

Računarske mreže 1

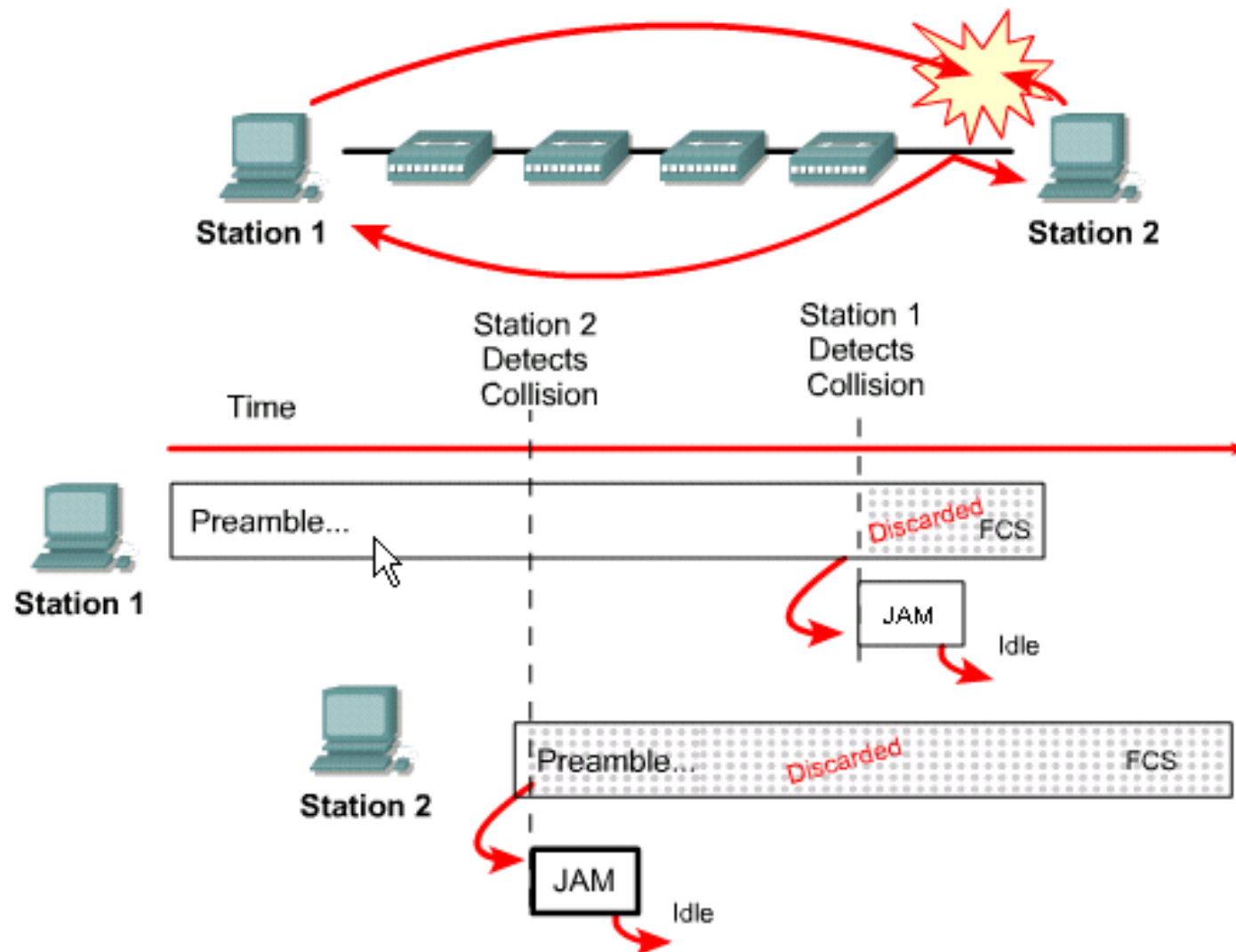
- vežbe -

Istorijat Ethernet tehnologije

<http://elearning.rcub.bg.ac.rs>

2017. god.

Kolizija



Ethernet Timing

- Bit Time - Bitsko vreme
 - vreme potrebno za slanje (izlazak) jednog bita na medijum
 - obrnuto proporcionalno brzini prenosa
- Gruba procena
 - 20.3 cm je put koji pređe signal kroz UTP kabl za jednu nanosekundu.

Ethernet Speed	Bit time
10 Mbps	100 ns
100 Mbps	10 ns
1000 Mbps = 1 Gbps	1 ns
10,000 Mbps = 10 Gbps	.1 ns

Slot time



$(\text{repeater delays} + \text{cable delays} + \text{NIC delays}) \times 2 < \text{maximum round-trip delay}$

Repeater delays for 10BASE-T

Per repeater < 2 microseconds

Cable delays ~ 0.55 microseconds per 100 meters

NIC delays ~ 1 microsecond per NIC

Maximum round-trip delay (the 10BASE-T bit time of 0.1 microseconds times the minimum frame size of 512 bits) is 51.2 microseconds.

