

## Modem

*Modem (modulator-demodulator) je uređaj koji omogućuje prijenos digitalnih podataka kroz sustav ograničenog frekvencijskog spektra (300-3000 Hz) poput telefonskog sustava.*

*Digitalni signal (informacija) koju modem prenosi modulira sinusni val nosioc kojeg generira modem. Modulirati se mogu amplituda, frekvencija ili faza nosioca koji tipično ima frekvenciju između 1 i 2 kHz.*

*Iako modem može koristiti bilo koje frekvencije i modulaciju, ako to isto radi i modem s druge strane veze, radi standardiziranosti opreme donose se i koriste međunarodni standardi.. Danas se koristi V.34 standard s brzinom od 28800 bpss za komutirane veze. Najnovija tehnologija koristi nebalansirani prijenos koji u jednom smjeru omogućava i do 56000 bps..*

*Ugradnjom mikroprocesora u modeme moguće im je dodati i druge funkcionalnosti. Tako se najčešće koriste protokoli za provjeru i zaštitu podataka (V.42) i protokoli za sažimanje (kompresiju) podataka (V.42 bis).*

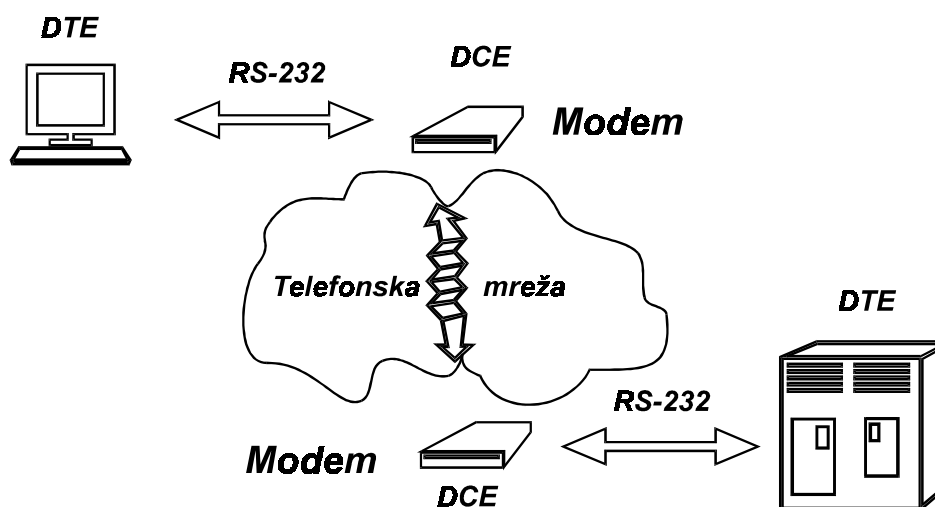
*Modemi se priključuju pomoću RS-232 priključka.. Za potpuno upravljanje radom koristi se skup naredbi. Industrijski de-facto standard je tzv. "Hayes command set".*

*Na poprečnim linijama koriste se tzv. baseband modemi i uglavnom nisu standardizirani, a omogućavaju velike brzine prijenosa podataka, i do 2 Mbps.*

### Što je modem ?

U doba kada su računala bila skupa (60-te godine) i velika te zahtjevala posebne uvjete za eksploataciju (klimatizirani prostor, posebno i rezervno napajanje i sl.), opće prihvaćeni koncept korištenja računalne tehnologije bio je jako centralno računalo (mainframe) u računskom centru, s brojnim terminalima kod korisnika.

U to je vrijeme bilo normalno da jedan računski centar koristi cijelo sveučilište ili, čak, grad.



### Slika 1

U toj se koncepciji odmah uočava problem povezivanja udaljenih terminala sa središnjim računalom u računskom centru. Potrebno je položiti kablove, često i kroz gusto izgrađene i naseljene krajeve. U razmišljanju o tom problemu prirodno se nameće ideja o mogućnosti korištenja jedne mreže koja je već izgrađena i dostupna u svakoj urbanoj sredini: telefonskoj mreži.

