

KOMUTACIONI SISTEMI
– Poglavlje 7 –

7 ISDN

Pre nego što se Internet tehnologija raširila i postala dominantna mreža za prenos informacija, telefonske mreže su imale najrazvijeniju mrežnu infrastrukturu. Kada su uvedena digitalna komutaciona polja i digitalni prenos govornih signala, javila se ideja da se telefonska mrežna infrastruktura iskoristi i za prenos drugih signala, prenos podataka i video signala (ali i drugih tipova signala ako bi za tim bilo potrebe). Razlog je bio jednostavan, onog momenta kada se informacija predstavi u vidu bita (binarnih signala), tada prestaje da bude bitno kako je ta informacija nastala jer će se prenositi istim fizičkim resursima. ISDN (*Integrated Services Digital Network*) tehnologija je nastala kao odgovor na ovu potrebu za ujedinjenjem svih servisa u okviru iste mreže. Pri tome, razlikovale su se uskopojasna (N-ISDN) i širokopojasna (B-ISDN) ISDN tehnologija, a u okviru ovog poglavlja ćemo ukratko obraditi uskopojasnu ISDN tehnologiju. Tokom procesa standardizacije ISDN tehnologije, predviđena je i definisana saradnja i sa drugim tehnologijama poput ATM, *frame-relay* i dr.

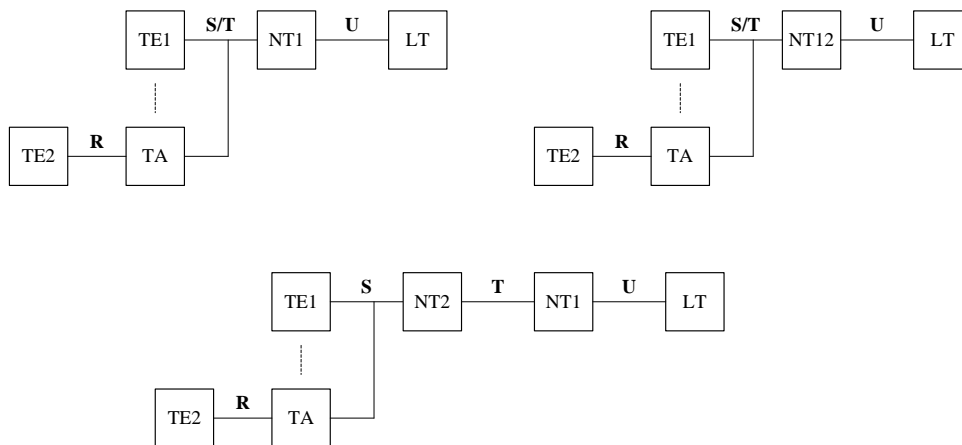
Međutim, razvojem i širenjem paketskih mreža poput ethernet i Internet mreža, razvoj telefonskih i ISDN mreža je zaustavljen, tako da se ove dve mreže danas više ne razvijaju, ali se i dalje koriste. Paketske mreže su postale dominantne onog momenta kada je omogućeno efikasno i ekonomično procesiranje paketa, za šta je dominantno odgovoran razvoj procesorske tehnologije, ali i razvoj integrisanih kola koja su omogućavala razvoj hardverskih komponenti visokih performansi poput ASIC i FPGA čipova. Komutacija paketa ima prednost znatno boljeg iskorišćenja mrežnih resursa što je jedan od najznačajnijih parametara za operatera. Takođe, komutacija paketa u značajnoj meri olakšava i integraciju servisa što je bila i inicijalna ideja ISDN tehnologije. S druge strane, jedna od značajnih prednosti komutacije kola je bolja garancija kvaliteta servisa (QoS - *Quality of Service*) tj. usluge što je takođe veoma bitan parametar u današnjim mrežama. Otuda se u paketske mreže uvode razne tehnike koje delimično emuliraju komutaciju kola u cilju postizanja boljih garancija kvaliteta servisa, poput virtuelnih kola, rezervacija resursa i dr. Napomenimo još da ISDN mreža u velikoj meri koristi resurse telefonske mreže, što se moglo primetiti i iz prethodnog poglavlja prilikom objašnjavanja signalizacije No.7 gde je jedan korisnički deo (ISUP) bio namenjen opsluživanju ISDN korisnika.

Sa stanovišta pristupa korisnika ISDN mreži razlikujemo bazni i primarni pristup mreži. Sama telefonska centrala u sebi sadrži odgovarajuće učesničke blokove namenjene za prihvatanje baznih ISDN korisnika, dok se primarni ISDN korisnici prihvataju ili preko prenosničkog bloka ili preko svog učesničkog bloka u centrali (zavisi od samog proizvođača). Bazni pristup pruža korisnicima 2B+D pristup, gde su B kanali protoka 64kb/s i prenose korisničke informacije, a D kanal je kanal protoka 16kb/s koji prenosi signalizaciju (između korisnika i centrale). Primarni pristup je definisan na E1-PCM strukturi, pa nudi korisniku 30B+D pristup, tj. 30 korisničkih kanala i jedan kanal za signalizaciju pri čemu svaki kanal ima 64kb/s protok. Kanal 16 se koristi kao D kanal. Prvi kanal se i dalje koristi za sinhronizaciju. Sve navedeno za E1-PCM signal u ranijim poglavljima važi najvećim delom i za primarni pristup pa primarni pristup neće biti posebno obrađen u ovom poglavlju. Napomenimo da je primarni pristup u Americi zasnovan na T1 strukturi. Iz telefonske centrale se podaci primljeni od ISDN korisnika mogu usmeriti dalje u telefonsku mrežu, ali i u ostale mreže, poput paketske mreže (Internet). ISDN korisnici se mogu priključiti i na druge mrežne uređaje, a ne samo na telefonske centrale koje ipak jesu najčešće tačke povezivanja ISDN korisnika.

