

VII.2 TRANSMISIA VOCII ÎN PACHETE (VoP)

Rețelele de calculatoare furnizează diferite servicii de rețea și aplicații diverse.

Pe lângă transferul de date, un rol aparte în rețea îl au aplicațiile în timp real, cu transmisii vocale, audio sau video, pe baza protocolului RTP (*Real-Time Protocol*).

Integrarea fluxului vocal cu cel de date în rețelele de calculatoare existente (IP, ATM, FR etc), crește gradul de atractivitate al acestora, durata de accesare a lor, precum și numărul de utilizatori.

Transmisia vocii în pachete (VoP - *Voice over Packet*) reprezintă un serviciu de rețea diferit de transmisia datelor, care se poate efectua simultan cu aceasta.

Calitatea vocii transmise este foarte bună în rețelele ATM datorită lungimii mici a celulelor ATM care reduc întârzierile de transmisie, dar mai slabă în rețelele IP. De aceea, s-a propus transferul fluxului IP printr-o rețea de transport ATM (*IP-over-ATM*).

Calitatea serviciului de voce (QoS - *Quality of Service*) oferit de o rețea IP se poate îmbunătăți prin aplicarea protocolului RSVP și a tehnologiei MPLS (*MultiProtocol Label Switching*).

Spre deosebire de rețeaua de telefonie publică (PSTN - *Public Switching Telephony Network*) care transmite vocea prin intermediul circuitelor de comutare, rețelele LAN și WAN realizează transmisiile vocale în rețea (VoN - *Voice over Network*) prin **comutare de pachete**, fiind denumite și **rețele de transfer a pachetelor** (*Packet Network*).

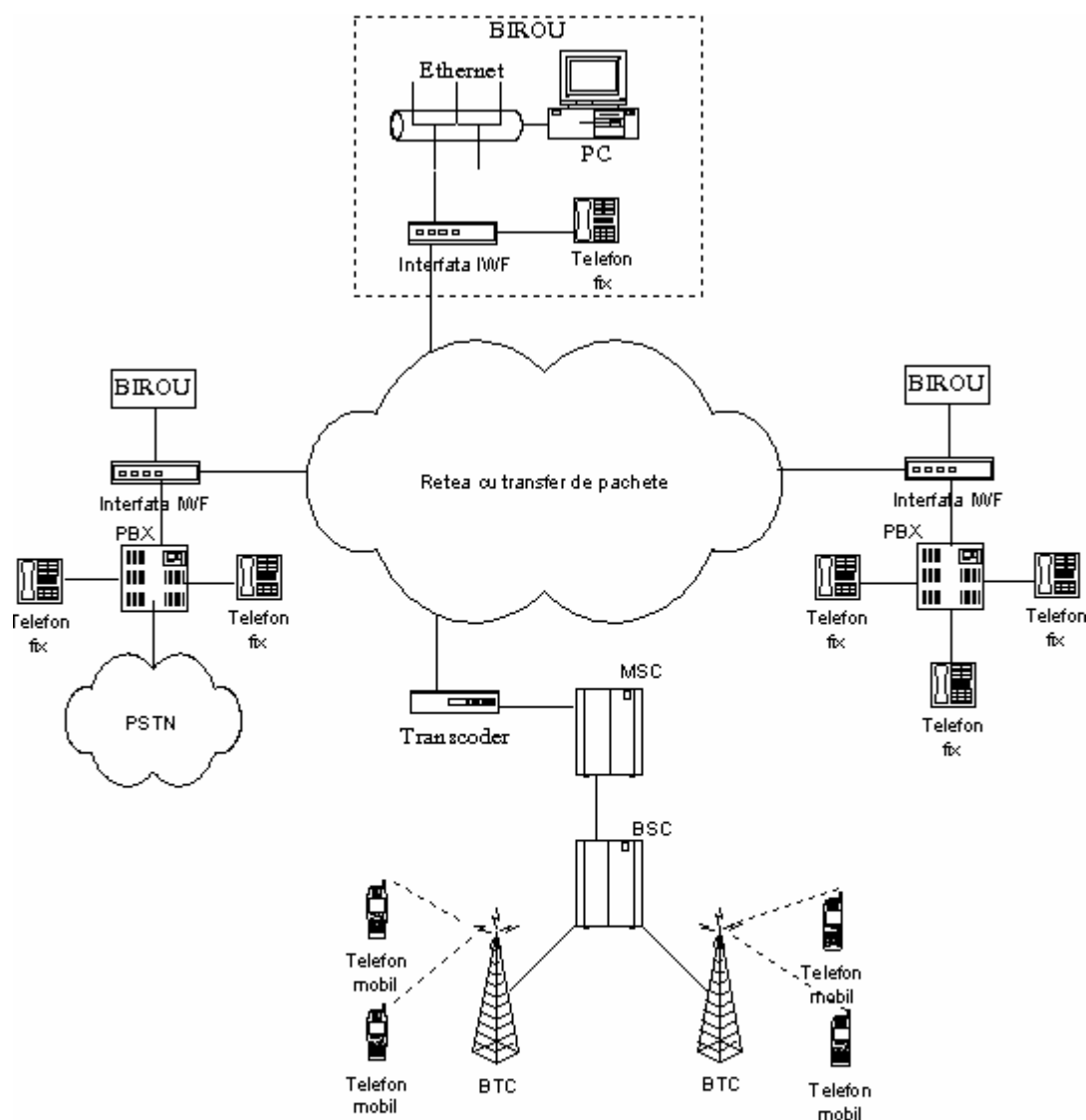
VII.2.1 INTEROPERABILITATEA SERVICIULUI VoP

