

## 3. FIZIČKA RAZINA

### 3.1 UVOD

Na fizičkoj razini razmatramo mehanička, električna i funkcionalna svojstva potrebna za neposredno povezivanje čvorišta ili terminala mreže na komunikacijski kanal. Jedinice informacije koje se prenose na fizičkom sloju su bit i oktet.

#### 3.1.1 STRUKTURA DTE-DCE

Na početku razvoja terminalskih mreža prevladao je koncept zatvorenosti, kad je svaki proizvođač specificirao vlastiti prijenosni medij, oblik signala, konektor i funkcionalne karakteristike signala.

Daljnijim razvojem, kada je koncept otvorenosti dobio na značaju, povezivanje je ostvareno strukturom DTE-DCE. Ovdje terminal DTE (Data Terminal Equipment) povezujemo na komunikacijski kanal, koji je zaključen prijenosnom opremom DCE (Data Circuit Terminating Equipment). Osnovni model sustava na fizičkoj razini prikazan je na slici 3.1.



*Slika 3.1. Model prijena podataka na fizičkoj razini*

DTE sadrži sve sklopove potrebne za prijenos podataka iz jednog sustava u drugi. DCE sadrži sve sklopove potrebne za prilagodbu ili pretvorbu signala iz DTE u signale koje je moguće ili dozvoljeno prenijeti komunikacijskim kanalom. Ukoliko se radi o telefonskom kanalu, DCE nazivamo modemom (MODulator-DEModulator).

Struktura DTE-DCE izabrana je kako bi se postigla mogućnost povezivanja bilo kojeg terminala na bilo koji kanal. Ovakva struktura sadrži dva područja standardizacije. Standardizacija sučelja DTE-DCE služi da bi se modemi različitih proizvođača mogli spojiti na bilo koji terminal. Standardizacija signala na kanalu potrebna je za uspješan prijenos podataka između dva modema različitih proizvođača.

#### 3.1.2 STANDARDI FIZIČKE RAZINE

Standardi koji se odnose na fizičku razinu sadrže specifikaciju mehaničkih svojstava sučelja, električnih karakteristika signala i funkcionalnih karakteristika signala. Neki standardi postoje kao samostalni, dok su drugi dio standarda viših razina. Često pojedini standard specificira samo jednu grupu svojstava sučelja, dok se u specifikaciji ostalih svojstava poziva na druge standarde.

Standarde fizičke razine možemo podijeliti u dvije grupe, na one koji specificiraju svojstva sučelja DTE-DCE, te na one koji specificiraju oblik signala na kanalu.

##### 3.1.2.1 Standardi sučelja DTE-DCE

Sučelja DTE-DCE su izvorno razvijana radi korištenja telefonskih kanala za prijenos podataka. Nakon toga su usavršavana zbog potrebe za povećanjem brzine i udaljenosti, kroz specifikacije digitalnih mreža za prijenos podataka s komutacijom kanala. Iz ove grupe standarda razvoj je dalje išao u dva smjera, prema standardima lokalnih mreža i prema standardima digitalnih pretplatničkih mreža, dijelom u okviru ISDN standardizacije.

Sučelja za prijenos podataka po analognim i digitalnim mrežama s prospajanjem kanala specificira ITU-T svojim preporukama V i X serije. Ove specifikacije dijelom su sukladne sa EIA standardima.

Sučelje DTE-DCE za lokalne mreže (MAU, Media Attachment Unit), specificirano je kroz standarde lokalnih mreža (vidi 3.1.2.2.).

Masovnost primjene osobnih računala (IBM-PC kompatibilnih), napredne tehnologije digitalne obrade signala, te zrelost standardizacije, doveli su do pojave internih (ugrađenih) modema i mrežnih kartica, kod kojih se medij direktno priključuje na računalo. Značaj sučelja DTE-DCE se polako gubi.

### 3.1.2.2 Standardi signala na kanalima

Računala kod umrežavanja spajamo na analogne telefonske pretplatničke mreže, digitalne pretplatničke mreže ili na lokalne mreže.

Analognu telefonsku mrežu koristimo najčešće kao pretplatničku mrežu za pristup javnim mrežama za prijenos podataka. Standardizacija signala na telefonskom kanalu obuhvaća specifikaciju modulacije signala (FSK, DPSK, QAM), brzine prijenosa podataka, procedure uspostave veze DCE-DCE (sinkronizacija po bitu, sinkronizacija scramblera, odabir optimalne brzine prijenosa), te procedure uspostave logičkog kanala (kontrola pogreški, kompresija podataka). Standarde donosi ITU-T u svojoj V seriji preporuka.

Digitalna pretplatnička mreža (petlja) prvobitno je specificirana kroz ISDN preporuke ITU-T (I-400 skup preporuka). Standardizacija se nastavlja kroz xDSL skupinu standarda (ADSL, Asymmetrical Digital Subscriber Loop).

Standardi lokalnih mreža objedinjeni su kroz grupu 802.xxyy specifikacija koje izdaje IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), a preuzima ih ISO kao IS-8802.xxyy standarde. Korisnički priključci ATM mreže imaju svojstva lokalnih mreža.

## 3.2 SUČELJE DTE-DCE

Pregled standarda sučelja DTE-DCE prikazan je u tablici 3.1.

sučelje	specifikacija:	ITU-T	EIA
prijenos analognim kanalima	mehanička	ISO-2110 (25pD)	RS-232D (25pD)
	električka	V.28	RS-232D
	funkcionalna	V.24	RS-232D
poboljšani prijenos analognim i digitalnim kanalima	mehanička	-	RS-449 (37pD)
	električka	V.10 i V.11 = X.26 i X.27	RS-423 i RS-422
	funkcionalna	-	RS-449 RS-485 (sabirnica)
digitalne mreže s prospajanjem kanala	mehanička	ISO-4903 (15pD)	-
	električka	X.26 i X.27	RS-423 i RS-422
	funkcionalna	X.20(bis), X.21(bis)	-

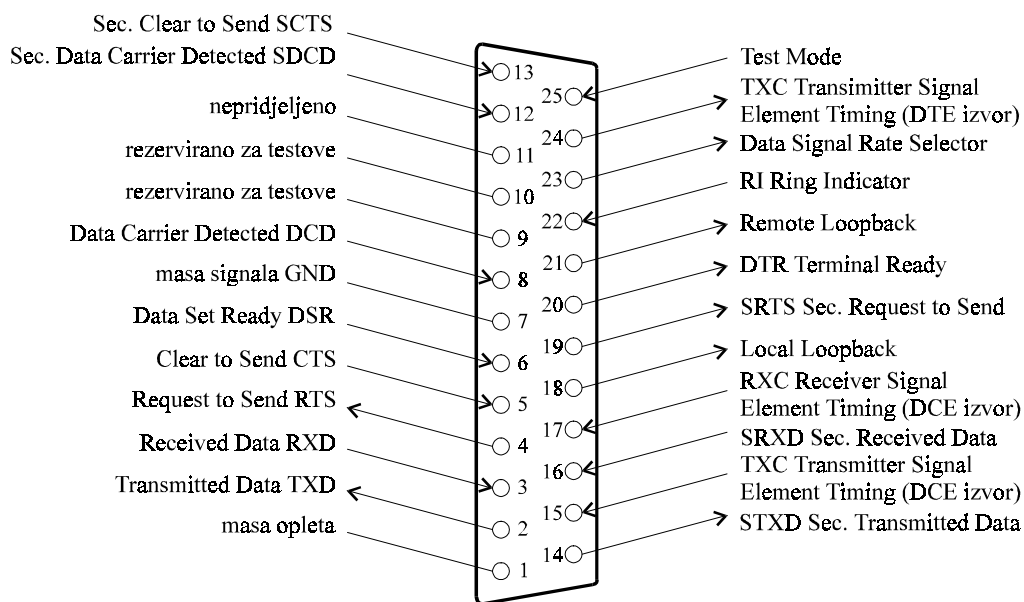
*Tablica 3.1. Standardi sučelja DTE-DCE za mreže s prospajanjem kanala*

Danas je masovno u primjeni osnovni V.24/V.28 (RS-232D) standard. Razlog tome je isporuka veznih sklopova u osobnim računalima (COM1, COM2), te uvođenje koncepta inteligentnih modema za koje je V.24/V.28 sučelje zadovoljavajuće. Značajna je industrijska primjena RS-485 sabirnice, koja ima svojstva male, jednostavne, spore i robusne lokalne mreže. Pokušaj uvođenja RS-449 standarda oko 1980. je doživio neuspjeh zbog kompleksnosti i zbog istih razloga zbog kojih je RS-232 ostao u primjeni. Sučelja digitalnih mreža za prijenos podataka s prospajanjem kanala nisu doživjela masovnu primjenu samom činjenicom da te mreže nikad nisu građene u značajnijem obimu.

### 3.2.1 MEHANIČKE KARAKTERISTIKE SUČELJA

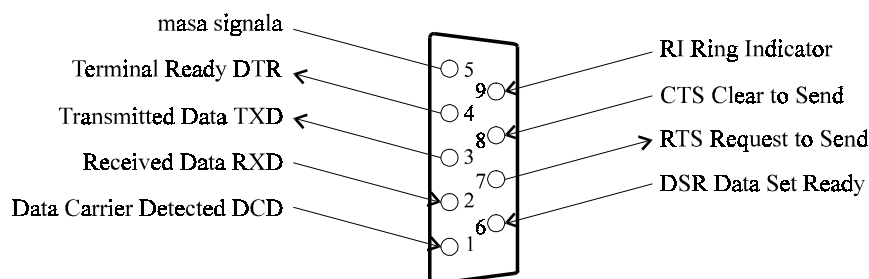
Pod mehaničkim karakteristikama podrazumijeva se vrsta i oblik konektora, te raspored signala po kontaktima. Na sučeljima DTE-DCE često se specificiraju tzv. D konektori, zbog specifičnog oblika koji

je rezultat neparnog broja kontakata smještenih naizmjenice u dva reda. Po standardu ISO 2110 (RS-232D) specificiran je 25 iglični D konektor (25pD), slika 3.2.



Slika 3.2. 25 iglični D-konektor

U najvećem broju slučajeva od svih ovih signala (vidi poglavlje 3.2.3) u uporabi je 9 osnovnih, pa IBM na PC-AT računalima koristi 9 iglični D konektor (9pD), slika 3.3.



Slika 3.3. 9 iglični D-konektor

Konektor na računalu je tipa utikača, a na modemu tipa utičnice. Kabel za povezivanje terminala s modemom na strani računala ima utičnicu, a na strani modema utikač (modemski kabel). Za razliku od njega, NUL-modem kabel ima obje strane utičnice i koristimo ga za priključivanje dvaju terminala.

### 3.2.2 ELEKTRIČNE KARAKTERISTIKE SIGNALA NA SUČELJU

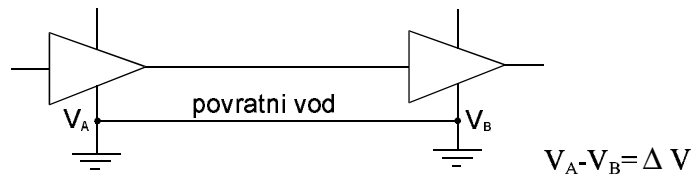
Električne karakteristike signala u velikoj mjeri ovise o načinu povezivanja, koje može biti nesimetrično (nebalansirano), polusimetrično (polubalansirano) ili simetrično (balansirano), tablica 3.2.

povezivanje:	ITU-T	EIA
nesimetrično	V.28	RS-232D
polusimetrično	V.10 = X.26	RS-423
simetrično	V.10 = X.27	RS-422

Tablica 3.2. Standardi sučelja DTE-DCE prema načinu povezivanja

### 3.2.2.1 V.28 (RS-232-električne karakteristike)

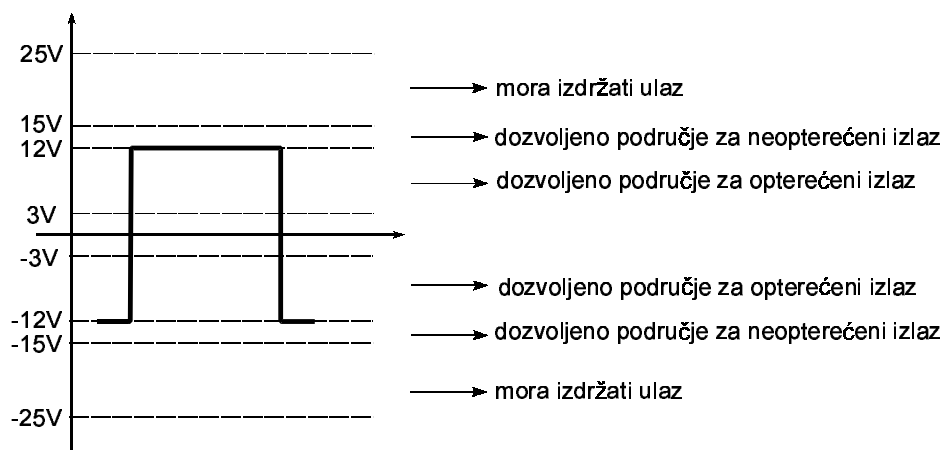
DTE i DCE se prema standardu V.28 povezuju nesimetričnim (nebalansiranim) signalom, slika 3.4:



**Slika 3.4.** Povezivanje DTE i DCE prema ITU-T standardu V.28

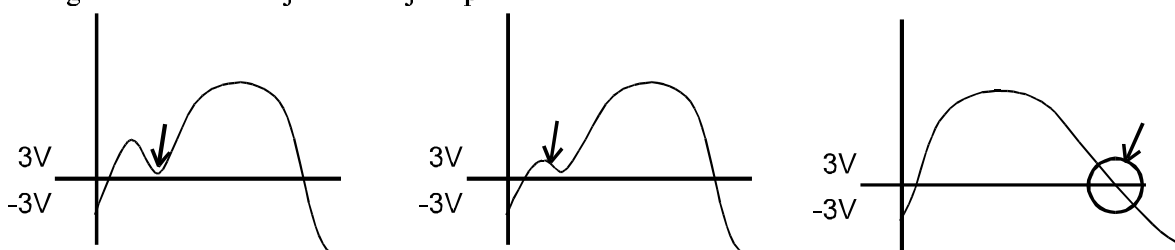
S jedne strane imamo predajna, a s druge prijemna pojačala. Kao referentna točka služi zajednički povratni vod, koji ujedno povezuje uzemljenja dvaju uređaja. Između uzemljenja udaljenih stanica uvijek može postojati neka razlika potencijala. Ako se stvori zatvorena petlja, poteći će prilično jaka struja izjednačenja. Ovaj napon i struja mogu oštetiti sklopove u DTE i DCE, pa se mora paziti da se ne stvore petlje uzemljenja. Ukoliko se mase uređaja ne povežu, razlika potencijala uzemljenja se direktno pribraja korisnom signalu. Zbog nesimetrije, problem je i veliko preslušavanje između kanala. Ono može biti potencirano visokom razinom signala, te udaljenošću prijemnika i predajnika.

Standardom V.28 određene su naponske razine prema slici 3.5. Signal u odnosu na referentni napon zajedničkog povratnog voda mora imati napon od najmanje  $\pm 3V$ . Kad je izlaz opterećen, signal se mora nalaziti između  $3V$  i  $12V$  (odnosno  $-3V$  i  $-12V$ ), a kad je neopterećen ne smije preći  $15V$  (odnosno  $-15V$ ). Ulaz mora bez oštećenja izdržati napon između  $\pm 25V$ . Zbroj svih smetajućih napona ne smije prekoračiti  $4V$ , a najveća udaljenost između povezanih uređaja ograničena je na  $15m$ .



**Slika 3.5.** Električne karakteristike signala prema ITU-T V.28

Signal mora zadovoljavati zahtjeve prema slici 3.6.



1. Signal mora dostići suprotnu vrijednost i ne smije se vratiti u isto područje
2. Signal unutar prijelaznog područja ne smije mijenjati smjer promjene
3. Vrijeme prolaza kroz prijelazno područje ne smije biti dulje od  $1ms$  ili  $3\%$  trajanja impulsa
4. Da se ograniči smetnje zbog preslušavanja brzina porasta signala ograničena je na  $30V/\mu s$

**Slika 3.6.** Posebni zahtjevi prema ITU-T V.28

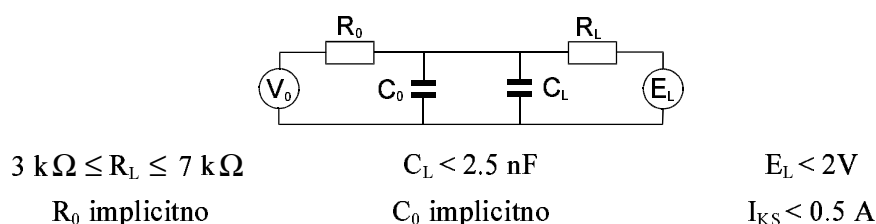
Za udaljenost od 15m najveća brzina prijenosa koja se može postići je 20 kb/s. Za manju udaljenost se može postići veća brzina prijenosa, do 115 kb/s.

U pogledu iznosa napona, preporuka V.28 kaže da će se signal smatrati binarnom jedinicom ako je napon na spojnoj točki manji od -3V, a smatrat će se binarnom nulom ako je veći od +3V. Upravljački signali smatrat će se aktivnim (stanje ON) ako su veći od +3V, odnosno neaktivnim (stanje OFF) ako su manji od -3V. Područje između +3V i -3V je prijelazno područje, Tablica 3.3.

namjena signala	V<-3V	V>+3V
podatkovni	1	0
upravljački	OFF (neaktivno)	ON (aktivno)

**Tablica 3.3.** Naponske razine prema ITU-T V.28

Nadomjesna shema kruga prikazana je na slici 3.7:

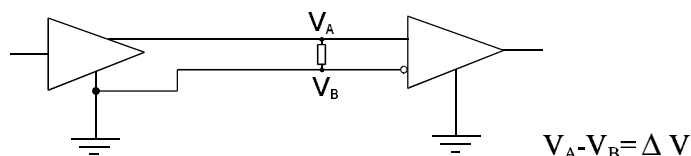


**Slika 3.7.** Nadomjesna shema spoja DTE i DCE prema ITU-T V.28

Vrijednosti  $R_0$  i  $C_0$  određene su implicitno, kroz maksimalni napon neopterećenog predajnika, maksimalnu struju kratkog spoja i maksimalnu brzinu porasta signala.

### 3.2.2.2 V.11 i V.10 (RS 422 i RS 423)

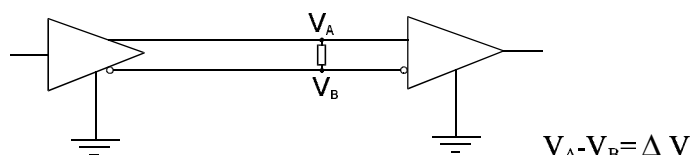
V.10 (RS 423) koristi polubalansirano (polusimetrično) povezivanje kod kojeg je prijemnik simetričan, a predajnik nesimetričan, slika 3.8.



**Slika 3.8.** Povezivanje DTE i DCE prema CCITT V.10 (RS-423)

Prijemnik mjeri razliku potencijala između signala i uzemljenja predajnika. Osnovna prednost polusimetričnog spoja je u potiskivanju smetnji nastalih zbog razlike potencijala masa povezanih uređaja. Otpornost na smetnje i preslušavanje je nešto malo bolja u odnosu na nesimetrični spoj. Povezivanje po V.10 predstavlja kompromisno rješenje jer zahtijeva korištenje samo dva povratna voda.

Kod V.11 (RS 422) koristi se balansirani (simetrični) način povezivanja, slika 3.9.



**Slika 3.9.** Povezivanje DTE i DCE prema CCITT V.11 (RS-422)

Prijemnik i predajnik su simetrični, što znači da je kod predajnika jedan izlaz nenegiran, a drugi negiran. Prijemnik mjeri razliku dvaju signala umjesto apsolutne vrijednosti prema uzemljenju, što je povoljno u slučaju smetnji i preslušavanja. Smetnja se simetrično rasporedi na oba voda, te se između

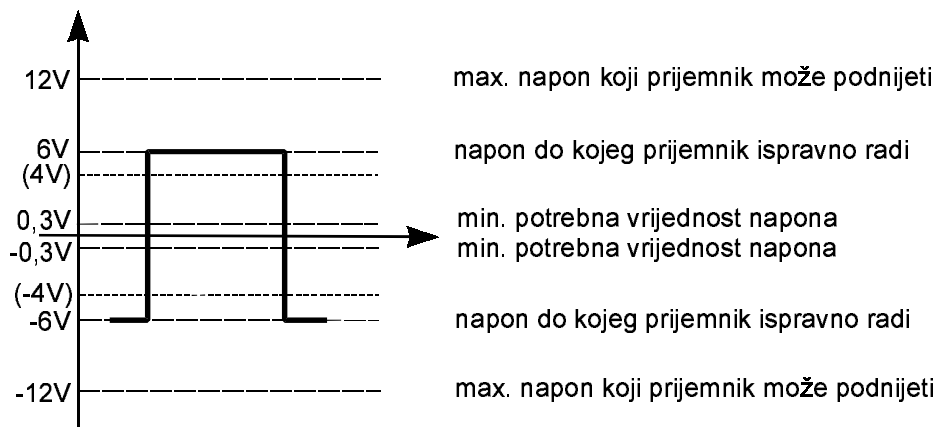
njih ne pojavljuje razlika potencijala. Preplitanjem parica simetrija se poboljšava. Istim mehanizmom poništava se utjecaj razlike potencijala uzemljenja, u granicama dozvoljenim za ulazne sklopove (prijemnike).