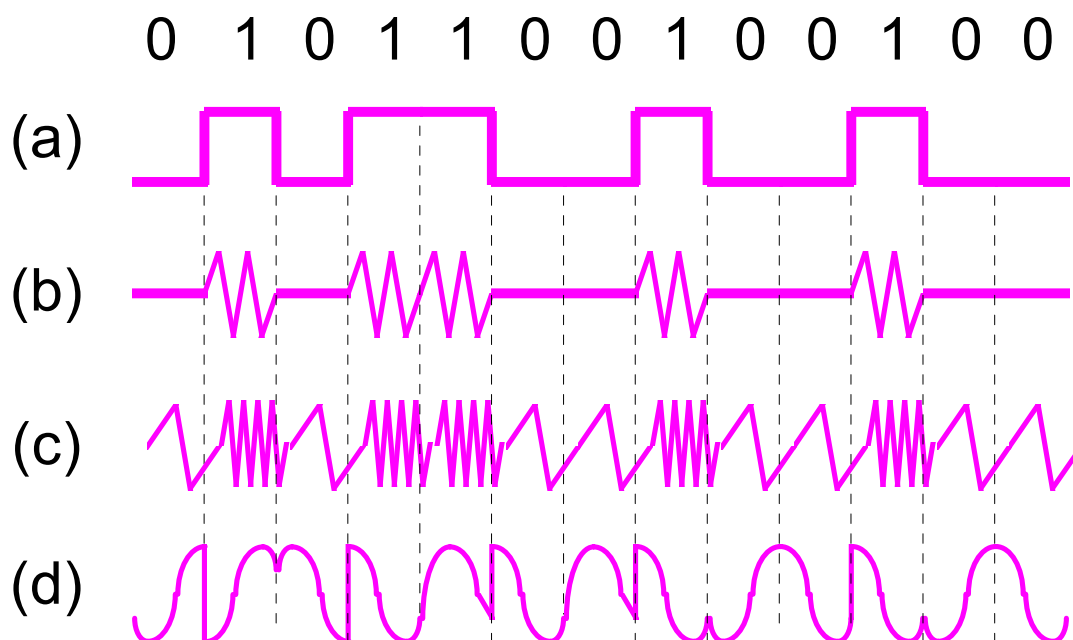
Iako telefonska parica, s aspekta svojstva linije, ima sposobnost prijenosa signala i do dva miliona bita u sekundi, uređaji u telefonskim centralama i ostalim postrojenjima ograničavaju spektar signala na područje 300 Hz do 3 kHz. Također, zbog induktiviteta i kapaciteta prisutnih na telefonskoj liniji, nije moguće prenositi pravokutni signal kakav je tipično digitalni, serijski signal.

Tako je nastao koncept modema, uređaja koji bi digitalni signal pretvorio u oblik pogodan za prijenos telefonskim linijama, kako poprečnim (stalna, izravna veza dva korisnika) tako i komutiranim (privremena veza preko telefonske centrale).

### Modulacije

Modem generira sinusni val nosioc: tonski signal u području 1000 Hz do 2000 Hz, kojeg modulira digitalni signal. Modulirati se mogu amplituda, frekvencija i faza vala nosioca (Slika 2).

Amplitudna modulacija, zbog gušenja i gubitaka na telefonskoj liniji, nije pogodna i rijetko se koristi.

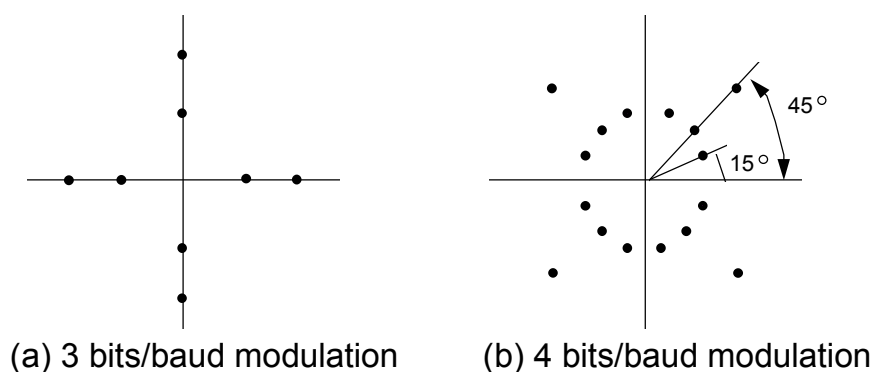


Slika 2

Vrlo je raširena frekvencijska modulacija poznata pod nazivom **FSK** (frequency shift keying). Dva, ili više, različita tona koriste se za prijenos jedinica i nula. Na primjer,

jedan od najstarijih standarda, **Bell 103**, emitira kratki tonski signal frekvencije 1270 Hz za jedinicu, odnosno 1070 Hz za nulu. Na taj se način u jedinici vremena prenosi jedan bit informacije. U istoj takvoj jedinici vremena moglo bi se prenijeti i dva bita informacije tako da se, umjesto dvije, koristi četiri različite frekvencije. Tada bi emitiranje prve frekvencije značilo da su oba bita 0, dakle prenosi se 00, emitiranje druge frekvencije prenosi 01, treće 10, a četvrte 11.