Speed	Slot Time	Time Interval
10 Mbps	512 bit-times	$51.2 \mu\text{s}$
100 Mbps	512 bit-times	$5.12 \mu\text{s}$
1 Gbps	4096 bit-times	$4.096 \mu\text{s}$
10 Gbps	not applicable	not applicable

Interframe Spacing i Backoff

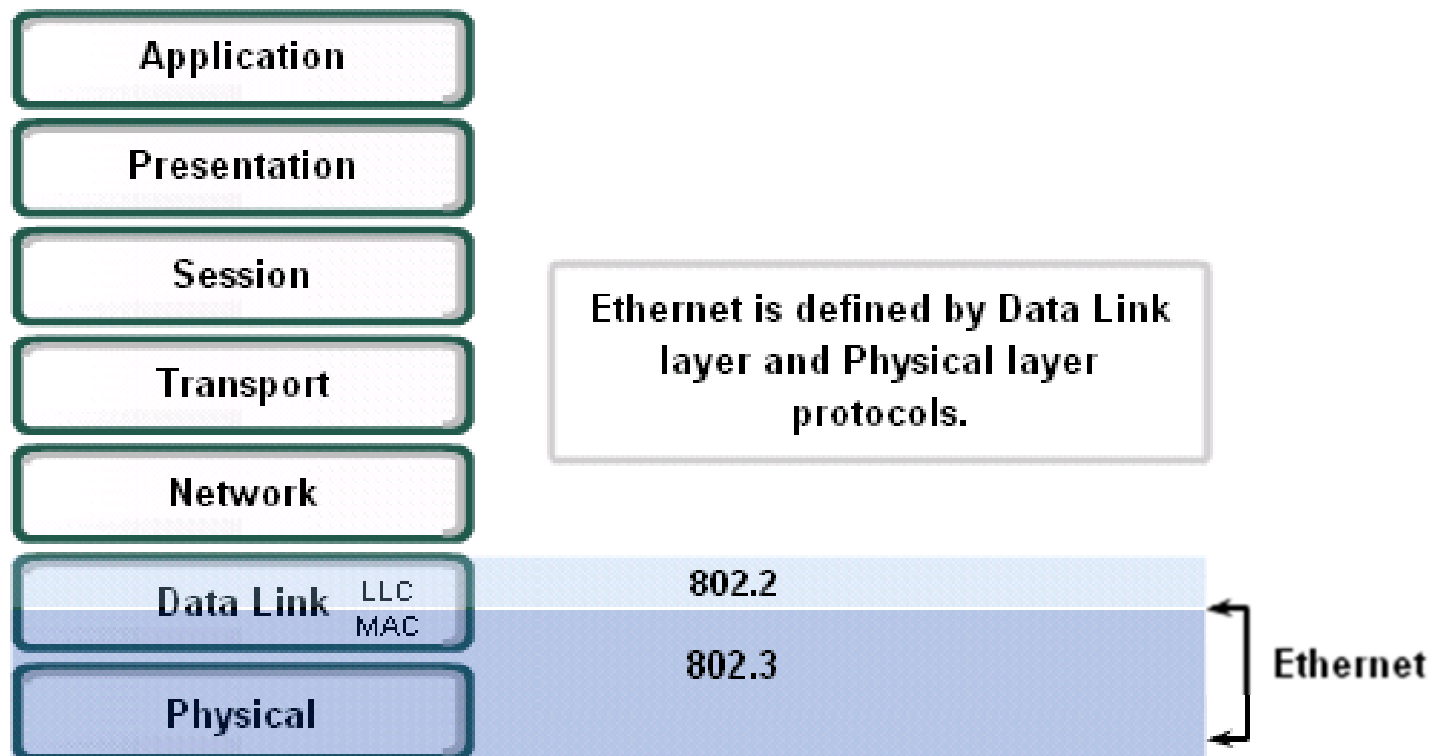
Speed	Interframe Spacing	Time Required
10 Mbps	96 bit-times	9.6 μ s
100 Mbps	96 bit-times	0.96 μ s
1 Gbps	96 bit-times	0.096 μ s
10 Gbps	96 bit-times	0.0096 μ s

Interframe spacing je broj bitskih vremena od poslednjeg bita FCS polja prvog okvira do prvog bita preambule drugog okvira

Posle kolizije SVI mrežni adapteri čekaju Interframe spacing, a posle ovog vremena oni adapteri čiji su okviri bili u koliziji čekaju još i backoff vreme.

Ethernet u OSI i TCP/IP modelu

Ethernet obuhvata fizički i donju polovinu sloja veze.



