Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

DBBT Digital Broadcasting & Broadband Technologies

MULTIMEDIJALNO INZENJERSTVO - MASTER STRUKOVNIH STUDIJA

INTERNETSKA TELEFONIJA

- predavanje 1 -

PREDMET: MULTIMEDIJALNI INTERNET PRENOS

Visoka skola elektrotehnike
i racunarstva strukovnih studija

- Udžbenik:

  Žarko Markov: Internetska telefonska tehnika (600 pitanja i odgovora)
- Vežbe:

  Žarko Markov: Internet telefonija – vežbe (200 pitanja sa odgovorima i zadataka sa rešenjima)

- Sadržaj predavanja 1:
  - Osnovni pojmovi klasične telefonske tehnike
  - Osnovne karakteristike telefonske signalizacije
  - CCS7 signalizacija
  - Numeracija
  - Elementi ISDN mreže
  - ISDN signalizacija
  - Signalizacija u korporacijskim mrežama
  - Karakteristike i vrste digitalnih pretplatničkih linija
  - V5.x pristupne tehnike
  - Teorija telefonskog saobraćaja
  - Merila kvaliteta veze u klasičnoj telefoniji
  - Postupci paketizacije i kompresije
  - Telefonski govorni signal – osnovni elementi
  - Kompresija telefonskog signala – vrste kompresora
  - Osnovni elementi vezani za paketizaciju telefonskog signala

Uvodni pojmovi

- **Klasična telefonska tehnika**: jednom razgovoru dodeljen jedan kanal (fizički govorni put, frekvencijski opseg, vremenski interval).

- **Karakteristike**: komutacija kola (kanala), prostorni (SDM), frekvencijski (FDM) i vremenski (TDM) multipleks.

- **Svojstvo**: jednoj vezi posvećen jedan kanal bez obzira da li stalno ide razgovor. Drugi signali se moraju svesti na oblik govornih. IP telefonija suprotno mrežu za podatke koristi za telefoniju.

- Osnovni elementi klasične telefonske mreže: korisnički uređaji (KU), mrežni čvorovi (MČ), kola za prenos signala KU-MČ i između MČ.

- KU: klasični automatski telefonski aparati (ATA), ISDN tel. aparati, sekretarske garniture, kućne tel. centrale.

- MČ: telefonske centrale.

- kola za prenos signala KU-MČ: pretplatnička linija i kola za povezivanje udaljenih tel. centrala (ili udaljenih delova).

- kola za prenos signalizacije između MČ multipleksiraju signale (E1 za 30 govornih, 1 signalizacioni (i 1 sinhro) kanal).

- Telefonska centrala je uređaj koji privremeno i po zahtevu spaja korisnike. Koristi numeraciju i signalizaciju.

- **Numeracija** je skup pravila: korisnik daje podatke mreži radi povezivanja sa željenim uređajem.

- **Signalizacija** je skup pravila kako se podaci za povezivanje prenose kroz mrežu.

- **Osnovni delovi** telefonske centrale: komutaciono polje, upravljački organ, linijska kola za vezu sa korisničkim linijama i prenosnici za vezu sa drugim centralama.

- Digitalna tel. centrala: 1. prospaja tel. signal u digitalnom obliku; 2. centrala kojom upravlja digitalni računar.

- Telefonska signalizacija: sredstvo za prenošenje signala vezanih za ostvarenje i raskidanje veze između korisničkih uređaja i centrala (korisnička (*user*) sign.) i između centrala (mrežna (*network*) sign.), i drugo (korisničke usluge, preusmeravanje saobraćaja, itd.).

- Svojstva i podele:

a) slanje jednosmernim i naizmeničnim strujama;

b) prijem i potvrda se poklapaju (*overlap* – deo po deo *broja*) ili su grupisani (*en bloc* – ceo broj odjednom);

c) slanje trajnim, impulsnim signalima i signalima do potvrde (sa i bez potvrde);

d) signali u govornom opsegu ili van njega;

e) signali pridruženi govornom kanalu (*Channel Associated Signaling - CAS*) ili po posebnom kanalu (*Common Channel – CCS*);

f) slanje korak po korak (*link by link*) ili od početka do kraja (*end to end – E2E*).

<u>Korisnička signalizacija</u> – dvosmerna signalizacija između korisničkog uređaja i centrale.
- Signali korisnik→centrala – otvaranje i zatvaranje pretplatničke petlje, slanje biračkih impulsa (tonski (DTMF) ili dekadni).
- Signali centrala→korisnik (tonski, pozivni). Kod ISDN priključka šalju se poruke. Dve strane nisu ravnopravne, tj. signali su različiti u dva smera.

- **<u>Mrežna signalizacija</u>** – dve strane su ravnopravne, tj. mogu slati i primati iste signale.

- Starije su spore, pa je broj signala mali: zauzimanje (*seizure*), potvrda (*acknoledgement*), biranje (*dialing*), raskidanje pozivajućeg (prekid veze (*clear forward*)), raskidanje pozvanog (polaganje (*clear back*)). Razlog sporosti – pretvarači iz oblika u upravljačkom organu u oblik signala radi slanja.

- Savremene brže – ne postoje pretvarači signala, posebno jer se šalje u digitalnom obliku (poruke). Uvek sa potvrdom (pozitivnom ili negativnom), retransmisijom, na načelu *link by link*, eventualno sa vremenskom kontrolom.

- Vrste: jednosmerna dekadska, multifrekvencijska (MFC - R2), CCS7 (No7)

- **<u>CCS7 (ili No7)</u>** – po zajedničkom kanalu, poruke u digitalnom obliku. Jedan kanal namenjen signalizaciji za veći broj govornih kanala (telefonska, ISDN, mobilna mreža).

Elementi CCS7 mreže:

a) signalne tačke: krajnje (*Service Switching Point* SSP), tranzitne (*Signaling Transfer Point* STP), signalne baze podataka (*Service Control Point* – SCP).

b) signalni linkovi: pristupni, premoštavajući, ukrštajući.

Svaka signalna tačka povezana je bar sa dve signalne tačke da kvar ne utiče da bude nedostupna.