V.11 i V.10 su identični po električnim karakteristikama, iako su različiti po načinu spajanja. Logička 0, odnosno stanje ON, definirani su za napone pozitivnije od +0.3 V, a logička 1 (stanje OFF) za napone negativnije od -0.3 V, tablica 3.4. Struja kratkog spoja ne smije biti veća od 150mA.

namjena signala	V<-0,3V	V>+0,3V
podatkovni	1	0
upravljački	OFF (neaktivno)	ON (aktivno)

Tablica 3.4. Naponske razine prema ITU-T V.10 i V.11

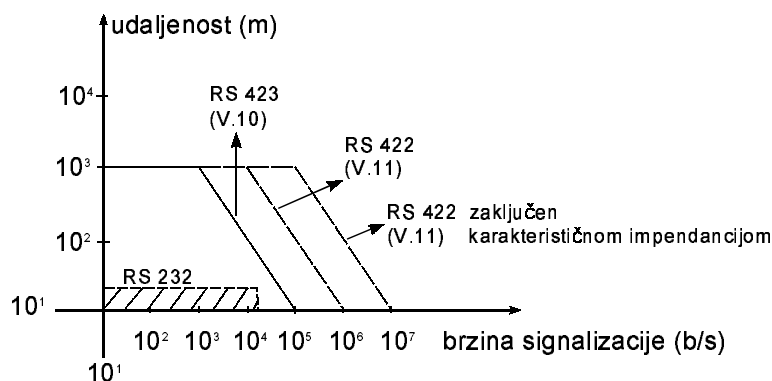
Upotrebom diferencijalnih prijemnih pojačala postiglo se smanjenje minimalnog napona na 0.3V (10 puta manje nego kod RS-232). Maksimalni napon koji prijemnik mora podnijeti bez oštećenja je  $\pm 12V$ . Pri razlici potencijala od 0.3V do 6V prijemnik garantirano ispravno radi. Kod mjerenja napona otvorenog kruga, ali opterećenog sa 3.9 k $\Omega$ , izlaz predajnika mora biti između  $\pm 4V$  i  $\pm 6V$ .



Slika 3.10. Električne karakteristike signala prema CCITT V.10 i V.11

Predajna pojačala imaju mogućnost dovođenja izlaza u stanje visoke impedancije. Više izlaza može biti spojeno na isti par vodiča, pa postoji mogućnost izgrađivanja sabirnica, standard RS-485.

V.10 i V.11 se koriste u slučajevima kada je potrebno postići veću brzinu i udaljenost prijenosa, odnosno veću otpornost na smetnje. V.11 (RS-422) se upotrebljava pri visokim, a V.10 (RS-423) pri nižim brzinama prijenosa podataka. Na slici 3.11. prikazana je ovisnost udaljenosti o brzini signalizacije za standarde ITU-T V.28, V.10 i V.11 (RS-232, RS-423 i RS-422).



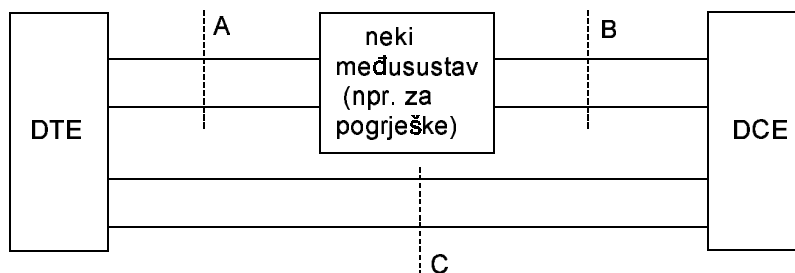
Slika 3.11. Usporedba V.28, V.11 i V.10

### 3.2.3 FUNKCIONALNE KARAKTERISTIKE SUČELJA

Funkcionalne karakteristike sučelja DTE-DCE određuju namjenu pojedinih signala na sučelju. Većina sučelja specificira korištenje više signala, koje dijelimo na podatkovne i kontrolne. Kontrolni signali služe za upravljanje DCE uređajem, te za signalizaciju stanja veze.

#### 3.2.3.1 Preporuka ITU-T V.24 (RS-232 funkcionalni dio)

Preporuka ITU-T V.24 razvijena je sa svrhom povezivanja terminala i modema, pri čemu je korištena pretpostavka da se radi o neinteligentnom modemu. Koristi se model sučelja prema slici 3.12.



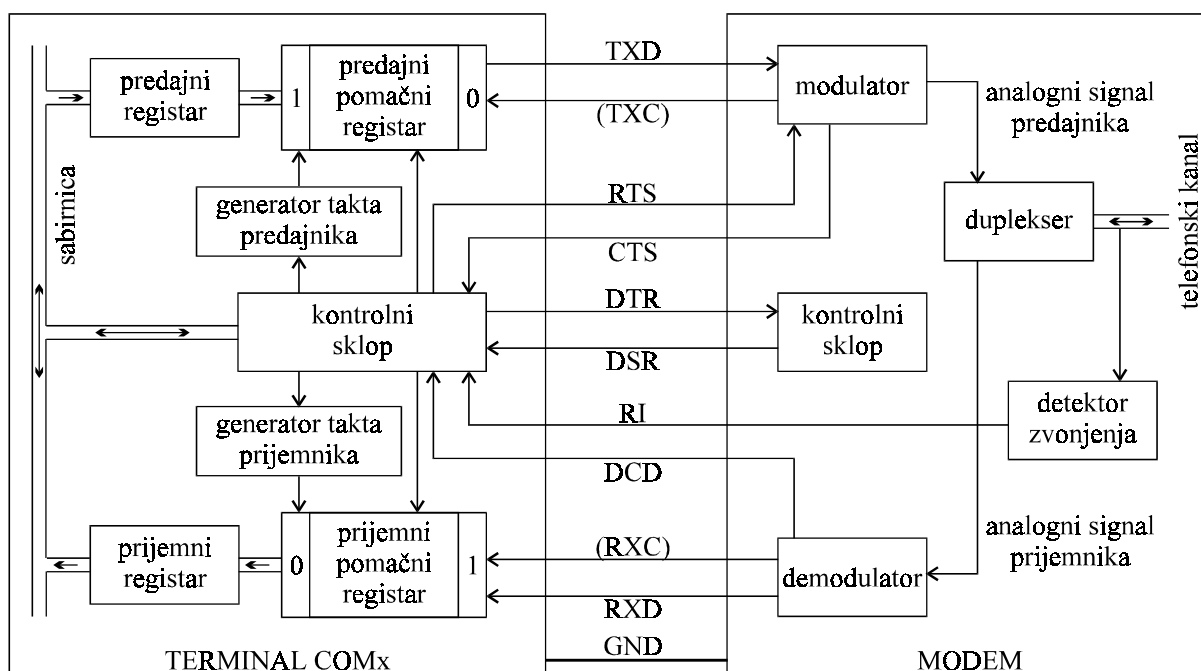
Slika 3.12. Model sučelja prema ITU-T V.24

Priključci A i B prenose podatke korisnika i služe za osnovno upravljanje sučeljem, dok dodatni priključak C sadrži vodove za posebne namjene, npr. biranje broja na komutiranoj telefonskoj mreži. Priključci A i B su identični, a ako se međusustav ne koristi, tada se svode na jedan priključak. Priključak C koristi se samo po potrebi

Signali su prema priključcima podijeljeni u dvije grupe:

1. signale klase 100 - koriste se za prijenos podataka po priključku A/C;
2. signale klase 200 - koriste se za uspostavu i raskid fizičkog kanala po priključku C.

Signali klase 200 se danas više ne koriste, jer imamo inteligentne modeme kod kojih se signalima klase 100 obavljaju poslovi signala klase 200. Funkcionalne karakteristike signala rezultat su načina povezivanja blokova modema i terminala, slika 3.13.



Slika 3.13. Sučelje DTE-DCE prema ITU-T V.24

Osnovni signali na sučelju V.24 (RS-232), koriste se i na 9pD konektoru, prikazani su u tablici 3.5.

V.24	RS-232	naziv	izvor	opis
<b>Uzemljenja</b>				
101	AA	shield	-	zaštitni oplet kabela
102	AB	GND	-	zajednička masa, referentna točka signala
<b>Osnovni signali za prijenos podataka</b>				
103	BA	TXD	DTE	predajni podaci koje terminal šalje modemu
104	BB	RXD	DCE	prijemni podaci koje modem šalje terminalu
<b>Osnovni signali za kontrolu sučelja</b>				
105	CA	RTS	DTE	za obosmjernu vezu, terminal traži da modem prijeđe na predaju
106	CB	CTS	DCE	za obosmjernu vezu, modem javlja da je prešao na predaju
107	CC	DSR	DCE	modem uključen i spreman za rad
108/1	CD	DTR	DTE	terminal uključen i spreman za rad
108/2	-	-	DTE	terminal traži da se modem uključi na kanal (podigne slušalicu)
109	CF	DCD	DCE	modem je detektirao ispravan dolazni signal udaljenog modema
125	CE	RI	DCE	detektiran signal dolaznog poziva (zvonjenje)

*Tablica 3.5. Osnovni signali prema ITU-T V.24 (RS-232)*

Uočimo da su signali RTS i CTS nužni samo kod obosmjernih veza, te da se kod dvosmjernih veza mogu koristiti za druge namjene, npr. za kontrolu toka. Dodatni signali, zajednički za V.24 i RS-232 prikazani su na tablici 3.6. To su taktni signali potrebni kod sinkronog prijenosa i signali sekundarnog kanala.

V.24	RS-232	naziv	izvor	opis
<b>Taktni signali za sinkroni prijenos</b>				
113	DA	TXC	DTE	takt predajnika, izvor DTE, ponekad se koristi
114	DB	TXC	DCE	takt predajnika, izvor DCE, često se koristi
115	DC	RXC	DCE	takt prijemnika, izvor DCE, uvijek se koristi
128	-	RXC	DTE	takt prijemnika, izvor DTE, rijetko se koristi, samo V.24
<b>Signali sekundarnog kanala</b>				
118	SBA	STXD	DTE	sekundarni predajni podaci terminala
119	SBB	SRXD	DCE	sekundarni prijemni podaci
120	SCA	SRTS	DTE	sekundarni zahtjev za prijelaz na predaju
121	SCB	SCTS	DCE	sekundarni modem prešao na predaju
122	SCF	SDCD	DCE	sekundarni modem detektirao signal na kanalu

*Tablica 3.6. Dodatni signali zajednički za ITU-T V.24 i RS-232*

Po ranijem konceptu, modem je mogao raspolagati s dodatnim (sekundarnim, povratnim) kanalom male brzine. Danas se ovaj kanal rijetko koristi. Po preporuci V.24, sučelje raspolaže i nizom dodatnih signala koji se u praksi ne koriste zbog razvoja inteligentnih modema.

### 3.2.3.2 Sučelje RS-449

Oko 1980., neposredno nakon donošenja standarda RS-422 i RS-423, dovršen je standard RS-449. To je bio pokušaj unaprjeđivanja sučelja DTE-DCE u odnosu na postojeći RS-232. RS-449 je trebao omogućiti korištenje polusimetričnog i simetričnog povezivanja, te poboljšati funkcionalne karakteristike signala. Specificiran je 37-iglični D konektor, tablica 3.7:



RS-499	RS-232	izvor	kontakt	opis
SG	GND	-	19	zajednička masa uređaja
SC	-	-	37	povratni signal terminala
RC	-	-	20	povratni signal modema
SD	TXD	DTE	4,22	predajni podaci s terminala
RD	RXD	DCE	6,24	prijemni podaci modema
TT	TXC	DTE	17,35	predajni takt ako ga generira terminal
ST	TXC	DCE	5,23	predajni takt ako ga generira modem
RT	RXC	DCE	8,26	prijemni takt
RR	DCD	DCE	13,31	modem je detektirao ispravan dolazni signal udaljenog modema
SQ	SQD	DCE	33	indikator kvalitete dolaznog signala
RTS	RTS	DTE	7,25	za obosmjernu vezu, terminal traži da modem prijeđe na predaju
CTS	CTS	DCE	9,27	za obosmjernu vezu, modem javlja da je prešao na predaju
TR	DTR	DTE	12,30	terminal spreman
DM	DSR	DCE	11,29	modem spreman
IS	-	DTE	28	terminal spreman za prijem poziva
IC	RI	DCE	15	indikator dolaznog poziva
NS	-	DTE	34	novi signal, terminal javlja da će slijediti emitiranje
SF	-	DTE	16	izaberi frekvenciju prijema i predaje
SR	DRS	DTE	16	izaberi brzinu komuniciranja
SI	DRS	DCE	2	modem javlja o promjeni brzine komuniciranja
LL	-	DTE	10	lokalna povratna petlja (testiranje rada)
RL	-	DTE	14	udaljena povratna petlja (testiranje rada)
TM	-	DCE	18	modem u ispitnom načinu rada
SS	-	DTE	32	terminal naređuje prelazak u neaktivni način rada
SB	-	DCE	36	modem prešao u neaktivni način rada
oplet	SCF	DCE	DCE	oplet kabela

*Tablica 3.7. Signali sučelja po RS-449*

Iako je u trenutku donošenja standarda postojao veliki optimizam u pogledu njegove brze masovne primjene, ovaj standard nije nikada zaživio u praksi zbog niza razloga. RS-232 zadovoljava potrebe prijenosa podataka preko analognih telefonskih kanala današnjim inteligentnim modemima. RS-232 sučelje se masovno ugrađuje u osobna računala (COM1, COM2). Veličina 37-igličnog D konektora nespojiva je s zahtjevima minijaturizacije.

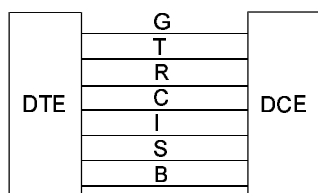
### 3.2.3.3 Sučelje RS-485

Sučelja RS-232 i RS-449 su klasična sučelja DTE-DCE, kod kojih svaka linija povezuje samo po jedan prijemnik i predajnik. Kada je potrebno povezati više učesnika, koristi se sučelje RS-485. Ovim standardom omogućeno je višespojno povezivanje na balansiranoj mediju (prepletana parica) zaključenom s oba kraja karakterističnom impedancijom 120 oma. Time je postignuta topologija sabirnice. Specificirane su električne karakteristike signala slične RS-422 (V.11). Izlazi svih predajnika osim jednog zauzimaju stanje visoke impedancije. Na sabirnicu se može priključiti najviše 32 uređaja.

Primjenom sučelja RS-485 moguće je ostvariti malu, jeftinu i robusnu lokalnu mrežu znatne brzine (10 Mb/s na 10 m, 100 kb/s na 1000 m). Često se koristi u industrijskim primjenama, kada je potrebno povezati više procesorski upravljanih uređaja. Protokolima podatkovne razine razrješuje se problem adresiranja i kontrole pogreški.

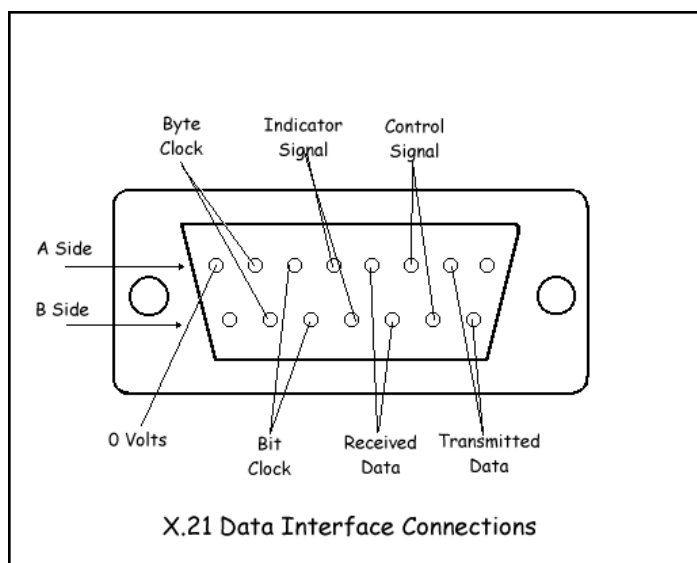
### 3.2.3.4 Preporuka ITU-T X.24

Preporukom X.24 specificirani su signali na sučelju DTE-DCE za digitalne mreže za prijenos podataka s prospajanjem kanala. Na preporuku X.24 pozivaju se preporuke X.20 i X.21, koje specificiraju procedure korištenja signala. Koristi se balansirano (V.11, X.27) ili polubalansirano (V.10, X.26) povezivanje. Signali sučelja X.24 prikazani su na slici 3.14.



Slika 3.14 Sučelje prema preporuci ITU-T X.24

Koristi se 15-iglični D konektor prema ISO-4903, slika 3.15:



Slika 3.15 Konektor po ISO-4903

Koriste se signali prema tablici 3.8:

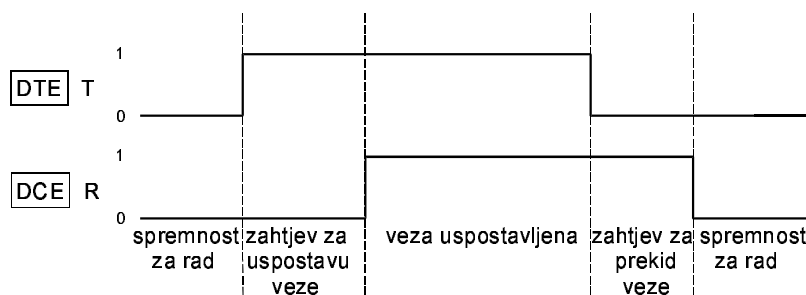
oznaka	kontakt	izvor	opis
oplet	1		oplet kabela
G	8	-	zajednička masa uređaja
Ga		DTE	masa terminala (kod polubalansiranog)
Gb		DCE	masa modema (kod polubalansiranog)
T	2,9	DTE	predajni podaci s terminala
R	4,11	DCE	prijemni podaci s modema
S	6,13	DCE	takt po bitu, generira ga modem
B	7,14	DCE	takt po oktetu, generira ga modem
C	3,10	DTE	kontrolni signal s terminala na modem
I	5,12	DCE	odzivni signal s modema na terminal
res	15	-	rezervirano

Tablica 3.8. Signali sučelja po X.24

Značaj sučelja po X.24 je u tome što ga posredno preko X.21 koristi preporuka za mreže s prospajanjem paketa X.25. U upotrebi je kod manjeg broja profesionalnih uređaja.

### 3.2.3.5 Preporuka ITU-T X.20 i X.20bis

Preporuka X.20 specificira funkcionalne karakteristike signala na sučelju između DTE i DCE za asinkrone javne mreže za prijenos podataka s prospajanjem kanala, za brzine do 300 b/s. Prema X.20 koriste se samo signali T i R sučelja X.24, dok se kontrolni signali C i I ne koriste. Stoga se upravljanje sučeljem izvodi manipuliranjem podatkovnih signala T i R. U stanju mirovanja predajni vod T i prijemni vod R nalaze se u logičkom stanju nula. Daljnji postupak ovisi o tome da li je DTE pozvan ili on poziva. Slučaj uspješnog aktiviranja stalne veze (iznajmljeni kanal) kada DTE započinje i prekida rad prikazan je na slici 3.16.



*Slika 3.16 Uspješno povezivanje prema X.20, kada DTE započinje i prekida rad*

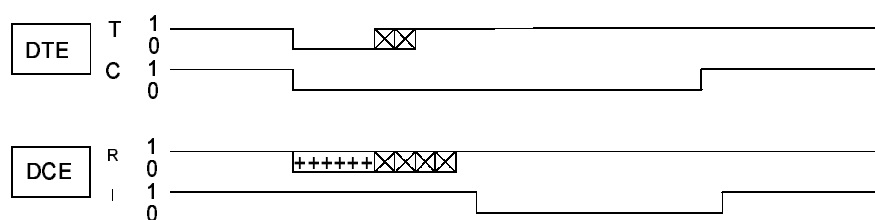
Preporuka specificira najdulje vrijeme u kojem će se čekati na neki događaj, kako bi se prešlo u slijedeće stanje veze. Ako se očekivani događaj ne dogodi, postupak se vraća u neko predviđeno stanje, npr. u stanje mirovanja.

Preporuka X.20bis omogućava pristup javnoj mreži za prijenos podataka terminala izgrađenih prema preporuci V.24. Ovaj dodatak donesen je kada je postalo jasno da, zbog visoke cijene terminala, specifično sučelje (X.24) predstavlja prepreku masovnom korištenju X.20 mreža.

Mreže po X.20 preporuci su vrlo rijetke, prvenstveno zbog niske brzine prijenosa podataka.

### 3.2.3.6 Preporuka ITU-T X.21 i X.21bis

Preporuka X.21 specificira funkcionalne karakteristike signala na sučelju između DTE i DCE za sinkrone javne mreže za prijenos podataka s prospajanjem kanala, za brzine do 64 kb/s. Prema X.21 koriste se signali T, R, C i I, te S i B sučelja X.24. Slučaj uspješnog aktiviranja prospojane veze kada DTE započinje i prekida rad prikazan je na slici 3.17.



*Slika 3.17 Uspješno povezivanje prema X.21, kada DTE započinje i prekida rad*

U početku su signali T, C, R i I u 1. Ako želi uspostavu veze, DTE prebaci T i R u 0. DCE nakon toga I ostavi u 1, a na R generira niz znakova +, čime obavještava DTE da je spreman za uspostavu veze. Tada DTE na T generira znakove biranja, a C drži u 0. Kada se završi prospajanje, DCE obavijesti da je veza uspostavljena postavljanjem I u 0. Slijedi dvosmjerni prijenos podataka. Veza se raskida tako da prvo DTE prebaci C u 1, a zatim i DCE prebaci I u 1.

Preporuka X.20bis omogućava pristup javnoj mreži za prijenos podataka terminala izgrađenih prema preporuci V.24. Ovaj dodatak omogućava korištenje jeftinijih V.24 terminala.