Ethernet standardizacija – 802.3

- 1985, IEEE komitet za standarde za LAN i MAN mreže je objavio standard za Ethernet 802.3.
- IEEE 802.3 standard opisuje prvi i donju polovinu drugog sloja OSI modela.
- Razlika u odnosu na DIX Ethernet su vrlo male.
- Sve mrežne kartice danas rade i sa DIX Ethernet i sa 802.3 okvirima (frames)

Nove Ethernet tehnologije

- 1995, IEEE je objavio standard za 100-Mbps Ethernet.
- 1 Gbps Ethernet je objavio IEEE 1998. i 1999.
- Svi ovi standardi su kompatibilni sa originalnim Ethernet standardom.
- Ethernet okvir može da se pošalje sa starog koaksijalnog segmenta i da nepromenjen prođe kroz različite Ethernet segmente (100Mbps, 1Gbps,...)

Pravila označavanja IEEE Ethernet tehnologija

Speed	Signal Method	Medium
10	BASE	2
100	BROAD	5
1000		-T
10G		-TX
		-SX
		-LX

Baseband signalizacija – koristi se sav propusni opseg medijuma – signal se šalje direktno na medijum, bez modulacije

Broadband signalizacija, ne koristi se u Ethernet tehnologiji – signal se moduliše (misli se na AM ili FM modulaciju, nove verzije Ethernet tehnologija poseduju digitalnu modulaciju signala, ali se smatraju za Baseband tehnologije)

Ethernet slojevi

- L1 – Fizički sloj
 - prenosni medijum – koaksijalni kabl, UTP, optički kablovi, radio-talasi
 - konektori – oblik, broj i raspored pinova
 - elektromagnetne osobine signala – napon, struja, talasne dužine, jačina signala...
 - kodovanje i modulacija – pretvaranje nula i jedinica u signale

Dva podsloja u L2 sloju:

- MAC – *Media Access Control*
 - pristup medijumu (arbitraža) – CSMA/CD
 - adresiranje - MAC adrese od 6 bajta
 - kontrola greške – FCS – *Frame Check Sequence*
- LLC - *Logical Link Control*
 - multipleksiranja i enkapsulacija protokola višeg sloja (3. sloja)

Vrste Ethernet

Physical Signaling Layer		Logical Link Control Sublayer 802.3 Media Access Control								
Physical Medium	Physical Signaling Layer	10BASE5 (500m) 50-Ohm Coax N-Style	10BASE2 (185m) 50-Ohm Coax BNC	10BASE-T (100m) 100-Ohm UTP RJ-45	10BASE-TX (100m) 100-Ohm UTP RJ-45	100BASE-FX (228-412m) MM Fiber SC	1000BASE-T (100m) 100-Ohm UTP RJ-45	1000BASE-SX (220-550m) MM Fiber SC	1000BASE-LX (550-5000m) MM Fiber SC	10GBASE-(various) MM or SM Fiber SC

Klasični Ethernet

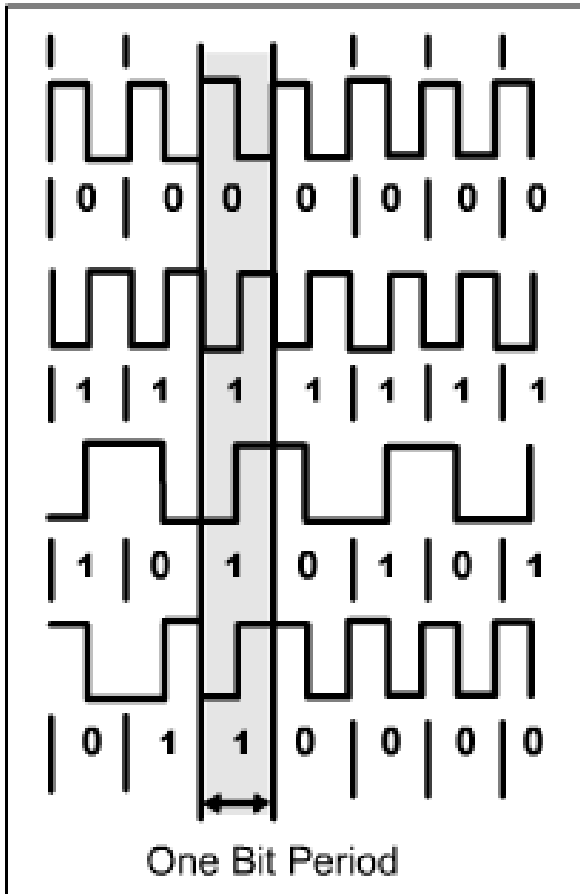
- 10 Mbps – klasične Ethernet tehnologije:
 - 10BASE5 – “debeli” Ethernet (Thick-Ethernet)
 - 10BASE2 – “tanki” Ethernet (Thin-Ethernet)
 - 10BASE-T – “parični” Ethernet (po UTP kablovima)
- Kod svih su zajedničke sledeće osobine:
 - timing parametri
 - format okvira
 - način prenosa
 - glavna pravila dizajniranja mreža
- 10BASE5, 10BASE2, and 10BASE-T timing parametri:
 - 1 bit time
 - = $1/10\text{Mbps}$
 - = 100 nsec
 - = 0.1 μsec

Parametri 10 Mbps Ethernet

Parameter	Value
Bit Time	100 nsec
Slot Time	512 bit times
Interframe Spacing	96 bits *
Collision Attempt Limit	16
Collision Backoff Limit	10
Collision Jam Size	32 bits
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)

* The value listed is the official interframe spacing.

