a rezultat că paradiafonia reprezintă un impediment major în cadrul transmisiunilor de date pe linia telefonică. Am analizat și schemele de modulație care pot fi folosite pentru realizarea transmisiunilor de date de viteză mare împreună cu avantajele și dezavantajele lor.

Am prezentat pe scurt și dispozitivele cu care se pot măsura parametrii liniei precum și avantajele pe care le oferă acestea în cazul remedierii unui deranjament.

O problemă importantă legată de serviciile DSL este constituită de efectele generate de diafonie, care necesită un tratament special în echipamentele de emisie-recepție.

În capitolele 5 și 7 am prezentat diferite modele de diafonie și paradiafonie pentru mai multe servicii implementate pe linia telefonică. Ecuațiile preluate din mai multe surse pentru același serviciu au reușit să reflecte cât mai fidel din punct de vedere teoretic imperfecțiunile prezente pe linie iar graficele rezultate au prezentat caracteristicile prezentate în teorie. A reieșit în mod clar că zgomotul de paradiafonie are un efect mult mai semnificativ decât paradiafonia.

În capitolul 8 am prezentat un studiu asupra unei linii formată din mai multe secțiuni și efectele care se pot manifesta prin introducerea unei derivații în gol.

Capitolul 9. Aplicatia x-lite

Aplicatia de fata are ca scop monitorizarea si optimizarea traficului in retelele xDSL existente. Interfata de administrare este web-based, avand in spate cod PHP si comenzi SNMP. Utilitatea aplicatiei este data de modul simplu si prietenos de lucru cat si a numeroaselor ajustari ce se pot face cu ajutorul ei.

Pe baza comenzilor SNMP care citesc valorile unor MIB-uri din diferite echipamente (in cazul de fata DSLAM ADSL) se pot ajusta diferiti parametric de functionare si monitorizare, cum ar fi: viteza de sincronizare, cantitatea de biti pe o anumita interfata, modulitatea de codare a informatiilor, ordinea pachetelor de date etc).

Intefata grafica este compusa din 2 module:

- Primul modul de afisare a informatiilor necesare monitorizarii. Impreuna cu grafice si tabele ajutatoare
- Ce de-a doua reprezinta o imagina grafica a echipamentelor fizice din retea si gradul lor de ocupare (astfel incat in orice moment pot fi aflate resursele libere pentru extinderea retelei intr-o anumita zona.

Prima parte la randul ei este compusa din mai multe zone de ecran dupa cum urmeaza:

- Partea din stanga a ecranului este formata din doua butoane si un camp de cautare; cele doua butoane dau posibilitatea cautarii unui anumit client sau echipament dupa numarul de telefon sau dintr-o lista de echipamente; dupa inserarea numarului de telefon sunt afisate in partea din dreapta o serie de informatii;
- In partea dreapta a ecranului sunt afisate o serie de tabele si grafice edificatoare; astfel in tabele avem informatii ca:
 - Numele de utilizator
 - Adresa fizica in echipamentul DSLAM
 - Numarul de telefon support
 - Starea postului
 - Tipul profilului de linie
 - Modemul aflat la capatul liniei (daca este cazul)

- Banda alocata pe acel port
 - Numele echipamentului stradal
 - Producatorul echipamentului DSLAM
 - Modelul DSLAM-ului
 - Judetul si localitatea in care el se afla fizic
 - Ip-ul acestui etc.
- Un al doilea table importa informatii esentiale ca:
- Tipul standardului ADSL folosit (comform ITU)
 - Starea postului operationala si administrativa
 - Atenuarea buclei locale, atat pentru up cat si downstream
 - Atenuarea semnalului trimis pe linie
 - Raportul semnal zgomot
 - Valoarea vitezei de sincronizare actuale up si down
 - Maximul de viteza suporta de linia respectiva pentru parametri dati

Primul graphic afisat reprezinta caracteristica liniei respective, ca medie pe intervalul masurat, cat si reartitia bitilor pe cele 255 subcanale(raportul fiind 1:16).

Urmatoarele 3 grafice reprezinta caracteristica liniei pe diferite interval (zi, moment al zilei pe mai multe zile) cat si banda folosita pe intervale diferite ale unei zile. Se poate observa foarte usor diferenta dintre valoarea maxima suportata de linie si valoarea reala alocata pe fiecare subcanal in parte.

Tabelul urmator prezinta valorile SNR masurate la un anumit moment, pentru fiecare subcanal in parte, valorile medii ale SNR-ului canalului respective pe un interval, cat si numarul de biti recomandati pentru fiecare canal in aprte in fucntie de valoarea SNR astfel incat intregul spectru al liniei sa fie folosit cat mai optim.

Modul de functionare

Cu ajutorul codului SNMP si a comunitatilor SNMP configurate pe echipamentele respective, aplicatia apeleza anumite functii PHP prin care se citesc valorile diferitelor MIB-uri si sunt afisate in functie de dorinte.

