

# Računarske mreže i mrežne tehnologije

## 7. termin

### 1. Ethernet - uvod

- IEEE telo je standardizovalo više tipova lokalnih i gradskih mreža, i to sve pod oznakom **IEEE 802**. Najpoznatije su 802.3 (Ethernet), 802.11 (bežična lokalna mreža), 802.16 (bežična gradska mreža), 802.15 (Bluetooth) itd.
- Mreže 802.3 i 802.11 razlikuju se isključivo u podsloju upravljanja pristupom zajedničkom medijumu (MAC podsloj), dok im je interfejs prema mrežnom sloju potpuno isti.
- **Ethernet** je najstariji tip lokalne mreže, ali se njegove podvarijante koriste i danas, a kako stvari stoje, zbog jednostavnog i jeftinog dizajna, korišće se i u budućnosti.

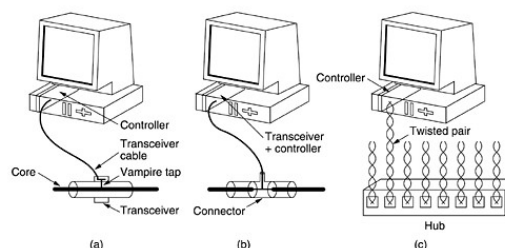
### 2. Kabliranje Etherneta

- Pošto se ime *Ethernet* odnosi na kabl (etar), razmatranje standardnog je dobro početi baš njime.
- Hronološki se prvi pojavio sistem kabliranja **10Base5**, ili tzv. **debeli Ethernet**. Kabl je obično bio žute boje, a veze sa kablom su se ostvarivale preko tzv. ubodnih račvi (*vampire taps*). Oznaka 10Base5 znači da kabl radi brzinom 10Mbps, a 5 je maksimalna dužina kabla u 100-metarskim jedinicama.
- Sledeći sistem je tzv. **10Base2 - tanki Ethernet**, s kablom koji se za razliku od prethodnog lako mogao savijati. Stanice se na njega umesto ubodnim račvama povezuju standardizovanim BNC konektorima koji formiraju T spojeve i daleko su pouzdaniji. Dužina je najviše 185m, a svaki kabl može da podrži samo do 30 računara. Druga teškoća je otežano lociranje prekida u kablju.
- Da bi se prevazišle teškoće vezane za lociranje prekida u kablju, napravljen je novi sistem ožičenja karakterističan za mrežu **10Base-T**. Naime, kablovi iz svih stanica vode u centralni razvodnik (*hub*).

Figure 4-13. The most common kinds of Ethernet cabling.

Name	Cable	Max. seg.	Nodes/seg.	Advantages
10Base5	Thick coax	500 m	100	Original cable; now obsolete
10Base2	Thin coax	185 m	30	No hub needed
10Base-T	Twisted pair	100 m	1024	Cheapest system
10Base-F	Fiber optics	2000 m	1024	Best between buildings

Figure 4-14. Three kinds of Ethernet cabling. (a) 10Base5. (b) 10Base2. (c) 10Base-T.

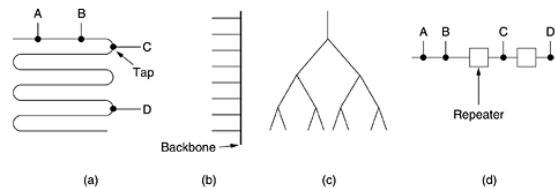


- Sistem 10Base-T je brzo preuzeo primat, zbog jednostavnosti i niske cene. Kod 10Base-T sistema moguće je koristiti dve vrste kabla: **upredenu paricu kategorije 3** (najveća dozvoljena dužina 100m) i **kategorije 5** (najveća dozvoljena dužina 200m) - UTP,

### Unshielded Twisted Pair.

- Četvrti sistem kabliranja Etherneta je **10Base-F**, zasnovan na optici. Ova varijanta je skupa, ali je izuzetno otporna na smetnje, a dužina kabla može biti i do 2000m.
- Da bi se ostvarile Ethernet mreže na većem lokalitetu, obavezna je upotreba **repetitora**. **Repetitor je uređaj koji radi u fizičkom sloju**, a njegov zadatak je pojačavanje (regeneracija) signala i ponovno slanje u oba smera. Sa gledišta mrežnog softvera, niz segmenata povezanih repetitorima ne razlikuje se od jedinstvenog kabla.
- Na slici su prikazani razni načini ožičenja zgrade.