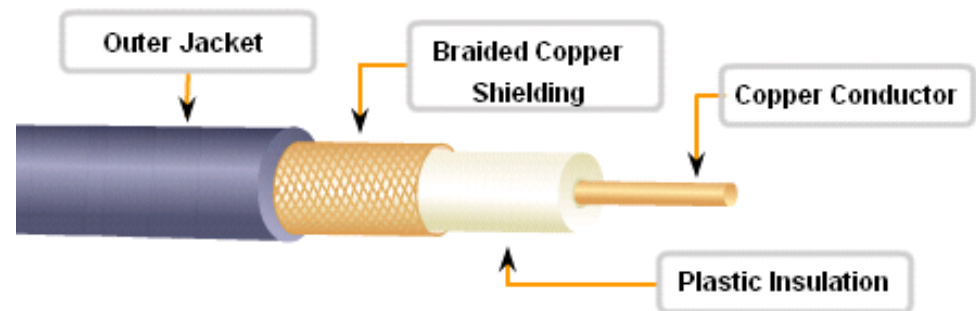
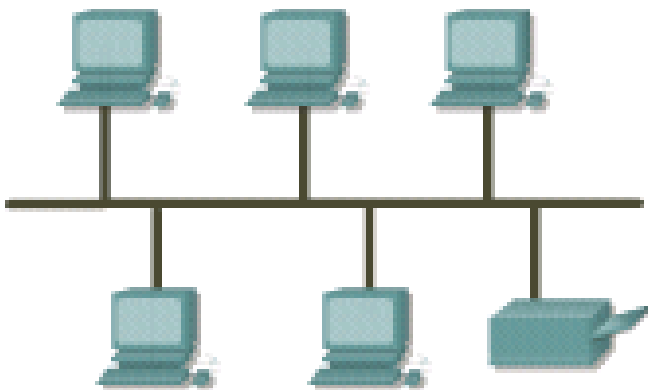
Manchester code



- Sve verzije 10Mbps Ethernet-a koriste Manchester kod
- binarno 1
 - promena napona na viši nivo
- binarno 0
 - promena napona na niži nivo

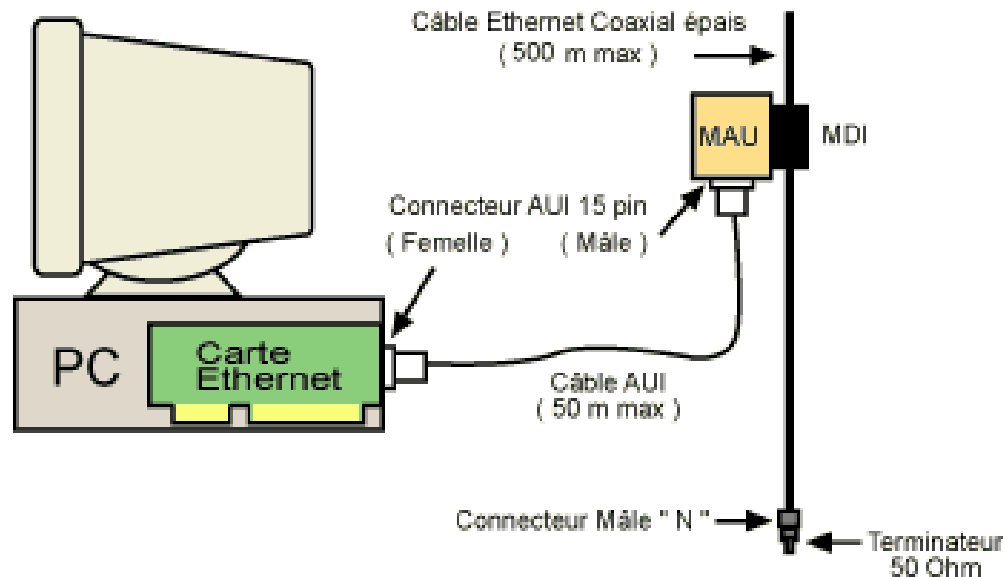
10BASE5 – “Debeli” Ethernet

- “Debeli” Ethernet (thick-Ethernet)
- BUS topologija
 - Deljeni medijum – Koaksijalni kabl
samo jedna stanica može da koristi medijum u jednom trenutku
- Half Duplex
 - Mogućnost slanja podataka samo u jednom smeru u jednom trenutku
 - Samo jedna stanica šalje podatke, sve ostale primaju
 - Stanica koja šalje podatke lokalno ih i prima i prati da li dolazi do kolizije