MIB este o colectie de informatii care este organizata ierarhic. MIB-urile se pot accesa folosind un protocol de administrare a retelor cum este SNMP. MIB-urile contin obiecte administrate si sunt identificate prin identificatoare de obiecte. Un obiect

administrat este una din multele variabile specifice echipamentului administrat. Obiectele administrate sunt formate din una sau mai multe instanțe, care sunt în general variabile. Există două tipuri de obiecte de administrare: scalar și tabular. Obiectele scalare definesc o singură instanță de obiect. Obiectele tabulare definesc mai multe instanțe de obiecte care sunt grupate împreună în tabele MIB. Un exemplu de obiect administrat este at Input, care este un obiect scalar ce conține o singură instanță de obiect, valoarea întreagă care indică numărul de pachete AppleTalk intrate pe o interfață a routerului. Un identificator de obiect (object ID) identifică în mod univoc un obiect administrat în ierarhia MIB. Ierarhia MIB poate fi descrisă ca un arbore cu o rădăcină fără nume, cu nivele atribuite diverselor organizații.

MIB este cea mai bună alegere conceptuală de stocare a datelor. Gestionarii pot obține informații de la MIB prin cereri directe către agentul de gestiune. În multe cazuri ei pot de asemenea modifica și manipula informațiile din MIB.

MIB nu trebuie confundată cu o bază de date. MIB nu conține informații despre lumea reală într-un fișier de sistem, dar este „conectată” la lumea reală și poate oferi o privire asupra ei. Cu alte cuvinte, MIB oferă o abstractizare a dispozitivelor gestionate folosite în scopul gestionării.

Când un manager manipulează informațiile din MIB, setările actuale ale dispozitivului sunt modificate, afectând felul în care dispozitivul se comportă în realitate. Managementul informației furnizează bucati de care network-manager-ii se pot folosi pentru a controla dispozitivul, și a afla informații necesare gestionării dispozitivului. MIB-urile sunt conceptele centrale în gestionarea rețelelor, iar importanța lor nu poate fi trecută cu vederea.

MIB conține multe piese individuale de informații de administrare despre entitatea gestionată- informații despre aspectele fizice (porturi), informații despre aspectele logice (protocoale, softuri și proprietăți ale serviciilor de comunicații). Piese de informații de gestionare din MIB sunt cunoscute și ca obiecte gestionate (managed objects-MO)- abstractizări ale aspectelor individuale ale dispozitivelor gestionate, care nu au fost descompuse pentru gestionare dar care sunt tratate ca o entitate informațională. În general aceste aspecte corespund „substantivelor” care sunt considerate subiecte a conversațiilor de gestionare dintre manageri și agenți.

Exista un MIB pentru alocarea de biti pe subcanale: **5.11.2.15.7 adslAtucThreshFastRateUp**, **5.11.2.15.9 adslAtucThreshFastRateDown**. La randul lor fiecare subcanal are MIB-ul lui cu o valoare. Toti acesti parametri sunt trecuti intr-o tabela de alocare care pe baza altor MIB-uri: **5.11.2.14.4 adslAtucConfTargetSnrMgn**, **5.11.2.14.5 adslAtucConfMaxSnrMgn**, **5.11.2.14.6 adslAtucConfMinSnrMgn**, **5.11.2.14.7 adslAtucConfDownshiftSnrMgn**, **adslAtucConfUpshiftSnrMgn**, **adslAtucChanConfFastMinTxRate**, **5.11.2.14.13 adslAtucChanConfFastMaxTxRate**, determina alarme la modificarea anumitor parametri.

La fiecare transmisie de date este verificata aceasta tabela de alocare pentru a vedea daca sunt modificari. ATU-C si ATU-R negociaza numarul de biti transmisi pe fiecare simbol in parte in functie de valoarea SNR a subcanalului respectiv. Daca aceasta valoare este mare atunci numarul de biti este mic si invers. In tabela sunt trecute valoarea medie a SNR-ului pentru un canal anume. Valoare instantanee este comparata cu cea din tabel. Daca diferenta este mai mare de 2dB atunci se ia decizia realocarii bitilor pe subcanalele adiacente pentru a pastra viteza de stransfer si integritatea informatiei.

La fiecare 69 de simboluri de DMT se transmite un simbol DMT pentru sincronizare. Astfel, ținând cont de prefixul ciclic frecvența utilă de simbol în DMT este:

$$f_s = \frac{4.31254 \times 10^6}{6917} \text{ kHz} \approx 622.0 \text{ kHz}$$

În funcție de raportul semnal/zgomot și de atenuarea măsurate pentru fiecare ton pe perechea de fire utilizată se stabilește constelația QAM (numărul de biți pe simbol QAM) care trebuie folosită pentru a asigura pe $< 10^{-7}$; această operație se numește „bit loading” .