Mreže po X.21 su u primjeni kao samostalne, a sučelje se koristi u X.25 paketnim mrežama.

### 3.2.4 KONTROLA TOKA NA FIZIČKOJ RAZINI

Na fizičkoj razini kontrolu toka obavljamo na sučelju DTE-DCE, dakle između terminala i modema. Kod starih, neinteligentnih modema brzina prijenosa podataka je bila konstantna, brzinu terminala je bilo lako podesiti na brzinu modema (standardno 300, 600, 1200, 2400, 4800, 7200, 9600, 12000, 14400, 19200, 28800, 33600 i 56000 b/s). Pojavom inteligentnih modema, imamo četiri razloga zbog kojih je stvarna brzina prijenosa unaprijed nepoznata:

1. Modem podatke prenosi sinkrono, te u prijenosu izbacuje start i stop bitove ostvarujući dobitak od oko 20% kapaciteta.
2. Modem obavlja kontrolu pogrješki, te na lošem kanalu može doći do znatnog smanjenja efektivne brzine prijenosa zbog ponovnog slanja blokova podataka.
3. Modem komprimira korisnikove podatke, te je moguć prijenos prividno i dvostrukom brzinom od kapaciteta kanala.
4. Inteligentni modemi podešavaju brzinu prijenosa prema kvaliteti kanala i mogućnostima korespondentnog modema.

Zbog svega navedenog ne možemo unaprijed biti sigurni kojom će efektivnom brzinom podaci biti prenošeni na konkretnoj vezi. Zbog toga se brzina na sučelju DTE-DCE postavi na neku razumno visoku vrijednost (npr. 56 ili 110 kb/s), a eventualni zastoji se razrješavaju kontrolom toka.

Kontrola toka na fizičkoj razini odvija se između dva neposredno povezana fizička uređaja. Brzina prijenosa se usklađuje asinkrono, na principu “uključiti / isključiti”. Kad je prijemnik preopterećen, predajnik prestaje slati podatke sve dok prijemnik ne obradi sve podatke. Usklađivanje se vrši fizičkim signalima (DTR i DSR ili RTS i CTS) koji idu posebnim vodovima, ili posebnim znakovima za kontrolu toka (X-ON i X-OFF).

- **Kontrola toka signalima DTR i DSR.** Signal DTR znači da je terminal uključen i spreman za rad, a signal DSR naznačuje to isto za modem. Odašiljanje podataka je dozvoljeno samo ako je signal uređaja spremnog za prijem u stanju ON.

Umjesto originalne namjene, DTR i DSR se mogu koristiti za kontrolu toka. Rijedak je slučaj da komunikacijski terminali omogućuju kontrolu toka sa DTR i DSR. Tada možemo birati želimo li kontrolu toka preko DTR i DSR ili preko RTS i CTS.

- **Kontrola toka signalima RTS i CTS.** Originalna namjena signala RTS i CTS je upravljanje prelaskom na predaju kod obosmjernog prijenosa podataka. Kako su signali RTS i CTS kod dvosmjernih modemske modulacije oslobođeni svoje funkcije i uvijek uključeni, mogu se koristiti za kontrolu toka. RTS koristimo kao signal spremnosti terminala za prijem podataka, a CTS kao signal dozvole terminalu da nastavi sa slanjem podataka. Odašiljanje podataka je dozvoljeno samo ako je odgovarajući signal u stanju ON.
- **Kontrola toka znakovima X-ON i X-OFF.** Znakovi X-ON i X-OFF su ubačeni u tok podataka korisnika. Ovakva kontrola toka nije transparentna, jer se ti znakovi ne smiju pojaviti u podacima korisnika, npr. u slučaju ako se na podatkovnoj razini koristi znakovno-orjentirani protokol.

Kada je prijemnik spreman za prijem, šalje znak X-ON. Kada je preopterećen i želi prestati s prijemom podataka, šalje znak X-OFF. Ako druga strana nastavi s odašiljanjem podataka, prijemnik će nakon svakog idućeg primljenog znaka poslati X-OFF, sve dok predajnik ne prestane odašiljati.

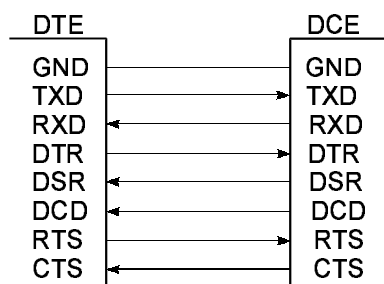
Kod modemske veze s inteligentnim modemima, prijenos podataka između modema obavlja se po protokolima MNP4 (kontrola pogrješki) i MNP5 (kompresija), odnosno alternativno V.42 i V.42bis. Ovi protokoli uključuju kontrolu toka među modemima. Zbog toga, kontrola toka na sučelju DTE-DCE, iako najčešće lokalnog značaja, može nekad djelovati s kraja na kraj kanala.

### 3.2.5 POVEZIVANJE PREMA CCITT V.24

Ovisno o primjeni, možemo imati potrebu povezati terminal s modemom, ili dva terminala međusobno. Ako povezujemo terminal s modemom, koristimo modemske kabele, a ako povezujemo dva terminala, moramo koristiti NUL- modem kabele.

### 3.2.5.1 Modemski kabel

Modemski kabel služi nam prilikom povezivanja terminala s modemom. Terminal ima utikač, pa ovaj kabel na toj strani mora imati utičnicu. Modem ima utičnicu, pa kabel na strani modema mora imati utikač. Istoimeni priključci se povezuju prema slici 3.18.



Slika 3.18. Modemski kabel

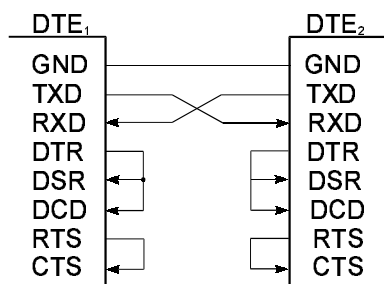
Modemski kabel standardno se izvodi korištenjem 25-igličnog konektora, kojeg redovito nalazimo i na modemima. Ako računalo raspolaže s 9-igličnim konektorom, koristi se adapter 9ž/25m.

### 3.2.5.2 NUL-modemski kabel

Često se javlja potreba za povezivanjem dva terminala (računala) smještena u istoj prostoriji, pa za takvo povezivanje modemi nisu potrebni. Priključci na oba DTE su predviđeni za spoj na DCE i ne mogu se izravno povezati. Zato je između njih potrebno uključiti posebni kabel, tzv. NUL-modemski kabel, koji će načiniti potrebna križanja signala.

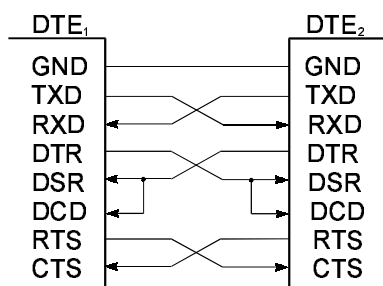
Postoji nekoliko izvedbi NUL-modema. Sve one imaju GND, TXD i RXD spojene na isti način. Masa je kod svih zajednička za oba terminala. TXD i RXD su spojeni tako da terminal DTE<sub>1</sub> predaje podatke signalom TXD, a terminal DTE<sub>2</sub> ih prima sa RXD. Isto tako, DTE<sub>2</sub> predaje podatke sa TXD, a DTE<sub>1</sub> ih prima sa RXD.

NUL-modemski kabel osnovne izvedbe prikazan je na slici 3.19. Nakon što mu pošalje signale DTR i RTS, terminal očekuje odgovor od modema po signalima DSR i CTS, te DCD. Zato DTR kratko spajamo na DSR i DCD, a RTS na CTS i na taj način simuliramo odziv nepostojećeg modema.



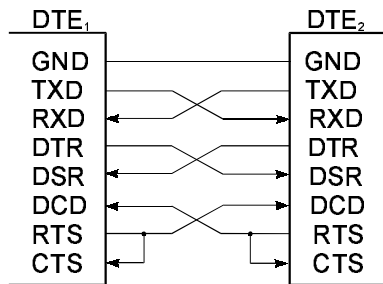
Slika 3.19. Osnovna izvedba NUL-modema

NUL modem sa RTS i CTS kontrolom toka prikazan je na slika 3.20. RTS i CTS signale koristimo za kontrolu toka, tako da DTE<sub>1</sub> šalje signal RTS kao obavijest da je spreman za prijem podataka, a DTE<sub>2</sub> ga prima na CTS, i obrnuto. DTR i DSR zadržavaju svoju originalnu funkciju. DCD signal spajamo na DSR drugog terminala, čime se u potpunosti simulira odziv nepostojećeg modema.



Slika 3.20. NUL-modem sa RTS-CTS kontrolom toka

**NUL-modem sa DTR-DSR kontrolom toka** prikazan je na slici 3.21. Signali RTS i CTS su kratko spojeni da bi se na taj način simulirao odgovor nepostojećeg modema. DCD signal mora biti spojen na stacionarni naponski nivo. Kako DTR i DSR signale koristimo za kontrolu toka, DCD signal spajamo na RTS vlastitog ili drugog terminala.



*Slika 3.21. NUL-modem sa DTR-DSR kontrolom toka*

Moguće su i druge varijante NUL-modemskih kabela, ovisno o potrebama primjene.

### 3.3 KANALI Z APRIJENOS PODATAKA

Druga točka standardizacije na fizičkoj razini je oblik signala na komunikacijskom kanalu. Ovdje ćemo se pozabaviti s dva najčešća slučaja: pregled standarda za prijenos podataka telefonskim kanalom nadopunit ćemo razmatranjem o inteligentnim modemima, dok će analiza signala na fizičkim vodovima (signalni kodovi) poslužiti kao uvod u fizičku razinu lokalnih mreža i digitalnih pretplatničkih mreža.

#### 3.3.1 PRIJENOS PODATAKA TELEFONSKIM KANALOM

Elektronička računala šalju podatke u obliku niza impulsa. Takav signal redovito ima vrlo širok spektar frekvencija, a nerijetko sadrži i istosmjernu komponentu. Takav signal nije moguće neposredno prenijeti telefonskim kanalom, koji propušta samo frekvencije između 300 i 3300 Hz. Pokušaj neposrednog prijenosa rezultirao bi takvim linearnim izobličenjima, da detekcija signala na prijemnoj strani ne bi bila moguća. Zato se digitalni signal podvrgava postupku modulacije, kojom se generira signal čiji je spektar prilagođen karakteristikama telefonskog kanala. Pri tome nastojimo da najveći dio energije signala prođe kanalom, kako bi izobličenja bila minimalna. Naprava na predajnoj strani modulira signal, dok ga naprava na prijemnoj strani demodulira. Otuda i potječe naziv **modem** (**modulator - demodulator**). Pod pojmom "modem" danas podrazumijevamo komunikacijsku opremu (DCE) za prijenos podataka analognim telefonskim kanalima. Ukoliko se radi o drugoj vrsti kanala, potrebno je naznačiti razliku (npr. ISDN modem za pristup ISDN mreži).

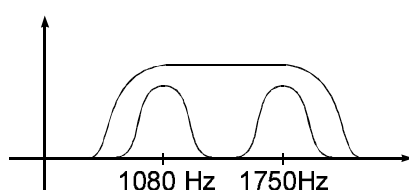
##### 3.3.1.1 Modulacije

Osnovno je svojstvo svih vrsta modulacija da signal iz jednog frekvencijskog područja prebacuju (transponiraju) u neko drugo frekvencijsko područje, ono koje je pogodno za prijenos. Ako se u ritmu signala mijenja amplituda, onda je to amplitudna modulacija. Promjena frekvencije ili faze stvara kutnu modulaciju (frekvencijsku ili faznu).

##### Frekvencijska modulacija FSK

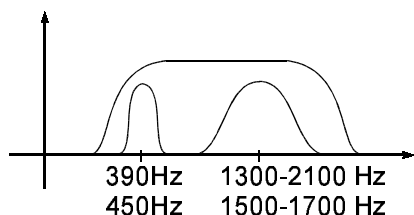
U dvorazinskom modulacijskom postupku FSK (Frequency Shift Keying) primjenjuju se signali dviju frekvencija. Jedna frekvencija odgovara stanju 0, a druga stanju 1.

- **V.21** modem je namijenjen za dvosmjerni rad. Prijenos podataka je asinkroni, brzinom do 300 b/s. Kanali su razdvojeni po frekvenciji, jednake širine, slika 3.22.



*Slika 3.22. Raspodjela frekvencija prema preporuci V.21*

- **V.23** preporuka opisuje modem sa nesimetrično razdvojenim kanalima po frekvenciji, slika 3.23. Glavni kanal je u području od 1500 Hz do 1700 Hz za asinkroni prijenos sa brzinom do 600 b/s, odnosno u području od 1300 Hz do 2100 Hz za prijenos brzinom do 1200 b/s. Povratni kanal je uskopojasni i nalazi se u području od 390 Hz do 450 Hz za prijenos brzinom 75 b/s.



*Slika 3.23. Raspodjela frekvencija prema preporuci V.23*

Modem može raditi dvosmjerno nesimetrično, kada npr. podatke s tastature terminala prenosimo ka računalu brzinom 75 b/s, a podatke s računala na ekran terminala brzinom 1200 b/s. Takav način rada bio je specificiran u ranim videoteks sustavima. Kada u oba smjera imamo podjednak tok podataka, modem koristimo za obosmjerni rad po glavnom kanalu. U tom slučaju, po povratnom kanalu možemo prenositi npr. upravljačke poruke.

### Fazna modulacija PSK

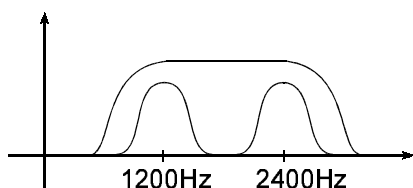
Kod dvorazinske PSK (Phase Shift Keying), značenje "0" ili "1" ovisi o tome da li je faza jednaka  $0^\circ$  ili  $180^\circ$  u odnosu na početnu. Ova modulacija je nepogodna za uporabu, jer može doći do gubitka podataka ako se pogriješi u određivanju referentne faze.

### Diferencijalna fazna modulacija DPSK

Kod diferencijalne fazne modulacije, DPSK (Differential Phase Shift Keying), neodređenost referentne faze je otklonjena tako da se mjeri relativni fazni pomak prema prethodnom simbolu, a ne njen apsolutni iznos prema početno sinkroniziranoj fazi. Pri tome su moguće modulacije s nultim pomakom (pomak 0 se koristi), te modulacije s nenultim pomakom (pomak 0 se ne koristi). Modulacija se prikazuje u fazno-amplitudnom (kružnom) dijagramu i naziva se "konstelacija".

Da bi se održala sinkronizacija, potrebno je da korisnikov signal ima što više promjena, a što manje dugačkih nizova nula ili jedinica. Da bi se to postiglo, kod DPSK modme se uvodi "miješanje signala" (scrambler), kojim se signalu daju svojstva slučajnog niza.

- **V.22** modem omogućava dvosmjerni rad po komutiranim i iznajmljenim telefonskim kanalima, s dvožičnim povezivanjem. Kanali su podijeljeni po frekvenciji, slika 3.24.



*Slika 3.24. Raspodjela frekvencija prema V.22*

Preporukom V.22 predviđene su ove mogućnosti prijena:

- \* sinkroni i asinkroni izokroni prijenos brzinom 1200 ili 600 b/s;
- \* asinkroni anizokroni prijenos brzinom do 300 b/s.
- **V.26** modem omogućava sinkroni dvosmjerni prijenos podataka brzinom od 2400 b/s (brzina signalizacije 1200 bauda), upotrebom četverofazne diferencijalne modulacije preko iznajmljenih vodova s četverožičnim povezivanjem. Nosiva frekvencija iznosi 1800 Hz.
- **V.26bis.** Modemi prema ovoj preporuci predviđaju se za obosmjerni prijenos podataka brzinom od 2400 b/s putem komutiranih telefonskih kanala prema uvjetima iz V.26. U svakom smjeru može se koristiti i uskopojasni povratni kanal za prijenos brzinom 75 b/s.

- **V.26ter.** modemi omogućavaju dvosmjerni prijenos podataka dvožičnim povezivanjem. Ovdje je prvi put definirana tehnika poništenja jeke u kanalu (echo cancellation) na način da se signal, koji se reflektira sa određenim kašnjenjem, pokuša poništiti umjetnim kašnjenjem originalnog signala.
- **V.27.** Za dvosmjerni i obosmjerni prijenos putem četverožičnih iznajmljenih vodova brzinom od 4800 b/s primjenjuje se osmofazna DPSK. Prijenos je sinkron, modulacijska frekvencija 1800 Hz, brzina signalizacije 1600 bauda. Jeka se poništava na način da se ručno pokušava postići zaključenje karakterističnom impedancijom za pojedini kanal.
- **V.27bis.** Ovi modemi imaju dodatnu mogućnost obosmjernog rada po dvožičnim iznajmljenim vodovima. Predviđena je i automatska ekvalizacija (poništenje linearnih izobličenja).
- **V.27ter** modemi omogućavaju obosmjerni rad po javnoj telefonskoj mreži.

### **Kvadratura amplitudna modulacija QAM**

QAM (Quadrature Amplitude Modulation), je kombinacija amplitudne i diferencijalne fazne modulacije. U početku je nastala kao kvadratura modulacija, tehnikom zbrajanja dvaju nosivih signala fazne razlike  $90^\circ$ . Kasnije su na principu kombinacije amplitudne i fazne modulacije nastale sve današnje moderne modulacije.

- **V.22bis** modemi s QAM modulacijom koriste se za dvosmjerni prijenos podatka po javnoj telefonskoj mreži sinkrono brzinom od 2400 b/s. Formiraju dva simetrična kanala u podjeli frekvencije kao kod V.22. Značaj je ovih modema što su prvi omogućili dvosmjerni prijenos podataka po javnoj telefonskoj mreži prihvatljivom brzinom (i cijenom), te tako doprinijeli razvoju umrežavanja računala.
- **V.29.** Modemi prema ovoj preporuci rade dvosmjerno ili obosmjerno četverožično po iznajmljenim kanalima. Sinkrono prenose podatke u osnovnom pojasu brzinom od 9600 b/s, odnosno pomoćnom brzinom od 4800 b/s ili 7200 b/s. Modulacijska frekvencija je 1700 Hz.
- **V.32.** Podaci se prenose sinkrono, brzinom 9600 b/s ili 4800 b/s, dvosmjerno preko javne telefonske mreže. Dvosmjerni rad postiže se poništenjem jeke, digitalnom obradom signala.
- **V.32bis** modemi slični su kao V.32 modemi, osim što je brzina prijenosa podignuta na 14400 b/s.
- **V.33** modemi omogućavaju prijenos podataka brzinom 14400 b/s po iznajmljenim vodovima, četverožično.
- **V.34** specificira modeme za dvosmjerni sinkroni prijenos javnom telefonskom mrežom brzinom 33600 b/s. Koristi se poništenje jeke.
- **V.90** modemi omogućavaju prijenos prema mreži brzinom 33600, a prema terminalu 56000 b/s. Koriste činjenicu da su priključci javnih mreža za prijenos podataka digitalni (npr. 64 kb/s), te je potrebna samo jedna analogno-digitalna pretvorba. Na taj način je postignuta veća brzina prijenosa između mreže i terminala, ali pod cijenu korištenja posebne opreme na strani javne mreže. Prijenos podataka između dva modema brzinom 56 kb/s nije moguć. Alternativni industrijski standard je K-56flex.

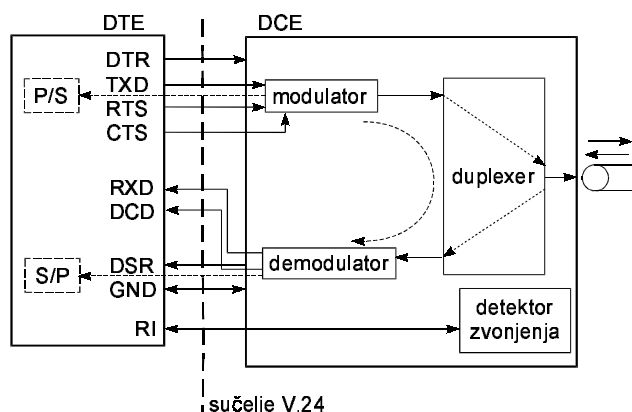
#### **3.3.1.2 Inteligentni modemi**

Od običnih neinteligentnih modema, koje je signalima sučelja V.24 trebalo kontrolirati sa terminala, razvojem se došlo do inteligentnih modema. Oni u sebi imaju mikroprocesor s memorijom i ostale neophodne sklopove koji im omogućavaju relativno samostalno obavljanje prijenosa podataka. To znači da tok podataka na sučelju DTE-DCE nije u neposrednoj vezi s tokom podataka na kanalu. Jedino je nužno uskladiti prosječnu brzinu predaje na oba medija. Inteligentnim modemima terminal upravlja izdavanjem naredbi preko podatkovnih signala sučelja (RXD, TXD). Masovno se koristi tzv. AT jezik, industrijski standard firme Hayes, kasnije standardiziran kao dodatak preporuci ITU-T V.25bis. Inteligentni protokoli obavljaju kontrolu toka i sažimanje podataka.