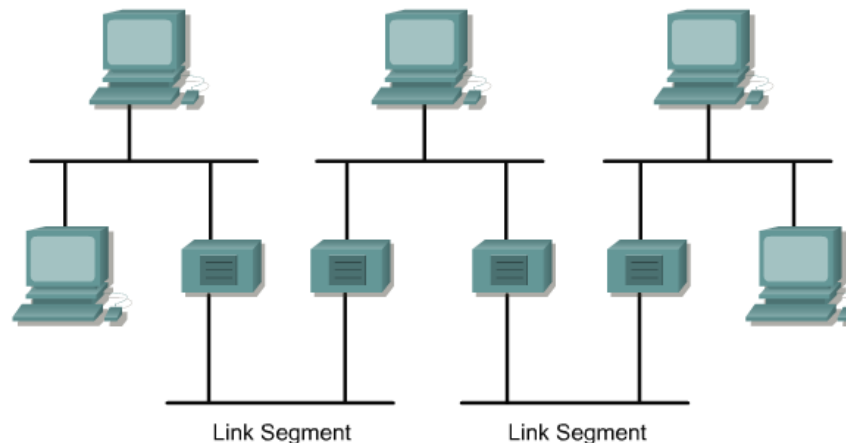
10BASE5 osobine

- Deljeni kabl - koaksijani kabl
 - 50 oma
 - MAU – Media Acces Unit (Transiver)
 - max 50m do radne stanice
 - AUI konektori (Attachment Unit Interface)
 - Potrebni terminatori na krajevima (odgovarajuća impedansa da ne dolazi do refleksije)
 - širokog prečnika (debeo), težak za instalaciju



10BASE5 osobine

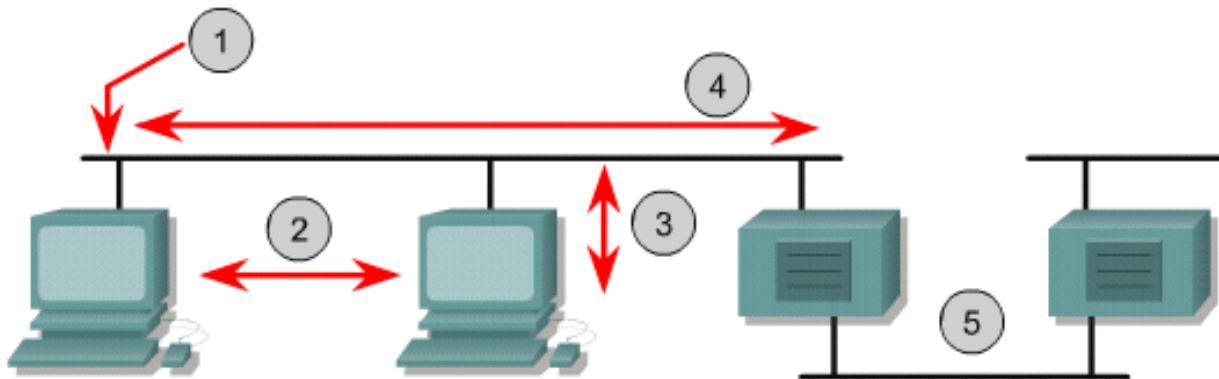
- Maksimalna dužina segmenta 500m
- Povezivanje segmenata
 - **Ripiter** - povezivanje segmenata na L1 nivou, Regeneriše signale i prosleđuje sa jednog segmenta na drugi
 - **Pravilo 5-4-3:**
Max 5 segmenata, 4 ripitera, 3 segmenta sa kompjuterima
 - Ograničenje – maksimalno rastojanje za prepoznavanje kolizije



- Greška bilo kog priključka ili terminatora na kablju izaziva pad cele mreže
- Teško debugovanje problema
- Više se ne koristi u novim LAN mrežama

10BASE2– “Tanki” Ethernet

- 10BASE2 - “tanki” Ethernet (thin-Ethernet) – od 1985
- Bus arhitektura-deljeni medijum, samo half duplex mod !
- Koristi se koakcijalni kabl od 50 Oma, BNC konektori i terminatori na oba kraja