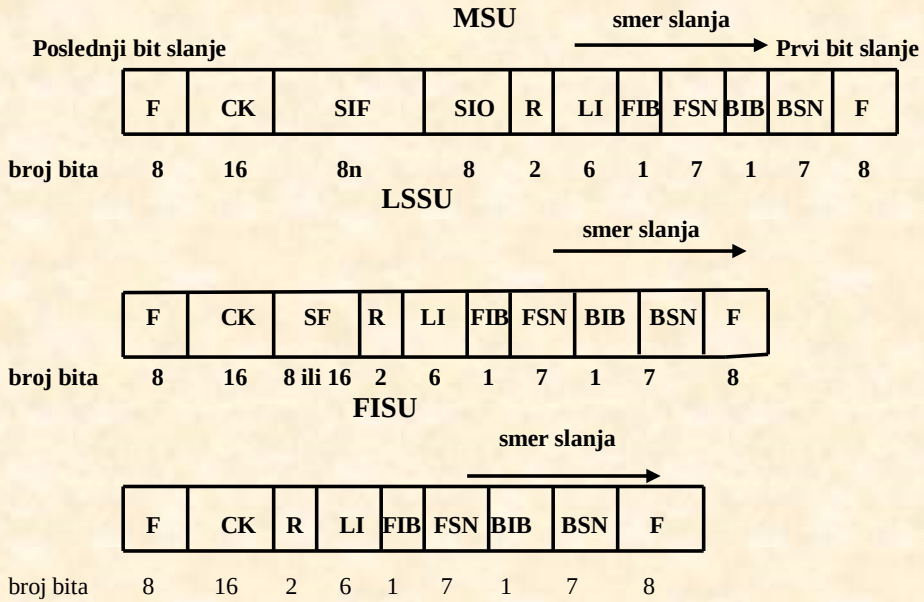
Funkcionalni slojevi CCS7:

- prvi – veza signalnih podataka (*signaling data link*) – fizički sloj;
- drugi – funkcije signalne veze (*signaling link functions*): prenos podataka preko medijuma;
- treći – deo za signalnu mrežu i prenos poruka, tri dela: funkcije signalne mreže, upravljanje mrežom i obrada signalnih poruka. Tri sloja zajedno čine deo za prenos poruka MTP (*Message Transfer Part*);
- četvrti – specifičan za pojedine grupe korisnika:
  a) telefonski deo (*Telephone User Part* – TUP)
  b) ISDN deo (*ISDN User Part* – ISUP)
  c) korisnički deo za podatke (*Data User Part* – DUP)
  d) deo za upravljanje signalnom vezom i prenos podataka (*Signaling Connection Control Part* – SCCP)

- Svrhe primene CCS7 uspostava signalne veze pomoću koje se uspostavlja neka druga veza (na primer telefonska ili ISDN) i prenos informacija bez uspostave druge veze - SCCP (*connection oriented transfer*) ili jednokratnim prenosom (*connectionless transfer*).

- Vrste signalnih poruka u CCS7:

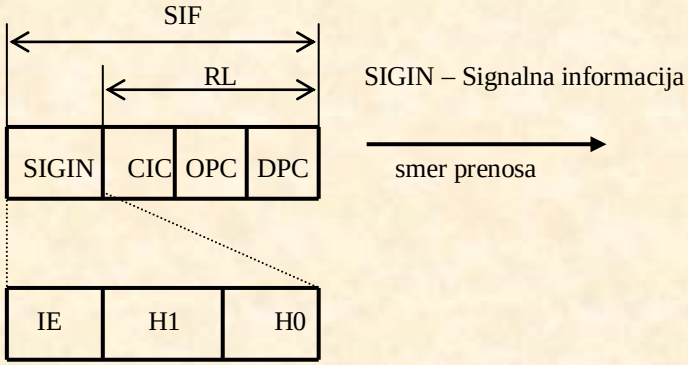
1. signalne jedinice MSU (*Message Signal Unit*);
2. između signalnih tačaka uspostava signalnog linka LSSU (*Link Status Signal Unit*);
3. kad nema poruka FISU (*Fill-In Signal Unit*).



- *Flag* (F) – *opening* i *closing* – 01111110
- *Check* (CK) – prove-ra ispravnosti prenosa
- *Backward* (*Forward*) *Sequence Number* (BSN (FSN) – redni broj poslednje primljene (poslate) signalne jedinice.
- *Backward (Forward) Indicator Bit* (BIB (FIB)) – neispravno primljena poruka BSN, ponovno slanje poruke FSN.
- *Length Indicator* (LI) – dužina *Signal Information Field* (SIF). SIF prenosi signalnu informaciju.
- *Service Information Octet* (SIO) – za koju vrstu službe je poruka.
- *Status Field* (SF) – informacija o stanju signalnog linka u uspostavi.

- Signalne jedinice za pojedine službe razlikuju se po polju SIO, tj. njegovom 4-bitnom delu SI (*Service Indicator*): 0011 – SCCP, 0100 – TUP, 0101 – ISUP, 0110 – DUP, 1001 – B-ISUP, itd.

- Polje SIF u MSU



- H0 – grupa poruka
  0000 – FAM (unapred)
- H1 – vrsta poruke
  00000001 - IAM
- IE – informacioni elementi (podaci)

- Upućivanje signalnih jedinica: adresa odredišta (*Destination Point Code* (DPC)), adresa izvorne tačke (Originating *Point Code* (OPC)), veza na koju se signalna jedinica odnosi (*Circuit Identification Code* (CIC))

- Brzina slanja signalizacije:

a) u najstarijim centralama dekadska 100ms po biračkom impulsu ili jedna cifra u sekundi;

b) R2 – jedna cifra na 100ms, načelo slanja od kraja do kraja, pa se ne zadržava u tranzitnim tačkama;

c) CCS7 – ceo izabrani broj u poruci trajanja 10ms, usporenje zbog obrade u svakoj tranzitnoj tački.

- Plan upućivanja (*routing*): pravila upućivanja od centrale pozivajućeg ka centrali traženog korisnika.

- E.164 numeracija po ITU-T preporuci: geografski brojevi: kôd zemlje (1-3 cifre), kôd oblasti, pretplatnički broj, ukupno max. 15 cifara. Privatne i kućne centrale mogu, ali ne moraju imati ovakvu strukturu.

- Negeografski brojevi: virtuelni brojevi, nemaju E.164 strukturu, da bi se upućivala veza, moraju se pretvoriti u njih. Primer: 1987: u svakoj oblasti ima svoj broj.

- Hijerarhijska struktura telefonskih brojeva: obradom dela broja vrši se delimično upućivanje. Primer: pozivni broj.

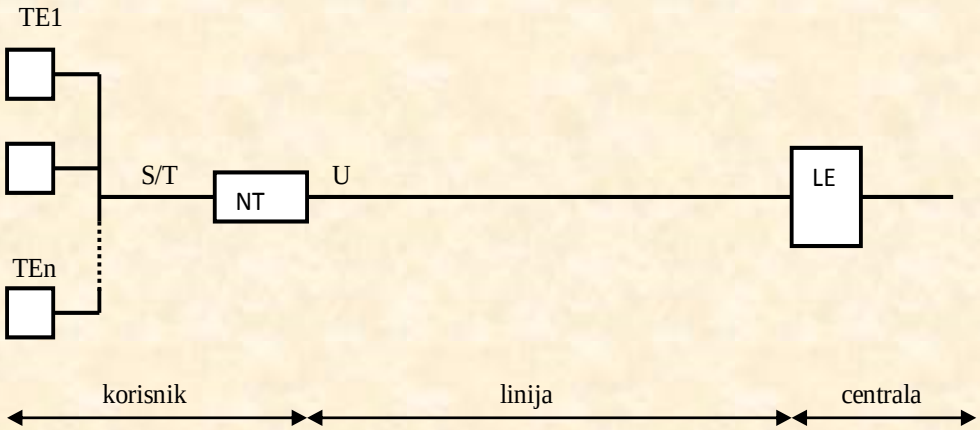
- U savremenim mrežama virtuelni brojevi se zovu imena (*domain name* u Internetu), poznati su korisnicima. Brojevi za upućivanje se zovu adrese i nepoznati su korisnicima. Pre upućivanja ime se pretvara u adresu.