Astfel tonurile utilizate pe fiecare sens de transmisie sunt împărțite în G grupuri, de câte g tonuri (de minim 5 tonuri) pe care se va transmite același număr n_i de biți.

Datorită caracteristicii $a(f)$, numărul maxim de biți/simbol DMT este estimat la 2000, pe DS, și la 200 – 250 pe US, conducând la debite utile maxime de 8Mbps (DS) și 0.8-1Mbps (US).

SNR-ul masurat pe fiecare ton in parte este afisat in tabelul din aplicatie, astfel pe baza lui utilizatorul poate modifica dupa nevoi alocarea de biti pe fiecare subcanal in parte, astfel incat sa corespunda nevoilor lui.

Pe baza deciziilor de alocare a bitilor putem optimiza traficul pe o linie ADSL in functie de interval orar sau de incarcare.

Exemplu de configurare a unui DSLAM pentru o valoare data:

Configure Interface DSL Profile Line Max-SNR-Margin-Downstream

configure interface dsl-profile-line max-snr-margin-downstream {margin} {profile_name }
Minimum Access Level: Administrator
The configure interface dsl-profile-line max-snr-margin-downstream command specifies the far end maximum SNR margin, in dB, required for the port. profile_name – Identifies the ADSL profile to be modified. margin – Valid choices are 0–31 dB in 1-dB increments. The default is 31. Example: PDYN# configure interface dsl-profile-line max-snr-margin-downstream 9 adsl_profile1

Configure Interface DSL Profile Line Max-SNR-Margin-Upstream

configure interface dsl-profile-line max-snr-margin-upstream {margin} {profile_name}
Minimum Access Level: Administrator
The configure interface dsl-profile-line max-snr-margin-upstream command specifies the maximum SNR margin, in dB, required for the port. profile_name – Identifies the ADSL profile to be modified. margin – Valid choices are 0–31 dB in 1-dB increments. The default is 31. Example: PDYN# configure interface dsl-profile-line max-snr-margin-upstream 9 adsl_profile1

Configure Interface DSL Profile Line Max-Speed-Downstream

configure interface dsl profile-line max-speed-downstream {rate} {profile_name}

Minimum Access Level: **Administrator**

The **configure interface dsl-profile-line max-speed-downstream** command specifies the maximum rate, in kbps, available for traffic from the port toward the CPE. If behavior is set to fixed, this is the only downstream rate.

profile_name – Identifies the ADSL profile to be modified.

rate – Valid rates are:

For G.dmt and ANSI: 64 to 12000 kbps in 32 kbps increments.

For G.lite: 64 to 4000 kbps in 32 kbps increments.

For ReachDSL: 32 to 2167 kbps in 32 kbps increments.

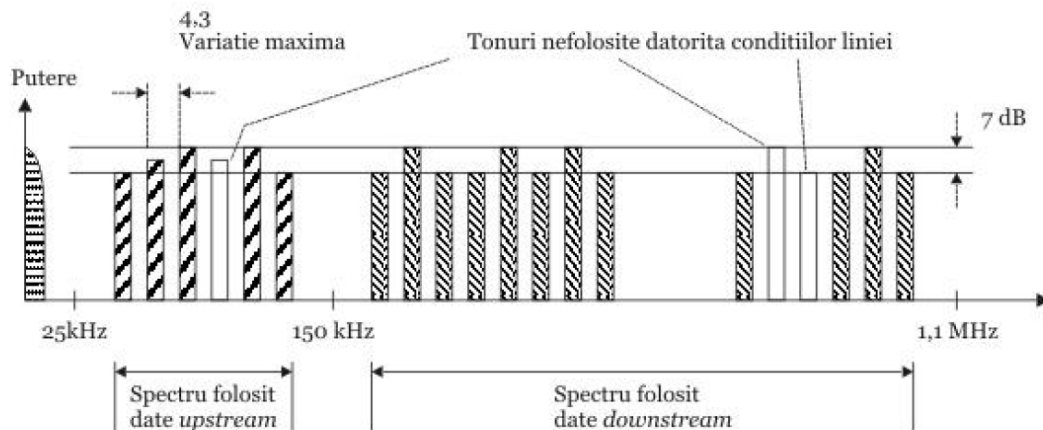
For ADSL2: 64 to 25000 kbps in 32 kbps increments.

For ADSL2+: 64 to 25000 kbps in 32 kbps increments.

Example:

```
PDYN# configure interface dsl-profile-line max-speed-downstream 2176 adsl_profile1
```

Intreteserea bitilor cat si alocarea lor pe subcanale in functie de conditiile de moment duce la o crestere a eficientei folosirii spectrului liniei pe toata lungimea lui de pana la 15% fapt ce determina si o crestere a vitezei de transfer pe o aceeaasi linie in aceleasi conditii cu pana la 1 Mbps pe Download si 200kbps pe upload. De asemenea se mentioneaza un uptime crescut cat si un numar de FEC (forward errors correction) scazut la trasnmisie atat up cat si down.