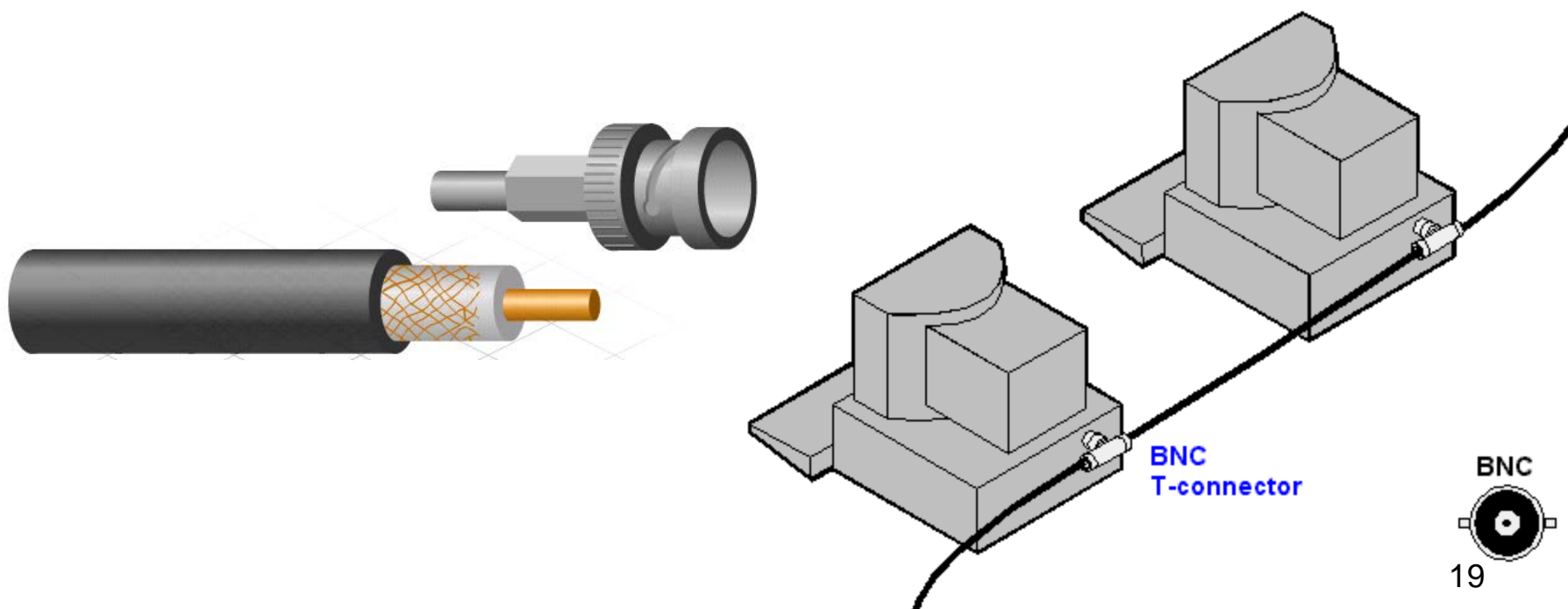


1. Termination of each end of the coax should be 50 Ohms.
2. Minimum distance between taps is 0.5 meters.
3. Each station must connect within four centimeters of the thin coax.
4. Maximum segment length is 185 meters.
5. Link segments between repeaters should have a total of only two attachments, the repeaters themselves.

10BASE2– “Tanki” Ethernet

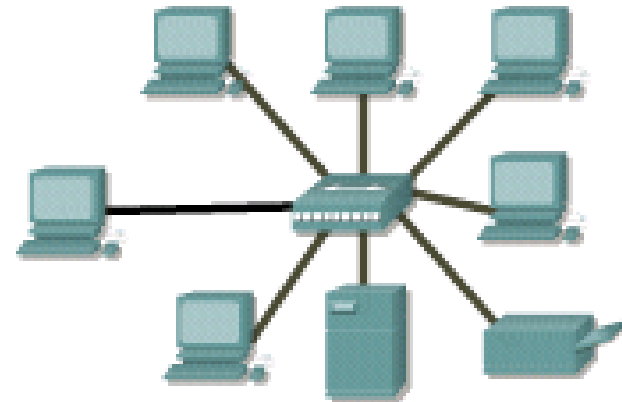
- Lakša instalacija, jer je manjeg promera, tanji
- Jeftiniji od “debelog” Etherneta
- Maksimalna dužina segmenta 185 metara
- Na jednom segmentu maksimalno 30 računara
- Greška bilo kog priključka ili terminatora na kablu izaziva pad cele mreže
- Teško debugovanje problema
- Više se ne koristi u novim LAN mrežama

From Computer Desktop Encyclopedia
© 1998 The Computer Language Co., Inc.



10BASE-T – “Zvezdasti” Ethernet

- Motivacija ranih devedesetih:
 - učiniti mrežu otpornom na otkaze pojedinih konektora (za razliku od bus arhitekture)
 - iskoristiti postojeću instalaciju lokalnih telefonskih i interfonskih kablova u poslovnim zgradama - **strukturno kabliranje**