Danas modemi koriste kombinaciju modulacija, najčešće amplitudne i fazne, pa tako prenose i do četiri bita istovremeno. Takvi modemi tipično prenose 9600 bps preko 2400 bps linije i koriste tzv. **QAM** (Quadrature Amplitude Modulation) (Slika 3).



Slika 3

U nastojanju za postizanjem što većih brzina prijenosa u zadanom opsegu od 300-3000 Hz, proizvođači istražuju sve mogućnosti koje tehnika i tehnologija nude. Primjenom mikroprocesora u modemima otvorile su se brojne mogućnosti. Danas modemi imaju i po nekoliko procesora, jer su specijalizirani mikroprocesori za obradu signala (DSP) postali gotovo nužnost.

Postoje modemi koji prvo (ili čak neprekidno u toku komunikacije) ispituju frekvencijsku karakteristiku komunikacijskog kanala te koriste odgovarajuću modulaciju koja će ga najbolje iskoristiti.

### **Standardi**

Danas se koristi standard V.34 za brzine od 28800 bps. To je svjetski standard kojeg koriste svi proizvođači. U početku šireg korištenja modema, razlikovali su se američki i europski standardi.

Brzina priienosa	Standard
<b>300 bps</b>	V.21 (Bell 1103)
<b>1200 bps</b>	V.22 (Bell 212A)
<b>2400 bps</b>	V.22 bis
<b>9600 bps</b>	V.32
<b>14400 bps</b>	V.32 bis
<b>19200 bps</b>	V.32 terbo
<b>28800 bps</b>	V.34

Tablica 1

Bell standardi koriste se u USA za brzine 300 bps (**Bell 103**) i 1200 bps (**Bell 212A**). Nasuprot toga u Evropi se koristi V.21 standard za 300 bps. Od standarda **V.22** za brzinu 1200 te **V.22bis** za 2400 bps ne postoji razlika u američkim i europskim standardima.

Da bi modemi mogli istovremeno prenositi podatke u oba smjera (tzv. full duplex mod), koriste dva kompleta frekvencija, jedan za pozivni (originate), a drugi za odzivni (answer) modem.

<b>Bell 103</b>	answer mark	2225 ± .01%
	answer space	2025 ± .01%
	originate mark	1270 ± .01%
	originate space	1070 ± .01%
<b>V.21</b>	answer mark	1650 ± .01%
	answer space	1850 ± .01%
	originate mark	980 ± .01%
	originate space	1180 ± .01%
<b>Bell 212A</b>	high channel, answer mode	2400 ± .01%
	low channel, originate mode	1200 ± .01%
<b>V.22</b>	high channel, answer mode	2400 ± .01%
	low channel, originate mode	1200 ± .01%
<b>V.22 bis</b>	high channel, answering mode	2400 ± .01%
	low channel, originating mode	1200 ± .01%

Tablica 2

Namjena modema navodi i na tehnološka rješenja za povećanje efektivne brzine prijenosa podataka. Tako se za modeme koji su namijenjeni pristupu pojedinaca Internetu može pretpostaviti slanje relativno malo podataka od pojedinca prema mreži (samo naredbe i zahtjevi za podacima), a veliki protok podataka od mreže prema pojedincu (slike, zvuk i sl.).

Stoga se pojavljuju modemi s nebalansiranim prijenosom. Oni koriste samo mali dio spektra za prijenos prema meži, a sve ostalo prepuštaju drugom smjeru. Danas takvi modemi postižu i do 56000 bps u smjeru prema korisniku.

Na telefonskim linijama može doći do refleksije pa se dio signala može vratiti pošiljaocu. Na dugim linijama eho može imati značajno kašnjenje. Ljudima to prilično smeta i otežava im normalan razgovor. Zato su na linijama dužim od 2000 km odavno u upotrebi naprave koje se zovu potiskivači jeke (echo suppressor). Oni rade tako da propuštaju signal samo u jednom smjeru, jer je ljudski razgovor uglavnom upravo takav da u jednom trenutku govori samo jedna strana. Međutim, za rad modema je to nepovoljno. Prvo, to znači da modemi mogu raditi samo u half duplex modu. Drugo, te su naprave projektirane za otkrivanje ljudskog govora za promjenu smjera, pa ne rade uvijek dobro za prijenos podataka (ne promjene smjer kad je to potrebno).