In timpul initializarii, bitii sunt alocati la tonuri pentru transmisie upstream si downstream pe baza masurarii SNR pentru fiecare ton si cerintelor de rate binare downstream si upstream. Pe durata transmisiei datelor, SNR este monitorizat continuu si bitii pot fi realocati pentru optimizarea transmisiei. Procesul este complet transparent pentru utilizator si asigura folosirea optima a capacitatii liniei in conditii de varietate a atenuarii si a conditiilor de zgomot.

Capitolul 10. Glossar

2B1Q	<i>Tehnica de modulare pentru serviciul IDSL si anumite tipuri de echipamente SHDSL</i>
ADSL	<i>Linie Digitala Asimetrica de Abonat</i>
AMI	<i>Inversare de Simbol Alternativa</i>
ANSI	<i>Institutul National American pentru Standarde</i>
ATU	<i>ADSL Termination Unit (Unitate terminala ADSL)</i>
AWGN	<i>Zgomot Gaussian Alb Adaptiv</i>
AFEXT	<i>Telediafonia amplificată</i>
ANEXT	<i>Paradiafonia atenuată sau amplificată</i>
BER	<i>Eroare de Rata de Bit</i>
BRA	<i>Basic Rate Access</i>
CAP	<i>Modulatie de Faza in Amplitudine fara Purtatoare</i>
CPE	<i>Customer Premises Equipment (Echipamentele abonatului din sistemul DSL)</i>
CO	<i>Oficiu Central</i>
CVoDSL	<i>Channelization and Channelized Voice over DSL</i>
DSL	<i>Linie Digatala de Abonat</i>
DMT	<i>Modulatie cu Ton Multiplu Discret</i>
DS1	<i>Semnal Digital 1: Linie pe care se poate transmite duplex cu viteza de 1,544 Mbps</i>
DSLAM	<i>Multiplexor de Acces pentru Linia Digitala de Abonat</i>
DSP	<i>Procesare Digitala de Semnal</i>
DWTM	<i>Discrete Wavelet Multitone Forme de unda discrete Multiton</i>
E1	<i>Linie digitala pe care se poate transmite cu viteza de 2.048 Mbps</i>

ELFEXT *Telediafonia de nivel egal*

FDM *Multiplexare cu Diviziune in Frecventa*

FEC *Forward Error Correction : Corectia Eorilor Inainte*

FEXT *Far-End Crosstalk: Telediafonia*

FSK *Frequency Shift Keying : Modulatie cu Schimbare de Frecventa*

FTJ *Fitru trece jos*

FTS *Filtru trece sus*

FTTC *Fibre To The Curb*

G.lite ADSL *Serviciu DSL cu aproximativ aceleasi caracteristici ca ADSL*

HDSL *High Speed DSL : Linie Digitala de Abonat de mare viteza*

HDSL2 *Varianta americana pentru serviciul european SHDSL*

IDSL *ISDN-DSL : fata de ISDN ofera acces dedicat si nu poate oferi
transmisie de voce*

ISDN *Integrated Services Digital Network : Retea Digitala de Servicii Integrate*

ISP *Internet Service Provider*

ITU-T *International Telecommunication Union- Telecommunication
Standardization Sector*

MCM *Modulație cu Multipurtători*

MDB *Modificare Duo-binară*

NEXT *Near-End Crosstalk : Paradiafonie*

OFDM *Orthogonal Frequency Division Modulation: Multiplexare cu Diviziune în
Frecvență Ortogonală*

OQAM *Orthogonal QAM: Modulația în Amplitudine Cuadratică Ortogonală*

QAM *Modulația în Amplitudine Cuadratică*

QPSK *Quadrature Phase Shift Keying :Modulatie cu Schimbare de Faza in
Cuadratura*