- hijerarhijski imenik – adrese ili brojevi sa hijerarhijskom strukturom;
- ravni imenik – sadrži virtuelne adrese (na pr. imenik sa prenetim brojevima (*Number Portability*)) – mora se pretvoriti u broj za upućivanje;

- interfejs – sučelje uređaja u mreži ili uređaja i medija prenosa
- u klasičnoj mreži Z interfejs je sučelje telefonske centrale sa analognom telefonskom linijom
- umesto oznake priključak – ISDN interfejs
- umesto oznake prenosnik – G.711 interfejs

- ISDN – digitalna mreža objedinjenih službi (*Integrated Services Digital Network*) – uskopojasni ISDN – začetak širokopojasnih usluga

- Novi elementi u ISDN tehnici: digitalna telefonska linija, korisnička signalizacija po zajedničkom kanalu (D kanal), istovremeni rad više terminala, protok veći od 64kb/s po korisniku, podaci malih protoka mogu se slati D kanalom.
- Digitalizovana ISDN linija: bazni pristup BRI (2B+D) – dvosmerni, primarni pristup PRI (30B+D)



- NT (*Network Termination*) - mrežni završetak
- TE (*Terminal Equipment*) - korisnički termin.
- LE (*Local Exchange*) – linijsko kolo centrale.

- TE su 4-žičnim vodovima vezani na NT, bitski protok 192kb/s, S/T presek, linijski kod AMI (*Alternate Mark Inversion*)
- NT 2-žično vezan sa LE, bitski protok 160kb/s, linijski kôd 2B1Q (*2 Binary, 1 Quaternary*) ili 4B3T (4 Binary, 3 Ternary); - 2B1Q – 4 nivoa napona: 10 – +450mV, 11 - +150mV, 01 – -150mV, 00 - -450mV
- ISDN terminali: uređaji protoka 64kb/s ili 128kb/s. Može ih biti do 8, samo 2 telefona se mogu istovremeno koristiti, ne-ISDN terminali vezuju se preko terminalnog adaptera (TA)
- Glavni nedostatak: zavisnost od napajanja NT-a, ako ga nema, koristi se samo jedan običan telefon, koji se napaja iz centrale

- ISDN korisnička signalizacija (DSS1 – *Digital Subscriber Signaling System No* 1); definisana je ITU-T preporukama Q.921 i Q.931, slojevi:

a) prvi definiše ramove na S/T i U interfejsu

b) drugi definiše poruke nosioce poruka trećeg nivoa, LAPD (*Link Acess Procedure for D Channel*) protokol

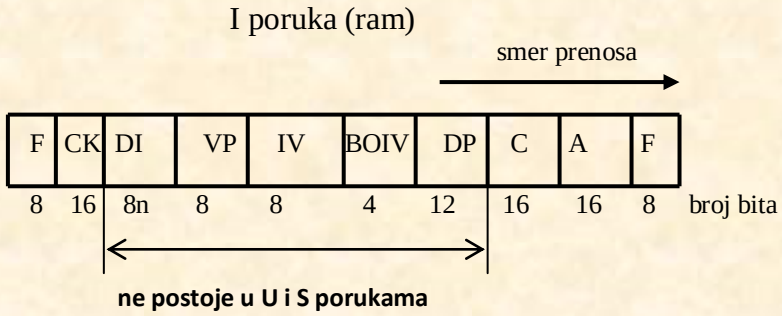
- Vrste poruka drugog nivoa:

a) nenumerisane (*Unnumbered*, U) – aktiviranje signalnog mehanizma; odgovaraju signali zauzimanja u telefonskoj signalizaciji i LSSU poruke u CCS7

b) poruke za nadgledanje (*Supervisory*, S) – potvrde informacionih poruka, liče na FISU poruke u CCS7

c) informacione poruke (*Information Transfer*, I) – za signalne informacije, kao MSU u CCS7

- Izgled ISDN I poruka

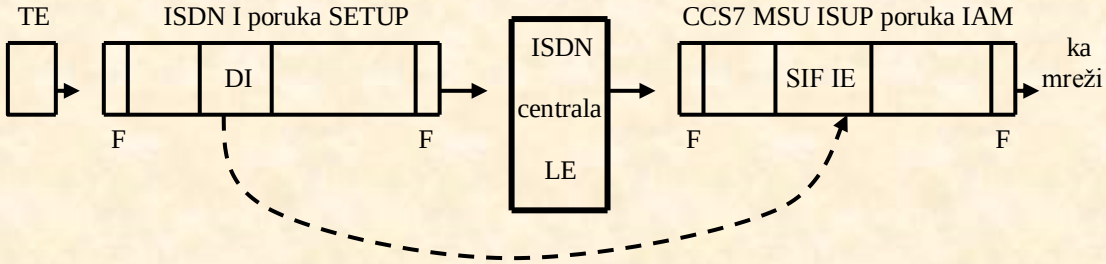


- Međa (*Flag*), F – 01111110
- Adresno (A) polje
- Upravljačko (C) polje
- Diskriminator protokola (DP) (za ISDN DP=00001000)
- Identifikator veze (IV) – broj veze na koju se odnosi poruka.
- Broj okteta u identifikatoru veze (BOIV)
- Vrsta poruke (VP) – sama poruka
- Polje dodatnih informacija (DI) je deo polja VP
- Provera ispravnosti poruke (CK)
- Slanje po principu *little endian*, osim polja CK

- Grupe informacionih poruka odnose se na: 1. uspostavu veze; 2. fazu veze; 3. raskid veze; 4. razne druge poruke
  Poruke: zahtev za uspostavu veze (*SETUP*), spremnost (*ALERTING*), uspostavljanje veze (*CALL PROCEEDING*), poziv prihvaćen (*CONNECT*), raskidanje (*DISCONNECT*), oslobađanje (*RELEASE*) i njihove potvrde.
- Sličnosti ISDN i CCS7 signalizacije:
  - Obe nastale od HDLC (*High Level Data Link Control*) protokola
  - Obe imaju odvojen signalizacioni i govorni put
  - Imaju sličan format poruka (međe, adrese, provera,...)
  - Signalizacija je sa potvrdom
  - U slučaju neispravnosti prenosa vrši se retransmisija
  - Obe su od čvora do čvora (*link by link*)