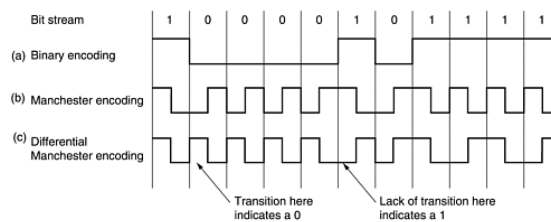
Figure 4-15. Cable topologies. (a) Linear. (b) Spine. (c) Tree. (d) Segmented.



## 3. Mančester kodiranje

- Ni u jednoj verziji Etherneta ne koristi se direktno binarno kodiranje (0V za bit 0, 5V za bit 1) jer to dovodi do zabune jer primalac ne može da razlikuje neaktivnost primaoca od bita 0. Recimo 00010000 se može tumačiti i kao 10000000 ili 01000000.
- Potreban je sistem koji će pouzdano utvrditi početak, kraj i sredinu bita **bez spoljnog sata**.
- **Mančester kodiranjem** se period svakog bita deli na dva jednaka intervala. Bit 1 se šalje tako što se tokom prvog intervala napon drži na visokom nivou, a tokom drugog na niskom. Bit 0 obrnuto - prvo nizak pa visok.
- Međutim, za Mančester kodiranje je potreban **duplo veći prpousni opseg** jer za mrežu od 10Mbps signal treba da se menja 20 miliona puta u sekundi.
- Druga varijanta je **diferencijalno Mančester kodiranje**. U nejm je bit 1 naznačen nepostojanjem prelaza na početku intervala, a bit 0 prelazom na početku intervala. Za diferencijalno kodiranje potrebna je složenija oprema, ali je i manje podložno greškama.

Figure 4-16. (a) Binary encoding. (b) Manchester encoding. (c) Differential Manchester encoding.

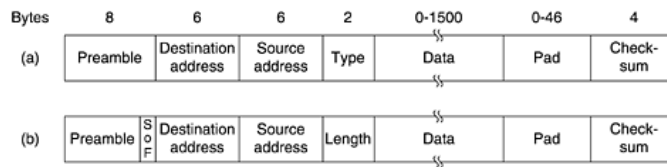


- Obično Mančester kodiranje se koristi u svim Ethernet mrežama. Viši napon signala iznosi 0.85V, a niži -0.85V (u odsustvu signala, napon je tačno 0V).

## 4. Protokol MAC podsloja za Ethernet

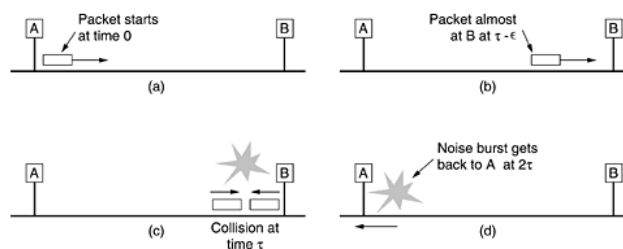
- Na slici je prikazana originalna struktura **DIX okvira** (DIX - DEC, Intel, Xerox). Svaki okvir počinje preambulom dužine 8 bitova (10101010). Kada se taj niz kodira tehnikom Manchester, dobija se tokom 6.4μs pravougaoni talas frekvencije 10MHz koji primaocu omogućava da se sinhronizuje.

Figure 4-17. Frame formats. (a) DIX Ethernet. (b) IEEE 802.3.



- Okvir sadrži adrese izvorišta i odredišta, koje su **6-bajtnje (48 bita)** - tzv. **MAC adrese**. Takođe su definisane vrednosti adresa za *multicasting* i *broadcasting*.
- Type** daje informaciju pošiljaocu šta da radi sa okvirom.
- Zatim sledi polje **Data**, dužine do 1500 bajtova. Osim što postoji maksimalna dužina okvira, postoji i minimalna dužina, a to je u Ethernet standardu 64 bita. Ako poruka nema tu dužinu, dopunjuje se do 64 bita.
- Zašto postoji ograničenje za minimalnu dužinu okvira?** Odgovor je dat na slici. U trenutku 0, stanica A počinje da šalje okvir. Neka je vreme potrebno da okvir stigne do drugog kraja mreže  $\tau$ . Upravo pre nego što stigne okvir, u trenutku  $\tau - \epsilon$ , stanica B počinje da emituje, i odmah dolazi do kolizije. Stanica B tada generiše 48-bitni rafalni šum da bi upozorila druge stanice, pri čemu taj šum stiže do stanice A za približno  $2\tau$ .
- Ako stanica šalje veoma kratak okvir, može se desiti da će ukoliko dođe do sukoba, stanica završiti emitovanje pre nego što joj stigne obaveštenje o sukobu, pri čemu bi **stanica neispravno mogla da zaključi da je emitovanje uspelo**.