ISDN tehnologija se danas koristi, pre svega, za uključivanje kućnih telefonskih centrala u javnu telefonsku mrežu, kao i rezervna (bekap) varijanta izlaska na Internet (ili neku drugu mrežu), ako glavni pristup ostvaren nekom drugom tehnologijom otkáže. Takođe, QSIG signalizacija zasnovana na ISDN signalizaciji se koristi za međusobno povezivanje kućnih telefonskih centrala. Broj pojedinačnih korisnika koji koriste ISDN pristup je sve manji.

7.1. Bazni pristup

Arhitektura baznog ISDN pristupa je prikazana na slici 7.1.1.



Slika 7.1.1. Arhitektura baznog ISDN pristupa

Kao što vidimo, postoji više varijanti u zavisnosti od upotrebljenih uređaja na strani korisnika. Tumačenja prikazanih blokova su:

- LT (*Line Termination*) - Linijski završetak se nalazi unutar centrale (poput KOA za analogne telefone) i služi za prihvatanje baznog ISDN priključka u centrali.
- NT1 (*Network Termination 1*) - Mrežni završetak 1 obavlja funkcije fizičkog sloja, tj. vrši prilagođenje informacija dobijenih od korisnika za fizički prenos preko parice i njihovo prosleđivanje preko upredene parice do centrale (tj. odgovarajućeg LT u centrali). Vlasništvo operatera ide do NT1 završetka, uključujući i NT1 završetak.
- NT2 (*Network Termination 2*) - Mrežni završetak 2 obavlja složenije funkcije koje između ostalog omogućavaju multipleksiranje i obradu signalizacije sloja 2 i 3, funkciju koncentracije (povezivanje više uređaja na manji broj dostupnih kanala tj. ne mogu svi uređaji da istovremeno rade; slično povezivanju telefonskih korisnika na učesnički blok tj. korisničko komutaciono polje). U principu, NT2 je kućna telefonska centrala (PBX - *Private Branch Exchange*) koja ima mogućnost povezivanja na centralu javne telefonske mreže preko baznog ISDN pristupa.
- NT12 (*Network Termination 12*) - Mrežni završetak 12 koji integriše u sebi funkcije mrežnih završetaka 1 i 2 (u suštini, i ovo su kućne telefonske centrale). Napomena: 12 se čita jedan-dva, a ne dvanaest.

- TE1 (*Terminal Equipment 1*) - Terminal 1 predstavlja korisničku opremu koja je prilagođena za priključenje na ISDN mrežu (ISDN telefon, računar sa ISDN mrežnom karticom i dr.).
- TE2 (*Terminal Equipment 2*) - Terminal 2 predstavlja korisničku opremu koja nije prilagođena za priključenje na ISDN mrežu poput analognog telefonskog aparata. Da bi se ovakva oprema mogla koristiti, neophodni su adapteri terminala TA.
- TA (*Terminal Adapter*) - Adapter terminala omogućava priključenje na ISDN mrežu opreme koja nije predviđena za ISDN mrežu (TE2 uređaji).

Interfejsi između blokova u arhitekturi baznog ISDN pristupa se nazivaju referentne tačke:

- U referentna tačka - Predstavlja interfejs između LT i NT1 (ili NT12). Medijum za prenos je korisnička upredena parica preko koje se vrši digitalni prenos.
- T referentna tačka - Predstavlja interfejs između NT1 i NT2. T interfejs je digitalni i četvorožični. Čim se upredena parica primi u NT1 (ili NT12) završetku, odmah se prelazi na četvorožični prenos.
- S referentna tačka - Predstavlja interfejs između NT2 i TE1. S interfejs je digitalni i četvorožični. Preko S interfejsa korisnik šalje svoje podatke. Tipično su S i T interfejsi spojeni i tada se nazivaju S/T referentna tačka (interfejs).
- R referentna tačka - Predstavlja interfejs između TE2 i TA. Ovaj interfejs omogućava priključenje ne-ISDN opreme. U suštini, karakteristike interfejsa su određene time koja se oprema priključuje, tako da ovaj interfejs može biti i analogni i digitalni.

Ono što je bitno uočiti jeste da su svi interfejsi (sem eventualno R) digitalni, što znači da se odmah na početku vrši digitalizacija signala. Tako, na primer, ISDN telefoni vrše digitalizaciju govornog signala, a ne centrala kao u slučaju analognih telefonskih aparata priključenih preko Z interfejsa na centralu. Upravo ovaj pristup da se sve informacije digitalizuju kod korisnika omogućava integraciju servisa što je i bila ideja ISDN mreže. Digitalizovane informacije se sada jednostavno mogu slati preko iste upredene parice.

Dužina upredene parice je ista kao i kod analognih telefonskih pretplatnika (max. do nekoliko km) što je i logično jer je ideja bila postepeno prebacivanje analognih pretplatnika na digitalne ISDN pretplatnike koristeći istu paricu. Dužina linija između terminala (korisničke opreme) i mrežnih završetaka ide od oko 200m do oko 1000m u zavisnosti od toga koliko terminala se priključuje istovremeno (što se više terminala povezuje istovremeno to je manje rastojanje linije, pa se maksimalno rastojanje dobija za slučaj kada je samo jedan terminal priključen).

Uređaji (terminali) se napajaju samostalno, pri čemu centrala obezbeđuje daljinsko napajanje koje je dovoljno samo za jedan uređaj male potrošnje (tipično telefon jer je ideja bila da se daljinsko napajanje telefona ostvari i u ISDN mreži).