### **Razvoj modema**

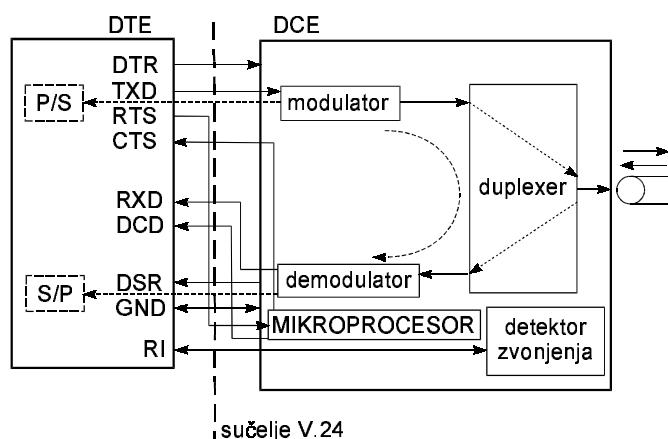


U početku su korišteni neinteligentni modemi, za koje je dizajnirano sučelje V.24 (RS-232), slika 3.25. Koristila se je jednostavna FSK modulacija.



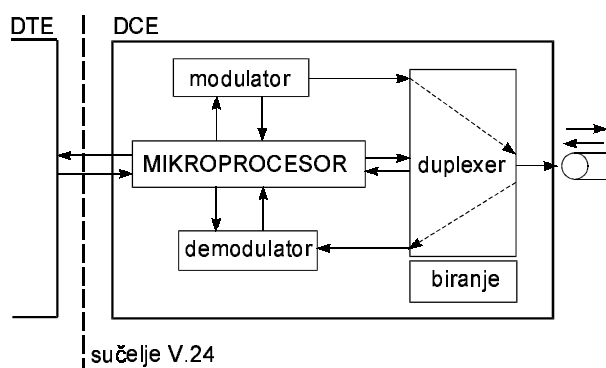
Slika 3.25. Struktura neinteligentnog modema

Povećanje brzine bilo je moguće korištenjem sinkronog prijenosa, te uvođenjem složenijih modulacija kao što je DPSK, kod kojih je spektar signala bolje prilagođen frekvencijskoj karakteristici telefonskog signala. Pri tome je trebalo riješiti problem demodulacije za dugačke nizove nula ili jedinica. Da bi korisnikovi podaci imali svojstva slučajnog niza, uveden je postupak miješanja (scrambler). Na prijemnoj strani isti sklop obnavlja originalne korisnikove podatke. Upravljanje scramblerom zahtijeva složenu proceduru početne sinkronizacije, koja se obavlja pod kontrolom mikroprocesora, slika 3.26. Signali sučelja V.24 još uvijek su direktno povezani na modulator i demodulator, a mikroprocesor samo posredno sudjeluje u komunikaciji, odnosno aktivira se samo po potrebi.



Slika 3.26. Modem sa scrambler-om

U sljedećem koraku na mikroprocesor su dovedeni signala sučelja V.24. Sada procesor modema zna koji su zahtjevi terminala, te on samostalno može izvršavati prijem, predaju, sinkronizaciju i ostale zadatke, slika 3.27.



Slika 3.27. Inteligentni modem

Mikroprocesor upravlja svim sklopovima inteligentnog modema, prima signale sa terminala i pohranjuje ih u svoju memoriju. S jedne strane terminal komunicira direktno s mikroprocesorom, a s druge strane mikroprocesor neovisno o tome komunicira sa modemom na suprotnoj strani kanala. Brzine komunikacije mikroprocesora sa terminalom i sa korespondentnim modemom na drugoj strani ne moraju biti iste.

Razdvajanje tokova podataka na sučelju i kanalu otvorilo je nove mogućnosti proširenja funkcionalnosti modema. To je uvođenje automatskih funkcija javljanja na poziv i biranja, uključujući priručnu bazu telefonskih brojeva, mehanizma kontrole pogriješki, sinkronog prijenosa izbacivanjem start i stop bita, izbora optimalne brzine prijenosa obzirom na kvalitetu telefonskog kanala, sažimanja korisnikovih podataka, te kontrole toka na sučelju DTE-DCE i na kanalu.

Osnovni V.24 standard predviđa upravljanje DCE-om kod biranja telefonskog broja pomoću signala serije 200. Da se izbjegne korištenje tih signala, ostvarena je ideja upravljanja modemom preko podatkovnih signala. Stoga modem radi u kontrolnom i podatkovnom modu. U kontrolnom modu terminal šalje podatke modemu po istim vodovima po kojima šalje i korisničke podatke. Modem smatra te podatke komandama i izvršava ih. Na osnovu nekih od tako primljenih komandi modem će prijeći u podatkovni način rada, te će svi podaci koje od tog trenutka stignu sa terminala biti poslani na komunikacijski kanal. Dakle, u samoj fazi uspostave telefonskog kanala, modem bi trebao primiti određene kontrolne informacije koje mu pomažu u uspostavi veze, te automatski prijeći u podatkovni način rada. Iz podatkovnog načina rada se vraća u kontrolni kada mu terminal pošalje odgovarajuću komandu.

Razvoj inteligentnih modema tekao je u koracima koje su poduzimali vodeći proizvođači. Princip rada modema u dva moda prva je uvela tvrtka HAYES, koja je pri tome uvela i komandni jezik između terminala i modema. Taj jezik se i danas masovno koristi pod nazivom HAYES-kompatibilni ili "AT" jezik prema kratici AT (attention) kojom počinju nizovi komandi.

Kontrolu pogriješki i sažimanje korisnikovih podataka prva je uvela tvrtka MICRONICS svojim specifikacijama MNP4 i MNP5 protokola. Većina modema i danas podržava ove protokole zbog kompatibilnosti s ranijim modelima.

Konačno, industrijski standardi su usavršeni i prihvaćeni od strane međunarodnih organizacija. ITU-T je specificirao procedure upravljanja modemom preporukom V.25bis (V.25 specificira upotrebu signala serije 200). V.25bis u početku specificira samo vlastiti upravljački jezik, koji je dosta složeniji od AT jezika, a nema neke velike prednosti. Naknadno je, u formi dodatka, u V.25bis uvršten i AT jezik. Današnji razvoj modema postavlja nove zahtjeve za upravljanjem, pa svaki proizvođač širi osnovni skup AT naredbi prema vlastitim potrebama.

ITU-T je standardizirao i procedure kontrole pogriješki i toka na kanalu preporukom V.42, te procedure sažimanja preporukom V.42bis. Za razliku od V.25bis, ove preporuke su vrlo uspješne i danas se masovno koriste.

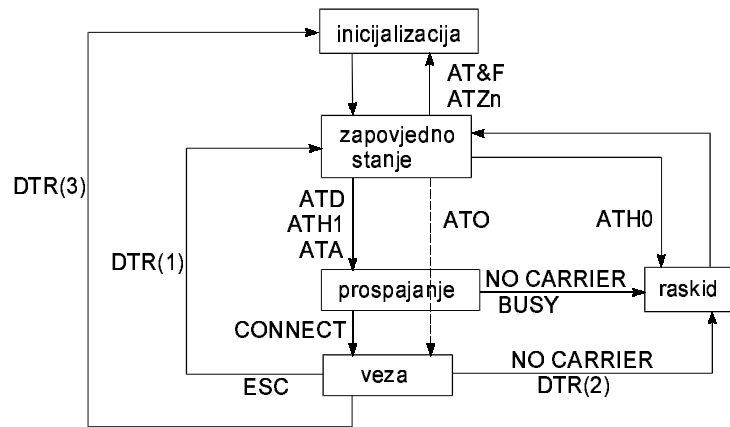
Razvoj inteligentnih modema rezultirao je složenim uređajem čija funkcija više nije vezana isključivo za fizički sloj. Neovisno o korisniku, odnosno transparentno, modem obavlja gotovo sve funkcije podatkovne razine. Pogotovo po V.42 preporuci, koristi se kompletan bitovno orijentirani protokol (LAPM, Link Access Protocol for Modems).

### **Dijagram stanja modema**

U uputama za rukovanje, koje daje svaki proizvođač modema, nalaze se Hayes kompatibilne komande ugrađene u taj model, te komande koje su karakteristične upravo za taj modem. Osim komandi najčešće se daje i dijagram stanja u kojima se modem može naći tokom svog rada, slika 3.28

Početno stanje modema je stanje inicijalizacije.

Iz stanja inicijalizacije modem prelazi u zapovjedno stanje, gdje čeka da mu sa terminala stigne naredba što će dalje raditi. Modem se može vratiti i natrag u stanje inicijalizacije naredbama AT&F (iniciraj tvorničke parametre) i ATZn (iniciraj korisničke parametre 0 ili 1).



Slika 3.28. Dijagram stanja inteligentnog modema

Iz zapovjednog stanja u stanje veze (prijenosa podataka) prelazi se posredstvom stanja prospajanja. Nakon naredbe ATD, koja znači biranje broja (pulsno biranje ATDP ili tonsko biranje ATDT), naredbe ATH1 (podizanje slušalice) ili ATA (javljanje na poziv) počinje uspostava fizičkog kanala i prijenosa podataka na kanalu. Ako je kanal zauzet, ili je uspostava prijenosa neuspješna, modem automatski prelazi u stanje raskida i dalje u zapovjedno stanje. Raskid fizičkog kanala moguće je narediti iz zapovjednog stanja naredbom ATH0.

Iz faze uspostave veze može se prijeći direktno u zapovjedno stanje naredbom ESC (ESCAPE sekvenca), odnosno naredbom DTR (1). Naredba ESC se nakon 3 sekunde pauze sastoji od 3 puta ponovljenog ASCII znaka +, i još 3 s pauze. Time se prelazi u zapovjedno stanje. Nakon prijelaza iz stanja veze u zapovjedno stanje, naredbom ATO možemo opet prijeći direktno u fazu uspostave veze tako da nastavimo slati podatke po ranije uspostavljenoj vezi. Iz stanja veze se u stanje inicijalizacije prelazi naredbom DTR(3).

Važno je napomenuti da, kada se modem nalazi u komandnom modu, poruke koje dolaze sa terminala smatra naredbama, a svoje poruke koje šalje natrag terminalu obično ispisuje na ekran terminala u obliku kratkih poruka ili izvještaja o izvršenom zadatku (CONNECTED..., NO CARRIER, CARRIER i druge).

### 3.3.1.3 Komande inteligentnih modema - HAYES kompatibilne

Da bi modem mogao pravilno interpretirati niz komandi sa terminala, sve komande koje navodimo u nizu moraju započeti sa velikim slovima AT (npr. komandu A pišemo ATA), a niz moramo završiti sa <ENTER>.

Značenja pojedinih komandi su sljedeća:

- **A** (manual Answer). Nema parametra i znači: "Prijeđi u fazu uspostave veze (ako veza nakon određenog vremena nije uspostavljena) i uspostavi sinkronizaciju kao modem koji se odaziva na tuđi poziv." Kod nekih je protokola važno znati koji modem poziva, a koji se odaziva, pa ovom komandom naznačujemo da će se naš modem odazivati na poziv (Answer Mode).
- **B\_** (Bell or CCITT mode). Znači: "Uključi jedan od komunikacijskih standarda." Parametri su:
  - \* B0 - CCITT standard V.xx;
  - \* B1 - Bell standard 10x.
- **D\_** (Dialing). Naredba modemu da izvrši biranje na razini javne telefonske mreže, te da prijeđe u fazu uspostave veze. Parametri su:
  - \* 0 - 9 brojevi telefona;
  - \* # i \*;
  - \* P - pulsno biranje;
  - \* T - tonsko biranje;

- \* DS=n - biranje telefonskog broja spremljenog u memoriji pod rednim brojem n = 1,2,3,...  
(npr. AT DTS=2, što je ekvivalentno i sa AT DT/2);
  - \* ; - povratak u komandni mod nakon biranja;
  - \* , - pauza 2 sekunde, više zarezova znači dužu pauzu;
  - \* ! - impuls od pola sekunde;
  - \* W - čekaj na ton internog biranja kućne centrale;
  - \* N - biraj alternativni broj ako ne uspostaviš vezu željenim brojem.
- **E\_ (Echo).** Naredba modemu da nam vraća na ekran sve komande koje mu pošaljemo. Ako smo već uključili komunikacijski program da nam vraća otipkane komande, onda je ovu naredbu potrebno isključiti, inače ćemo na ekranu imati dvostruki ispis.
    - \* E0 - echo modema isključen;
    - \* E1 - echo modema uključen.
  - **F\_ (Full).** Odabir tipa dvosmjerne veze:
    - \* F0 - obosmjerni prijenos;
    - \* F1 - dvosmjerni prijenos.
  - **H\_ (Hook).**
    - \* H0 - sputi slušalicu i raskini vezu;
    - \* H1 - podigni slušalicu i omogući vezu.
  - **L\_ (Control Speaker Volume).** Odabir glasnoće rada zvučnika u tri razine. Vanjski modemi mogu imati i potencijometar za reguliranje.
    - \* L1 - tiho;
    - \* L2 - srednja jačina;
    - \* L3 - glasno.
  - **M\_ (Monitor Speaker).** Potpuno isključenje ili uključivanje zvučnika.
    - \* M0 - isključi zvučnik;
    - \* M1 - uključi zvučnik.
  - **N** definira broj ponavljanja kod biranja broja. N=5,10,20,...
  - **O (On Line Originate).** Naredba koju zadajemo kada ručno biramo telefonski broj, tj. provjeravamo hoće li nam se javiti modem ili glas. Ako se javi modem, onda umjesto AT Dxxx zadajemo komandu ATO, jer više nije potrebno biranje telefonskog broja, nego modemom preuzimamo vezu, a modem se javi kao pozivajući (Originate Mode).
  - **Q\_ (Quiet).** Uključivanje ili isključivanje tekstovnih poruka koje modem vraća na ekran terminala. Isključivanje je potrebno kada modemom upravlja komunikacijski program, da se poruke modema ne bi miješale sa porukama programa.
    - \* Q0 - isključiti poruke;
    - \* Q1 - uključiti poruke.
  - **R (Reverse Dial).** Komanda slična D komandi, samo što ovim pozivamo modeme koji rade kao pozivni (engl. originate). Naš modem se postavlja u odzivni mod (Answer mode), iako smo mi izvršili biranje.
  - **Sr\_ (Set Register Value).** Postavi memorijski registar r i u njega upiši telefonski broj n (Sr=n).
  - **V\_ (Select Verbose or Digit Result Code).** Ukoliko je uključeno ispisivanje poruka na ekran terminala, ovom naredbom možemo odabrati da nam poruke budu u tekstualnom obliku ili u digitalnom obliku, pogodnom za automatski rad s nekim programom.
    - \* V0 - digitalni odzivi;
    - \* V1 - tekstualni odzivi.

- **X\_** Komanda kojom se vrši selekcija odziva po svojoj važnosti, obično se koristi X3.
  - \* X0 - daj samo neke odzive;
  - \* X1;
  - \* X2;
  - \* X3;
  - \* X4 - daj sve odzive.
- **Z** (Reset). Ovom naredbom prisiljavamo modem da se resetira, odnosno da izvrši reinicijalizaciju.
 

Osim dosad navedenih komandi postoji i nekoliko komandi kojima se može postaviti niz internih parametara svakog modema. Sve takve komande počinju sa znakom **&** i nazivaju se opcijske komande.
- **&C\_** (Select DCD Options). Komanda koja određuje kako će modem postavljati DCD liniju sučelja V.24.
  - \* &C0 - DCD je uvijek uključen (ON), bez obzira na stanje veze.
  - \* &C1 - DCD slijedi stanje na liniji, odnosno stanje signala nosioca.
- **&D\_** (DTR Option). Komanda koja određuje način na koji će modem interpretirati stanje na DTR liniji. Po V.24 DTR linija obavještava modem da je terminal spreman za rad, dok kod inteligentnih modema ima drugo značenje.
  - \* &D0 - modem ignorira DTR signal;
  - \* &D1 - naredba modemu da prijeđe iz podatkovnog u kontrolno stanje bez prekida veze;
  - \* &D2 - prijeđi u kontrolno stanje, raskini vezu i isključi auto answer (auto odziv);
  - \* &D3 - reinicijalizacija modema.
- **&G\_** (Set Guard Tone). Znači: "Izaberi i uključi pomoćne signale". Prema CCITT ovi signali služe kao referentni ton neke frekvencije koja ne smeta u primopredaji podataka, a omogućuje kvalitetniju automatsku regulaciju pojačanja kod onih signala koji imaju faznu i amplitudnu modulaciju (V.22 bis). Suvremeni modemi ne koriste ove tonove, iako ih podržavaju zbog kompatibilnosti, pa se ovi tonovi obično isključuju.
  - \* &G0 - isključiti tonove;
  - \* &G1 - uključiti ton 550 Hz;
  - \* &G2 - uključiti ton 1800 Hz).
- **&L\_** (Leased Line or Dial-up Operation). Obavijest modemu da nije potrebno biranje, jer se nalazi na iznajmljenom kanalu. Iznajmljeni kanal se razlikuje od običnog po tome što obični telefonski kanal ima komponentu istosmjernog napona, a iznajmljeni ne. Zato je potrebno obavijestiti modem na kojem se kanalu nalazi, odnosno odabrati modem koji je elektronički realiziran na način da ne koristi taj istosmjerni napon za napajanje dupleksera. Modem odmah po uključanju kreće s procedurom uspostave veze. Ako dođe do prekida veze na iznajmljenom kanalu, modem obavještava terminal da nešto nije u redu, ali ne bira broj ponovo, nego pokušava novom signalizacijom uspostaviti vezu.
  - \* &L0 - modem podešen za komutirane kanale;
  - \* &L1 - modem podešen za iznajmljene kanale.
- **&P** (Select Pulse Dialing Make/Break Ratio). Komanda kojom se postavlja odnos signala i pauze kod pulsog biranja.
- **&Zn** (Store Telephone Numbers). Predstavlja upisivanje telefonskog broja u jednu od memorija telefonskog imenika.
 

Slijedeće naredbe se koriste za postavljanje konfiguracije modema u EPROM memoriji, gdje se podaci o konfiguraciji pamte nakon isključenja.
- **&V** (View). Pregledavamo sadržaj memorije.
- **&W** (Write). Upisujemo željenu konfiguraciju u memoriju.

- **&Y** Proglašavamo konfiguraciju u memoriji aktivnom.

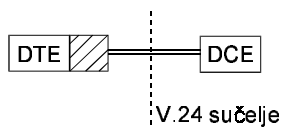
Za kraj smo ostavili S komandu kojom se podaci upisuju u registre modema. Svaka S komanda nosi i oznaku registra sa kojim se radi.

- \* **Sr = n** znači postavljanje vrijednosti registra r na vrijednost n.
- \* **Sr?** predstavlja prikazivanje sadržaja registra r.
- \* **S0 = n** određuje broj zvonjenja prije nego što će modem podignuti slušalicu kada je uključen automatski prijem.
- \* **S1?** nam kaže koliko je puta telefon zvonio.
- \* **S2 = n** je registar u kome se definira ESCAPE sekvenca. Obično je to 3s+++3s.
- \* **S3 = n** određuje znak koji završava komandnu liniju. Obično je to ASCII <CR>.
- \* **S4 = n** definira tzv. Line Feed znak, obično ASCII <LF>.
- \* **S5 = n** definira tzv. Backspace znak, kojim brišemo pogrešno upisane znakove. Obično je to ASCII <BS>.
- \* **S6 = n** određuje pauzu ili čekanje u sekundama od momenta podizanja slušalice do početka biranja i to samo ako je isključena mogućnost da modem detektira tonsko biranje. Ovo isključenje je potrebno zato što modemi najčešće prepoznaju signal slobodne linije samo po USA standardu, a za naše standarde ga je potrebno prisiliti da čeka određen broj sekundi kada će veza biti slobodna da započne s biranjem.
- \* **S7 = n** određuje vrijeme čekanja na val nosilac suprotnog modema i vrijeme potrebno za sinkronizaciju. To vrijeme može biti 45 s do 255 s. Ono uključuje: trenutak završetka biranja, uspostavu veze, čekanje da se modem javi (obično 5-6 zvonjenja, da se ne ometa kućni razgovor), uspostavu sinkronizacije i spajanje na vezu suprotnog modema.
- \* **S8 = n** predstavlja vrijeme pauze predviđeno za zarez kod zadavanja naredbi iz linije. Obično traje 2 sekunde.
- \* **S9 = n** predstavlja vrijeme koje signal nosilac, poslan sa udaljenog modema, mora biti prisutan na telefonskoj liniji prije nego ga modem detektira i pošalje DCD signal (Carrier detect time). Standardno je 1.4 s, a može se programirati 1 - 255 s, i to svakih 0.1 s.
- \* **S10 = n** Maksimalno vrijeme za koje može "nestati" signal nosilac suprotnog modema, a da pritom ne smatramo da je došlo do prekida veze. Obično je to 0 - 95 s, a može se programirati 70 - 255 s svakih 0.01 s. Ovim smo postigli da se svaka smetnja ne detektira kao prekid veze, jer signal nosilac vjerojatno nismo izgubili, a na višim razinama možemo korigirati pogrešku ili zatražiti retransmisiju.
- \* **S11 = n** predstavlja brzinu biranja kod tonskog moda biranja. Obično je to 5.26 znakova u sekundi ili 95 milisekunda.
- \* **S25 = n** predstavlja vrijeme čekanja da bismo reagirali ako nestane DTR signala.
- \* **S26 = n** predstavlja vrijeme kašnjenja da bi se aktivirao CTS signal, ako se aktivirao RTS signal.

### 3.3.1.4 PC modemi

PC modemi mogu biti vanjski (eksterni) i unutarnji (interni).

1. Vanjski modem izveden je na način da je vezni sklop dio DTE, slika 3.29.



**Slika 3.29.** PC modem, vezni sklop je dio DTE (vanjski modem)

Dobra strana ovog modema je to što obično preko žaruljica možemo vidjeti sve što se događa. Osim toga, možemo ga prema potrebi premiještati sa jednog na drugo računalo. Loše je to što zauzima više prostora (imamo dodatnu kutiju, te napajanje) i što je skuplji od internog modema.