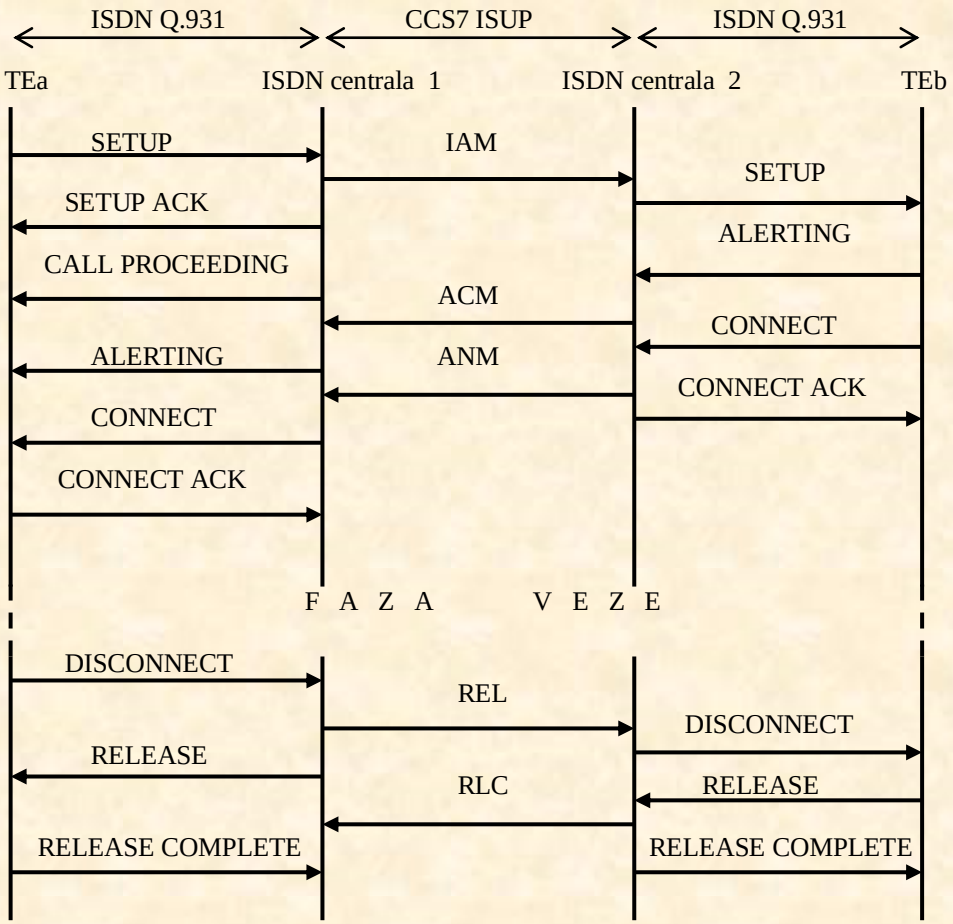
- Razlike ISDN i CCS7 signalizacije:
  - po CCS7 kanalu se šalje samo signalizacija, a po ISDN D kanalu mogu i podaci
  - kod CCS7 postoje mehanizmi prelivanja i upućivanja, kod ISDN ovo nije potrebno
  - kod CCS7 signal. kanali 64kb/s, kod ISDN može 16kb/s
  - CCS7 kanal se može preopteretiti, pa se vrši saobraćajni proračun, kod ISDN za D kanal nije potrebno
- ISDN signalizacija može se koristiti kao mrežna u korporacijskim mrežama. Javna mreža je velika, ima posebnu signalizacionu mrežu, garantovanu raspoloživost, mehanizam upućivanja, to ne može da obavlja DSS1, može CCS7.

- Postupak prenosa podataka iz ISDN u CCS7 signalizac.:
  - u javnim mrežama koristi se CCS7 korisnički sloj ISUP. U centrali se šalje potvrda prijema ISDN korisničke poruke ka terminalu i generiše se CCS7 poruka prema drugoj centrali. Podaci iz ISDN korisničke poruke prebacuju se u CCS7 poruku.



Pretvaranje SETUP (iz TE) u IAM poruku (u LE):
- ISDN: u polju VP=00000101 (kod SETUP), u polju DI izabrani broj. CCS7: SI kao deo SIO=0101 (kod ISUP), H0=0000 (poruka unapred), H1=00000001 (kod IAM), izabrani broj se smešta u potpolje informacionih elemenata IE u polju SIF.

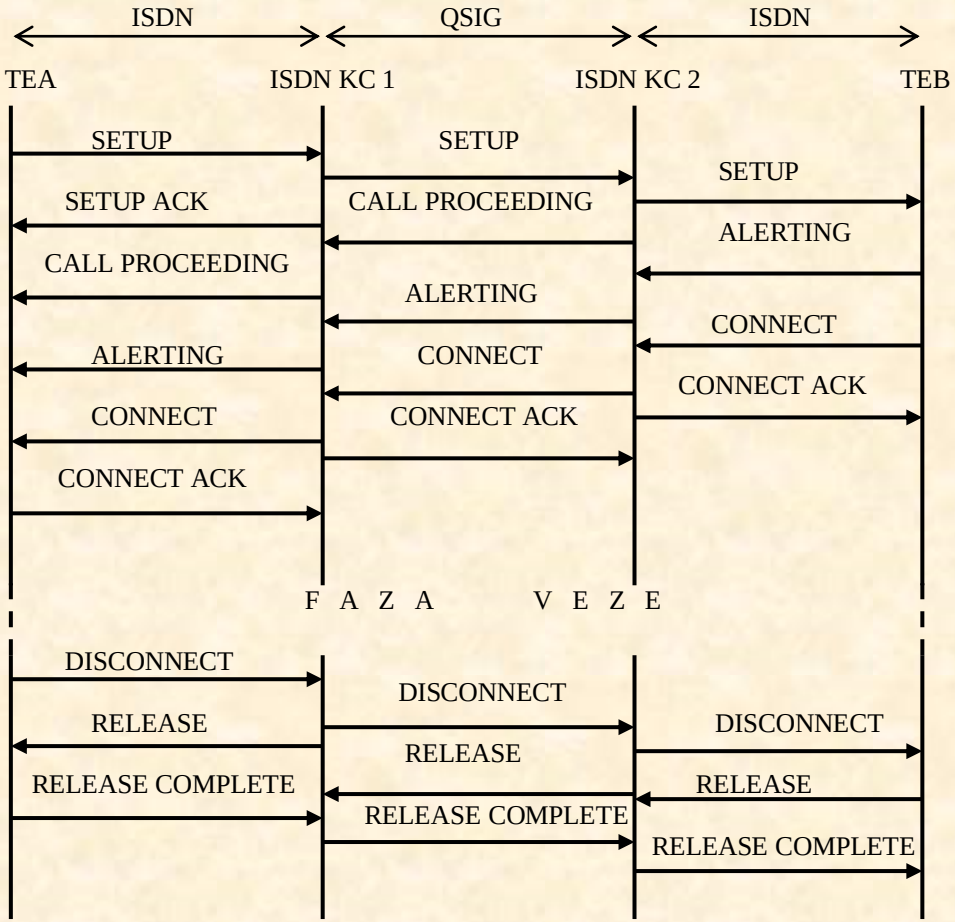
- Telefonska mreža koristi TUP u CCS7, a nema ISDN
- Javna ISDN mreža mora da koristi CCS7
- Razmena ISDN korisničke i CCS7 u toku veze:



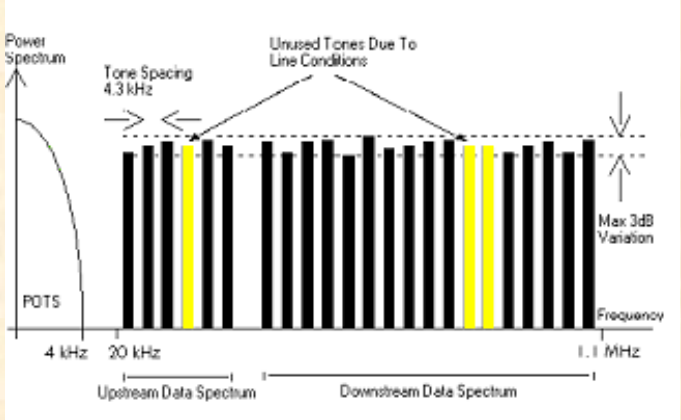
- različiti nazivi sličnih poruka.