Figure 4-18. Collision detection can take as long as  $2\tau$ .



- Zato **vreme slanja svakog okvira mora biti veće od  $2\tau$** . Utvrđeno je da pri 10Mbps, na maksimalnih 2500m i sa najviše 4 repetitora, vreme obilaska iznosi 50μs, pa pošto pri 10Mbps jedan bit traje 100ns, dolazi se do minimalnog okvira od 500 bitova, tj. oko **64 bajta**.
- Sa porastom brzine mreže, minimalna dužina okvira mora da raste, ili da se maksimalna dužina kabla smanji.**
- Konačno, u polje **Checksum** se smešta 32-bitna CRC kontrolna suma.

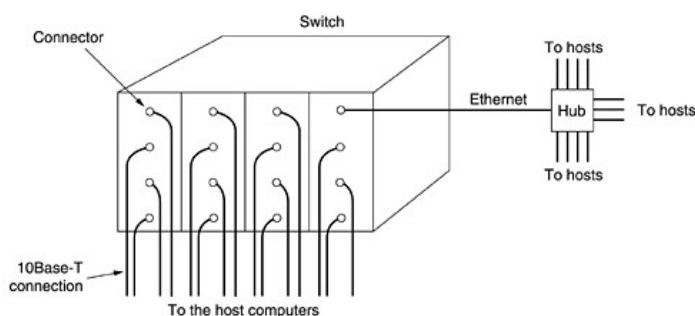
## 5. Algoritam binarnog eksponencijalnog odustajanja

- Slično protokolu p-trajni CSMA, kod Ethernet-a se, u slučaju kolizije pri slanju okvira bira određeni period čekanja pre ponovnog emitovanja.
- Naime, **posle prvog sukobljavanja**, svaka stanica propušta 0 ili 1 vremenski interval (verovatnoća 0.5) do ponovnog pokušaja emisije. Pose **drugog sukobljavanja** (ako do njega dođe), bira se između 0,1,2 ili 3 vremenska intervala (verovatnoća 0.25) pre ponovne emisije itd.
- U opštem slučaju, **posle  $i$  sukoba bira se slučajan broj iz intervala 0 do  $2^i-1$ .**

## 6. Komutirani Ethernet

- Što je više stanica uključeno u Ethernet, saobraćaj postaje sve gušći. Jedan od načina prevazilaženja zastoja je povećanje brzine prenosa, recimo sa 10Mbps na 100Mbps. Međutim, ako se uzme u obzir tempo razvoja multimedije, to svakako nije dovoljno.
- Postoji drugi, elegantniji način borbe protiv povećanog saobraćaja, a to je primena tzv. **skretnice (switch)**. Ona na osnovnoj ploči obično ima 4 do 32 **linijske kartice**, od kojih svaka funkcioniše kao *hub* i ima jedan do 8 konektora. Svaki konektor povezuje jedan umreženi računar preko upredene parice i spoja 10Base-T.

Figure 4-20. A simple example of switched Ethernet.



- Kada stanica želi da pošalje Ethernet okvir, linijska kartica na koju je računar priključen proverava da li je poslato okvir namenjen računaru naistoj toj kartici. Ako jeste, okvir se kopira na njega. Ako nije, okvir se **preko brze osnovne ploče** (reda Gbps) šalje kartici na koju je određeni računar priključen.
- Svaka kartica poseduje svoj sopstveni **domen sukobljavanja**, nezavisno od ostalih kartica.
- Neke vrste kartica svakom ulaznom priključku dodeljuju poseban **bafer**, koji sukobljavanja može dosta da proredi.
- **Ukupan protok podataka često je i za red veličine veći od od protoka u sistemu 10Base-T sa jedinstvenim domenom sukobljavanja.**