PAM *Pulse Amplitude Modulation: Modulația în Amplitudine a Impulsurilor*

PCM	<i>Pulse Code Modulation :Modulatia Impulsurilor in Cod</i>
PDM	<i>Pulse Duration Modulation : Modulația Impulsurilor în Durată</i>
PPM	<i>Pulse Position Modulation : Modulația Impusurilor în Poziție</i>
PSD	<i>Power Spectral Density: Densitate Spectrala de Putere</i>
PSK	<i>Phase Shift Key: Modulatie cu Schimbare de Faza</i>
PSTN	<i>Public Switched Telephone Network : Retea Telefonica Publica Comutata</i>
POTS	<i>Plain Old Telephone Service : Linia Telefonica Veche</i>
RADSL	<i>Rate Adaptive ADSL : Versiune nestandardizata a ADSL</i>
RFI	<i>Interferența de radiofrecvență</i>
SDSL	<i>Symmetrical Digital Subscriber Line</i>
SHDSL	<i>Single pair High-speed Digital Subscriber Line</i>
SNR	<i>Signal to Noise Ratio : Raportul semnal-zgomot</i>
STS1- SONET	<i>Synchronous Transport Signal L1 : Blocul de baza pentru transmisiile SONET</i>
SRA	<i>Seamless Rate Adaption</i>
T1	<i>Standard pentru transmisiunile digitale in America de Nord. Ofera viteza de 1,544 Mbps.</i>
TDM	<i>Multiplexare cu Diviziune in Timp</i>
ULFEXT	<i>Telediafonia de nivel inegal</i>
VDSL	<i>Very High Speed DSL</i>
VLSI	<i>Very large-scale integration: Integrare pe sacara larga</i>

Capitolul 11. Bibliografie

- [1] Standardul T1.413 al ANSI**
- [2] Recomandarea G.991.2 al ITU**
- [3] Recomandarea G.991.3 al ITU**
- [4] Recomandarea G.991.4 al ITU**
- [5] T.Starr, M.Cioffi și P.J. Silverman - „Understanding DSL technology”**
- [6] Allied Telesyn - “White Paper.pdf”**
- [7] Members of technical staff, Bell Telephone Laboratories - „Transmission systems for communications”**
- [8] John A.C. Bingham – „ADSL, VDSL, and Multicarrier Modulation „**
- [9] Liang C. Chu-“ ADSL System Enhancement with Multiuser Detection”**
- [10] Dragos Ciurea-„Transmisiuni numerice multiplex pe cablu si fibra optica”**
- [11] Ioan Duma - „Comunicatii de banda larga in reseaua de acces”**
- [12] Ioan Banica - „Transmisiuni de Date-Note de curs”**
- [13] Victor Croitoru - „Comunicatii Analogice si Digitale-Indrumar de Laborator”**
- [14] Andrew S. Tanenbaum – „Rețele de calculatoare-editia a patra”**
- [15] BINGHAM, J.A.C. ADSL, VDSL, And multicarrier Modulation. John Wiley & sons, New York 2007.**
- [16] Jarosław Bułat, Tomasz Zieliński, Tomasz Twardowski - Some New Results from TEQ Design for Maximum Bit Rate ADSL Modem**
- [17] Research Article - Bit Rate Maximising Per-Tone Equalisation with Adaptive Implementation for DMT-Based Systems - Hindawi Publishing Corporation EURASIP Journal on Advances in Signal Processing Volume 2009, Article ID 380560**
- [18] Eugen Petac – Monitorizare si Management prin SNMP**
- [19] Sonolkar R.V., Shively – An efficient bit-loading algorithm for DMT applications**
- [20] MING DING, B.S., M.ENG - Channel Equalization To Achieve High Bit Rates In Discrete Multitone Systems**