- PISN (*Private Integrated Services Network*) – privatna korporacijska ISDN mreža
- PINX (*Private Integrated services Network eXchange*) – centrala u privatnoj mreži
- QSIG – signalizacija za povezivanje kućnih ISDN centrala, zasnovana na ISDN pristupnoj signalizaciji, tj. Q.931
- Razlika QSIG i ISDN signalizacije po Q.931: kod ISDN signalizacije neki parametri veze mogu se slati samo u jednom smeru, kod QSIG svi parametri se šalju u oba smera
- Razlika QSIG i CCS7: u QSIG sve komunikacije služe za ostvarenje veze; QSIG se ostvaruje linkovima koji prate govorne kanale – pridruženi način (*associated mode*), tj. ne postoji signalizaciona QSIG mreža

- Uspostava veze u korporacijskoj ISDN mreži
- Mala razlika u izgledu mrežnih i pristupnih signalnih poruka



- Digitalizovana pretpl. linija (*Digital Subscriber Line* - DSL) je tehnika korišćenja pretplatničke telefonske linije za digi-gitalni prenos velikog protoka od korisnika ka paketskoj mreži (*Internet Service Provider* – ISP) i obrnuto.
- Korišćene tehnike: DMT (*Discrete MultiTone*), odnosno OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*) i CAP (*Carrierless Amplitude and Phase*)



- 0 – 4kHz – telefonski kanal
- 25kHz – 138kHz – korisnik ka ISP
- 138kHz – 1104kHz – ISP ka korisniku

- Protok zavisi od šumova, slabljenja, preslušavanja, razlike preslušavanja na bližem i daljem kraju (*Near End cross Talk* – NEXT, *Far End crossTalk* – FEXT), vrste usluge na linijama istog kabla, najviše od dužine kabla

- Razlika modema i DSL:
  a) DSL ima znatno veći protok
  b) modemska veza je komutirana, ostvaruje se biranjem
  c) modem se koristi za prenos signala kroz mrežu (uklju-čujući centrale), DSL veza je fiksna između korisnika i ISP
  U oba slučaja domet zavisi od kvaliteta i dužine linije
- Razlika ISDN i DSL:
  a) DSL koristi pretplatničku liniju samo da se pristupi mreži podataka ISP, ISDN šalje podatke u komutacioni (korisnički podaci) ili upravljački deo centrale (signaliza-cioni podaci)
  b) ISDN uvek po 1 parici, DSL po 1, 2 ili 3 parice
  c) ISDN zadržava telefonsku uslugu (POTS – *Plain Old Telephone Service*), DSL može, ali ne mora

- Vrste DSL tehnika:
  a) SDSL (*Symmetric DSL*) – 1 parica, 2Mbps/2Mbps max., nema POTS usluge
  b) M/SDSL (*Multirate SDSL*) - 1 parica, 2Mbps/2Mbps max., ima POTS usluga
  c) HDSL (*High bit-rate DSL*) – 2 parice, 2Mbps/2Mbps max., nema POTS usluge
  d) ADSL (*Asymmetric DSL*) – 1 parica, (G.DMT do 10Mbps/1MBps, G.lite do 1536kbps/512kbps), ima POTS
  e) ADSL2 – 1 parica, 12Mbps/3,5Mbps, ima POTS
  f) ADSL2+ - 1 parica, 24Mbps/3,5Mbps, ima POTS
  g) VDSL (*Very high Digital Subscriber Line*) – 1 parica, 52Mbps/16Mbps, ima POTS
  h) VDSL2 – 1 parica, maksimalno 200Mbps/200Mbps, ima POTS

- V5.x – familija pristupnih tehnika, korisnici se grupišu u pristupnu mrežu (*Access Network* – AN), korisničke i signalne informacije se šalju po jednom ili više E1 linkova do krajnje ISDN centrale (*Local Exchange* – LE). Komutacija se obavlja u LE, korisnici sa LE komuniciraju posebnom signalizacijom (ne ISDN).
- V5.1 – 1 E1 kanal između AN i LE, korisnici analogni i bazni ISDN (BRA), analogne i ISDN kućne centrale
- V5.2 – 16 E1 kanala, korisnici analogni, bazni (BRA), primarni (PRA) ISDN, analogne i ISDN kućne centrale
- DSL – deo protoka se vodi u paketsku mrežu, deo u telefonsku (ISDN) mrežu, V5.x ceo protok u ISDN mrežu

- Širokopojasne telekomunikacione usluge (*Broadband ISDN*, B-ISDN): zahtevaju veći protok od 128kb/s
- Uskopojasne telekomunikacione usluge (*Narrowband Services*, N-ISDN): 2B+D i 30B+D

- **Merila kvaliteta usluge u klasičnoj telefoniji**:
  (**I**) verovatnoća ostvarenja veze i (**II**) dužina čekanja na ostvarenje veze.
  U klasičnoj telefoniji bitno samo pri uspostavi veze.
  U kvalitetnim zemaljskim vezama do uspostava veze traje do 2s. Zavisi od brzine signalizacije i geografskog položaja izvora i odredišta.

- Telefonski saobraćaj – mera korišćenja telekomunikacione mreže. Bezdimenziona veličina, pokazuje stepen zauzetosti ili namere zauzimanja organa u mreži.
- Erlang (E) – jedinica saobraćaja. 1E je saobraćaj koji bi u grupi organa u proseku uvek držao zauzet 1 organ.
- Teorija telefonskog saobraćaja – grana primenjene matematike koja služi za proračun resursa u mreži.

Uspostavlja se veza između:
jačine saobraćaja,
broja organa,
verovatnoće ostvarenja usluge,
verovatnoće čekanja na uslugu,
vremena čekanja na uslugu.