Sam ISDN pristup je zasnovan na slojevitoj arhitekturi, pri čemu su definisana tri sloja sa stanovišta signalizacije:

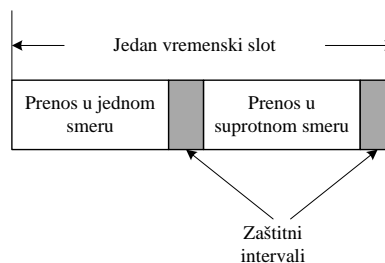
- Fizički sloj (sloj 1) - Odgovoran je za fizički prenos podataka preko odgovarajućeg interfejsa. Osnovne funkcije ovog sloja su linijsko kodiranje, poništavanje eha u slučaju U interfejsa, ubacivanje korisničkih informacija u B kanale, odnosno signalizacije u D kanal (u suprotnom smeru se vrši izvlačenje korisničkih informacija iz B kanala, odnosno signalizacije iz D kanala), sinhronizacija ramova, aktivacija i deaktivacija interfejsa.
- Sloj linka podataka (sloj 2) - Odgovoran je za pouzdanu i transparentnu razmenu okvira između centrale i ISDN korisnika. Koristi se LAPD protokol, pri čemu informacioni okviri enkapsuliraju sadržaj primljen sa sloja 3.
- Sloj mreže (sloj 3) - Inteligentan sloj koji omogućava implementaciju korisničkih servisa (preciznije signalizaciju za korisničke servise) poput telefonskog servisa koji uključuje uspostavu i raskid telefonskog poziva.

7.1.1. U interfejs

U interfejs je digitalni interfejs preko upredene parice između mrežnog završetka i centrale. Pošto se koriste samo dve žice, a prenos mora biti pun dupleks, javio se problem kako efikasno ostvariti pun dupleks preko dve žice, jer dolazi do refleksija signala i samim tim do međusobnog ometanja signala različitog smera. Refleksije se javljaju i kod slanja signala u jednom smeru, međutim, da bi došlo do ometanja signala potreban je paran broj refleksija tačnije dve refleksije u najgorem slučaju. Međutim, u praksi signal nakon dve refleksije ima značajno manju snagu od korisnog signala pa jednosmerni prenos nije ugrožen. U slučaju dvosmernog prenosa, dovoljna je jedna refleksija signala da bi se ugrozio signal iz suprotnog smera, pa je potrebno izbeći ovu smetnju. Postoje dva pristupa za rešavanje ovog problema:

- Ping-pong metoda
- Poništavanje eha

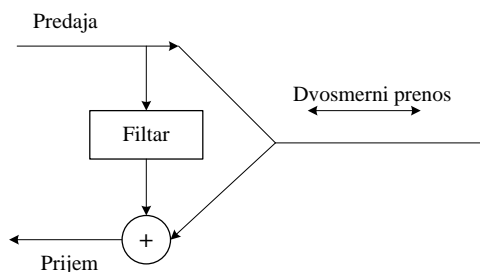
Ping-pong metoda se zasniva na deljenju vremena. Definiše se vremenski slot. U okviru jednog vremenskog slot, polovinu vremena šalje jedna strana, a drugu polovinu šalje druga strana. Pri tome, pošto je nemoguće trenutno promeniti smer prenosa, uvodi se i zaštitni interval prilikom prelaza iz jednog smera u drugi smer prenosa. Očigledno je potrebno pre samog procesa slanja izvršiti sinhronizaciju da bi obe strane mogle znati u kom intervalu imaju pravo slanja. Ping-pong metoda je prikazana na slici 7.1.1.1.



Slika 7.1.1.1. Ping-pong metoda

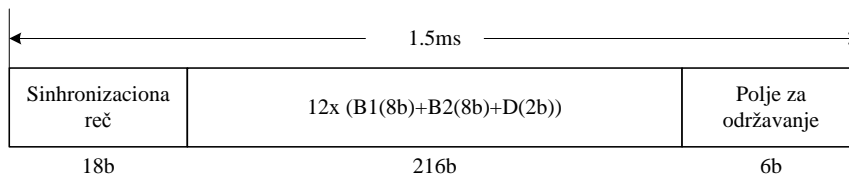
Poništavanje eha se svodi na upotrebu filtera koji se prilagođavaju parametrima linije i kašnjenju linije, tako što se koeficijenti filtera podese da što je više moguće potisnu (ponište) eho signala koji je poslat. Prilikom aktivacije U interfejsa, jedna od faza aktivacije je treniranje koeficijenata filtera, koji se nazivaju poništavači eha, na obe strane. Treniranje se vrši tako što se

pošalje na liniju poznata sekvenca i potom se uhvati njen eho i na osnovu primljenog eha se podese koeficijenti filtra. Otuda, nije dobra praksa imati neprestano uključen U interfejs jer se vremenom menjaju parametri linije, pa je neophodno ponovo podesiti koeficijente poništavača eha, a pošto se to radi samo prilikom aktivacije U interfejsa, neophodno je da U interfejs povremeno bude deaktiviran. Metoda poništavanja eha je prikazana na slici 7.1.1.2. U slučaju ISDN pristupa koristi se metoda poništavanja eha jer je efikasnija i jednostavnija za praktičnu implementaciju od ping-pong metode (nema potrebe za sinhronizacijom intervala za slanje, a takođe nema deljenja vremena, već obe strane šalju u isto vreme). Napomenimo i da nije lako projektovati kvalitetan poništavač eha, odnosno filter na kojem se zasniva poništavanje eha. Takođe, zbog već pomenute potrebe za povremenom rekalkulacijom koeficijenata filtra poništavači eha nisu pogodni za primenu u aplikacijama gde je potreban neprestan rad.