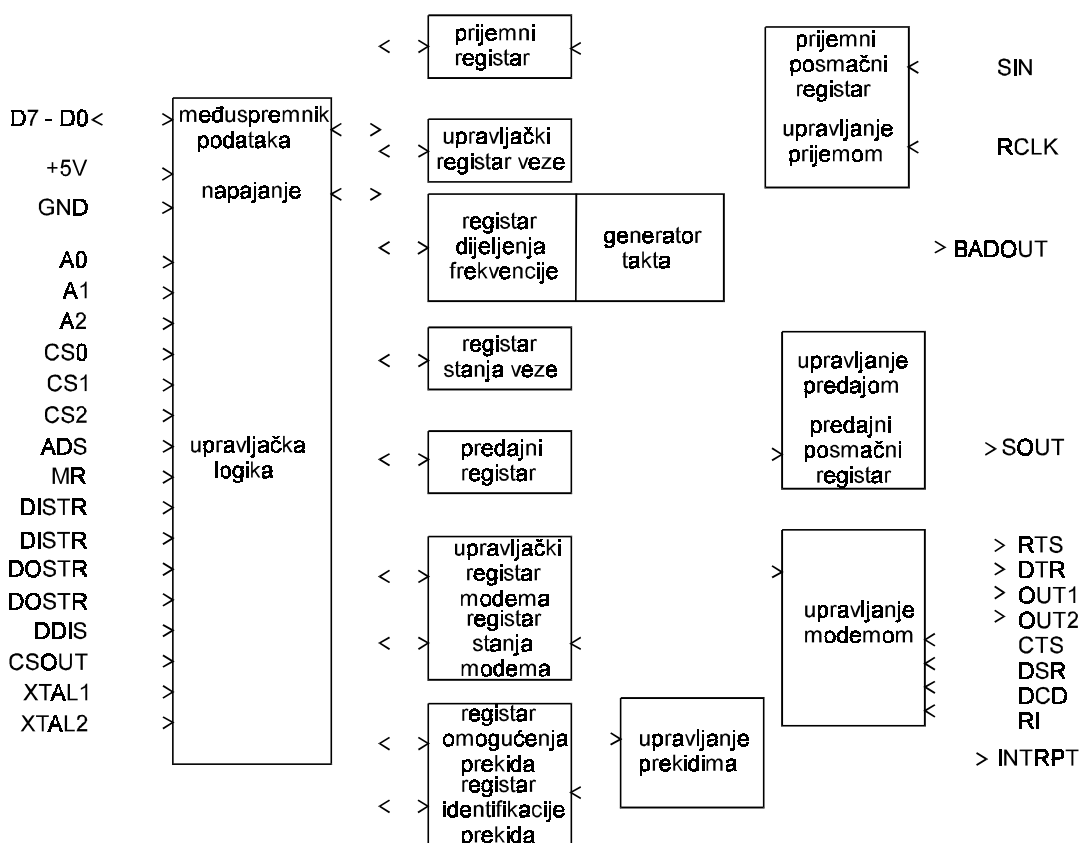
2. Unutarnji modem izveden je na način da je vezni sklop (paralelno/serijski kontroler) dio DCE, slika 3.28.



ISA sabirnica **Slika 3.30.** PC modem, vezni sklop je dio DCE (unutarnji modem)

Ako želimo raditi s internim modemom, moramo isključiti vezni sklop računala kada on koristi iste prekidne signale i adrese kao vezni sklop internog modema.

Blok shema komunikacijskog veznog sklopa osobnih računala prikazana je na slici 3.31. Tu su signali za priključivanje sklopa na sabirnicu, te signali kompatibilni sa sučeljem RS-232.



Blok-shema COMx veznog sklopa  
kompatibilna s NS 8250 UART kontrolerom

**Slika 3.31.** Blok shema COMx veznog sklopa

Procesor računala upravlja sklopom preko tri tipa U/I registara: upravljačkih, podatkovnih i preko registara stanja. Upravljački registri su: upravljački registar veze, upravljački registar modema, registar dijeljenja frekvencije i registar za omogućavanje prekida. Registri stanja su registar stanja veze, registar stanja modema i registar identifikacije prekida. Podatkovni registri su prijemni i predajni registar, te prijemni i predajni posmačni registri.

**Upravljački registar veze** (LCR, Line Control Register) određuje format podataka koje sklop prima i predaje. Podešavanjem odgovarajućih bita ovog registra može se odrediti da li će se podatak prenositi sa 5, 6, 7 ili 8 bita, koliko će biti stop bita, te da li će biti uključen i paritetni bit, tablica 3.9.

Bit	stanje	značenje	stanje	značenje
LCR0	00	5 podatkovnih bita	10	7 podatkovnih bita
LCR1	01	6 podatkovnih bita	11	8 podatkovnih bita
LCR2	0	1 stop bit	1	2 stop bita, osim za 5 podatkovnih 1,5 stop bita
LCR3	0	paritetni bit uključen	1	paritetni bit isključen
LCR4	0	paritet paran ili 1	1	paritet neparan ili 0
LCR5	0	paritet paran ili neparan	1	paritet 0 ili 1
LCR6	1	šalji niz nula (BREAK)	1	šalji niz nula (BREAK)
LCR7	0	pristupi prijemnom i predajnom registru	1	pristupi registru za dijeljenje frekvencije

*Tablica 3.9. Upravljački registar veze sklopa 8250*

**Upravljački registar modema** (MCR, Modem Control Register) upravlja sučeljem prema modemu, tablica 3.10. Podešavanjem odgovarajućih bita ovog registra upravljamo vrijednostima signala na RTS i DTR linijama te uspostavljamo povratnu petlju iz predajnog u prijemni pomaćni registar radi testiranja.

Bit	stanje	značenje	stanje	značenje
MCR0	0	DTR neaktivan	1	DTR aktivan
MCR1	0	RTS neaktivan	1	RTS aktivan
MCR2	0	OUT1 neaktivan	1	OUT1 aktivan
MCR3	0	OUT2 neaktivan	1	OUT2 aktivna
MCR4	0	ispitna povratna petlja isključena	1	ispitna povratna petlja uključena
MCR5-7	ne koriste se			

*Tablica 3.9. Upravljački registar modema sklopa 8250*

**Registar dijeljenja frekvencije** (Baud Rate Select Register) se sastoji od dva 8-bitna registra u koje spremamo broj s kojim dijelimo osnovnu frekvenciju oscilatora kako bismo dobili željenu brzinu signalizacije. Nižih 8 bita ovog registra čine DLL registar (Divisor Latch Least Significant Byte), a viših 8 bita čine DLM registar (Divisor Latch Most Significant Byte).

**Registar za omogućavanje prekida** (IER Interrupt Enable Register) podešavanjem odgovarajućih bita omogućuje ili onemogućuje određenu vrstu prekida, tablica 3.10.

Bit	stanje	značenje
IER0	1	omogući prekid prijemni registar pun
IER1	1	omogući prekid predajni registar prazan
IER2	1	omogući prekid promjena stanja veze
IER3	1	omogući prekid promjena stanja modema
IER4-7		ne koriste se

*Tablica 3.10. Upravljački registar prekida sklopa 8250*

**Registar stanja veze** (LSR, Line Status Register) daje indikacije stanja veze, tablica 3.11.



Bit	stanje	značenje
LSR0	1	prijemni registar pun
LSR1	1	pogrješka preklapanja (overrun), znak nije pročitao na vrijeme
LSR2	1	pogrješka pariteta
LSR3	1	pogrješka stop bita (framing), znak s neispravnim stop bitom
LSR4	1	detektiran signal prekida (BREAK), niz od 16 uzastopnih nula
LSR5	1	predajni registar prazan
LSR6	1	predajni pomaćni registar prazan, predaja završena
LSR7	-	ne koristi se

*Tablica 3.11. Registar stanja veze sklopa 8250*

**Registar stanja modema** (MSR, Modem Status Register) daje indikacije stanja na ulaznim linijama sučelja RS-232, tablica 3.12.

Bit	stanje	značenje
MSR0	1	DCTS, promjena na liniji CTS, modem spreman za predaju
MSR1	1	DDSR, promjena na liniji DSR, modem spreman
MSR2	1	TERI, detektiran brid na liniji RI, dolazni poziv
MSR3	1	DDCD, promjena na liniji DCD, dolazni signal detektiran
MSR4	1	CTS aktivan, modem spreman za predaju
MSR5	1	DSR aktivan, modem spreman
MSR6	1	RI aktivan, dolazni poziv
MSR7	1	DCD aktivan, dolazni signal detektiran

*Tablica 3.12. Registar stanja modema sklopa 8250*

**Registar identifikacije prekida** (IIR, Interrupt Identification Register) služi za identifikaciju prekidnog zahtjeva UART sklopa 8250, tablica 3.13:

Bit	stanje	značenje
IIR0	0	prekidni zahtjev postoji
	1	prekidni zahtjev ne postoji
IIR1 IIR2	00	promjena stanja modema
	01	predajni registar prazan
	10	prijemni registar pun
	11	pogrješka prijema ili prekid (BREAK)
IIR3-7	-	ne koriste se

*Tablica 3.13. Registar stanja modema sklopa 8250*

Bitovi primljeni SIN linijom se nakon detekcije start bita pomiču u **prijemni pomaćni registar** (RSR, Receiver Shift Register) po taktu na RCLK liniji ili sa ugrađenog generatora takta. Kada se prime svi podatkovni bitovi znaka, oni se u paralelnom obliku prebacuju u **prijemni registar** (RBR, Receiver Buffer Register), odakle ih procesor može pročitati. Dok znak čeka na čitanje, prijemni posmaćni registar već može primiti sljedeći znak.

**Predajni registar** (THR, Transmitter Holding Register) čuva znak u paralelnom obliku sve dok **predajni pomaćni registar** (TSR, Transmitter Shift Register) ne bude slobodan za slanje sljedećeg znaka. Za vrijeme predaje jednog, procesor može pripremiti i upisati novi znak, te tako osigurati stalni niz znakova. Najmanje značajni bit se šalje prvi. Bitovi se šalju na liniju SOUT po ugrađenom taktu.

Format podataka je isti kod prijema i predaje. Ako je podatkovnih bita manje od 8, predajnik ignorira neiskorištene bitove.

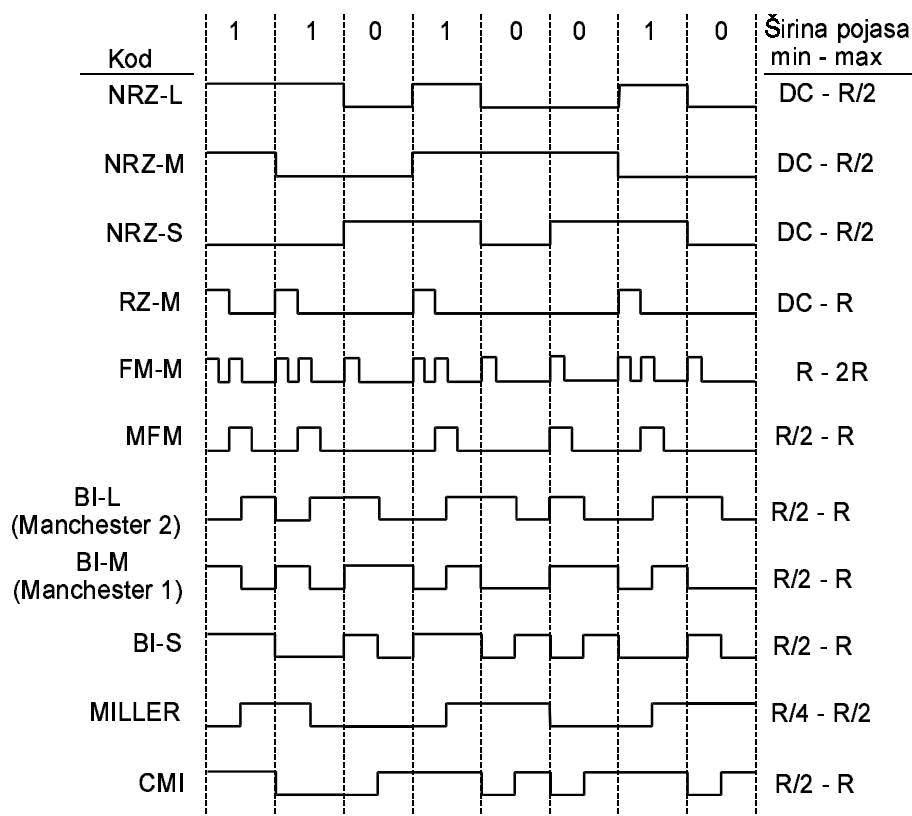
### 3.3.2 SIGNALNI KODOVI

Podatke često prenosimo neposrednim korištenjem vodova. U tom slučaju nam je kompletan kapacitet voda na raspolaganju kao osnovni kanal. Frekvencijski spektar takvog kanala proteže se od istosmjerne komponente do neke gornje granične frekvencije, određene gubicima na vodu. Za prijenos osnovnim kanalom kažemo da se odvija u osnovnom (frekvencijskom) području.

Kod prijenosa u osnovnom prijenosnom području koristimo električne signale, koji trebaju imati slijedeće karakteristike:

1. Što manju širinu frekvencijskog opsega, po mogućnosti bez istosmjerne komponente.
2. Kod sinkronog prijenosa je potrebno istovremeno s podacima prenijeti i takti signal, kako bismo izbjegli korištenje posebnog kanala za prijenos taktnog signala.

Vrste signalnih kodova prikazane su na slici 3.32. R je brzina signalizacije izražena u bit/s, a DC je istosmjerna komponenta brzine.



Slika 3.32. Vrste signalnih kodova

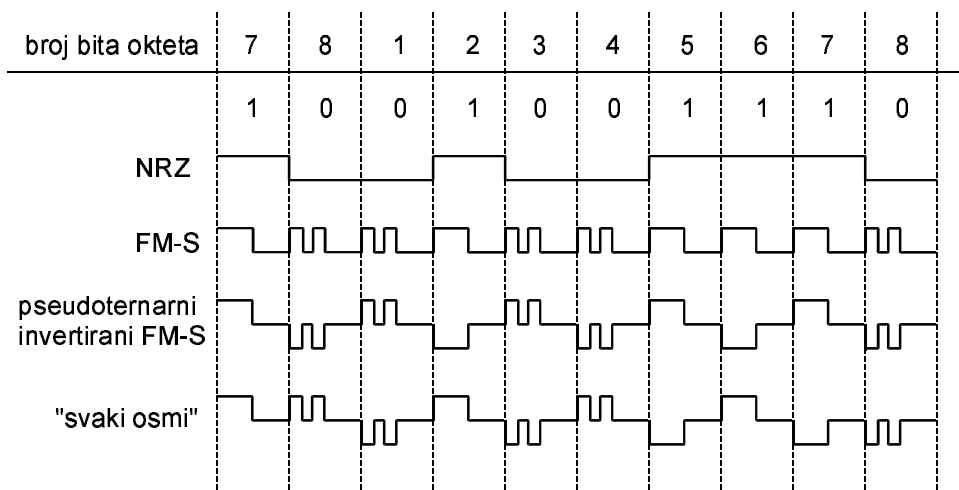
NRZ-L (Not Return to Zero Level) je osnovni digitalni signal kod kojeg 0 i 1 imaju fiksne razine. NRZ-M i NRZ-S (Not Return to Zero Mark, Space) imaju promjenu ispred 1 ili 0 respektivno. Mogu se smatrati nekom vrstom "derivacije" NRZ-L koda.

RZ-M (Return to Zero Mark) predstavlja jedinicu impulsom. FM (Frequency Modulation) signal ima impuls na početku svakog bita, te u sredini bita jedinice. MFM (Modified Frequency Modulation) ima impuls u sredini svake jedinice, te na početku druge i svih slijedećih nula. FM i MFM kodovi su upotrebljavani za zapis podataka na diskete.

BI-L (Bi-phase Level), popularno Manchester II, ima promjenu 0-1 za svaku jedinicu i 1-0 za svaku nulu, uz podešavanje razine na granici između dva bita. Signal prenosi takt i omogućava detekciju pogreški na fizičkoj razini. Koristi se u raznim sustavima prijenosa podataka, od kojih je najpoznatija lokalna mreže Ethernet. BI-M (Manchester I) i BI-S (Bi-phase Mark, Space) su neka vrsta derivacije Manchestera II, pa imaju promjenu na sredini jedinice (nule), a promjenu između dvije nule (jedinice).

Miller kod ima promjenu u sredini svake jedinice, te između svake dvije nule. To je najefikasniji signalni kod, ali i najosjetljiviji na smetnje.

ITU-T je za prijenos digitalnih signala u digitalnim mrežama dao nekoliko preporuka za signalne kodove. Veliki broj tih kodova je nastao na način da se koriste pozitivni i negativni impulsi i napon 0. Tako imamo 3 različite razine, pa se takvi kodovi nazivaju *pseudoternarni kodovi*. Slika 3.33. prikazuje pseudoternarni kod prema preporuci G.703.



**Slika 3.33.** Pseudoternarni signal prema preporuci G.703

Pseudoternarni kod po G.703 je nastao invertiranjem svakog drugog bita signala FM-S (dvostruki impuls za nulu). Negativni impulsi se koriste za detekciju pogreške i eliminaciju istosmjerne komponente. Redosljed invertiranja se remeti na svakom osmom bitu, čime se postiže sinkronizacija po oktetu. Ovaj kod se koristi u PCM sustavu prijenosa.

Osim koda prema slici 3.33, G.703 definira i AMI (Alternate Mark Inversion) i CMI (Coded Mark Inversion) kodove. AMI kod ima impuls suprotnog polariteta na svakoj jedinici, a takt se prenosi posebnim signalom. CMI kod, slika 3.32, formira se tako da imamo pozitivni prijelaz na sredini nule i prijelaz na početku svake jedinice.

### 3.4 LOKALNE MREŽE

Lokalne mreže (LAN, Local Area Network) povezuju računala unutar kruga radne organizacije, unutar zgrade ili unutar jedne ili više prostorija. U pravilu su privatne, tj. u vlasništvu korisnika koji ih gradi, koristi i njima upravlja. Karakterizirane su malim kašnjenjem i velikom brzinom prijenosa. Postoji više vrsta (standarda) lokalnih mreža. Za lokalne veze se često koristi prijenos u osnovnom području, a tu su najpoznatije ETHERNET, TOKEN-RING i TOKEN-BUS lokalne mreže. Širokopoljne mreže se grade na sustavima kableske televizije, a bežične mreže koriste radio prijenos za povezivanje mobilnih računala.

Lokalne mreže se po topologiji dijele u 3 osnovna oblika: sabirničke, prstenaste i stablaste. Sabirničke koriste višespojno, a prstenaste i stablaste jednospojno povezivanje. Prve lokalne mreže razvile su se na sabirničkoj (Ethernet) i prstenastoj (Token Ring) topologiji. Uz zadržavanje funkcionalnih karakteristika, lokalne mreže danas najčešće imaju stablastu topologiju.

Stablata topologija optimalna je sa stanovišta izgradnje mreže kao dijela infrastrukture zgrade, gdje omogućava efikasnu pokrivenost prostora i nadzor i upravljanje mrežom. Ožičenje se izvodi po principima strukturnog kabliranja, sa svojstvima generalnosti (prikladnosti za sve vrste tehnologija lokalnih mreža), zasićenosti (prostor je pokriven dovoljnim brojem utičnica) i upravljivosti (stablata struktura se efikasno povezuje prespojnim napravama). Današnje lokalne mreže se grade korištenjem kvalitetnih kablova s paricama (UTP CAT.5) i višeslojnih optičkih vlakana.

Sučelja i protokole za lokalne LAN i gradske MAN mreže i definiraju standardi IEEE 802, prihvaćeni kao ISO 8802. Razrađeni su u više dokumenata:

- \* IEEE standard 802.1: Arhitektura.
- \* IEEE standard 802.2: Protokol podatkovne razine (LLC, Logical Link Control).
- \* IEEE standard 802.3: Fizička razina i način pristupa za asinkrone sabirničke (Ethernet) mreže.
- \* IEEE standard 802.4: Fizička razina i način pristupa za sinkrone sabirničke (Token Bus) mreže.
- \* IEEE standard 802.5: Fizička razina i način pristupa za sinkrone prstenaste (Token Ring) mreže
- \* IEEE standard 802.6: Fizička razina i način pristupa za gradske mreže s DQDB (Distributed Queue Dual Bus) tehnologijom (rijetko se koriste).
- \* IEEE standard 802.7: Fizička razina i način pristupa za širokopolasne mreže, koje korištenjem radio modema omogućuju prijenos 802.3, 802.4 i video signala istovremeno.
- \* IEEE standard 802.8: Fizička razina i način pristupa za optičke gradske mreže.
- \* IEEE standard 802.10: Raspored ključeva za LAN/MAN sigurne mreže.
- \* IEEE standard 802.11: Fizička razina i način pristupa za bežične mreže.
- \* IEEE standard 802.12: Fizička razina i način pristupa za lokalne mreže s prioritetom.
- \* IEEE standard 802.14: Fizička razina i način pristupa za širokopolasne mreže (Broadband Local Area Networks), koje koriste tehnologiju kabela televizije.
- \* IEEE standard 802.15: Fizička razina i način pristupa za bežične mreže vrlo malog dometa.
- \* IEEE standard 802.16: Fizička razina i način pristupa za bežične mreže u području 10-60 GHz.

### 3.4.1 LOKALNA MREŽA ETHERNET

ETHERNET je mreža sabirničkog tipa sa asinkronim pristupom i decentraliziranom kontrolom pristupa prijenosnom mediju. Sabirnicu ostvaruje višespojni medij, koji omogućava vezu svak sa svakim. Na takvom mediju istovremeno smije predavati samo jedan učesnik, a svi ostali moraju slušati.