- Erlangov model – najpoznatiji, nekad se naziva savršeni snop sa gubicima, opisuje ga Erlangova formula prve vrste. Erlangova formula prve vrste povezuje verovatnoću gubitka, ponuđeni saobraćaj i broj organa (kanala) usluge
- Osnovne pretpostavke za primenu Erlangove formule prve vrste:
  - dolazni pozivi čine slučajni tok događaja, vreme između njih raspodeljeno po negativno eksponencijalnoj raspodeli
  - ista raspodela trajanja razgovora
  - broj izvora saobraćaja vrlo velik
- Korištene oznake: broj kanala usluge (N), ponuđeni saobraćaj $A=\lambda\cdot t$, broj poziva u jedinici vremena (λ), srednje vreme trajanja razgovora (t), verovatnoća gubitka (*Blocking* – B)

- Erlangova formula prve vrste:

$$B = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{i=1}^{N} \frac{A^i}{i!}} \qquad (1)$$

- Primenjuju se tablice ili kalkulator za proračun, nalazi se na adresi http://owenduffy.net/traffic/erlangb.htm
- Još jedan način da se definiše saobraćaj 1E: zbir dužina vremena zauzetosti jednak vremenu posmatranja. Primer: 1E je ako 1 pretplatnik razgovara 60min u toku vremenskog intervala 60min ili 30 pretplatnika razgovara po 2min u toku 60min.

- Načini primene Erlangove formule:

  1. Poznat saobraćaj *A* i broj organa *N*; računa se gubitak *B*, potrebno samo jedno računanje prema formuli (1)

  2. Poznati gubici *B* i broj organa *N*; odredi se ponuđeni saobraćaj *A*. Polazi se od jedne pretpostavljene vrednosti saobraćaja i izračunaju gubici. Zatim se vrednost saobraćaja menja dok se ne približi traženim gubicima, gubici moraju biti malo manji od traženih.

  3. Poznati gubici *B* i ponuđeni saobraćaj *A*; traži se broj organa. Gubici se proračunaju za pretpostavljeni broj organa. Broj organa se menja dok se ne približi traženim gubicima. Proračun je završen kada se za *N* organa dobiju gubici manji od traženih, a za *N-1* veći od traženih. Traženi broj organa je *N*.

Prilog 1 - Deo Erlangovih tablica

Broj organa	Gubitak 0,1%	Gubitak 1%	Gubitak 3%	Gubitak 5%	Gubitak 7%
		Ponuđeni saobraćaj (erl)			
1	0.0010	0.0101	0.0309	0.0526	0.0753
2	0.0458	0.153	0.282	0.381	0.470
3	0.194	0.455	0.715	0.899	1.06
4	0.439	0.869	1.26	1.52	1.75
5	0.762	1.36	1.88	2.22	2.50
6	1.15	1.91	2.54	2.96	3.30
7	1.58	2.50	3.25	3.74	4.14
8	2.05	3.13	3.99	4.54	5.00
9	2.56	3.78	4.75	5.37	5.88
10	3.09	4.46	5.53	6.22	6.78
11	3.65	5.16	6.33	7.08	7.69
12	4.23	5.88	7.14	7.95	8.61
13	4.83	6.61	7.97	8.83	9.54
14	5.45	7.35	8.80	9.73	10.5
15	6.08	8.11	9.65	10.6	11.4
16	6.72	8.88	10.5	11.5	12.4
17	7.38	9.65	11.4	12.5	13.4
18	8.05	10.4	12.2	13.4	14.3
19	8.72	11.2	13.1	14.3	15.3
20	9.41	12.0	14.0	15.2	16.3
21	10.1	12.8	14.9	16.2	17.3
22	10.8	13.7	15.8	17.1	18.2
23	11.5	14.5	16.7	18.1	19.2
24	12.2	15.3	17.6	19.0	20.2
25	13.0	16.1	18.5	20.0	21.2
26	13.7	17.0	19.4	20.9	22.2
27	14.4	17.8	20.3	21.9	23.2
28	15.2	18.6	21.2	22.9	24.2
29	15.9	19.5	22.1	23.8	25.2
30	16.7	20.3	23.1	24.8	26.2
31	17.4	21.2	24.0	25.8	27.2
32	18.2	22.0	24.9	26.7	28.2
33	19.0	22.9	25.8	27.7	29.3
34	19.7	23.8	26.8	28.7	30.3
35	20.5	24.6	27.7	29.7	31.3
36	21.3	25.5	28.6	30.7	32.3
37	22.1	26.4	29.6	31.6	33.3
38	22.9	27.3	30.5	32.6	34.4
39	23.7	28.1	31.5	33.6	35.4
40	24.4	29.0	32.4	34.6	36.4
41	25.2	29.9	33.4	35.6	37.4
42	26.0	30.8	34.3	36.6	38.4
43	26.8	31.7	35.3	37.6	39.5
44	27.6	32.5	36.2	38.6	40.5
45	28.4	33.4	37.2	39.6	41.5
46	29.3	34.3	38.1	40.5	42.6
47	30.1	35.2	39.1	41.5	43.6
48	30.9	36.1	40.0	42.5	44.6
49	31.7	37.0	41.0	43.5	45.7
50	32.5	37.9	41.9	44.5	46.7
70	49.2	56.1	61.3	64.7	67.5
100	75.2	84.1	90.8	95.2	99.0
200	165.6	179.7	190.9	198.5	205.1
300	258.6	277.1	292.1	302.6	311.9
500	448.2	474.0	495.9	511.8	526.0

- Primer: ponuđeni saobraćaj u grupi organa je 4E. Željena verovatnoća gubitaka je 1%. Koliko je potrebno da bude organa u ovoj grupi?

- Označavanje saobraćajnih modela: koristi se Kendalovo označavanje u obliku A/B/N/K/M
  - A – svojstvo dolaznog toka zahteva
  - B – svojstvo vremena usluge
  - N – broj organa usluge
  - K – broj mesta za čekanje
  - M – broj izvora saobraćaja

- Kvalitet govornog signala u klasičnoj telefoniji – merila su sve veličine koje pokazuju razliku svojstava signala na odredištu u odnosu na signal na izvoru.
- Slabljenje (*attenuation*, *insertion loss*) – pokazuje koliko je snaga manja na odredištu nego na izvoru
- Šum (*noise*) – pokazuje koliko signal sadrži komponenti koje ne postoje u njegovom izvornom obliku
- Preslušavanje (*crosstalk*) – pokazuje koliko signali drugih veza utiču na posmatrani signal
- Eho (*echo*) – pokazuje uticaj zakasnelog signala na primljeni primarni signal.

Traži se da svaki činilac kvaliteta posebno zadovolji postavljenu granicu, povezanost uticaja se ne razmatra.