Slika 7.1.1.2. Poništavanje eha

Linijski kod koji se koristi na U interfejsu je 2B1Q kod, koji podrazumeva da se dva bita zamene jednim kvatenarnim simbolom. Kvatenarni simboli su +3, +1, -1, -3, tj. postoje dva pozitivna i dva negativna kvatenarna simbola (sa stanovišta naponske vrednosti simbola).



Slika 7.1.1.3. Struktura rama na U interfejsu

U interfejs u slučaju baznog pristupa ima ukupan protok od 160kb/s. Preko U interfejsa se prenose ramovi dužine 240 bita čija je struktura prikazana na slici 7.1.1.3. U ramu se nalazi sadržaj dvanaest uzastopnih B i D kanala (jedan B kanal sadrži 8 bita na svakih 125μs, a D kanal sadrži po 2 bita na svakih 125μs), sinhronizaciona reč i polje za održavanje U interfejsa. Sinhronizaciona reč se koristi za određivanje početka rama (sinhronizacija rama) jer bi inače bilo nemoguće odrediti pozicije bita u ramu. Vrednost sinhronizacione reči je +3 +3 -3 -3 -3 +3 -3 +3 -3 (binarni ekvivalent je 101000000010001000). Tipično se kaže da U interfejs prenosi 2B+D kanale, ali neki autori navode da U interfejs prenosi 2B+D+M kanale, gde pod M kanalom ubrajaju sinhronizacionu reč i polje za održavanje. B (*Bearer*) kanal je tzv. kanal nosilac i preko njega se prenose korisničke informacije. Pri tome, da bi se razlikovala dva B kanala, uvode se oznake B1 i B2. D (*Data*) kanal prenosi signalizaciju (signalizacija između korisnika i centrale), ali može da prenosi i podatke poput telemetrije. Ako se koristi oznaka M (*Maintenance*) kanal, on se odnosi na postizanje sinhronizacije ramova i nadramova (sinhronizaciona reč), kao i na održavanje U interfejsa (polje za održavanje). Protok jednog B kanala je 64kb/s, a D kanala je 16kb/s. Ako se koristi oznaka M kanal, protok M kanala je 16kb/s. To znači da je ukupan protok

U interfejsa 160kb/s. Devet ramova čini nadram strukturu, pri čemu prvi ram nadram strukture ima invertovanu sinhronizacionu reč da bi se mogao detektovati početak nadrama.

7.1.2. S/T interfejs

Pošto su tipično S i T interfejsi spojeni, u ovoj sekciji ćemo se ukratko osvrnuti na karakteristike S/T interfejsa. S/T interfejs je četvorožični digitalni interfejs. Pošto se koriste po dve žice za svaki smer prenosa, ovde nema problema sa ehom pa nema potrebe za korišćenjem metode poništavanja eha. Ukupan protok ovog interfejsa je 192kb/s. Preko S/T interfejsa se prenose ramovi dužine 48b, čija struktura je prikazana na slici 7.1.2.1. Trajanje jednog rama je 250μs. Samo polja B1 i B2 imaju po osam bita, sva ostala polja imaju po jedan bit. NT strana diktira sinhronizaciju na S/T interfejsu pa se terminali TE sinhronišu na rame i bite primljene od NT strane. Stoga je izabrano da se ram u smeru TE->NT zakasni za dva bita u odnosu na ram iz smera NT->TE, kao što se i vidi sa slike 7.1.2.1. B1 nose bite koji pripadaju B1 kanalu, a B2 bite koji pripadaju B2 kanalu. B1 i B2 kanal se koriste za prenos korisničkih informacija (B kanali nosioci). D polje nosi bite D kanala koji se prvenstveno koristi za razmenu signalizacije, ali i za eventualan prenos podataka (na primer, telemetrija). Vrednosti ovih kanala se iz rama u smeru TE->NT prenose posle u odgovarajuće B kanale, odnosno D kanal na U interfejsu. Isto tako vrednosti B1, B2 i D kanala sa U interfejsa sa ubacuju u odgovarajuće B1, B2 i D kanale rama na S/T interfejsu (smer NT->TE).

F	L	B1	E	D	A	F _A	N	B2	E	D	M	B1	E	D	S	B2	E	D	L
---	---	----	---	---	---	----------------	---	----	---	---	---	----	---	---	---	----	---	---	---

Smer NT->TE

F	L	B1	L	D	L	F _A	L	B2	L	D	L	B1	L	D	L	B2	L	D	L
---	---	----	---	---	---	----------------	---	----	---	---	---	----	---	---	---	----	---	---	---

Smer TE->NT

Slika 7.1.2.1. S/T ram

Linijski kod koji se koristi je AMI kod, ali logičke 1 se kodiraju sa naponom od 0V, dok se logičke 0 kodiraju sa naponima čiji se predznaci alternativno menjaju (pozitivan/negativan). Pri tome, L (*DC balancing bits*) biti se koriste za potiskivanje jednosmerne komponente. L bit ima vrednost logičke 0 ako je broj nula koji se javio od prethodnog L bita bio neparan, a u suprotnom L bit ima vrednost logičke 1.