Sama standardizacija Ethernet lokalnih mreža započela je u razvojnom centru firme Xerox (PARC, Palo Alto Research Center), gdje je 1976. Dr. Robert M. Metcalfe prezentirao ideju višespojnog medija. Ubrzo je prikazano rješenje koje je radilo brzinom 3 Mb/s. Razvojn timeru su se priključile firme DEC i Intel, te je 1980. formalno specificiran tzv. DIX Ethernet, 10 Mb/s. Uz male izmjene, danas se ova specifikacija koristi kao Ethernet II standard. Standardizaciju lokalnih mreža preuzela je nakon toga IEEE komisija 802, koja je 1985. donijela 802.3 standard, po kojemu se danas radi Ethernet oprema. Taj standard je u međuvremenu višekratno nadopunjen specifikacijama za korištenje parica, za prijenos brzinom 100 Mb/s i za prijenos brzinom 1000 Mb/s. Ovisno brzini predaje i vrsti medija (kabela), razlikujemo više Ethernet standarda, tablica 3.14:

Oznaka	Brzina	Medij	Dometa	Povezivanje
10Base-5	10 Mb/s	"debeli" koaksijalni kabel	500 m	višespojno
10Base-2	10 Mb/s	RG-58A/U "tanki" koaksijalni kabel	185 m	višespojno
10Base-T	10 Mb/s	UTP, neoklopljena parica, CAT3	100 m	jednospojno
10Base-FL	10 Mb/s	Optički kabel, 62,5/125 $\mu$ m, višesmodni	2000 m	jednospojno
10Base-FB	10 Mb/s	kao FL, za osnovnu mrežu, ne koristi se	2000 m	jednospojno
10Base-FP	10 Mb/s	kao FL, pasivna mreža, ne koristi se	300 m	jednospojno
FOIRL	10 Mb/s	jednomodni kabel, stari standard	1000 m	jednospojno
100Base-TX	100 Mb/s	UTP, neoklopljena parica, CAT5	100m	jednospojno
100Base-T4	100 Mb/s	UTP, neoklopljena parica, CAT3, 8žično	100m	jednospojno
100Base-FX	100 Mb/s	Optički kabel, 62,5/125 $\mu$ m, višesmodni	412m HD 2000m FD	jednospojno
1000Base-T	1 Gb/s	UTP, neoklopljena parica, CAT5, 8žično	100m	jednospojno
1000Base-Fx	1 Gb/s	Optički kabel, 62,5/125 $\mu$ m višesmodni	200-550m	jednospojno

*Tablica 3.14. Pregled Ethernet tehnologija*

Kod Etherneta, stanica koja želi predati okvir podataka najprije sluša da li je medij slobodan, te nakon toga započinje s predajom. Kako postoji mogućnost istovremenog započinjanja predaje od strane dviju ili više stanica, može doći do sukoba signala - kolizije. Stoga stanica koja je na predaji mora kontrolirati vlastiti signal kako bi otkrila eventualno koliziju. Ako je do kolizije došlo, obje stanice šalju signal kolizije (Jam), kako bi sve stanice na mediju sigurno detektirale koliziju, te se povlače s medija. Nakon slučajno odabranog perioda čekanja, stanice ponovno pokušavaju poslati podatke. Ovakav način pristupa naziva se CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection).

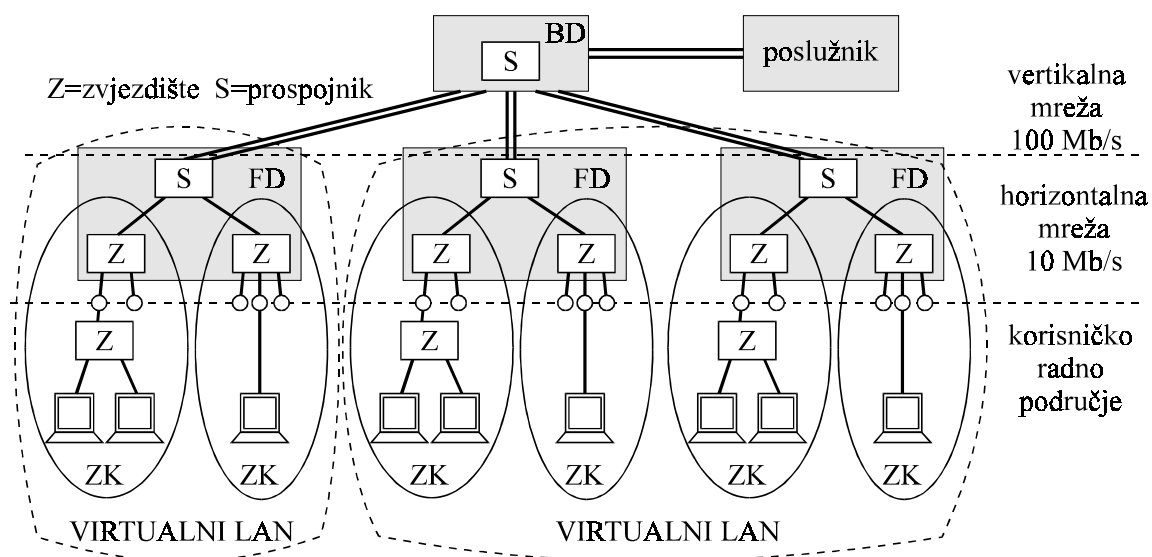
Dva ili više segmenata medija moguće je povezati pojačalima - zvjezdštima ili prenosnicima - prospojnicima.

Ukoliko se segmenti medija povežu pojačalima - zvjezdštima, signali se s jednog segmenta prenose na sve ostale. Stoga dva signala sa dva segmenta mogu uzrokovati koliziju. Svi tako povezani segmenti čine jednu **domenu (zonu) kolizije**. Istovremeno, svi tako povezani segmenti čine i jednu **domenu prostiranja** (broadcast domain), jer se kroz medij prostiru i okviri s univerzalnom (broadcast) adresom.

Ukoliko se segmenti medija povežu prenosnicima ili prospojnicima, okvir se s jednog segmenta prenosi na drugi samo ako je tamo određeno računalo. Dva signala sa dva segmenta ne mogu neposredno uzrokovati koliziju, kolizija je jedino moguća kad prenosnik pristupa segmentu kao i svaki drugi uređaj. Stoga segmenti spojeni prenosnikom svaki za sebe čini domenu kolizije. Međutim, prenosnik proslijeđuje okvire s univerzalnom adresom. Stoga svi segmenti povezani prenosnikom čine jedinstvenu mrežu, odnosno čine jednu **domenu prostiranja**.

Kod korištenja prenosnika, ponekad želimo veliku mrežu razbiti na više manjih. Dovoljno je ograničiti prostiranje okvira s univerzalnom adresom. Mrežu razbijemo na više domena prostiranja. Govorimo o **virtulanim lokalnim mrežama (VLAN)**.

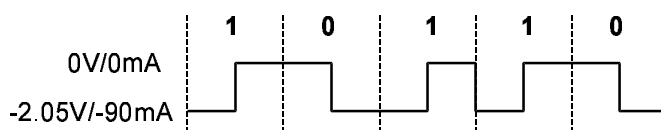
Na slici 3.34 prikazana je struktura složene mreže koja se sastoji od dvije domene prostiranja (virtualna LAN-a) i više domena kolizije.



Slika 3.34. - Primjer mreže s više domena kolizije i prostiranja

### 3.4.1.1 10 MHz Ethernet

Podaci se kod 10 Mb/s Etherneta kodiraju Manchester II kodom, slika 3.35.

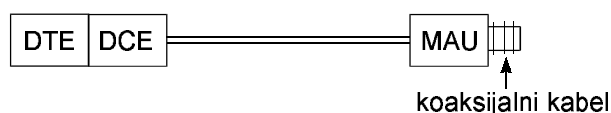


Slika 3.35. Oblik signala za 10 Mb/s Ethernet

Razina signala se mijenja između 0V i -2.05V, odnosno 0mA i -90mA. Brzina prijenosa je 10 Mb/s. Obzirom na vrstu medija, razlikujemo više 10 Mb/s standarda prema tablici 3.13.

### 10Base-5 "debeli Ethernet"

10Base-5 Ethernet koristi posebni Ethernet koaksijalni kabel promjera 10 mm karakteristične impedancije 50 Ω. Gubici na kabelu su mali, tako da je moguća maksimalna duljina segmenta od 500 m. Svaki segment kabela mora s obje strane biti zaključen otporom karakteristične impedancije. Na jedan segment dozvoljeno je povezati najviše 100 računala, s minimalnim razmakom od 2,5 m. Zbog nefleksibilnosti kabela, računala se na njega povezuju posredstvom priključne jedinice (MAU, Media Attachment Unit), slika 3.36.

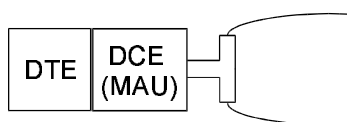


Slika 3.36. Sučelje za 10Base-5

Između računala i priključne jedinice koristi se posebno sučelje (AUI, Attachment Unit Interface) s 15-kontaktnim D konektorom i kabelom maksimalne duljine 50 m. Koaksijalni kabel se na MAU povezuje probojnom utičnicom ili N koaksijalnim konektorima. Ovdje MAU ima ugrađena pojačala (aktivan je) i nalazi se izvan terminala, u kojem je smješten ostatak komunikacijske elektronike (DCE). Na ovaj se način računalo može povezati i na 10Base-2 i 10Base-T mreže, ali se to rijetko koristi.

### 10Base-2 "tanki Ethernet"

10Base-2 Ethernet koristi standardni RG-58A/U koaksijalni kabel promjera 5 mm karakteristične impedancije 50 Ω. Gubici na kabelu dozvoljavaju maksimalnu duljinu segmenta od 185 m. Svaki segment kabela mora s obje strane biti zaključen otporom karakteristične impedancije. Na jedan segment dozvoljeno je povezati najviše 30 računala, s minimalnim razmakom od 0,5 m. Kabel je fleksibilan, pa ga je moguće dovesti do svakog računala, slika 3.37.

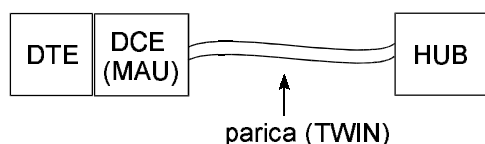


Slika 3.37. Sučelje za 10Base-2

Za tanki Ethernet je MAU u pravilu na istom moddulu sa DCE. Pojedini segmenti kabela povezuju se standardnim BNC konektorom i T razvodnim članovima.

### 10Base-T "Ethernet na parici"

10Base-T Ethernet koristi kabel s dvije (četiri) neoklopljene parice (UTP, Unshielded Twisted Pair), karakteristične impedancije 100 Ω. Gubici na kabelu dozvoljavaju maksimalnu duljinu segmenta od 100 m. Jedan segment kabela povezuje najviše 2 uređaja, dakle imamo jednospojno povezivanje. Kabel je fleksibilan i moguće ga je dovesti do svakog računala, slika 3.38.

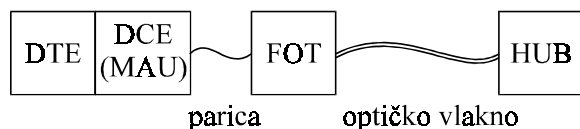


Slika 3.38. Sučelje za 10Base-T

Ovdje je MAU također na istom modulu sa DCE. DTE se priključuje na zvjezdište (engl. HUB) upotrebom dviju upletenih parica. Jedna je parica prijemna, a druga predajna. Zvjezdište, kao pojačalo s više od dva priključka, razvođenjem signala od nekoliko jednospojnih čini jedan višespojni medij, dakle jednu domenu kolizije. 10Base-T koristi samo dvije parice, međutim po pravilima strukturnog kabliranja polažu se kablovi s četiri parice. Koriste se 8-kontaktni modularni RJ-45 konektori.

### 10Base-FL "Ethernet na optičkom kabelu"

10Base-FL Ethernet koristi višemedni optički kabel 62,5/125  $\mu\text{m}$ , na valnoj dužini 1300 nm. Gubici na niti dozvoljavaju maksimalnu duljinu segmenta od 2000 m, s jednospojnim povezivanjem. Računala rijetko raspolažu optičkim priključkom, te se najčešće koristi optički pretvornik (FOT, Fiber Optic Transceiver). Čvorišta nekad raspolažu s optičkim priključcima ili također zahtijevaju korištenje vanjskih optičkih pretvornika, slika 3.39.



Slika 3.39. Sučelje za 10Base-FL

Višespojno povezivanje postiže se korištenjem zvjezdišta, slično kao kod 10Base-T. Standardom su specificirani ST optički konektori (bajonet), iako se u praksi sve više koriste SC (modularni) optički konektori, zbog kompatibilnosti s 100Base-FX standardom.

Ostali standardi za Ethernet po optičkom kabelu nisu u masovnoj primjeni, jer ih je istisnuo jeftini 10Base-FL. **10Base-FB** se trebao koristiti za osnovnu mrežu ("asinkrono"), a **10Base-FP** predviđa povezivanje do 30 stanica na pasivno optičko zvjezdište. **FOIRL** (Fiber Optic Inter Repeater Link) je stariji standard za korištenje jednomodnog vlakna između dvaju pojačala i ne koristi se za nove instalacije.

### Složene mreže 10 Mb/s Ethernet s pojačalima

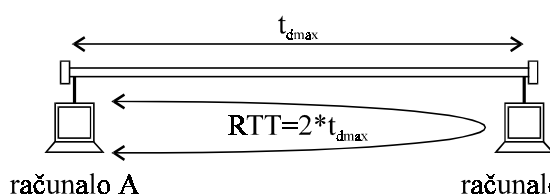
Danas se nove instalacije grade isključivo korištenjem kabela s paricama i optičkih vlakana, po principima strukturnog kabliranja. Za glavnu mrežu zgrade ili kruga koriste se optički kablovi ili parice, a za horizontalnu mrežu (od razdjelnika kata do priključnih kutija) optimalno je korištenje parica. Od koaksijalnih kablova, tanki Ethernet je zgodan za brzo povezivanje računala unutar jedne prostorije.

Složene mreže grade se od više segmenata, koje možemo povezati korištenjem pojačala tako da čine jednu domenu kolizije. Maksimalna veličina domene kolizije određuje se na dva načina, primjenom jednostavnih pravila (pravilo 5-4-3- i pravilo 4-3-4) ili računanjem vremena obilaska.

U najvećem broju slučajeva potrebe korisnika zadovoljit će mreže građene po "**pravilu 5-4-3**". Po ovom pravilu signal između bilo koja dva računala ne smije prolaziti kroz više od pet segmenata, četiri pojačala i tri višespojna segmenta od spomenutih pet. Najveća dozvoljena duljina kabela između dvaju računala je 2500 m, pet segmenata 10Base-5 kabela. Isto ograničenje vrijedi kod primjene optičkih vlakana, kod kojih maksimalni domet od 2000 m kod složenih mreža reduciramo na 500 m.

Kod manjih mreža koristimo "**pravilo 4-3-4**", po kojem imamo četiri segmenta i tri pojačala, a sva četiri segmenta mogu biti višespojna. Optički segmenti u ovom slučaju smiju biti dugački do 1000 m.

Drugi kriterij projektiranja domene kolizije je **računanje vremena kašnjenja** s kraja na kraj mreže, ili **vremena obilaska**, RTT, koje je jednako dvostrukom vremenu kašnjenja, te provjera vremenskog razmaka između uzastopnih okvira. Ograničenje vremena kašnjenja je kompromis između maksimalnog dosega lokalne mreže (domene kolizije) i minimalne duljine okvira (bloka) podataka, a da bi se garantirala efikasna detekcija kolizije ako do nje dođe. Promatramo najgori slučaj dvaju računala među kojima je kašnjenje na mreži maksimalno,  $t_{\text{dmax}}$ , slika 3.40:



Slika 3.40. Vrijeme obilaska i detekcija kolizije

Neka računalo A započne s emitiranjem u trenutku  $t_0$  nakon što se je uvjerilo da je medij slobodan. Signal računala A stići će do računala B u trenutku  $t_0 + t_{\text{dmax}}$ . Međutim, računalo B može započeti s

emitiranjem u bilo kojem trenutku između  $t_0$  i  $t_{dmax}$ . Neka računalo B započne s emitiranjem upravo u trenutku  $t_0 + t_{dmax}$ , što je najgori slučaj. Računalo B će odmah detektirati koliziju, međutim ono mora nastaviti s emitiranjem još najmanje  $t_{dmax}$  vremena, kako bi njegov signal stigao do računala A, koje tek tada može detektirati koliziju. Odatavde slijedi da računalo A mora emitirati najmanje  $2 * t_{dmax}$  vremena.

Za 10 Mb/s Ethernet odabrana je minimalna duljina okvira od 511 bita + 64 bita sinkronizacijske sekvence, ukupno 575 bita. Ukupno vrijeme obilaska mora biti jednako kašnjenju potrebnom za prijenos 570 bita (5 bita rezerve za detekciju kolizije). U praksi se Vrijeme obilaska računa se u "bitovima" na osnovu posebnih tablica, ili se zbroje stvarna kašnjenja svih komponenti (kabela, pojačala i priključnih jedinica). Ukupno kašnjenje ne smije biti veće od 25,6  $\mu$ s, odnosno vrijeme obilaska 51,2  $\mu$ s.

### Složene mreže 10 Mb/s Ethernet s prospojnicima

Kod vrlo velikih lokalnih mreža, koje pokrivaju veliki prostor i povezuju mnogo računala, može se desiti da složene mreže s pojačalima ne zadovoljavaju potrebe po pitanju maksimalnog dosega i kapaciteta. Rješenje je u segmentiranju mreže, korištenjem prospojnika ili prenosnika i njihove funkcije filtriranja prometa.

Način rada prenosnika i prospojnika dijeli mrežu na više zona kolizije, te tako omogućava efikasno prekrivanje većeg prostora.

Funkcija filtriranja prometa omogućava prijenos okvira na onaj segment mreže, na kojem se nalazi odredište. Stoga promatrani okvir na složenoj mreži opterećuje samo segmente između izvorišta i odredišta, dok su ostali segmenti slobodni za druge okvire. Time se omogućava paralelni prijenos više okvira istovremeno po raznim segmentima, te se efektivno povećava kapacitet mreže. Efekti povećavanja kapaciteta su maksimalni, ako se u pojedinu zonu kolizije grupiraju računala među kojima je intenzitet prometa velik. Takvu grupu računala nazivamo "radnom grupom", i smatramo da je optimalno kada je njihov unutarnji promet 80% ili više ukupnog prometa, a vanjski promet 20% ili manje ukupnog.

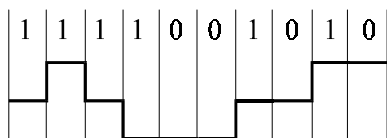
Kašnjenje između zona kolizije nije ograničeno, osim pravilom da prospojnik odbacuje okvir koji nije moguće prosljediti u roku od 2 s.

#### 3.4.1.2 100 MHz brzi Ethernet

Razvoj tehnologije omogućio je povećanje brzine na 100 Mb/s. Usvojeno je više standarda: preuzimanjem tehnologije TP-PMD (Twisted Pair Physical Media Dependent specification) i FDDI (Fiber Distributed Data Interface) formirani su 100Base-TX i 100Base-FX standardi (X prema nazivu ANSI radne grupe za informatiku), 100Base-T4 i T2 su dizajnirani za prijenos podataka paricama lošije kvalitete (4 odnosno 2 parice CAT3), dok je 100VG-AnyLAN (Voice Grade) prerastao u poseban standard namijenjen integraciji svih vrsta prometa (802.12).

#### 100Base-TX "Brzi Ethernet na parici"

100Base-TX koristi dvije kvalitetne parice (kategorije 5), jednu za prijem a drugu za predaju. Maksimalna duljina segmenta je 100 m. Koristi se 8-kontaktni RJ-45 konektor s istim rasporedom parica kao kod 10Base-T. Podaci se kodiraju posebnim MLT-3 signalnim kodom, slika 3.41.



Slika 3.41. MLT-3 kod za za 100Base-TX

Kod MLT-3 koda koriste se razine 1, 0 i -1 V. Promjena se obavlja korak po korak za svaku jedinicu. Za nulu nema promjene. Da se izbjegne dugački niz nula, obavlja se svakih 4 bita kodnom rječi od 5 bita (4b/5b). Tako se zapravo prenosi 125 Mb/s, a kako je u najgorem slučaju potrebno četiri signalna elementa za formiranje jednog potpunog perioda signala, maksimalna frekvencija signalnog koda je 31,25 MHz. Osim 4b/5g kodiranja, serijski signal se još i miješa (scrambler).



### 100Base-T4 "Brzi Ethernet na nekvalitetnoj parici - osmerožično"

100Base-T4 koristi četiri nekvalitetne parice (kategorije 3 ili bolje) tako da se predaja signala obavlja po 3 parice, a po četvrtoj se kontrolira da li je došlo do kolizije. Maksimalna duljina segmenta je 100 m. Koristi se 8-kontaktni RJ-45 konektor s povezanim svim paricama. Podaci se kodiraju ternarnim kodom tako da se svaki blok duljine 8 bita prevodi u kodnu riječ od 6 ternarnih elemenata, a po dva ternarna elementa se u svakom ciklusu šalju jednom paricom. Ovakvim kodiranjem po svakoj predajnoj parici podaci se šalju brzinom 33,3 Mb/s, ali brzina signalizacije je 25 Mbauda, odnosno gornja granična frekvencija je 12,5 MHz.