[21] T. Mazanec - Advanced Algorithms For Equalization On Adsl Channel

ANEXA A

Anexa A.1: CALCULAREA DENSITATII SPECTRALE DE PUTERE PENTRU SERVICIUL ADSL

```
function xtalk()
Nchannel = 256;
f = 2156.25 + ((1:Nchannel)-1) * 4312.5;
fmax = 2156.25 + (Nchannel-1) * 4312.5;
linetype = 2;
linelength = 4.0;

% PSD pentru ADSL ascendent cu perturbații în acord cu [Starr și Cioffi]

f0 = 270e3;
Kadsl(f<138e3) = 10^(-3.8);
Kadsl(f>=138e3) = 10.^(-3.8 - (2.4 .* (f(f>=138e3) - 138e3)/43125));
PSDadsl_us(f==0) = Kadsl(f==0);
PSDadsl_us(~(f==0)) = Kadsl(~(f==0)) .* ((sin(pi*f(~(f==0))/f0)./(pi*f(~(f==0))/f0)).^2);

% PSD pentru ADSL acendent cu perturbații în acord cu Standardul ANSI T1.413 (ADSL)

f0 = 276e3;
Kadsl = 1000*0.0437; %Factor de corecție 1000 pentru scala în dBm
alphal = 20.32;
lpf2 = 1.0./(1.0 + (f(~(f==0)) / 138e3).^alphal);
alphah = 7.34;
hpf2 = (f(~(f==0)).^alphah + 4e3^alphah) ./ (f(~(f==0)).^alphah + 25.875e3^alphah);
PSDadsl_us_ansi(~(f==0)) = Kadsl * (2/f0) .* ((sin(pi*f(~(f==0))/f0)./(pi*f(~(f==0))/f0)).^2 .* lpf2 .* hpf2);

% PSD pentru ADSL descendent cu interferențe în acord cu [Starr și Cioffi]

f0 = 2.208e6;
```

```

Kadsl = 1000*0.1104;
alpha = 8;
lpf2 = 1.0./(1.0 + (f(~(f==0)) / 1.104e6).^alpha);
hpf2 = 1.0./(1.0 + (20e3 ./ f(~(f==0)) ).^alpha);
PSDadsl_ds(f==0) = 0;
PSDadsl_ds(~(f==0)) = Kadsl*2/f0 *
((sin(pi*f(~(f==0))/f0)./(pi*f(~(f==0))/f0)).^2).*lpf2.*hpf2;

% PSD pentru ADSL descendent cu perturbații în acord cu
Standardul ANSI T1.413 (ADSL)

f0 = 2.208e6;
Kadsl = 1000* 0.1104;%Factor de corectie 1000 pentru scala in dBm
alpha1 = 11.96;
lpf2 = 1.0./(1.0 + (f(~(f==0)) / 1.104e6).^alpha1);
alpha2 = 7.09;
hpf2 = (f(~(f==0)).^alpha2 + 4e3^alpha2) ./ (f(~(f==0)).^alpha2 +
25.875e3^alpha2);
PSDadsl_ds_ansi(~(f==0)) = Kadsl * (2/f0) .*
((sin(pi*f(~(f==0))/f0)./(pi*f(~(f==0))/f0)).^2 .* lpf2 .* hpf2);

% Figura 1:Forma densităților spectrale de putere pentru ADSL cu
perturbații;

semilogy(f, PSDadsl_us, '-', f, PSDadsl_us_ansi, '*', f,
PSDadsl_ds, '-.', f, PSDadsl_ds_ansi, '+');
axis([0 fmax 1e-30 1e0]);
title('Variatiile PSD pentru ADSL ascendent si descendent');
xlabel('Frecventa');ylabel('PSD [dBm]');
legend('Flux ascendent in acord cu [Starr si Cioffi]', 'Flux
ascendent in acord cu ANSI', 'Flux descendent in acord cu [Starr
si Cioffi]', 'Flux descendent in acord cu ANSI');

```

Anexa A.2: CALCULAREA DENSITATII SPECTRALE DE PUTERE PENTRU DIFERITE SERVICII

```
function xtalk()
Nchannel = 256;
f = 2156.25 + ((1:Nchannel)-1) * 4312.5;
fmax = 2156.25 + (Nchannel-1) * 4312.5;
linetype = 2;
linelength = 4.0;

% PSD pentru HDSL cu interferențe în acord cu Standardul ANSI
T1.413 (ADSL) și [Starr și Cioffi]

f0 = 392e3; % kHz
f3db = 196e3; % kHz
Vp = 2.7; % V
R = 135; % Ohm
Khdsl = 1000*5*Vp*Vp/(9*R); % Factor de corecție 1000 pentru
scala în dBm
alpha = 8;
PSDhdsl(f==0) = Khdsl*(2/f0);
PSDhdsl(~(f==0)) =
Khdsl*(2/f0).*((sin(pi.*f(~(f==0)))/f0)./(pi.*f(~(f==0))/f0)).^2).
/(1+((f(~(f==0)))/f3db)));

% PSD pentru ISDN cu interferențe în acord cu Standardul ANSI
T1.413 (ADSL) și ITU G.991.2 (SHDSL) și [Starr și Cioffi]

f0 = 80e3; % kHz
Vp = 2.5; % V
R = 135; % Ohm
Kisdn = 1000*5*Vp*Vp/(9*R); % Factor de corecție 1000 pentru
scala în dBm
alpha = 4;
PSDisdn(f==0) = Kisdn*(2.0/f0);
PSDisdn(~(f==0)) =
Kisdn*(2.0/f0).*((sin(pi*f(~(f==0)))/f0)./(pi*f(~(f==0))/f0)).^2).
/(1+((f(~(f==0)))/f0)));

% PSD cu interferențe în acord cu Standardul ANSI T1.413 (ADSL)

f0 = 1.544e6; % kHz
Vp = 3.6; % V
```



```

R = 100; % Ohm
Kt1 = 1000*2*Vp*Vp/(R*f0); % Factor de corecție 1000 pentru scala
în dBm
lpf2 = 1.0./(1.0 + (f(~(f==0))/3.0e6).^6);
hpf2 = 1.0./(1.0 + (40e3 ./ f(~(f==0)) ) );
alpha = 6;
PSDt1(f==0) = 0;
PSDt1(~(f==0)) = Kt1 *
((sin(pi*f(~(f==0))/f0)./(pi*f(~(f==0))/f0)).^2).*(sin(pi*f(~(f==
0))./(2*f0) ));

%Fig_PSD2 = figure;
semilogy(f, PSDhsl, '-.', f, PSDisdn, '+', f, PSDt1, ':')
axis([0 fmax 1e-12 1e0]);
title('Variatiile PSD pentru alte servicii decat ADSL');
xlabel('Frecventa');ylabel('PSD [dBm]');
legend('HDSL', 'ISDN', 'T1');