Detekcija početka rama (sinhronizacija rama) se postiže upotrebom F (*Framing bit*) bita. F bit ima uvek vrednost logičke 0, pri čemu je vrednost napona uvek pozitivna, tako da F bit uvek narušava regularnost AMI koda jer ima isti znak kao i poslednja logička 0 pre njega. Pošto se on nalazi između dva L bita, to znači da je L bit koji se nalazi neposredno iza F bita takođe logička 0, po pravilima postavljanja vrednosti L bita koja smo naveli u prethodnom pasusu. Otuda, L bit koji se nalazi neposredno iza F bita ima negativnu vrednost napona. Prva logička 0 iza ovog L bita imaće takođe negativnu vrednost, odnosno i ona će narušiti regularnost AMI koda. Da bi se postiglo da ovo (sledeće) narušavanje regularnosti AMI koda bude blizu F bita koristi se F_A bit čija je vrednost uvek logička 0 čima se osigurava da do narušavanja AMI koda posle F bita dođe najkasnije na četrnaestom bitu rama (tj. F_A bitu). Na ovaj način detekcijom dva relativno bliska narušavanja regularnosti AMI koda lako detektujemo početak rama, ali i proveravamo status sinhronizacije rama. Ako se u dva uzastopna rama ne detektuje drugo po redu narušavanje AMI regularnosti (prvo narušavanje vrši F bit) u prvih 14 bita rama tada se smatra da je došlo do gubitka sinhronizacije rama. Napomenimo da se lako može dokazati da će

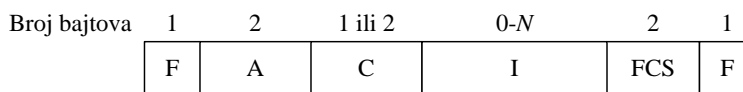
poslednja logička 0 u ramu uvek imati pozitivnu vrednost i da će vrednost F bita (logička 0 kodirana pozitivnim naponom) uvek da naruši regularnost AMI koda.

N bit se uvek postavlja na komplementarnu logičku vrednost F_A bita. E biti predstavljaju eho D bita iz rama u TE->NT smeru. E biti se koriste da bi TE terminali saznali ko je od njih zauzeo D kanal u slučaju da više njih istovremeno pokuša da zauzme D kanal. M bit se koristi za detekciju nadram strukture ukoliko se ona koristi. Nadram struktura omogućava upotrebu S kanala u smeru NT->TE, odnosno Q kanala u smeru TE->NT. S kanal se prenosi preko S bita, a Q kanal preko F_A bita u ramu za TE->NT smer (u svakom petom ramu se F_A bit tada tumači kao bit Q kanala tj. Q bit). A bit se koristi u procesu aktivacije S/T interfejsa.

Kada nijedan terminal nije aktivan (preciznije kada nema prenosa preko S/T interfejsa), S/T interfejs je deaktiviran. Proces aktivacije može pokrenuti i korisnik (tj. korisnikov terminal) i mreža tj. NT1 završetak. Deaktivaciju interfejsa može da pokrene samo korisnik. Procesi aktivacije i deaktivacije (opisani u ITU-T I.430 preporuci) neće biti objašnjavani u okviru ovih skripti.

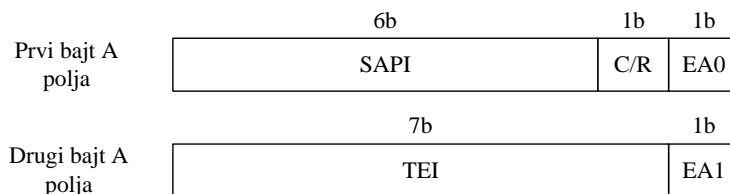
7.1.3. LAPD protokol

LAPD protokol se izvršava na sloju 2 i definisan je Q.920 serijom ITU-T preporuka. LAPD protokol se koristi za pouzdanu i transparentnu razmenu korisničke signalizacije sloja 3 putem LAPD okvira. Takođe, omogućava i kontrolu razmene korisničke signalizacije (na primer, moguće je signalizirati suprotnoj strani da pauzira slanje novih okvira). LAPD protokol omogućava multipleksiranje više istovremenih signalizacionih veza sloja 3. Struktura LAPD okvira je prikazana na slici 7.1.3.1.



Slika 7.1.3.1. LAPD okvir

Na početku LAPD okvira se nalazi otvarajuća međa (F), a na kraju LAPD okvira se nalazi zatvarajuća međa (F). Međe se koriste za određivanje početka i kraja okvira. Struktura obe međe je ista: 01111110. LAPD protokol koristi ubacivanje lažnih nula u deo okvira koji se nalazi između međa da bi izbegao pojavu lažne međe. Princip ubacivanja lažne nule je identičan onome iz signalizacije No.7, odnosno posle pet uzastopnih jedinica se obavezno ubacuje lažna nula.



Slika 7.1.3.2. Adresno polje

Adresno polje A ima višestruku ulogu (slika 7.1.3.2). SAPI (*Service Access Point Identifier*) deo označava koji servis je u pitanju (procedure za kontrolu poziva (uspostava, raskid i dr.), menadžment sloja 2, X.25 paketska komunikacija i dr.) što je bitno radi procesiranja u centrali (koji deo u centrali je odgovoran za procesiranje korisničke signalizacije). TEI (*Terminal Endpoint Identifier*) polje identifikuje terminal na koji se odnosi signalizaciona poruka tj. LAPD okvir. TEI vrednost 127 (binarno 11111111) je brokast adresa kojom su adresirani svi terminali