## 7. Brzi Ethernet

- Iako je 10Mbps u početku izgledalo kao ogromna cifra u odnosu na tada standardne linkove od 56kbps, ubrzo se pojavila potreba za još većim brzinama.
- Predložena industrijska rešenja **FDDI** (*Fiber Distributed Data Interface*) i *Fibre Channel* koristila su **optički prsten**, pa iako su i danas široko korišćeni za mrežne okosnice (*backbones*), nisu se probili do lokalne mreže, pre svega zbog visoke cene.
- Standard za tzv **brzi Ethernet** (*fast Ethernet*) zvanično je usvojen 1995. godine pod oznakom **IEEE802.3u**. Potpuno je kompatibilan sa prethodnim standardom.
- Osnovna zamisao pri projektovanju brzog Etherneta bila je da se zadrže postojeći formati okvira, interfejsi i proceduralna pravila, ali **skratiti trajanje jednog bita sa 100ns na 10ns**.
- Glavni problem projekatnata bila je **odgovarajuća vrsta žice**.
- Upredena parica treće kategorije (UTP-3) ima nedostatak da ne može da prenese podatke brzinom 200 megaboda (100Mbps uz Manchester kodiranje) na daljinu od 100m. Nasuprot tome, UTP-5 može s lakoćom da prenese podatke i na mnogo veću udaljenost.
- Na kraju je odlučeno da se ostave sve 3 vrste kabla (UTP-3, UTP-5 i optički), s tim što je UTP-3 modifikovan da bi mogao da podrži 100Mbps.

**Figure 4-21. The original fast Ethernet cabling.**

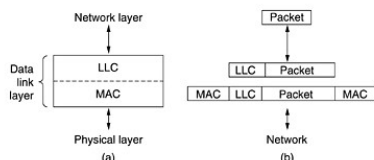
Name	Cable	Max. segment	Advantages
100Base-T4	Twisted pair	100 m	Uses category 3 UTP
100Base-TX	Twisted pair	100 m	Full duplex at 100 Mbps (Cat 5 UTP)
100Base-FX	Fiber optics	2000 m	Full duplex at 100 Mbps; long runs

- Sistem sa UTP-3, pod imenom **100Base-T4**, radi uz brzinu signala od 25MHz, tako da ovaj sistem može da ostvari 100Mbps samo uz 4 upredene parice, na sledeći način;
- Od 4 upredene parice, jedna uvek vodi ka razvodniku (*hub-u*), druga od njega, dok se preostale dve koriste po potrebi. Potreban propusni opseg se ostavaruje tako što se **ne koristi Manchester kodiranje** jer uz savremenu opremu to nije više potrebno. Osim toga, emituje se signal sa 3 naponska nivoa (0,1,2), tako da sa 3 kabla u jednom smeru to daje  $3^3=27$  simbola, što je dovoljno za 4 bita+višak.
- **Prenošenjem 4 bita pomenutom frekvencijom od 25MHz postiže se 100Mbps**. Osim toga, na četvrtoj parici je uvek povratni signal brzine 33.3Mbps.
- Sistemi **100Base-TX** i **100Base-FX** ne poseduju ograničenja propusnog opsega, pa omogućavaju full-duplex način rada.
- **100Base-TX radi pouzdano pri brzini sistemskog sata od 125MHz** i poseduje samo 2 parice po stanici - ka *hub-u* i od njega.
- Standard za IEEE802.3u dozvoljava da se stanice međusobno “dogovore” o uspostavljenoj brzini (10 ili 100Mbps), pa mreže mogu biti sastavljene od raznorodnih stanica.

## 8. IEEE802.2 Upravljanje logičkom vezom

- **Ethernet sam po sebi ne omogućava tzv. pouzdanu komunikaciju.** Najviše što može da ponudi je usluga datagrama, što je ponekad sasvim dovoljno, npr. pri prenosu IP paketa. Kada se prenosi IP paket, garancija se niti traži, niti očekuje.
- Ipak, postoje sistemi kod kojih je poželjno imati protokol sloja veze koji ipravlja greške i upravlja tokom. IEEE je definisao takav protokol, smestivši ga iznad protokola za Ethernet i drugih protokola mreže 802. To je **protokol za upravljanje logičkom vezom** (*Logical Link Control - LLC*).

Figure 4-24. (a) Position of LLC. (b) Protocol formats.



- **Uloga LLC-a je da skriva razlike između raznih vrsta mreža 802 i postavi jedinstven interfejs prema mrežnom sloju.**
- LLC obezbeđuje tri vrste usluga:
  - nepouzdanu uslugu datagrama
  - uslugu datagrama s potvrdom prijema
  - pouzdanu uslugu uz uspostavljanje direktne veze