```

Anexa A.3: CALCULAREA PARADIAFONIEI PENTRU MAI MULTE SERVICII

```

N = 10; %număr de perturbatori paradiafonici
PSDnext_adsl_us= NEXTcalculation(PSDadsl_us,f,N);
PSDnext_adsl_us_ansi = NEXTcalculation(PSDadsl_us_ansi,f,N);
PSDnext_adsl_ds = NEXTcalculation(PSDadsl_ds,f,N);
PSDnext_adsl_ds_ansi = NEXTcalculation(PSDadsl_ds_ansi,f,N);

% PSD NEXT pentru ADSL ascendent și descendent

a = NEXTcalculation(PSDadsl_us,f,10);
b = NEXTcalculation(PSDadsl_us_ansi,f,10);
c = NEXTcalculation(PSDadsl_ds,f,10);
d = NEXTcalculation(PSDadsl_ds_ansi,f,10);

Fig_NEXT1 = figure;
semilogy(f, a, '-', f, b, '+', f, c, '+-', f, d, '*');
axis([0 fmax 1e-15 1e-8]);
title('NEXT pentru ADSL ascendent si descendent (10 perturb.)');
xlabel('Frecventa [kHz]');ylabel('PSD [dBm]');
legend('Flux ascendent in acord cu [Starr si Cioffi]', 'Flux
ascendent in acord cu ANSI', 'Flux descendent in acord cu [Starr
si Cioffi]', 'Flux descendent in acord cu ANSI');

```

```
%Calculul NEXT pentru diferite servicii exceptând ADSL
```

```
N = 10;
PSDnext_isdn = NEXTcalculation(PSDisdn,f,N);
PSDnext_hdsl = NEXTcalculation(PSDhds1,f,N);
PSDnext_t1 = NEXTcalculation(PSDt1,f,N);

Fig_NEXT2 = figure;
semilogy(f, PSDnext_hdsl, '-', f, PSDnext_isdn, '+',
f, PSDnext_t1, '*');
axis([0 fmax 1e-15 1e-8]);
title('NEXT pentru diferite servicii exceptand ADSL');
xlabel('Frecventa[kHz]');ylabel('PSD [dBm]');
legend('HDSL', 'ISDN', 'T1');
return
```

```
% Funcție ce calculează PSD NEXT în funcție de perturbatori și
frecvență
```

```
function[PSDnext] = NEXTcalculation(psd,f,N);
PSDnext = psd .* ((N/49)^0.6).*1e-13.*(f.^1.5);

return
```

Anexa A.4: CALCULAREA TELEDIAFONIEI PENTRU DIFERITE SERVICII

```
N= 10; %număr de perturbatori paradiafonici
PSDfext_adsl_us = FEXTcalculation(PSDadsl_us, linetype,
linelength,f,N);
PSDfext_adsl_us_ansi = FEXTcalculation(PSDadsl_us_ansi, linetype,
linelength,f,N);
PSDfext_adsl_ds = FEXTcalculation(PSDadsl_ds, linetype,
linelength,f,N);
PSDfext_adsl_ds_ansi = FEXTcalculation(PSDadsl_ds_ansi, linetype,
linelength,f,N);

PSDfext_hdsl = FEXTcalculation(PSDhds1, linetype,
linelength,f,N);
```

```

PSDfext_isdn = FEXTcalculation(PSDisdn, linetype,
linelength,f,N);
PSDfext_t1 = FEXTcalculation(PSDt1, linetype, linelength,f,N);

Fig_FEXT1 = figure;
semilogy(f, PSDfext_adsl_us, '-', f, PSDfext_adsl_us_ansi, '--', f,
PSDfext_adsl_ds, '-.', f, PSDfext_adsl_ds_ansi, '*');
axis([0 fmax 1e-30 1e-20]);
title('FEXT pentru ADSL asendent si descendent (10 perturb.)');
xlabel('Frecventa [kHz]');ylabel('PSD [dBm]');
legend('Flux ascendent in acord cu [Starr si Cioffi]', 'Flux
ascendent in acord cu ANSI', 'Flux descendent in acord cu [Starr
si Cioffi]', 'Flux descendent in acord cu ANSI');

Fig_FEXT2 = figure;
semilogy(f, PSDfext_hdsl, '-.', f, PSDfext_isdn, '+', f,
PSDfext_t1, '*');
axis([0 fmax 1e-30 1e-20]);
title('FEXT pentru diferite servicii exceptand ADSL');
xlabel('Frecventa[kHz]');ylabel('PSD [dBm]');
legend('HDSL', 'ISDN', 'T1');

return

% Funcție ce calculează PSD FEXT în funcție de perturbatori și
frecvență
% Tipul și lungimea liniei ce urmează să fie folosită în cadrul
funcției de subtransfer

function[PSDfext] = FEXTcalculation(psd, linetype,
linelength,f,N)
PSDfext = psd .* transfer_fnmex(linetype,linelength,f).^2 .*
((10/49)^0.6) .*9e-20 .* linelength.*f.*f;
Return