korisnika. TEI vrednosti iz opsega 0-63 dodeljuje korisnik, a iz opsega 64-126 dodeljuje mreža (preciznije centrala). SAPI i TEI polja jedinstveno identifikuju signalizacionu komunikaciju kojoj pripada dotični LAPD okvir. C/R bit se koristi za razlikovanje tipa poruke, tj. da li je u pitanju komanda ili odgovor. Ukoliko je u pitanju komanda koju je formirao korisnik onda je vrednost ovog bita 0, a ako je komanda koju je formirala centrala onda je vrednost ovog bita 1. Ukoliko je u pitanju odgovor koji šalje korisnik onda je vrednost ovog bita 1, a ako je odgovor poslala centrala onda je vrednost ovog bita 0. EA biti se koriste za eventualno proširenje adresnog polja dodatnim bajtovima. U zadnjem bajtu adresnog polja EA bit ima vrednost 1, a u svim prethodnim bajtovima adresnog polja EA bit ima vrednost 0. LAPD protokol podrazumeva da adresno polje A uvek bude dužine dva bajta, pa je uvek $EA0=0$ i $EA1=1$. I polje sadrži koristan sadržaj koji je dobijen sa sloja 3 (preciznije sadržaj koji se dobije sa sloja 3 se umeće u I polje). FCS (*Frame Check Sequence*) polje predstavlja 16-bitno polje koje se koristi za detekciju grešaka CRC metodom. Koristi se ista metoda i generišući polinom za računanje FCS polja i njegovu proveru na prijemu kao i kod No.7 signalizacije. Kontrolno polje C definiše tip okvira i struktura ovog polja zavisi od tipa okvira. Razlikuju se tri tipa okvira (prikazani na slici 7.1.3.3):

- S (*Supervision*) okviri - Okviri za signaliziranje stanja prijemnika, kao i za potvrđivanje informacionih okvira. Ovi okviri nemaju I polje.
- U (*Unnumbered*) okviri - Okviri za različite operacije preko signalizacionog linka tj. D kanala (poput aktivacije i deaktivacije signalizacione veze). Ovi okviri jedini imaju kontrolno C polje dužine jedan bajt. Neki od ovih okvira imaju I polje. U pitanju su okviri UI, FRMR. XID okvir može, ali i ne mora imati I polje.
- I (*Information*) okviri - Okviri za prenos korisničke signalizacije dobijene od sloja 3. Ovi okviri uvek imaju I polje.

Tip okvira	Komande	Odgovori	C – Prvi bajt								C – Drugi bajt		
I	I		N(S)								0	N(R)	P
S	RR	RR	0	0	0	0	0	0	0	0	1	N(R)	P/F
	RNR	RNR	0	0	0	0	0	1	0	1	N(R)	P/F	
	REJ	REJ	0	0	0	0	1	0	0	1	N(R)	P/F	
U	SABME		0	1	1	P	1	1	1	1			
	DISC		0	1	0	P	0	0	1	1			
	UI		0	0	0	P	0	0	1	1			
		DM	0	0	0	F	1	1	1	1			
		UA	0	1	1	F	0	0	1	1			
		FRMR	1	0	0	F	0	1	1	1			
		XID	XID	1	0	1	P/F	1	1	1	1		

Slika 7.1.3.3. Tipovi LAPD okvira

Polje N(S) označava redni broj okvira koji se šalje, pri čemu se za numeraciju koriste brojevi od 0 do 127. Samo informacioni okviri imaju definisan redni broj okvira jer jedino njih treba retransmitovati u slučaju greške. Pri tome, maksimalan broj I okvira koji se može poslati bez prijema potvrde je 127 (iz istih razloga kao kod No.7 signalizacije, a koji potiču od činjenice da se koristi 'vrti se za N' metoda). Polje N(R) označava potvrdu poslednjeg uspešno primljenog I okvira tako što se u N(R) polju stavlja redni broj sledećeg okvira koji se očekuje. P

(Poll) bit predstavlja prozivajući bit koji označava da li je u pitanju komanda na koju se bezuslovno traži odgovor ($P=1$) ili komanda na koju odgovor može, a i ne mora da se pošalje ($P=0$). F (Final) bit se koristi u odgovorima, pri čemu, $F=1$ označava odgovor na komandu koja je bezuslovno tražila odgovor, a $F=0$ označava odgovor koji nije uslovljen komandom. I okviri se potvrđuju *piggybacking* principom, odnosno, potvrde se ubacuju u I okvire koji se šalju sa suprotne strane. Ako nema I okvira za slanje, onda se potvrđivanje vrši okvirima koji spadaju u grupu S okvira.

Sledeće tri vrste S okvira postoje:

- RR (*Receiver Ready*) - Signalizira da je prijemnik spreman da prima okvire, a takođe se koristi za potvrđivanje I okvira iz suprotnog smera u slučaju kada nema I okvira za slanje.
- RNR (*Receiver Not Ready*) - Signalizira da prijemnik trenutno nije spreman da prima okvire. Da bi prijemnik signalizirao ponovnu spremnost za prijem, mora da se pošalje RR ili REJ okvir u suprotnu stranu.
- REJ (*REject*) - Došlo je do odbacivanja I okvira, pa je neophodno izvršiti retransmisiju I okvira počev od onog označenog vrednošću u polju N(R). Sve dok se ne dobije ispravno I okvir naveden u REJ okviru, REJ okvir se neće slati za eventualne druge kasnije pogrešne I okvire. Ovaj okvir se može tumačiti kao negativna potvrda. Očigledno, u LAPD protokolu se koristi princip 'vрати se za N', jer se svi okviri nakon pogrešnog takođe retransmituju. REJ okvir takođe poništava efekat RNR okvira, tj. tumači se da može da se nastavi slanje okvira.