Kao pomoćno rješenje uvedena je mogućnost da se naprave ugase signanim tonom od 2100 Hz.

Suvremenije je rješenje zamjena potiskivača oduzimačem (echo canceler). Ta naprava radi tako da predviđa stupanj i kašnjenje jeke pa tu količinu izlaznog signala oduzima na ulazu. Ona omogućava modemima rad u full duplex modu.

## **Protokol**

Modemi tipično rade u asinkronom modu i najčešća zaštita od grešaka koju pružaju je paritetni bit. Kvaliteta telefonskih linija često nije odgovarajuća potrebama prijenosa podataka. Zbog parazitnih kapaciteta, induktiviteta linija, prijelaznih otpora na kontaktima spojeva linija te promjene svojstava aktivnih komponenti u telefonskim centralama dolazi do gušenja amplitude signala, frekvencijskih izobličavanja, preslušavanja s drugih linija i sličnih poremećaja.

Rezultat je iskrivljeni signal kojeg modem s druge strane komunikacijskog kanala (telefonske linije) pogrešno interpretira. Ako se modemi koriste za vezu terminala i računala, u asinkronom modu obično rade tako da se na ekranu terminala znak ne pojavljuje pritiskom na tipku nego tek nakon što ga računalo primi i pošalje natrag. Na taj način korisnik posredno kontrolira ispravnost prijenosa podataka. Kada tim putem podatke razmjenjuju računala, situacija je složenija.

Danas se, međutim, grade modemi s ugrađenim protokolima koji omogućavaju pouzdan prijenos podataka bez obzira na kvalitetu telefonske linije. Takvi su de-facto industrijski standard MNP 2-4 te ITU-T standard V.42.

Ideja je da modemi cijelo vrijeme vode "privatan razgovor" na jeziku koji im omogućava da su u svakom trenutku sigurni u ispravnost prenesenih poruka. Unutar tih poruka se onda nalaze korisnički podaci. Na taj način korisnik ima zajamčenu ispravnost podataka. Naravno, zbog potrebe za prijenosom dodatnih podataka, efektivna brzina prijenosa podataka je nešto manja od komunikacije bez protokola, a osim toga izravno ovisi o kvaliteti komunikacijskog kanala: što je više smetnji to je više ponavljanja potrebno pa je i efektivna brzina manja.

Kad modem već ima mikroprocesor i dogovoren je jezik (protokol) za "razgovor" modema, onda je moguće da modemi razmjenjuju informacije o strukturi podataka koje prenos. To je osnova za sažimanje podataka (kompresiju). Naime, korisnici često

prenose specifične podatke koji ne koriste u potpunosti svih 256 raspoloživih stanja koje nudi 8-bitni prijenos. Na primjer, u terminalskom radu koristi se najviše 96 stanja. Kod drugih vrsta prijenosa, neki se znakovi često ponavljaju.

Iz toga se rodila ideja da modemi međusobno razmjenjuju podatke nekim drugim, efikasnijim kodovima, koji će koristiti manje bitova. Pojedini protokoli za sažimanje mijenjaju kodove i dinamički, ovisno o promjeni strukture podataka.

Iako dva modema mogu koristiti bilo kakav protokol, radi suradljivosti opreme raznih proizvođača koriste se standardi. De-facto industrijski standard je MNP 5-10, a ITU-T norma je V.42 bis.

Važno je uočiti da se stupanj sažimanja ne može zajamčiti, jer ovisi o vrsti podataka koji se prenose.

### **Upravljanje modemom**

Modemi se na digitalnu liniju tipično povezuju pomoću **RS-232-C** međusklopa. Iako on sadrži dovoljno kontrolnih linija za održavanje osnovnog protokola za razmjenu podataka, ipak ih nema dovoljno za upravljanje radom modema kao što je: pozivanje željenog broja, odabir pozivnog ili odzivnog moda, brzine, echo-a, i sličnih parametara. Zato je potrebno definirati neki upravljački jezik.

U praksi je najrašireniji tzv. **Hayes command set** koji je postao de-facto industrijski standard. Tvrtka Hayes ga je prva primjenila na jeftinim modemima za široku primjenu. Postali su tako popularni da je postao de-facto standard. Gotovo svi modemi koji se danas nalaze na tržištu podržavaju osnovni skup Hayes naredbi. Kroz godine dodavane su nove naredbe potrebne za ostvarenje novih funkcionalnosti (protokoli i sl.). I one su donekle standardizirane, ali je ipak za puno upravljanje suvremenim modemom potrebno proučiti njegov priručnik.