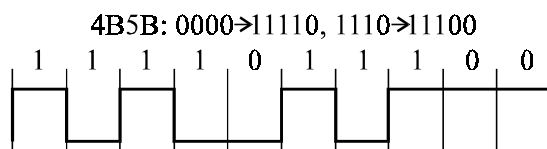
100Base-TX se koristi relativno rijetko, samo tamo gdje postoje stare lokalne mreže izvedene s paricama kategorije 3, i to pod uvjetom da su spojene sve četiri parice prema standardima strukturnog kabliranja (EIA/TIA 568). Zbog različitog kodiranja, ne može se integrirati u 100Base-TX i FX sustave.

### 100Base-T2 "Brzi Ethernet na nekvalitetnoj parici - dvožično"

100Base-T2 ispravlja osnovnu manu 100Base-T4 standarda tako da koristi samo dvije nekvalitetne parice (kategorije 3 ili bolje). Za prijenos koristi quinarni PAM-5 (Pulse Amplitude Modulation 5 levels) signalni kod. Svakim simbolom koda prenose se 2 bita informacije. To je noviji standard koji koristi tehnike digitalne obrade signala i za sada se rijetko koristi.

### 100Base-FX "Brzi Ethernet na optičkom vlaknu"

100Base-FX je standard koji specificira prijenos podatka višesmjernim optičkim kablom na udaljenosti do 400 m obosmjerno, odnosno 2000 m dvosmjerno. Podaci se kodiraju 4b/5b kodom kao kod 100Base-Tx, a nakon toga šalju na optičko vlakno u obliku NRZI (Not Return to Zero Invert on one) signalnog koda (na slici 3.32 označen kao NRZ-M), slika 3.42:



Slika 3.42. NRZI kod za za 100Base-FX

NRZI kod ima promjenu na početku svake jedinice, a nema promjene za nule. Dugački nizovi nula se eliminiraju 4b/5b kodiranjem, tako da je kod kompatibilan sa 100Base-TX.

### Složene mreže 100 Mb/s Ethernet s pojačalima

Povećanjem brzine prijenosa, pooštrili su se uvjeti detekcije kolizije za brze Ethernet mreže. Prihvaćeno je rješenje da se da se zadrži ista minimalna duljina okvira, a da se vremena prostiranja i obilaska s kraja na kraj mreže smanje za 10 puta. Vrijeme obilaska na jednoj domeni kolizije za brzi Ethernet mora biti manje od 5,6  $\mu$ s. To ograničava zonu kolizije na oko 200 m.

Mreža s pojačalima za brzi Ethernet gradi se po "**pravilu 2-1-0**", što znači dva jednospojna segmenta i jedno pojačalo ili zvjezdište (0 višespojnih segmenata). Pojačala mogu biti digitalna (kategorije I) ili analogna (kategorije II). Digitalna bolje obnavljaju signal, ali istovremeno unose veće kašnjenje. Stoga je maksimalna udaljenost 200 m za TX, 272 m za FX i 260 m za miješane mreže. Analogna pojačala samo pojačavaju signal, pri tome unoseći manje kašnjenje. Maksimalna udaljenost je 200 m za TX i 320 m za FX mreže, miješane mreže nisu moguće.

### Složene mreže 100 Mb/s Ethernet s prospojnicima

Korištenjem prospojnika i prenosnika moguće je izgraditi velike složene mreže s brzom Ethernet tehnologijom. Sve prednosti navedene za 10 Mb/s vrijede i ovdje, jedino je potrebno voditi računa o ograničenjima pojedine zone kolizije.

Veze između dvaju prospojnika ili prenosnika ne smatraju se zonom kolizije i mogu biti maksimalne duljine prema vrsti medija (npr. 2000 m za 100Base-FX).

### **Automatsko podešavanje veze (Auto negotiation)**

Uvođenje 100 Mb/s Etherneta olakšano je pojavom univerzalnih uređaja, koji rade na brzinama od 10 i 100 Mb/s. Kod uključanja, pokreće se postupak automatskog podešavanja, kojim se određuje maksimalna radna brzina, te eventualni dvosmjerni rad na svakom segmentu. Ponekad postupak ima tendenciju uključanja 100Base-T4 umjesto TX prijenosa, koji se u tom slučaju treba inicirati ručno.

#### **3.4.1.3 1000 MHz gigabit Ethernet**

Razvoj 1 Gb/s Etherneta započeo je kroz aktivnosti ANSI radne grupe X3T11 "Fibre Channel" 1988. koje su rezultirale i danas važećim standardima (FC-x serija standarda). Specifikacija fizičke razine za brzinu 1 Gb/s poslužila je kao osnovica za gigabit Ethernet.

1 Gb/s Ethernet zadržao je osnovni CSMA/CD način pristupa za višespojne medije (nekad se koristi termin obosmjerni medij). Da se zadrži ista širina domene kolizije kao za 100 Mb/s sustave, minimalna duljina okvira je povećana 8 puta, na 4096 bita (512 okteta). Ukoliko je stvarna količina podataka manja, okvir se nadopunjuje praznim bitovima. Radi boljeg iskorištenja kanala, dozvoljeno je slanje praskova kratkih okvira (bez razmaka među okvirima, koji je bio neophodan kod ranijih standarda).

Kod jednospojnih medija između dvaju uređaja s prospajanjem, ili između računala i prospojnika, može se koristiti dvosmjerni prijenos. Ovdje nema kolizija, pa je minimalna duljina okvira 512 bita (+64), a praskovi nisu dozvoljeni.

Gigabit Ethernet standardiziran je u dvije grupe sandarda, 802.3z i 802.3ab. Kod **802.3z standarda** koristi se izvorna ANSI tehnologija, unaprijeđena IEEE istraživanjima. Specificirani su 1000Base-CX, 1000Base-LX i 1000Base-SX standardi. Svima je zajedničko kodiranje podataka 8b/10b kodom, tj. svako kodna riječ duljine 8 bita zamjenjuje se jednom 10-bitnom riječi (slično kao 4b/5b za 100 Mb/s Ethernet). **802.3ab standard** specificira 1000Base-T mrežu.

#### **1000Base-CX "Gigabit Ethernet na bakru"**

1000Base-CX je standard koji omogućava povezivanje grupa uređaja na kratkim udaljenostima. Koristi se specijalna oklopljena parica maksimalne duljine 25 m. Namjena mu je jeftino povezivanje uređaja unutar jedne ili nekoliko susjednih prostorija.

#### **1000Base-LX i SX "Gigabit Ethernet na optičkom vlaknu"**

1000Base-LX je standard koji omogućava povezivanje korištenjem višemodnog ili jednomodnog optičkog vlakna i valne duljine 1250 nm. Višemodnim vlaknom postiže se 550 m dosega, a jednomodnim do 5 km.

1000Base-SX je standard koji omogućava povezivanje korištenjem višemodnog optičkog vlakna i valne duljine 850 nm. Ovisno o vrsti vlakna, postižu se udaljenosti od 200 do 550 m.

#### **1000Base-T "Gigabit Ethernet na parici"**

1000Base-T je posebno razvijen standard, IEEE 802.3ab, koji specificira povezivanje uređaja UTP kabelom kategorije 5 na udaljenosti do 100m. Ovo je važan standard jer omogućava korištenje postojećih instalacija lokalnih mreža kategorije 5.

Prijenos se obavlja dvosmjerno po četiri parice brzinom 4x250 Mb/s, korištenjem quinarnog PAM-5 signalnog koda brzine signalizacije 125 Mbauda (prijenos 2 bita po simbolu). Razine signala u 0, ±0,5 i ±1 V. Kako PAM-5 signal ima 5 razina, u promatranom trenutku na 4 parice je prisutna jedna od  $5^4=625$  kodnih riječi. Od mogućih 625, koristi se 256 (8 korisničkih bita), koje su odabrane tako da spektar signala bude prihvatljiv, te da omoguće unaprijednu korekciju pogriješki (FEC, Forward Error Correction). Interesantno je da 1000Base-T koristi ranije razvijene tehnike 100Base-T2 standarda i modemskih standarda (Trellis FEC kodiranje, Viterbi dekodeer).

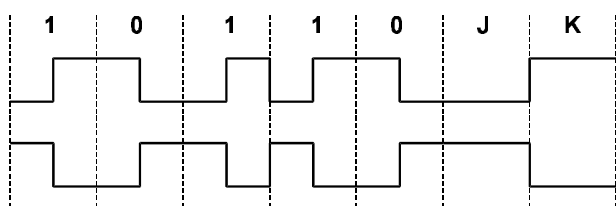
Složene 1000Base-T mreže se grade po istim kriterijima kao 100Base-TX, s istovrsnim automatskim podešavanjem.

### 3.4.2 LOKALNA MREŽA SINKRONI PRSTEN (TOKEN-RING)

TOKEN-RING je mreža izvorno prstenaste topologije, sa sinkronom decentraliziranom kontrolom pristupa. Podaci se kreću kružno u jednom smjeru brzinom 4 ili 16 Mb/s. Kada nema podataka, prstenom cirkulira pristupna riječ (TOKEN). Stanica koja želi svoj okvir poslati na mrežu, mora sačekati pristupnu riječ, te tada umjesto nje poslati svoj okvir podataka. Ista stanica okvir i skida s mreže, dok ostale stanice okvir primaju i prihvaćaju ukoliko je na njih naslovljen.

Prstenastu topologiju danas mijenja stablasta, kod koje se u čvorovima koriste pasivna ili aktivna zvjezdista. Specificirane su oklopljene i neoklopljene parice, te optička vlakna. Specifičan je MIC (Media Interface Connector) konektor koji je istovremeno muški i ženski pa se kablovi mogu nadovezivati, a u slučaju odspajanja osigurava kontinuitet prstena. MIC je nezgrapan, pa se nekad koristi DB9 konektor, a kod modernih mreža sa strukturnim kabliranjem modularni RJ-45 konektor. Za optičke kablove specificiran je ST konektor, a sve se više koristi modularni SC konektor.

TOKEN-RING mreže koriste signalni kod *Manchester II*. kao ETHERNET, uvijek na balansiranom mediju. Amplituda signala je između 3 i 4,5 V. Ovdje se razlikuju podatkovni signali i signali koji ne nose podatke (tzv non-data), slika 3.43. Signal J je stalno u nuli, a K u jedinici.



Slika 3.43. Oblik signala za sinkroni prsten

Sinkrone prstenaste mreže gube tržišnu utakmicu s Ethernetom. Jedan od razloga je nekompatibilnost najvećeg dobavljača ovih mreža, IBM-a, s izvornim IEEE 802.5 standardom. Drugi razlog je u potrebi nadzora nad stanjem prstena, kako bi se izbjegao zastoje u toku podataka. Prekid prstena nadomješta se povratnim tokom, dok se gubitak pristupne riječi (npr. isključenjem računala koje trenutno posjeduje pristupnu riječ) kontrolira posebno izabranim računalom na prstenu. Sve ove procedure poskupljuju izvedbu prstenastih mreža, tako da njihova osnovna prednost - jako dobra svojstva na visokoj razini opterećenja - nije dovoljna u tržišnoj utakmici s Ethernetom.

### 3.4.3 LOKALNA MREŽA SINKRONA SABIRNICA (TOKEN-BUS)

TOKEN-BUS je sabirnička mreža sa sinkronim pristupom. Računala na mreži formiraju logički prsten, kojim također cirkulira pristupna riječ. Pristup mediju sličan je kao kod sinkronih prstenastih mreža. Sve prednosti sinkronih prstenastih mreža ovdje su sačuvane, izbjegnuta je osjetljivost na fizički kontinuitet prstena, ali su potencirane mane prstenaste mreže. Procedure uspostave i održavanja logičkog prstena su složenije kod sinkrone sabirnice.

Za sinkrone sabirničke mreže definiran je standardom IEEE 802.4 sinusoidalni oblik signala, tako da one zapravo spadaju u širokopojasne mreže. Primjenjuje se koherentna isokrona frekvencijska modulacija (slika 3.44), tako da je niža frekvencija 1 period/bit, a viša 2 period/bit. Osim podatkovnih, koriste se i nepodatkovni signali. Brzina prijenosa je 5 ili 10 Mb/s.



Slika 3.44. Oblik signala za sinkronu sabirnicu: podatkovni (lijevo) i nepodatkovni (desno)

Najznačajnija primjena sinkrone sabirnice je u automatizaciji industrijskih postrojenja pod nazivom MAP (Manufacturing Automation Protocol), gdje se koristi zbog dobre propusnosti kod visokog opterećenja. Komercijalna varijanta ARCNet (sa signalom u osnovnom području) nije u upotrebi.

### 3.4.4 LOKALNA MREŽA OPTIČKI PRSTEN (FDDI)

FDDI (Fiber Distributed Data Interface) je dvostruka optička sinkrona prstenasta mreža brzine prijenosa 100 Mb/s namjenjena izradi osnovnih (backbone) mreža. Pristup mediju je sličan 802.5 mrežama (token ring) i koristi pristupnu riječ. Ova mreža je dominirala tim područjem sve do pojave 100 i 1000 Mb/s Ethernet. Danas se nove FDDI instalacije rijetko grade.

Iako izvorno optička, FDDI je danas specificirana za sve vrste medija kao TP-PMD ili CDDI (Copper Distributed Data Interface), a evoluirala je ka većim brzinama kao FC (Fiber Channel). FDDI tehnologija poslužila kao osnovica za razvoj 100 i 1000 Mb/s Ethernet.

### 3.4.5 LOKALNA MREŽA ZA SVE USLUGE (100VG-AnyLAN)

Prilikom razvoja 100 Mb/s Ethernet jedna od ideja je bila integracija svih vrsta prometa. Ta aktivnost je dovela do usvajanja IEEE 802.12 standarda, 100VG-AnyLAN.

100VG je nova tehnologija koja omogućava prijenos podataka brzinom 100 Mb/s paralelno po četiri parice kategorije 3 ili bolje, obosmjerno. Podaci se demultipleksiraju na četiri paralelna kanala, miješaju (scrambler), kodiraju zamjenom svakih 5 kompleksijom od 6 bita (5b/6b), te šalju na kanal u obliku NRZ signalnog koda. Ukupno se prenosi  $4 \cdot 30 = 120$  Mb/s, što nakon 5b/6b dekodiranja daje 100 Mb/s. Granična frekvencija po parici je 15 MHz. 5b/6b kodiranje omogućava efikasnu detekciju pogreški.

U razvoju su tehnologije prijenosa 100VG okvira po dvije i jednoj parici, te po optičkom kabelu.

Topologija 100VG mreža je stablasta, sa prospojnicima na čvorištima mreže. Prospojnici kontroliraju pristup pojedinih stanica mreži, te određuju prioritet za pojedine vrste informacija. Prednost ove mreže je u sličnosti okvira s Ethernet i Token-ring mrežama, pa je integracija i migracija jednostavna. U budućnosti, primjena ATM tehnologije na području lokalnih mreža imat će značajan utjecaj na masovnost primjene 100VG mreža.

## 3.5 DIGITALNE PRETPLATNIČKE MREŽE

Za razliku od lokalnih mreža, pretplatničke mreže u pravilu povezuju korisnike javnih mreža s najbližom čvorištem javne mreže. Pretplatničke mreže su dominantno izgrađene korištenjem bakrenih parica niske kvalitete, prilagođene prijenosu niskofrekvencijskog govornog signala.

Unatoč niskoj kvaliteti parica, činjenica je da one, ovisno o udaljenosti, dozvoljavaju prijenos informacija većim brzinama od standardnog telefonskog kanala. Odatle su potekle različite ideje da se ovaj kapacitet korisno iskoristi.

U analognoj tehnologiji, razvijeni su standardi za istovremeni prijenos govornog i podatkovnog signala (npr. ITU-T R.22, 19200 b/s). U digitalnoj tehnologiji po jednoj parici se prenose 2 ili 4 telefonska kanala istovremeno ( $4 \cdot 64$  kb/s), kada je pretplatnička mreža malog kapaciteta, odnosno kada nema dovoljno slobodnih telefonskih parica.

Za uskopojasne ISDN mreže specificirana je posebna tehnologija pretplatničkih mreža koja se danas sve više koristi. Također, u razvoju su namjenske tehnologije digitalnog prijenosa podataka po pretplatničkim mrežama, poznate po akronimu xDSL. Širokopojasne B-ISDN mreže zasnivaju se na ATM tehnologiji. Fizička razina uskopojasnih ISDN i xDSL mreža je obrađena u ovom, a ATM mreža u slijedećem poglavlju.

### 3.5.1 USKOPOJASNE ISDN PRETPLATNIČKE MREŽE

Uskopojasne ISDN mreže su logičan nastavak digitalizacije telefonske mreže, gdje je uvođenjem digitalnih spojnih putova (danas optičkom SDH tehnologijom) i digitalnih telefonskih centrala ostvarena integrirana digitalna mreža (IDN, Integrated Digital Network). Uskopojasna ISDN (Integrated Services Digital Network) trebala je pružiti prednosti digitalne tehnologije samim korisnicima, i to na principu prospajanja kanala standardnog kapaciteta 64 kb/s. Mali kapacitet kanala i tehnologija prospajanja čini ove mreže nepogodnim za umrežavanje računala. ITU-T donio je čitav niz preporuka I serije.

Standardizacija uskopojsnih ISDN sustava traje od 1975., i danas je jasno da ta tehnologija neće odigrati značajnu ulogu na području globalnih telekomunicacija. Ipak, specifikacija pretplatničkih ISDN mreža pruža prihvatljivo rješenje malom korisniku. On po jednoj parici može raspolagati s dva istovremena kanala, te tako ostvariti dvije telefonske veze, ili jednu telefonsku i jednu podatkovnu vezu kapaciteta 64 kb/s, ili jednu podatkovnu vezu kapaciteta 128 kb/s. Kad se takvom pretplatničkom mrežom pristupa javnoj telefonskoj mreži i nekoj javnoj mreži za prijenos podataka, kao što je Internet, onda pretplatnička ISDN tehnologija nalazi svoje mjesto u konkurenciji ostalih tehnologija. To su modemske komunikacije (V.90) s jedne, te xDSL i ATM tehnologije s druge strane.

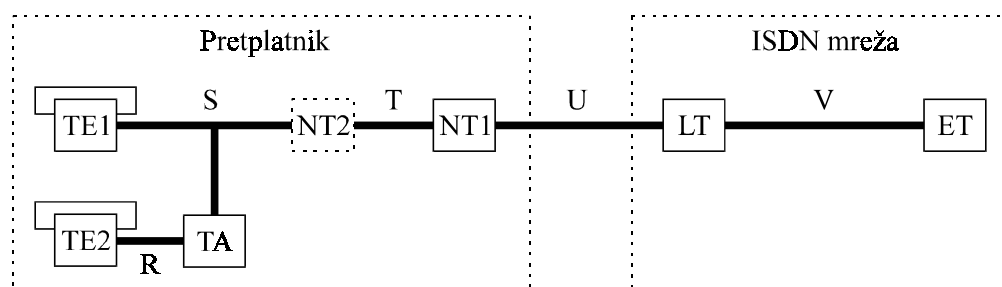
Osim osnovnog "B" kanala kapaciteta 64 kb/s, koristi se signalizacijski D kanal kapaciteta 16 kb/s i različiti H kanali, od H0 384 kb/s (6B), H12 (30B) do raznih širokopojsnih kanala raspoloživih na raznim razinama PCM arhitekture. H kanali su trebali biti osnova širokopojsnog ISDN, ali je taj koncept kasnije napušten u korist ATM tehnologije. ISDN mreža omogućava dvije vrste pretplatničkih priključaka, osnovni BRI (Basic Rate Interface) i primarni PRI (Primary Rate Interface). Z osnovnu uslugu prospajanja kanala, korisniku se nudi čitav niz pomoćnih usluga kao što su tarifiranje, identifikacija korespondenta, preusmjerenje poziva i slično.

**BRI priključak** raspolaže s 2B+D kanalima, od kojih su dva B kanala na raspolaganju korisniku, a D kanal se koristi za signalizaciju prema ISDN centrali. Podaci se prenose bakrenom paricom, obosmjerno.

**PRI priključak** raspolaže s 30B+D kanalima i koristi se za povezivanje većih radnih organizacija na mrežu. To je zapravo priključak primarnog PCM sustava (E1) kapaciteta 2048 kb/s, ali s korištenjem ISDN signalizacije. B kanali PRI priključka mogu se kombinirati u H kanale većeg kapaciteta.

### 3.5.1.1 Referentna konfiguracija ISDN pretplatničkog sučelja

ISDN pretplatničko sučelje, ITU-T preporuka I.411, konfigurirano je prema slici 3.45.



*Slika 3.45. Referentna konfiguracija ISDN priključka*

Pretplatničko sučelje sadrži sljedeće uređaje:

- TE1: terminal tipa 1, kao što je ISDN telefon ili računalo s ISDN priključkom,
- TE2: terminal tipa 2, kao što je stari analogni telefon, modem ili računalo s RS-232 priključkom ako ga podržava TA adapter,
- TA: terminalni prilagodnik (Terminal Adapter), uređaj koji obavlja prilagodbu ne-ISDN uređaja na ISDN priključak, kao što su analogni telefoni, RS-232 terminali ili čak računala s Ethernet priključkom,
- NT1: mrežna oprema tipa 1, predstavlja vezu između pretplatničkog kanala i kućne instalacije,
- NT2: mrežna oprema tipa 2, obavlja funkcije lokalne telefonske centrale, najčešće kod velikih korisnika s PRI priključkom. Kod malih korisnika i kućnih instalacija se ne nalazi,
- LT: kanalna oprema, fizički priključak na ISDN mrežu i
- ET: priključak telefonske centrale.