```

ANEXA B Efectele introducerii unei derivații în gol pe o linie bifilară

```
f1=[5000 10000 20000 40000 100000 150000 200000 400000 500000];
f=5000:5000:500000;d=5000;
r1=[268 268 269 271 282 295 312 390 425];
l1=10^(-6).*[680 678 675 669 650 642 635 619 608];

r=spline(f1,r1,f);
l=spline(f1,l1,f);
c=10^(-9)*45.5.*ones(size(f));
g=zeros(size(f));z1=zeros(size(f));y=zeros(size(f));
d1=4*.3048;
d5=4*.3048;%ultima portiune;

for k=1:length(f);
z1(k)=r(k)+2*pi*f(k)*l(k)*i;
y(k)=g(k)+2*pi*f(k)*c(k)*i;
zc(k)=sqrt(z1(k)/y(k));
gamma(k)=sqrt(z1(k)*y(k));
alfa(k)=real(gamma(k));
beta(k)=imag(gamma(k));
B(k)=zc(k)*sinh(gamma(k)*d1);
B5(k)=zc(k)*sinh(gamma(k)*d5);
A(k)=cosh(gamma(k)*d1);
A5(k)=cosh(gamma(k)*d5);
D5(k)=A5(k);
D(k)=A(k);
C(k)=(1/zc(k))*sinh(gamma(k)*d1);
C5(k)=(1/zc(k))*sinh(gamma(k)*d5);

e(k)=A(k)*D(k)-B(k)*C(k);
end

f11=[1000 5000 10000 50000 100000 150000 300000 500000];
f=5000:5000:500000;
r11=(1/1.6093).*[277.2 277.5 278 286.8 308.4 337.2 431.6 541.7];
l11=(1/1.6093)*10^(-3).*[.986 .984 .982 .958 .935 .920 .888 .857];
g11=(1/1.6093)*10^(-6).*[.115 .466 .853 3.458 6.32 8.993 16.44 25.633];

r2=spline(f11,r11,f);
l2=spline(f11,l11,f);
g2=spline(f11,g11,f);
c2=(1/1.6093)*10^(-9)*83.*ones(size(f));

z11=zeros(size(f));y=zeros(size(f));
d2=.0002;%portiunea cu d=.5mm;
d3=.3048*.5;%prima derivatie;
d4=.3048*.5;%a 2-a derivatie;

for k=1:length(f);
z11(k)=r2(k)+2*pi*f(k)*l2(k)*i;
y2(k)=g2(k)+2*pi*f(k)*c2(k)*i;
```

```

zc2(k)=sqrt(z11(k)/y2(k));
gamma2(k)=sqrt(z11(k)*y2(k));

B2(k)=zc2(k)*sinh(gamma2(k)*d2);
A2(k)=cosh(gamma2(k)*d2);
D2(k)=A2(k);
C2(k)=(1/zc2(k))*sinh(gamma2(k)*d2);
e2(k)=A2(k)*D2(k)-B2(k)*C2(k);
end

for k=1:length(f);
zg(k)=zc(k)*cosh(gamma(k)*d3)/sinh(gamma(k)*d3);
zg2(k)=zc(k)*cosh(gamma(k)*d4)/sinh(gamma(k)*d4);
mod(k)=abs(zg(k));fi(k)=angle(zg(k));xr(k)=mod(k)*cos(fi(k));
yi(k)=mod(k)*sin(fi(k));
end

m1=ones(2,2);
m2=ones(2,2);
m3=ones(2,2);
m4=ones(2,2);
m5=ones(2,2);
m6=ones(2,2);
m7=ones(2,2);
rr=105;hc3=ones(size(f));

for k=1:length(f);
m1=[1 105;0 1];
m2=[A(k) B(k);C(k) D(k)];
m3=[1 0;1/zg(k) 1];
m4=[A2(k) B2(k);C2(k) D(k)];
m6=[1 0;1/zg2(k) 1];
m7=[A5(k) B5(k);C5(k) D5(k)];
m5=m1*m3*m2*m7*m6;
hc(k)= rr/(m5(1,1)*rr+m5(1,2));
hc3(k)=(abs(hc(k)))^2;
end

semilogy(f,hc3)
beta=10^(-13);

for n=1:k
hx(n)=beta*f(n)^1.5;
end

cap=0;
for n=1:k
cap= cap+d*log2(1+hc3(n)/(hx(n)));
end

```