Sledeće vrste U okvira postoje:

- SABME (*Set Asynchronous Balanced Mode Extended*) - Ovaj okvir se šalje za otpočinjanje razmene signalizacionih (LAPD) okvira, odnosno za uspostavu nove LAPD veze. SABME okvir se pozitivno potvrđuje UA ili UI okvirom, a negativno sa DM okvirom (sve tri spadaju u U grupu okvira). Pozitivna potvrda znači da je LAPD veza uspešno pokrenuta, a negativna potvrda znači da nije došlo do pokretanja LAPD veze, pa ne mogu da se razmenjuju I okviri.
- DISC (*DISConnect*) - Ovim okvirom se završava razmena LAPD okvira, odnosno raskida se LAPD veza.
- UI (*Unnumbered Information*) - Ovaj okvir prenosi informacije sa sloja 3 u slučajevima kada sloj 3 eksplicitno zahteva od sloja 2 prenos bez potvrđivanja. U slučaju gubitka ovog okvira, za njegovu eventualnu retransmisiju (tačnije retransmisiju informacije koju je nosio) je odgovoran sloj 3.
- DM (*Disconnect Mode*) - Ovaj odgovor predstavlja odgovor na DISC okvir u slučaju raskida veze ako strana koja primi DISC okvir smatra da je veza već raskinuta ili kao negativan odgovor na SABME okvir prilikom uspostave veze (neuspešna uspostava).
- UA (*Unnumbered Acknowledgment*) - Pozitivan odgovor na SABME okvir prilikom uspostave LAPD veze (uspešna uspostava veze), kao i pozitivan odgovor na DISC okvir prilikom raskidanja LAPD veze.

- FRMR (*FRaMe Reject*) - Signalizacija da je došlo do odbacivanja okvira, ali da se navedena greška ne može ispraviti retransmisijom pogrešnog okvira (neregularna (neprepoznata) vrednost kontrolnog C polja, U ili S okvir neispravne dužine, I polje je premašilo maksimalnu dužinu, neispravna (neočekivana) vrednost N(R) polja). U I polju se navodi razlog odbacivanja okvira.
- XID (*eXchange IDentification*) - Okviri koji se koriste za razmenu identifikacionih podataka između obe strane u LAPD vezi.

Kao što vidimo, LAPD protokol služi da obezbedi pouzdanu razmenu I okvira koji nose signalizacione poruke kreirane na sloju 3. Očigledno, adresno polje omogućava razlikovanje LAPD veza, tako da je moguće ostvariti više istovremenih LAPD veza, što je i bila jedna od ideja ISDN tehnologije, a to je istovremeni rad korisnika sa više uređaja odjednom (na primer, da telefonira i prenosi podatke sa računara u isto vreme preko svog ISDN priključka). Praktično koristi se princip signalizacije po zajedničkom kanalu.

7.1.4. DSS1 signalizacija

DSS1 (*Digital Subscriber Signaling system No.1*) signalizacija sloja 3 je definisana ITU-T preporukama serije Q.930, ali pored nje postoje i modifikacije ove signalizacije koje su razvile mnoge firme za svoje uređaje ili sisteme. U okviru ove sekcije ćemo navesti osnovne principe DSS1 signalizacije. DSS1 signalizacija se zasniva na razmeni signalizacionih poruka čija je struktura prikazana na slici 7.1.4.1.

Broj bajtova	1	0.5	1-15	1	N	
	Diskriminator protokola	0000	Broj bajtova ID veze	ID veze	Tip poruke	Info

Slika 7.1.4.1. Struktura DSS1 signalizacione poruke

Diskriminator protokola je namenjen za identifikaciju protokola koji se koristi u razmeni signalizacije i ovo polje se uvek postavlja na vrednost 00001000 čime se signalizira da je u pitanju DSS1 signalizacija. Očigledno, ideja je bila da se omogući fleksibilnost tako što će se dozvoliti multipleksiranje različitih protokola, ali ta ideja nije zaživela, između ostalog i zbog zaustavljanja daljeg razvoja ISDN tehnologije. Broj bajtova identifikacije veze određuje dužinu u bajtovima polja identifikacija veze (vrednosti mogu biti od 1 do 15). Identifikacija veze je identifikator veze neophodan za razlikovanje veza, ukoliko se više simultanih veza ostvari sa istog uređaja koristeći istu LAPD vezu na drugom sloju (inače, ista vrednost ovog polja se može javiti istovremeno u različitim LAPD vezama). Prvi bit identifikacije veze ukazuje na to ko je inicirao dotičnu vezu. Tako će ovaj bit uvek imati vrednost 0 ako poruku šalje strana koja je inicirala vezu, odnosno 1 ako poruku šalje suprotna strana (koja nije inicirala vezu). Polje tip poruke definiše tip poruke koja se šalje. Najviši bit ovog polja se postavlja uvek na 0 jer je to rezervni bit za eventualnu buduću primenu. Poruke se mogu grupisati u četiri grupe (konkretne vrednosti polja tip poruke za navedene poruke se mogu naći u ITU-T preporukama Q.930 serije, gde se mogu naći i objašnjenja svih navedenih poruka):

- Poruke za uspostavu veze (*Call establishment*) - Vrednost polja tip poruke je 000XXXXX. U ovu grupu spadaju poruke **ALERTING**, **CALL PROCEEDING**, **PROGRESS**, **CONNECT**, **CONNECT ACK**, **SETUP**, **SETUP ACK**.