Razlikuje se 5 referentnih točaka:

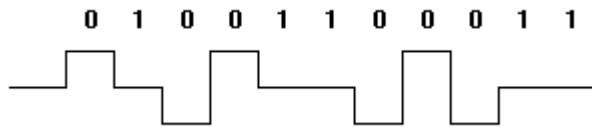
- S: sučelje ISDN terminala i kućne ISDN centrale, identično T sučelju,
- T: sučelje kućne ISDN centrale i ISDN priključka, identično S sučelju,
- S/T: oznaka S i T sučelja kada nema TE2
- R: sučelje analognih telefonskih uređaja ili drugih uređaja koji ne raspolažu s ISDN priključkom,
- U: sučelje na samoj parici između korisnika i kanalne opreme ISDN mreže i
- V: sučelje između kanalne opreme i ISDN centrale, često u sklopu same centrale.

### 3.5.1.2 ISDN S/T sučelje

Instalacija u prostorijama pretplatnika proteže se od NT1 preko NT2 i TA do TE1 i TE2. To je jedna vrsta male lokalne mreže koja koristi sabirnicu izrađenu od dvije parice impedancije 150  $\Omega$ , maksimalne duljine 200 m, s tim da pojedini odvojci ne smiju biti dulji od 10 m. Jedna parica služi za prijem, a druga za predaju signala. Parice trebaju biti zaključene otporom karakteristične impedancije. Korištenjem parica niže impedancije, maksimalna udaljenost se smanjuje na 100 m. Alternativno, kod spajanja samo jednog ISDN uređaja (point-to-point), dozvoljena je duljina parica od 1000 m.

Kod višespojnog povezivanja, dozvoljeno je priključiti do 8 uređaja. Pojedini uređaji mogu biti koncentratori za druge ISDN ili konvencionalne uređaje, pa je broj pojedinačnih uređaja praktično neograničen. Broj istovremenih veza ovisi o broju B kanala (2 B kanala za BRI). Podaci se prenose od točke do točke (TE1 - NT1) ili od točke do više točeka (TE1 - više NT1, prema broju B kanala). Lokalna komunikacija među TE uređajima nije predviđena.

Na S/T sučelju koristi se 8-kontaktni modularni RJ-45 konektor. Prema I.430, podaci se prenose balansirano brzinom 192 kb/s, s amplitudom impulsa 750 mV. Koristi se modificirani AMI signalni kod (MAMI, Modified Alternate Mark Invert), slika 3.46:



Slika 3.46. Oblik signala za ISDN S/T sučelje

Za razliku od analogne telefonske mreže, gdje telefonska centrala osigurava dovoljno energije za napajanje telefonskog aparata, kod ISDN priključka glavni dio energije osigurava NT1. Energija se može provesti signalnim paricama, ili zasebnom trećom paricom. Napon napajanja je 34-42 V, max 56,5 V. Snaga napajanja je 4,2 W odnosno struja oko 0,1 A. NT1 uređaji bi trebali sadržavati i neki sustav besprekidnog napajanja. ISDN centrala osigurava energiju za napajanje samo jednog TE1 uređaja.

### 3.5.1.3 ISDN U sučelje

"U" sučelje povezuje NT1 i LT, dakle prenosi podatke između mreže i korisnika. Kako je (u Evropi) NT1 u vlasništvu telefonske kompanije, U sučelje je u velikoj mjeri interna stvar same mreže. Osim osnovnog načina prijenosa, standard spominje niz industrijskih rješenja koja se koriste u praksi.

Prema preporuci G.961, bakrenim paricama podaci se prenose dvosmjerno ternarnim MMS43 (Modified Monitoring State Code). Svaka 4 bita kodiraju se s 3 ternarna simbola. Brzina signalizacije je 120 kBauda.

Alternativno, podaci se mogu prenositi dvosmjerno kvaternarnim kodom (+3, +1, -1, -3) i brzinom 80 kBauda. Svaka dva bita prenose se jednim kvaternarnim simbolom, 2B1Q. Podaci se također mogu prenositi obosmjerno kvaziternarnim AMI kodom brzinom 320 kBauda. Upravo ovaj način prijenosa podrazumijeva se pod "U" sučeljem. Podaci se također mogu prenositi dvosmjerno ternarnim kodom brzinom 108 kBauda. Svaka tri bita kodiraju s dva ternarna simbola, 3B2T. Ova tri načina prijenosa nisu dio službenog standarda.

### 3.5.2 xDSL MREŽE

Posljednje desetljeće dvadesetog stoljeća donijelo je veliku promjenu tržišta telekomunikacija: umjesto širenja video usluga, prijenos podataka je postao dominantan. Sve veći broj ljudi pristupa internetu, umjesto da satima gleda televiziju. Tome su doprinijele pojave distribucije poduzeća, rada kod kuće, dvoje zaposlenih u obitelji i masovnog širenja osobnih računala. Pristup WWW-u Interneta i bazama podataka danas traže novi korisnici kojima je potrebna adekvatna usluga prijenosa podataka.

Promjena tržišta za posljedicu ima kvalitativnu i kvantitativnu promjenu zahtjeva. Kvalitativno, konstantni tok podataka video signala mijenjaju praskoviti i prijenos u blokovima, karakteristični za pristup WWW i bazama podataka. Kvalitativno, od nekoliko desetaka Mb/s kapaciteta potrebnog za HDTV, zahtjevi korisnika se smanjuju na nekoliko stotina kb/s do nekoliko Mb/s, blisko kapacitetu primarnog PCM sustava. Također je važno da potreba za takvom uslugom postoji danas.

Tehnologija analognih modema, koji podatke prenose standardnim telefonskim kanalom, došla je do svog plafona dvosmjernim prijenosom 33,6 kb/s (V.34) i nesimetričnim prijenosom s jednom D/A pretvorbom brzine 56 kb/s (V.90). Digitalizacija pretplatničke petlje na osnovi ISDN tehnologije daje samo djelomične rezultate, jer je prvenstveno ograničena kapacitetom B kanala na 64 kb/s (eventualno 128 kb/s spajanjem dva B kanala). Oba ova pristupa imaju ozbiljni nedostatak u komutacija kanala, koja ne odgovara potrebama korisnika, niti su postojeće (telefonske) mreže predviđene za višesatne veze karakteristične za prijenos podataka. Neposredni je zaključak, da prijenos podataka treba obaviti mimo telefonske mreže s komutacijom kanala, makar ona bila digitalna.

Tehnologija koja bi mogla zadovoljiti potrebe prijenosa podataka je tehnologija interaktivnih sustava kabela televizije. Bez obzira da li ih gradile telekomunikacijske kompanije ili kompanije postojećih jednosmjernih (distribucijskih) kabela sustava, osnovni je problem u ogromnim investicijskim sredstvima potrebnim da se usluga ponudi značajnom broju potencijalnih korisnika. Kako korisnici više nisu primarno zainteresirani za uslugu "video na zahtjev", izgradnja ovih sustava je znatno usporena.

Grupa rješenja kod kojih se kombiniraju dva medija pokušava iskoristiti činjenicu, da je kod velikog broja korisnika promet nesimetričan. Promet prema korisniku višestruko je veći od prometa prema mreži. Ta rješenja koriste modemsku (telefonsku) vezu za tokove prema mreži, a sustave jednosmjerne kabela televizije ili satelitske kanale za tokove podataka prema korisniku. Na tržištu su se pojavili kabelski i satelitski modemi. Mane ove tehnologije su višestruke. Tehnologija ne osigurava dovoljan kapacitet za veliki broj korisnika, te se pojavljuje potreba za investicijama bliskim interaktivnoj televiziji. Korisnik mora ugovoriti dvije usluge, modemsku vezu s telefonskom i prijem podataka s kabelskom kompanijom, pri tome iznajmljujući najčešće drugi telefonski priključak. Konačno, za poslovne aplikacije modemska veza ka mreži definitivno nije zadovoljavajuća. Zbog svega navedenog, kombiniranje medija nije dugoročno rješenje prijenosa podataka.

Uzevši u obzir sve izneseno, potrebna je tehnologija koja će odmah, bez velikih investicija, ponuditi razumne brzine dvosmjernog prijenosa podataka po prihvatljivim cijenama. Grupa tih tehnologija danas je poznata po akronimu xDSL.

#### 3.5.2.1 Osnovne značajke xDSL tehnologije

xDSL tehnologija koristi činjenicu, da telefonske kompanije imaju izgrađene pretplatničke mreže od bakrenih parica. Iako loše kvalitete, parice ipak na kratkim udaljenostima omogućavaju prijenos podataka znatnim brzinama. Prednosti xDSL tehnologije su:

- ne zahtijeva investicije u nove vodove
- dostupna je svuda gdje postoji telefonski priključak,
- skupe nadogradnje digitalnih centrala nisu potrebne, jer se one DSL tehnologijom mimoilaze,
- ne trebaju dodatni telefonski priključci jer većina DSL tehnologija koristi istu paricu za prijenos telefonskog i podatkovnog signala,
- DSL kanal je dostupan u punom kapacitetu svom korisniku, kapacitet se ne dijeli s drugima i
- moguća je izgradnja u fazama, a investicija je proporcionalna broju ugrađenih priključaka

xDSL tehnologija treba razrješiti dva problema, prijenos podatka na pretplatničkoj mreži i prijenos podataka dalje kroz komunikacijsku mrežu.

Prijenos podataka dalje kroz komunikacijsku mrežu na neki način je već riješen. Telefonske kompanije su vremenom izgradile snažnu optičku osnovnu mrežu, a u mnogim telefonskim centralama raspolažu čvornom opremom za prijenos podataka velikog kapaciteta, npr. ATM prospojećnicima. Primjenom stalnih ili prospojećenih veza, moguće je ostvariti zadovoljavajuću povezanost s Internetom, što je osnovni zahtjev većine korisnika.

Prijenos podataka na pretplatničkoj mreži je srž xDSL tehnologije. Problemi su znatni. Osim općenito loše kvalitete parica, naročito kod starijih kabela, dodatne poteškoće predstavljaju mostovi na paricama i krajnji tereti. Parice se u pretplatničkim mrežama ne sijeku, već se priključuju odvojci koji nakon isključenja pretplatnika često ostaju priključeni. Kraj parice se nekad zaključuje induktivnim opterećenjem. Pronalaženje starih mostova je skup i nepotreban postupak, dok je krajnje terete potrebno demontirati.

Svi navedeni problemi rješavaju se tehnologijama koje nisu daleko od suvremenih modemskih modulacija. Pri tome treba voditi računa da xDSL sustav prenosi podatke samo do prve telefonske centrale, a ne s kraja na kraj mreže, te da na tom dijelu imamo više ili manje homogenu bakrenu telefonsku paricu. Različita konkretna rješenja imaju posebna svojstva.

### **3.5.2.2 HDSL (High speed Digital Subscriber Line) tehnologija**

HDSL je prva xDSL tehnologija, razvijena 1980-tih da se omogući 1,5 Mb/s dvosmjerni DS1 priključak korisnicima, umjesto skupog T1 priključka. Koristi dvije parice i ne dozvoljava istovremeni prijenos analognog telefonskog signala. Postoji varijanta koja prenosi podatke jednom paricom polovičnom brzinom. Za prijenos podataka koristi se jednostavan kvaternarni kod (2B1Q) kao kod ISDN U sučelja, brzinom 392 kb/s. Gornja granična frekvencija je 196 kHz.

HDSL je značajan smo zbog svoje inovativnosti, jer je poslužio kao osnovica za kasnije standarde. Iako je stabilan i dorađen i podržavaju ga telefonske kompanije, HDSL nije pogodna tehnologija za masovne digitalne pretplatničke mreže.

### **3.5.2.3 SDSL (Single line Symmetric Digital Subscriber Line) tehnologija**

SDSL je tehnologija koja omogućuje simetričan dvosmjernan prijenos podataka po jednoj parici brzinama od 160 do 2048 kb/s (E1), uz istovremeni prijenos analognog telefonskog kanala.

Mana ove tehnologije je u kratkom dometu, ispod 3 km na većim brzinama. Druge xDSL tehnologije su stoga pogodnije za masovnu primjenu.

### **3.5.2.4 IDSL (ISDN Digital Subscriber Line) tehnologija**

IDSL koristi tehnologiju ISDN pretplatničke petlje za ostvarivanje dvosmjernog kanala brzine 128 kb/s. Za razliku od ISDN priključka koji završava na ISDN centrali, IDSL kanal se priključuje na vlastitu opremu i omogućava pristup brznoj podatkovnoj mreži. Koristi jednu paricu. Priključak ne podržava istovremeni prijenos govornog signala.

IDSL je jeftina alternativa ISDN priključku, ali zahtjeva dodatnu paricu. Pruža 128 kb/s, što je dobro u usporedbi s maksimalnih 56 kb/s po analognoj mreži, ali nije pogodan za masovnu primjenu.

### **3.5.2.5 VDSL (Very high speed Digital Subscriber Line) tehnologija**

VDSL je nova tehnologija koja bi trebala omogućiti brzinu prijenosa prema korisniku, do 52 Mb/s na udaljenostima do 300 m i 15 Mb/s do 1 km. Brzina prema mreži je između 1,5 i 2,3 Mb/s. Koristi jednu paricu i ne omogućava prijenos telefonskog signala.

Tehnologija je originalno razvijena za sustave interaktivne televizije. Kako su aktivnosti na ovom području usporene, ni jedna od predloženih varijanti nije standardizirana.

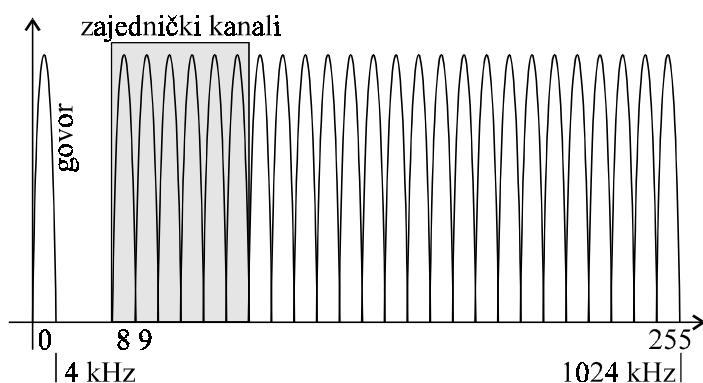


### 3.5.2.6 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) tehnologija

ADSL je prva uspješna xDSL tehnologija, koja na udaljenostima do 5 km omogućava prijenos podataka ka korisniku brzinom do 2 Mb/s, a do 2 km 8 Mb/s. Brzina prijenosa prema mreži kreće se od 64 do 640 kb/s. Pri tome koristi jednu paricu i omogućava prijenos analognog telefonskog kanala. Tehnologija je dobro standardizirana, ispitana nekoliko godina u praksi, a podržava je veliki broj proizvođača.

ADSL, međutim, nije imun na poteškoće. Iako su cijene ADSL modema relativno niske, približno cijenama kvalitetnih analognih modema, cijena pretplate na priključak je još uvijek visoka. Osim toga, unatoč oficijelnom ANSI standardu, na tržištu su prisutna dva sustava modulacije: standardni DMT i industrijski CAP. Dok je DMT robusniji, ali i skuplji i troši više energije, CAP je jednostavniji, jeftiniji i troši manje energije. U postupku je službena standardizacija i CAP modulacije.

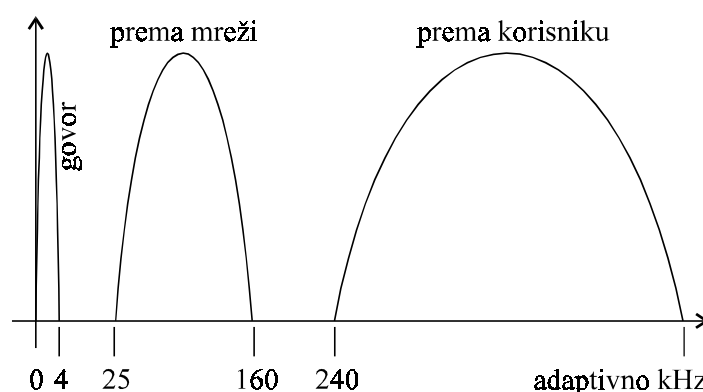
Kod DMT (Discrete Multi Tone) modulacije frekvencijski spektar 0-1024 kHz podijeljen je u 256 pojasa širine po 4 kHz, slika 3.47:



Slika 3.47. Spektar ADSL DMT signala

Pojas 0 koristi se za prijenos govornog signala, a pojasi 8-255 za prijenos podataka. Dio pojasa, od 8 dalje, koristi se dvosmjerno, uz poništenje jeke, a ostali se koriste samo za prijenos prema korisniku. Ukoliko je na nekom od kanala nivo smetnji ili izobličenja visok, on se isključuje iz prijenosa. Stoga se brzina prijenosa adaptivno podešava prema mogućnostima medija.

CAP (Carrierless Amplitude Phase modulation) je u osnovi adaptivna QAM modulacija s promjenljivim brojem točaka konstelacije, ovisno o kvaliteti parice i razini signala. Dvosmjerni prijenos je ostvaren podjelom frekvencije, pa nije potrebno poništenje jeke, slika 3.48:



Slika 3.48. Spektar ADSL CAP signala

### 3.5.2.7 RADSL (Rate Adaptive Digital Subscriber Line) tehnologija

RADSL je inteligentna varijanta ADSL sustava. Uređaju automatski prilagođuju brzinu prilikama na parici. To pojednostavljuje instalaciju, jer nisu potrebna mjerenja konkretne veze ni ručno podšavanje parametara. ADSL i RADSL su jedini ozbiljni kandidati za masovnu izgradnju xDSL mreža.

### 3.5.2.8 ADSL tehnologija male brzine

Početak širenja ADSL tehnologije pokazao je slabu stranu postojećih sustava: mali kapacitet osnovne Internet mreže. Mnoge kompanije za pristup Internetu (ISP, Internet Service Provider) su otkrili da nagli porast prijenosnih kapaciteta na strani korisnika pretvara njihove instalacije u usko grlo. Stoga je zaključno da je prihvatljivija DSL tehnologija manje brzine, oko 1 Mb/s prema korisniku i oko 100 kb/s prema mreži.

Drugi problem je nastao na području elektromagnetske kompatibilnosti. Puštanje u pogon velikog broja digitalnih izvora po postojećim kabelima podigao je razinu šuma i pogrješaka u pretplatničkoj mreži. To je postavilo zahtjeve za smanjenjem brzine, te je usporilo širenje ADSL priključaka.

U razvoju je niz xDSL tehnologija, koje će optimalno odgovarati potrebama korisnika, mogućnostima ISP-a i ograničenjima pretplatničke mreže.

## 3.6 MREŽE S ASINKRONIM NAČINOM PRIJENOSA (ATM)

ATM (Asynchronous Transfer Mode) je tehnologija na kojoj se zasniva moderna širokopolasna ISDN, B-ISDN mreža. Korištenjem prospajanja malih paketa - ćelija - konstantne duljine 53 okteta, ostvareno je visoko iskorištenje kanala karakteristično za podatkovne mreže s prospajanjem paketa, a omogućena integracija svih vrsta prometa. Ćelije koje pripadaju jednom toku prosljeđuju se kroz mrežu virtualnim kanalom. Sam prijenos podataka je bespojan, tj. bez uspostave kontrole pogrješki.

Prijenosna osnovica ATM mreže je optička SDH (SONET) telekomunikacijska mreža. Na SDH se nadograđuje STM (Synchronous Transfer Mode) način prijenosa koji simulira PCM sustave, te ATM. ATM tehnologija predviđa izgradnju homogene globalne mreže, te dovođenje ATM priključka do svakog korisničkog terminala. Do postizanja ovog cilja, proteći će dosta vremena. Dijelovi ATM mreža se grade, jer je to perspektivna tehnologija za mreže širokog dosega.

Na lokalnoj razini, predviđene su korisničke instalacije koje obavljaju funkciju lokalnih mreža. Definirana su sučelja korisnik - mreža (UNI, User to Network Interface) i korisnička mreža - mreža (PNNI, Private Network to Network Interface). Same lokalne instalacije su stablaste topologije, sa ATM prospojnicima u čvorištima.

Standardizaciju ATM mreža obavlja ITU-T kroz svoje I preporuke. Funkcionalne standarde sučelja specificira udruženje proizvođača opreme, ATM-Forum. Među ovim organizacijama postoji visok stupanj suglasnosti.

Nepostojanje globalne ATM mreže, visoka cijena opreme, te složena prilagodba postojećim mrežama (npr. LANE, sustav simulacije lokalnih mreža), usporavaju primjenu ATM tehnologije na lokalnoj razini. Ovdje ćemo ukratko razmotriti karakteristike fizičke razine ATM priključka.

Izvorna ATM sučelja predviđaju korištenje različitih medija, tablica 3.25:

Brzina	Medij	Domet	kodiranje	Konektor
2488 Mb/s	optičko vlakno, MM, SM	500m/2km	NRZ	duplex SC
622,08 Mb/s	optičko vlakno, MM, SM	500m/2km	NRZ	duplex SC
155,52 Mb/s	optičko vlakno, MM, SM	500m/2km	NRZ;	duplex SC
155,52 Mb/s	UTP kategorije 5	do 100 m,	NRZ;	RJ-45
155,52 Mb/s	UTP kategorije 3	do 100 m,	CAP-64 (QAM)	RJ-45
51,84 Mb/s	UTP kategorije 3	do 100 m,	CAP-16 (QAM)	RJ-45
25,6 Mb/s	UTP kategorije 3	do 100 m,	4b/5b kodiranje,	RJ-45

*Tablica 3.15. Pregled ATM sučelja*

Osim toga, predviđeni su postupci umetanja ATM ćelija u signale raznih PCM sustava, i to evropskih E1 (2,048 Mb/s) i E3 (34,368 Mb/s) i američkih T1 (1,544 Mb/s) i DS3 (44,736 Mb/s). Za E1 i T1 sustave moguće je korištenje dijela kapaciteta, nx64 kb/s.