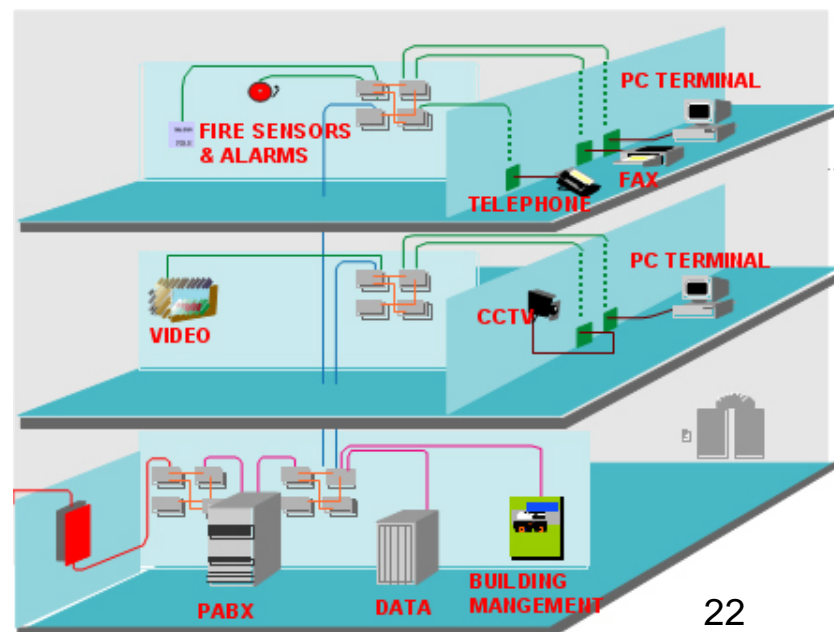
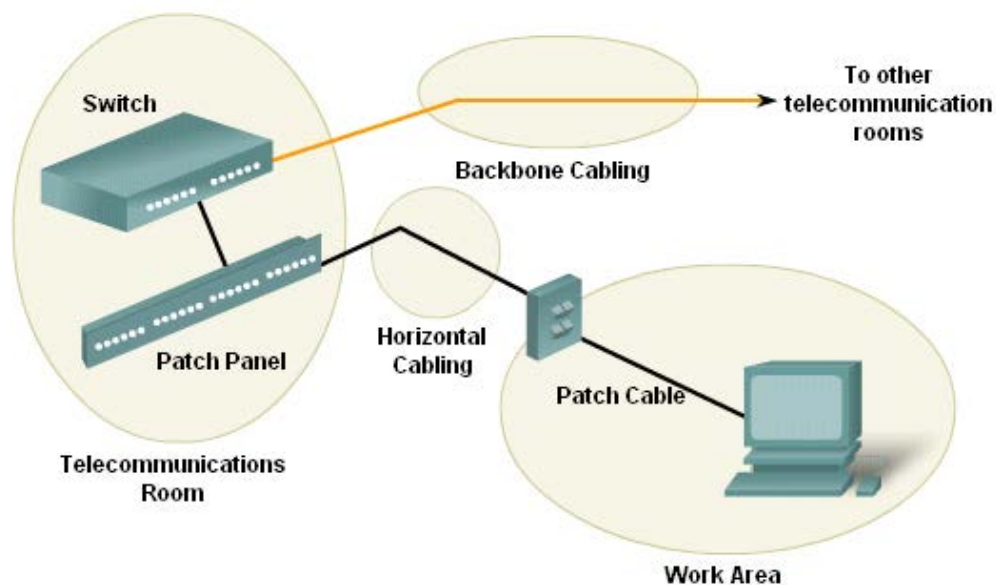
- Topologija zvezde
- **Hab** (*Hub*)
 - središnji uređaj
 - funkcija – višeporadni ripiter za UTP kablove, regeneriše signale
- Isti kolizijski domen i Ethernet funkcionalnost

10BASE-T – “Zvezdasti” Ethernet

- 10BASE-T postoji od 1990.
- Prvi 10BASE-T je koristio UTP kategorije 3
- Segmenti
 - UTP kabl između dva haba ili haba i hosta
 - do 100 m
 - do četiri haba u kaskadi, 5 segmenata od max 100 m
- Cela mreža je deljeni medijum
 - isti kolizioni domen
 - paketi se prosleđuju na sve segmente svih habova u mreži, do svakog povezanog hosta
 - slična ograničenja kao kod 10BASE-2 i 10BASE-5

Strukturno kabliranje

- ISO standard 11801 –
kabliranje telekomunikacionih instalacija u poslovnim zgradama