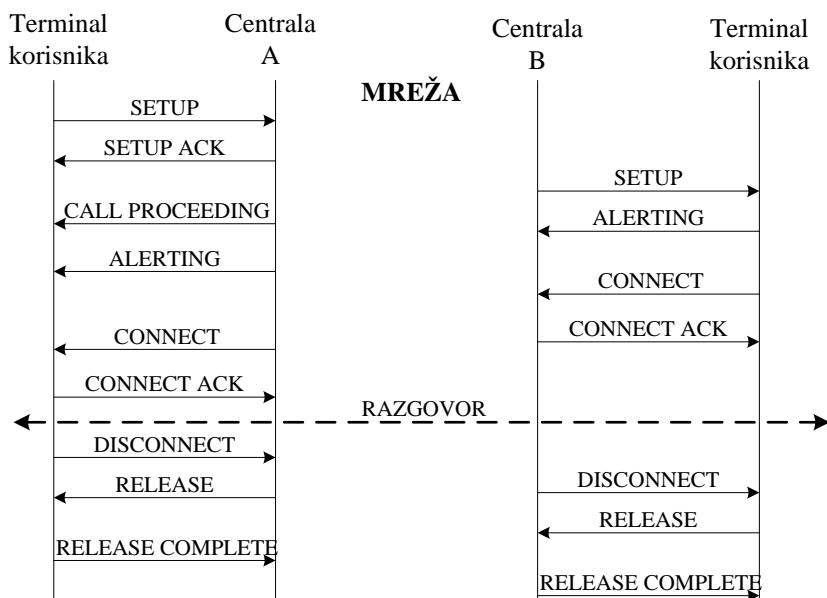
- Poruke za trajanje veze (*Call information phase*) - Vrednost polja tip poruke je 001XXXXX. U ovu grupu spadaju poruke **RESUME, RESUME ACK, RESUME REJECT, SUSPEND, SUSPEND ACK, SUSPEND REJECT, USER INFORMATION, HOLD, HOLD ACK, HOLD REJECT, RETRIEVE, RETRIEVE ACK, RETRIEVE REJECT.**
- Poruke za raskid veze (*Call clearing*) - Vrednost polja tip poruke je 010XXXXX. U ovu grupu spadaju poruke **DISCONNECT, RELEASE, RELEASE COMPLETE, RESTART, RESTART ACK, DETACH, DETACH ACK.**
- Ostale poruke (*Miscellaneous*) - Vrednost polja tip poruke je 011XXXXX. U ovu grupu spadaju poruke **SEGMENT, CONGESTION CONTROL, INFORMATION, NOTIFY, STATUS, STATUS ENQUIRY, CANCEL ACK, CANCEL REJECT, REGISTER, REGISTER ACK, REGISTER REJECT, FACILITY, FACILITY ACK, FACILITY REJECT.**

Boldovane poruke su definisane standardom Q.931, dok su preostale poruke ili definisane u nekim drugim ITU-T standardima ili se koriste za kompatibilnost unazad sa starijim verzijama DSS1 signalizacije.

Info polje zavisi od samog tipa poruke i nosi korisnu informaciju. Format ovog polja su definisani u okviru ITU-T Q.930 serije preporuka.

Na slici 7.1.4.2 je prikazan primer uspostave telefonske veze dva korisnika, pri čemu je korisnik sa centrale A pozivajući korisnik, a korisnik sa centrale B je traženi korisnik. Korisnik A inicira vezu tako što šalje poruku SETUP u kojoj navodi da želi da ostvari telefonsku vezu, i u poslatoj SETUP poruci se nalazi i adresa (telefonski broj) traženog korisnika. Centrala potvrđuje prijem SETUP poruke sa SETUP ACK, a potom centrala šalje i poruku CALL PROCEEDING da bi korisnik znao da je uspostava veze sa traženim korisnikom u toku. Signalizacijom između centrala se vrši zauzimanje resursa u ISDN mreži (u ovom slučaju možemo slobodno reći telefonska mreža pošto je telefonska veza u pitanju) i centrala B će biti obavestena da je jedan njen korisnik tražen. Signalizacija koja se može koristiti u mreži je, na primer, signalizacija No.7. Pri tome, centrale A i B mogu biti direktno spojene ili posredno preko drugih centrala. Centrala B obavestava traženog korisnika sa SETUP porukom. ALERTING poruka signalizira centrali da korisniku zvoni njegov telefon (ISDN telefon ili analogni telefon ako je on priključen preko TA). Obaveštenje da traženom korisniku zvoni telefon se prenosi preko mreže (signalizacijom između centrala) do centrale A koja potom šalje poruku ALERTING pozivajućem korisniku čime ga obavestava da traženom korisniku zvoni telefon i da se sada samo čeka njegov odziv. Kada se traženi korisnik odazove, terminal (telefon) traženog korisnika generiše poruku CONNECT kojom se centrala obavestava da se korisnik odazvao. Centrala B vrši potvrđivanje porukom CONNECT ACK, a takođe obavestava centralu A (signalizacijom između centrala) da se traženi korisnik odazvao. Centrala A obavestava svog korisnika o odzivu traženog korisnika generisanjem poruke CONNECT, a korisnik potvrđuje prijem ove poruke CONNECT ACK porukom čime razgovor može da počne. Bilo koja strana može da raskine vezu. U primeru sa slike 7.1.4.2, pozivajući korisnik raskida vezu. Porukom DISCONNECT pozivajući korisnik raskida vezu. Centrala A potvrđuje raskidanje sa RELEASE porukom koju pozivajući korisnik potvrđuje sa RELEASE COMPLETE. Centrala A takođe obavestava centralu B da se veza raskida (signalizacijom između centrala) pa centrala B šalje poruku DISCONNECT traženom korisniku da bi ga obavestila da se veza raskida. Traženi korisnik generiše poruku

RELEASE, a centrala B potvrđuje ovu poruku sa RELEASE COMPLETE porukom čime je proces raskidanja veze završen na obe strane.



Slika 7.1.4.2. Primer uspostave i raskida telefonske veze