Serviciul de transmisie a vocii în pachete (VoP), poate fi implementat în diferite rețele, cu diverse tehnologii:

- ✦ VoIP (*Voice-over-Internet Protocol*) în rețele IP;
- ✦ VoATM (*Voice-over-ATM*) sau VToA (*Voice-To-ATM*) în rețele ATM;
- ✦ VoFR (*Voice-over-Frame Relay*) în rețele FR;
- ✦ VoDSL (*Voice-over-Digital Subscriber Line*), pe liniile digitale de abonat.

Pentru ca o rețea cu transfer de pachete să transporte și voce, și date, este necesară implementarea **funcției de interoperabilitate** (IWF - *Interworking Function*), atât din punct de vedere fizic (*hardware*), cât și din cel al algoritmilor software.

Pentru interconectarea cu rețelele de telefonie celulară, interfețele IWF trebuie să realizeze suplimentar, conversia de format a pachetelor (*transcoding*) între rețeaua de calculatoare și cea de comunicații mobile (Fig.VII.8). În sistemele telefonice celulare, vocea este digitizată, compresată și transmisă în pachete cu format specific. Transferul vocii în rețelele de calculatoare este posibilă numai prin extragerea datelor din pachetele generate în sistemul celular și reîncapsularea lor în formatul propriu rețelei de transfer a pachetelor.



MSC - Mobile Switching Center

BSC - Base Station Controller

BTC - Basic Transceiver

Fig.VII.8 Exemplificarea unei rețele cu VoP

Interfețele IWF pentru conectarea la rețeaua de calculatoare a aparatelor telefonice se implementează în variantă analogică.

La aceeași rețea se pot conecta și centrale telefonice private (PBX - *Private Branch Exchange*), prin intermediul unor interfețe IWF care implementează algoritmi software de semnalizare și care, printr-un circuit de emulare, pot transmite și în rețeaua telefonică publică.

Prin rețeaua de transfer a pachetelor se pot interconecta mai multe centrale telefonice private, pentru transferul "trunchiurilor" de convorbire între centrale (*trunking*). În acest caz, interfețele IWF trebuie să aibă capacități mari de transmisie (de exemplu, flux E1 de 2,048 Mbps sau T1 de 1,544 Mbps).

VII.2.2 CALITATEA SERVICIULUI DE VOCE

Transmisia vocii în rețele cu transfer de pachete este avantajoasă prin costurile reduse și lățimea de bandă mică utilizată pentru serviciul VoP.

Totuși, în procesul de transmisie a vocii în rețele de calculatoare simultan cu datele, apar anumite aspecte nedorite care afectează calitatea semnalului transmis.

De aceea, se utilizează un indice de calitate a serviciului (QoS) pentru aprecierea performanțelor transmisiei vocale în rețelele de calculatoare.

Reflexiile de semnal în secțiunile cu dezadaptare de impedanță din rețea și întârzierile de propagare de peste 50 ms creează **fenomenul de ecou** și este necesară utilizarea unor circuite de suprimare a ecourilor.

Suprapunerea semnalelor de convorbire (*Talker Overlap*) de la cele două capete devine deranjantă pentru întârzieri mai mari de 250 ms.