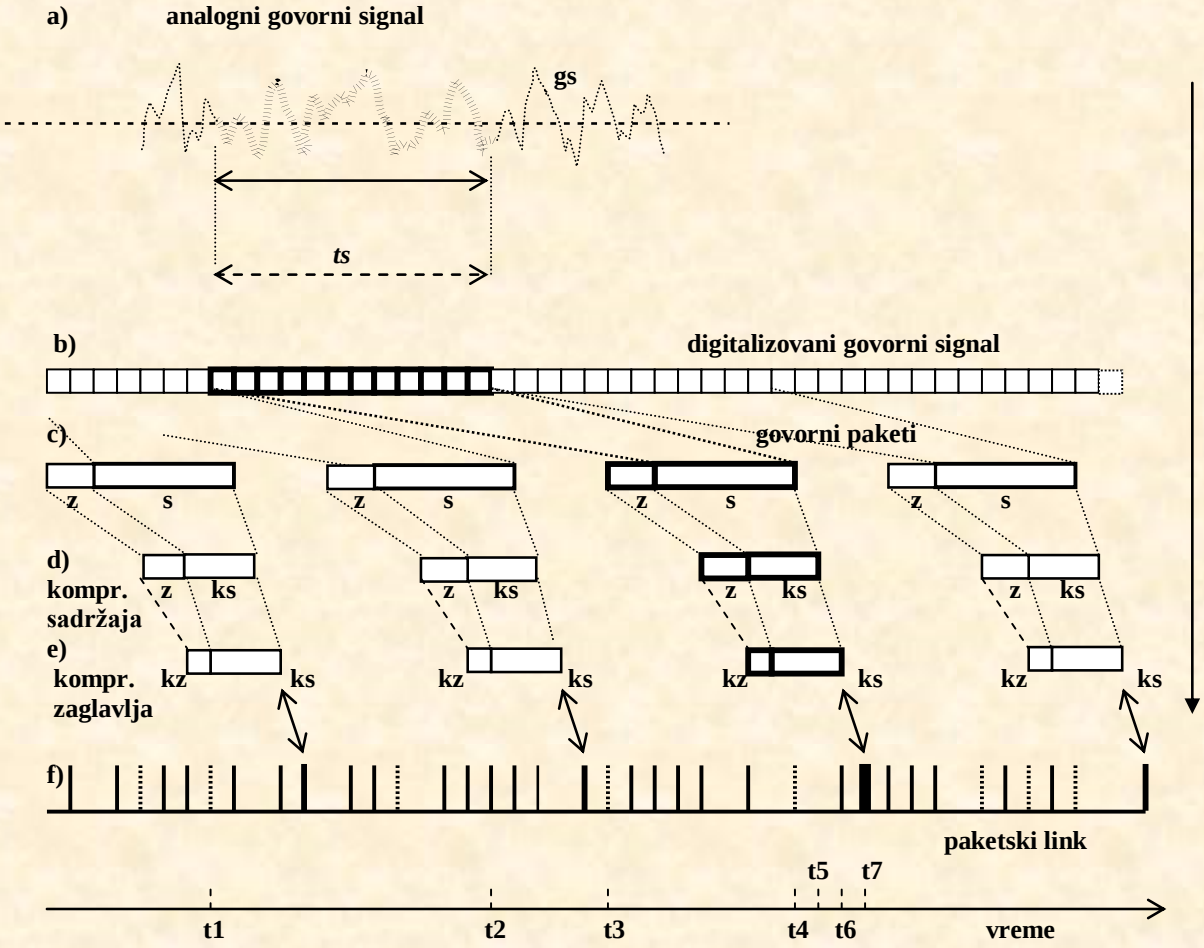
- U klasičnoj telefoniji pozivni signal visokog napona šalje se preko korisničke linije. Počev od ISDN tehnike u svim novijim tehnikama pozivni signal se proizvodi lokalno. Kod ISDN tehnike: posle prijema SETUP poruke lokalno se proizvodi poziv, vraća se poruka ALERTING.
- Plaćanje usluga klasične telefonske mreže srazmerno je broju resursa koji se koriste i dužini korišćenja resursa. Broj resursa teško se određuje, pa je merilo geografska udaljenost.

- Privatne (kućne, korporacijske) telefonske centrale (*Private (Automatic) Branch eXchange* – P(A)BX) su čvorovi privatne mreže. Povezane su skoro uvek prema javnoj mreži, imaju vezu između sebe.
- Javne mreže – komunikacija među ljudima, vlasnik mreže ostvaruje zaradu, pokriva ceo svet – globalna mreža.
- Privatne mreže – vlasništvo organizacija, olakšavaju njihovu osnovnu delatnost. Vlasnik organizuje prema svojim potrebama. Pravila koja važe u javnoj mreži moraju se poštovati pri vezama sa korisnicima u javnoj mreži. Može imati posebnu signalizaciju, plan numeracije, priključke i terminale koji se ne koriste u javnoj mreži.
- Virtuelna privatna mreža (*Virtual Private Network* – VPN) – grupa korisnika javne mreže koji imaju svojstva kao da pripadaju privatnoj mreži.

- Mreža mobilne telefonije (MMT) zasniva se na radio prenosu i korisnicima koji mogu menjati položaj. Može biti javna i privatna.
- Elementi MMT: korisnički aparati, bazne stanice, komutacioni centri. MMT se povezuje sa klasičnom javnom telefonskom mrežom (PSTN), ISDN mrežom i drugim mrežama mobilne telefonije. Na pojedinim deonicama za signalizaciju se koriste različiti delovi CCS7.
- Korisnički aparat ostvaruje vezu i identifikuje se u najbližoj baznoj stanici.
- Bazna stanica prati korisnika i komunicira sa komutacionim centrom.
- Komutacioni centar MMT komutira veze, održava bazu svojih korisnika i gostujućih korisnika, održava signalnu vezu sa baznom stanicom, PSTN mrežom, drugim komutacionim centrima i drugim MMT.

- Internet telefonija – telefonska tehnika koja koristi Internet kao mrežu, načela, protokole, resurse Interneta za uspostavljanje veze i raskidanje veze, prenos razgovora u realnom vremenu. Može se koristiti termin paketska telefonija (koristi paketizovane signale).
- VoIP (*Voice over Internet Protocol*) – popularna oznaka za Internet telefonsku tehniku. Prenos snimljenog glasa preko Interneta je VoIP, ali nije tehnika, jer ne uključuje signalizaciju, ne postoje dva sagovornika u razgovoru u realnom vremenu.

- Postupak paketizacije govornog signala:



s – sadržaj, z – zaglavlje, ks – komprimovani sadržaj, kz - komprimovano zaglavlje

- Paketizacija – smeštanje odsečka govornog signala u posebnu jedinicu za prenos (paket). Kraći paketi povećavaju protok, ali daju bolji kvalitet signala.
- Paketizovani govorni signal može biti nekomprimovani, komprimovani i pseudokomprimovani.
- Kompresija govornog signala i zaglavlja. Komprimovani govorni signal ima manji bitski protok od signala posle digitalne obrade (manji od 64kb/s). Kompresijom se na vezama malih bitskih protoka postiže da se koriste za veći broj veza. Komprimovani signal se ne može vratiti u izvorni oblik.
- Kvazikomprimovani govorni signal – bitski protok se smanjuje odstranjenjem delova govora kad je pauza. Zadržavaju se nepromenjeni delovi govora.