Proizvođači će često ponuditi i alternativni upravljački jezik, kojim nastoje što bolje iskoristiti specifična poboljšanja koja su ugradili u modem.

AT	prefiks svih naredbi (attention)		M	uključenost zvučnika po fazama ATM0 = uvijek isključen ATM1 = uključen do uspostave veze ATM2 = uvijek uključen ATM3 = nakon biranja uključen do uspostave veze
D	"dial" biranje telefonskog broja		O	prijeđi iz komandnog moda u podatkovni
H	"hook on/off" stisni/pusti vilicu ATH0 = "on hook" spusti slušalicu ATH1 = "off hook" digni slušalicu (originate)		Q	ispis informacija o stanju (rezultati) ATQ0 = modem ispisuje stanje ATQ1 = modem ne ispisuje stanje
A	"off hook" u answer modu		V	oblik ispisa stanja ATV0 = ispisuju se brojučani kodovi ATV1 = ispisuju se tekstualne poruke
E	echo (vraćanje znakova iz modema) ATE0 = ne vraća ATE1 = vraća		Z	resetiranje modema i konfiguracije
L	glasnoća zvučnika ATL0 = najtiše ATL1 = srednje ATL2 = najglasnije			

Tablica 3

### **Modemi na iznajmljenim linijama**

Dosadašnja razmatranja su se odnosila na modeme koji se koriste na komutiranim linijama, onima koje prolaze kroz telefonske centrale. Od telefonske kompanije moguće je kupti i uslugu tzv. poprečnih vodova ili iznajmljenih linija (*eng.* leased lines). Radi se o slučaju kada znamo da ćemo trajno povezati dvije fizičke lokacije za potrebu prijenosa podataka. Tada nećemo koristiti uslugu centrale pa se bakreni vodovi povezuju mimo aktivne opreme (centrale). Tehničari doslovno pronalaze odgovarajuće vodove te ih međusobno povezuju. Unutar jednog grada (mrežne skupine) to je zarpavo ohmska veza. Ona je istosmjerna. Teoretski ima neograničenu frekvencijsku karakteristiku. Stoga omogućava i znatno veće brzine prijenosa podataka.

Modemi za takvu vrstu veze se obično zovu "baseband" modemi. Kako se takve veze uvijek ostvaruju fiksnim parom modema, rijetko se standardiziraju pa je u primjeni i znatno veća šarolikost opreme, i tehnoloških rješenja.

Baseband modemi najčešće koriste četiri žice, tj. dvije parice, svaku za jedan smjer komunikacije.

Dok su prije 15-tak godina baseband modemi omogućavali "nevjerojatnu" brzinu od 4800 bps (sparam 1200 bps za komutirane), danas postižu i 2 Mbps.

Za veće brzine, modemi se više ne spajaju pomoću RS-232, već V.35 ili X.21.

## **Literatura**

1. Andrew S. Tanenbaum: "Computer Networks", Prentice Hall PTR, ISBN 0-13-349945-6

## **Pitanja**

1. Što je to modem?
2. Zašto se serijska komunikacija ne može ostvariti telefonskom linijom bez modulacije?
3. Kakve se modulacije koriste u modemima ?
4. Koji su svjetski standardi za modemske komunikacije?
5. Kako je riješen problem istovremenog komuniciranja u oba smjera?
6. Što je to full duplex, a što je half-duplex prijenos ?
7. Kako modemi rješavaju problem grešaka u prijenosu?
8. Koji su standardi za zaštitu podataka u prijenosu?
9. Kako je moguće ostvariti sažimanje podataka?
10. Koji su standardi za sažimanje podataka?
11. Kako se rješavaju problemi s jekom na vrlo dugačkim linijama?
12. Kako se upravlja modemima?
13. Kakvi su modemi za iznajmljene linije?
14. Što je to nebalansirani prijenos?

## **Pitanja za detaljnije proučavanje**

1. Kakve modulacije koriste V.32 i V34 standardi?
2. Koje frekvencije koriste V.32 i V34 standardi?
3. Koji se algoritam koristi za V.42bis?
4. Što je to Trellisov kod?
5. Opis V.35 konektora?
6. Opis X.21 konektora?
7. Kako radi nebalansirani prijenos?
8. Koji su standardi za nebalansirani prijenos?