Întârzierile de transmisie sunt cauzate de diferiți factori:

- ✦ codarea vocii (*vocoding*) se realizează pe principiul codării-bloc ceea ce impune stocarea eșantioanelor de voce în memorii-tampon (*buffer*) în vederea formării unui bloc de intrare (Tabel VII.2);
- ✦ împachetarea biților rezultați din codarea vocii în pachete de anumite dimensiuni cu scopul reducerii ponderii antetelor și a încărcării rețelei (de exemplu, trei cadre G.729 corespunzând la 30 ms de convorbire se pot transmite într-un singur pachet);
- ✦ fenomenul de propagare pe linie (*end-to-end delay*);
- ✦ procesul de refacere a mesajului prin reordonarea fragmentelor transmise în cadre și/sau pachete multiple, eventual pe căi diferite din rețea;

✦ procesul de sincronizare pentru eliminarea erorilor de stabilire a momentelor optime de eșantionare a semnalului recepționat (*jitter*).

Pierderea unor pachete este un fenomen critic pentru rețelele IP, fiind necesară compensarea lor prin interpolarea secvenței sau prin transmisia redundantă a pachetelor de voce, cu un excedent de bandă compensabil prin scăderea ratei vocoderului și cu întârzieri suplimentare de transmisie.

Tabel VII.2

Standarde pentru vocodere cu compresie

Standard	Descriere	Viteza de transmisie (kbps)	Durata blocului de intrare (ms)
G.726	ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation)	16; 24; 32; 40	0,125
G.728	CELP (Code Excited Linear Prediction)	16	2,5
G.729	ACELP (Adaptive Code Excited Linear Prediction)	8	10
G.723	MRC (MultiRate Coder)	5,3 și 6,3	30

Observație:

Standardul G.711 descrie transmisia digitală a vocii fără compresie, cu codare în sistem PCM (*Pulse Coded Modulation*), cu viteză de 64 kbps.

VII.2.3 ARHITECTURA SISTEMULUI VoIP

Conectarea aparatelor și centralelor telefonice la o rețea de calculatoare impune transferul semnalelor de convorbire și al celor de semnalizare precum și adaptarea formatului acestora la rețeaua de transmisie a vocii.

Sistemul VoIP include patru module software (Fig. VII.9):

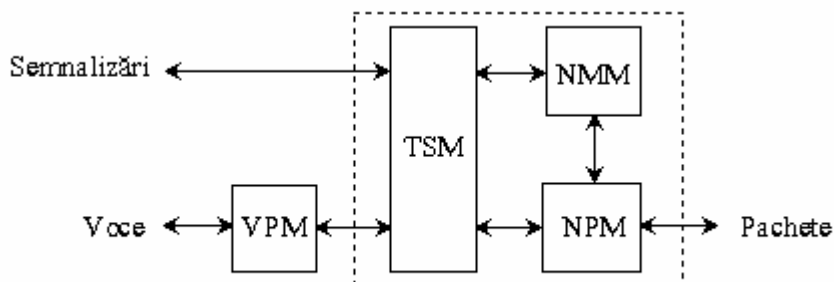


Fig. VII.9 Arhitectura sistemului VoIP

1. **Modulul de procesare a vocii și pachetelor vocale** (VPM - *Voice Packet Module*) convertește eșantioanele de voce în pachete generice și invers. Suplimentar, acest modul, implementat cu un procesor digital de semnal (DSP - *Digital Signal Processing*), cu interfață PCM, efectuează operații de suprimare ecourilor (G.165) pentru transmisii duplex, compresie a vocii prin detecția perioadelor de activitate vocală și suprimarea perioadelor de "liniște", generare a tonului (DTMF - *Dual Tone MultiFrequency*), diferențierea pachetelor de voce și fax, eliminarea jitterului, sincronizarea de bit și de cadru, reordonarea fragmentelor din pachetele recepționate, redarea vocii în mod continuu din eșantioanele stocate în buffere de tip FIFO (*First In, First Out*).

2. **Modulul de semnalizări telefonice** (TSM - *Telephony Signaling Module*) interpretează semnalizările de pe linia telefonică (de exemplu, semnalizări SS7 - *Signaling System 7*) relativ la schimbările stării sistemului.

3. **Modulul protocolului de rețea** (NPM - *Network Protocol Module*) configurează conexiunile în rețea pe baza comenzilor date de TSM, formează pachetele de voce și de semnalizare cu antete specifice dependente de protocol. Semnalizarea în rețeaua de calculatoare se realizează pe baza diferitelor standarde, de exemplu Q.933 pentru semnalizări în sisteme VoFR.