- Kompresija zaglavlja – smanjuje protok, unosi dodatno kašnjenje, tako da smanjuje kvalitet govornog signala
- Paketi namenjeni vezi šalju se po zajedničkom linku za više različitih paketizovanih signala
- U paketskoj tehnici resursi se zauzimaju za vreme trajanja paketa, posle se oslobađaju za druge pakete (pakete druge veze). U svakom paketu postoje adrese odredišta, resursi nisu posvećeni jednoj vezi ili telefonskoj tehnici → veća iskorišćenost i niža cena resursa

Telefonski signal

- Govorni signal - promene vazdušnog pritiska proizvedene ljudskim govornim organom. Mikrofonom se pretvara u odgovarajući električni oblik – 50Hz do 10000Hz.
- Glavna svojstva govora za telekomunikacije: važne frekvencije, snaga govornog signala, promena ovih svojstava sa promenom jezika. Najvažnije frekvencije 300Hz – 3400Hz, one uglavnom nose snagu govora. **Telefonski signal** sadrži samo ove komponente.
- Bolji kvalitet govornog signala u telefoniji – što brži prenos i što manje odstupanje karakteristika govornog signala na prijemu u odnosu na predaju.
- Najveća brzina prenosa u analognoj tehnici (nema pretvarača), ometajući uticaji najmanji u klasičnoj digitalnoj mreži.

- Najkvalitetnija veza - ISDN veza: imuna na smetnje, jer je digitalna i malo je kašnjenje.
- Standardni digitalizovani telefonski signal: primena kodera G.711, odabiranje telefonskog signala 8000 puta u sekundi, svaki odbirak kodovan sa 8 bita, pa je bitski protok 64kb/s. Primenjuje se na celokupan signal.
- Paketizovani telefonski signal: obuhvata delove telefonskog signala, svaki deo čini sadržaj osnovne jedinice za slanje (ime: paket, ram, okvir, *frejm*, ćelija, datagram, segment).
- Komprimovani govorni signal: posle obrade ima manji bitski protok od standardnih 64kb/s.
- Kompresija analognog telefonskog signala – u pripremi signala za digitalizaciju i za smanjenje šuma, njome se smanjuje odnos najmanjih i najvećih vrednosti signala.

- Postupci kompresije: 1. smanjenim bitskim protokom prenosi se signal, u sličnom talasnom obliku može se obnoviti na prijemu (talasni kompresor); 2. prenos karakterističnih parametara govornog signala (parametarski kompresor). Parametarski – manji protok, talasni – bolji kvalitet govora.
- Talasni kompresori: **G.711** – koduje se apsolutna vrednost odbirka. Odsečak govornog signala u paketu 10ms, 20ms ili 30ms; **G.726** – adaptivna diferencijalna impulsna kodna modulacija (ADPCM), koduje se razlika uzastopnih odbiraka, protok 40kb/s, 32kb/s, 24kb/s ili 16kb/s
- Parametarski kompresori: **G.728** – protok 16kb/s, 12,8kb/s ili 9,6kb/s; **G.729** – protok 8kb/s, ime *Conugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction* – CS ACELP; **G.723** – namenjen za multimedijalne konferencijske veze, protok 6,3kb/s ili 5,3kb/s, odsečak govora 30ms u jednom paketu, ACELP; GSM 06.10, GSM 06.20, GSM 0.60 za mobilne mreže, protoci 13kb/s, 5,6kb/s ili 12,2kb/s

- Iskorišćenost paketa sa govornim signalom: najveća kod G.711 – **80%** ako se paketizuje odsečak 20ms, **20%** je zaglavlje Internetskog paketa. Paket se smešta u Eternet ili neko drugo zaglavlje, još manja iskorišćenost.

Koder (Kompresor)	protok govora (kb/s)	odsečak govora ms	bitski protok zaglavlja kb/s	ukupni bitski protok kb/s	deo protoka koji otpada na zaglavlje %
G.711	64	20	16	80	20
G.726	32	20	16	48	33
G.728	16	20	16	32	50
G.729	8	20	16	24	67
G.723.1	6.3	20	16	22,3	72
G.723.1	5.3	20	16	21,3	75
G.723.1	6.3	30	10,66	16,96	63
G.723.1	5.3	30	10,66	16,27	65

- Kompresori zaglavlja – svode zaglavlja na potreban broj bita i tako povećavaju iskorišćenost paketa. Mogu se obnoviti u izvornom obliku. Zaglavlja za jednu vezu imaju iste delove (na pr. adrese) i delove koji se postepeno menjaju. Isti delovi se zamenjuju identifikatorom veze, za promenljive delove se prikazuje veličina promene. Zaglavlje od 40 bajta zamenjuje se sa 2 ili 4 bajta.

- Pauze u govoru: reda 50% govora, ne moraju se prenositi, smanjuje bitski protok i veličina potrebnih bafera.
- Prenos govora bez pauza: koriste se **potiskivači tišine** (*Silence Suppression*) ili **detektori aktivnog govora** (*Voice Activity Detector* – VAD), ne šalje signal kad nema govora.
- **Generator veštačkog šuma** (*Comfort Noise Generator*, CNG) – na prijemnoj strani se ubacuje veštački šum u vremenske intervale gde je pauza u govoru. Ako bi se govor obnavljao bez pauza, zvučao bi sintetički, umetanje šuma ga čini prirodnijim.
- Sadržaj paketa, koji nosi odsečak govora: zaglavlje (identifikuje tačke koje komuniciraju, vrstu protokola, dužinu sadržaja), vremenski odsečak govora i pokazivači uključenja veštačkog šuma. Svaki odsečak sadrži digitalizovane odbirke govora.

- Algoritamsko kašnjenje – izazvano kodovanjem i kompresijom na predajnoj strani. Zbir vremena obrade odsečka i vremena potrebnog za upoznavanje svojstava sledećeg odsečka da bi komprimovani signal bio veran (*look ahead delay*).

koder kompresor	vreme obrade To, ms	*look ahead*, Tla, ms	algoritamsko kašnjenje, ms
G.711	0,125		0,125
G.729	10	5	15
G.723.1	30	7,5	37,5

- Polazno kašnjenje: vreme prikupljanja uzoraka u vremenskom odsečku (*accumulation delay*) + algoritamsko kašnjenje. Vreme obrade u kompresoru jednako je vremenskom odsečku To, pa polazno kašnjenje iznosi 2To+Tla. Za formitanje paketa potrebno je To, pa je polazno kašnjenje 3To+Tla

- Protoci i polazna kašnjenja za pojedine kodere (kompre-sore)

Koder	Protok, kb/s	To ms	Tla ms	Polazno kašnjenje, ms od	do
G.711	64	0,125	0	0,25	0,375
G.726,G.727	40	0,125	0	0,25	0,375
G.721,G.726,G.727	32	0,125	0	0,25	0,375
G.726,G.727	24	0,125	0	0,25	0,375
G.726,G.727	16	0,125	0	0,25	0,375
G.728	16	0,625	0	1,25	1,875
G.728	12,8	0,625	0	1,25	1,825
G.729	8	10	5	25	35
GSM 06.10	13	20	0	40	60
GSM 06.20	5,6	20	0	40	60
GSM 06.60	12,2	20	0	40	60
G.723.1	6,3	30	7,5	67,5	97,5
G.723.1	5,3	30	7,5	67,5	97,5

Prikupljanje uzoraka – To Polazno
Obrada prikupljenih uzoraka – To Algoritamsko .
Look ahead kašnjenje – T1a kašnjenje .
Formiranje paketa – To kašnjenje