4. **Modulul de management** a rețelei (NMM - *Network Management Module*) gestionează resursele sistemului VoIP, conform standardului (ANSI).1 compatibil cu (SNMP).V1 sau conform unor standarde de firmă.

Modulele TSM, NMM și NPM sunt implementate cu un microprocesor.

Observații:

1. Serviciul VoIP nu se reduce numai la transmisii de voce și fax (V/FoIP - *Voice/Fax over IP*) ci se extinde și la aplicațiile multimedia, de exemplu conferințe on-line cu mai mulți utilizatori.
2. În numeroase cazuri, serviciul VoIP este implementat cu rețea de transport ATM, pentru creșterea calității transmisiei.

VII.2.4 CARACTERISTICILE SERVICIULUI VoATM

Serviciul VoATM a fost proiectat de la început ca tehnologie multimedia, cu servicii multiple (*multiservice*), de viteză ridicată.

Rețeaua ATM folosește circuite de emulare (CES - *Circuit Emulation Service*) pentru a transporta traficul din alte rețele (IP, E1, T1 etc).

În sistemele ATM, semnalul vocal este interpretat ca o succesiune de intervale de convorbire (*bursts of speech*) și de "liniște" (*silence*), iar vocoderul îl procesează cu o rată de codare constantă (CBR - *Constant Bit Rate*) ceea ce determină creșterea complexității serviciului VoP.

Forumul VoATM și ITU au propus diferite standarde pentru transmisia vocii și a trunchiurilor de convorbire (*trunking*) în rețele ATM (Tabel VII.3).

Tabel VII.3

Standarde VoATM

Standard	Compresia vocii	Rejectarea pauzelor	Utilizarea concentratoarelor
CES	-	-	-
AAL-1 (<i>trunking</i>)	-	-	✓
VoIP over ATM	✓	✓	-
AAL-2 (<i>trunking</i>)	✓	✓	✓

VII.2.5 ECHIPAMENTE DE TRANSMISIE VoP

Pentru transportul vocii în rețelele de calculatoare sunt necesare echipamente de comutație cu arhitectură distribuită denumite **porți de mediu** (MG - *Media Gateway*), cu număr foarte mare de porturi de utilizator (de ordinul sutelor de mii), în fiecare nod al rețelei. Aceasta reprezintă caracteristica de **scalabilitate** a porții de mediu. MG este responsabil de comutarea între rețeaua de date și cea de voce, de adaptarea semnalului vocal pentru transferul în pachete (digitizare, compresie, suprimarea ecourilor, împachetare).

Un MG funcționează conform unui protocol de control Megaco sau MGCP (*Media Gateway Control Protocol*), implementat în controlerul porții de aplicație, denumit și **comutator logic** (*softswitch*). Prin urmare, MG este un echipament **controlabil**.

MG trebuie să aibă interfețe de acces în diverse rețele (cu transmisie pe cablu, fibră optică sau "fără fir") și să permită comutarea între rețele diferite (IP, ATM, FR, DSL, TDM), aceasta fiind caracteristica de **interoperabilitate** a porților de mediu.

De asemenea, ca un indice de performanță a transmisiei, se impune o perioadă minimă de bună-funcționare de 99,999 % din durata totală de funcționare ("regula celor cinci de nouă").

MG poate interconecta diferite tehnologii de transmisie a vocii:

- ✦ TDM (*Time Division Multiplexing*) - metoda tradițională cu circuite de comutare;
- ✦ ATM AAL-1/AAL-2;

✦ IP pur sau cu rețea de transport ATM, pe baza protocoalelor RTP și RTCP (*Real Time Control Protocol*).

Pentru semnalizarea în rețea, se utilizează o **poartă de aplicații de semnalizări** (SG - *Signaling Gateway*) care interfațează sistemul telefonic de semnalizare (SS7) cu rețeaua de transport VoP.

Compatibilitatea cu sistemul telefonic actual este asigurată de un **server de aplicație** care adaptează semnalul transmis la serviciile telefonice standard de clasă 4 și clasă 5.

În concluzie, serviciul de transmisie a vocii în pachete (VoP), se poate implementa în diferite sisteme (VoIP bazat pe MPLS, VoATM etc), compatibile cu rețelele telefonice existente de tip TDM și cu cele de transport a datelor (IP, ATM, FR, DSL etc), pe baza standardelor organizațiilor acreditate, folosind diverse echipamente cu performanțe apreciate prin indicii de calitate a serviciului QoS și prin alți indici de evaluare a calității semnalului vocal recepționat.