Strukturno kabliranje

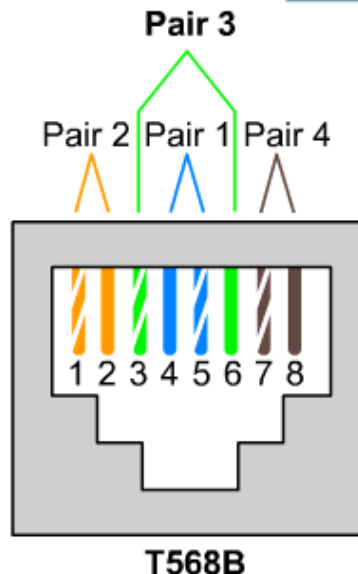
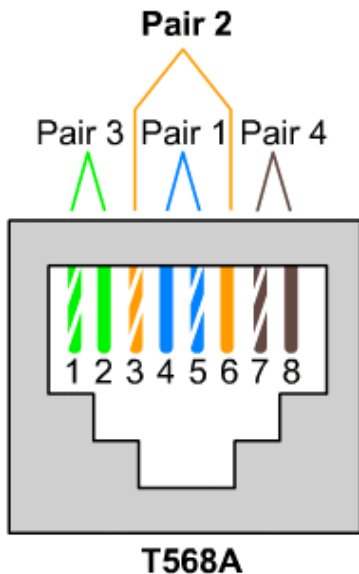
- UTP kablovi – *Unshielded Twisted Pairs* - upredene neoklopljenje parice
 - Fiksna instalacija
 - Wall UTP – kruti kabl (jednožilni provodnik)
 - RJ-45 utičnice
 - Peč kablovi za povezivanje u radnom prostoru i rek ormanu
 - Fly UTP – licnasti kablovi - veliki broj tankih žica (licni)
 - RJ-45 konektori



UTP kablovi

- Dva standarda povezivanja kablova na konektori i utičnice
 - T568A
 - T568B

Pin Number	Signal
1	TD+ (Transmit Data, positive-going differential signal)
2	TD- (Transmit Data, negative-going differential signal)
3	RD+ (Receive Data, positive-going differential signal)
4	Unused
5	Unused
6	RD- (Receive Data, negative-going differential signal)
7	Unused
8	Unused



Fast Ethernet

Parameter	Value
Bit Time	10 nsec
Slot Time	512 bit times
Interframe Spacing	96 bits
Collision Attempt Limit	16
Collision Backoff Limit	10
Collision Jam Size	32 bits
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)

- Brzina 100-Mbps
- Dva najpoznatija standarda
 - 100BASE-TX - UTP kablovi kategorije 5 i više
 - 100BASE-FX – multimodna optička vlakna

Fast Ethernet

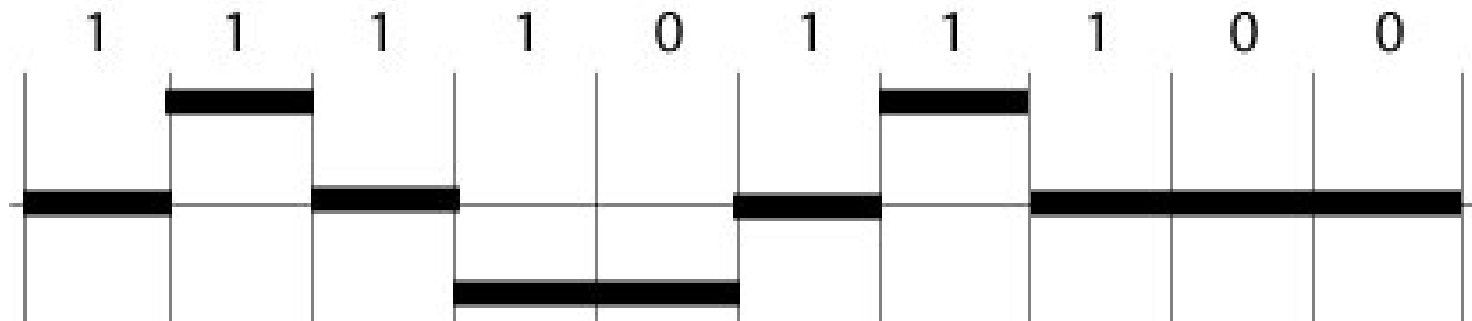
- Tri karakteristike zajedničke za 100BASE-TX i 100BASE-FX su:
 - timing parametri
 - format okvira
 - delovi načina kodovanja
- 100-Mbps format okvira je isti kao kod 10-Mbps okvira
- Isti je raspored pinova (pinout) RJ45 modularnog konektora
- Zbog većih brzina koristi se kodovanje grupe bita (*code groups*)
 - 4B5B kodovanje
 - 4B5B se zatim koduje MLT-3 kodom (kod 100BaseTX)

MLT-3 kod

- U MLT-3 se bit koduje kao prisustvo ili odsustvo tranzicije u odnosu na prethodni nivo
 - 1 – ima promene naponskog nivoa
 - 0 – nema promene naponskog nivoa
- Postoje 3 naponska nivoa (-1,0,+1)

100 BASE - TX

4B5B : 0 → 11110, E → 11100



4B5B kod

- 4 bita se koduje u grupu od 5 bita
- prednosti:
 - smanjenje greške na nivou bita – ravnomeran broj nula i jedinica, pa je poboljšana sinhronizacija
 - tri grupe simbola:
 - podaci (*data symbol*)
 - kontrolni simboli (*control symbol*)
 - nedozvoljeni simboli (*invalid symbol*)
 - lakše otkrivanje greške
 - smanjena emisija energije

4B/5B Code Symbols

Data Codes

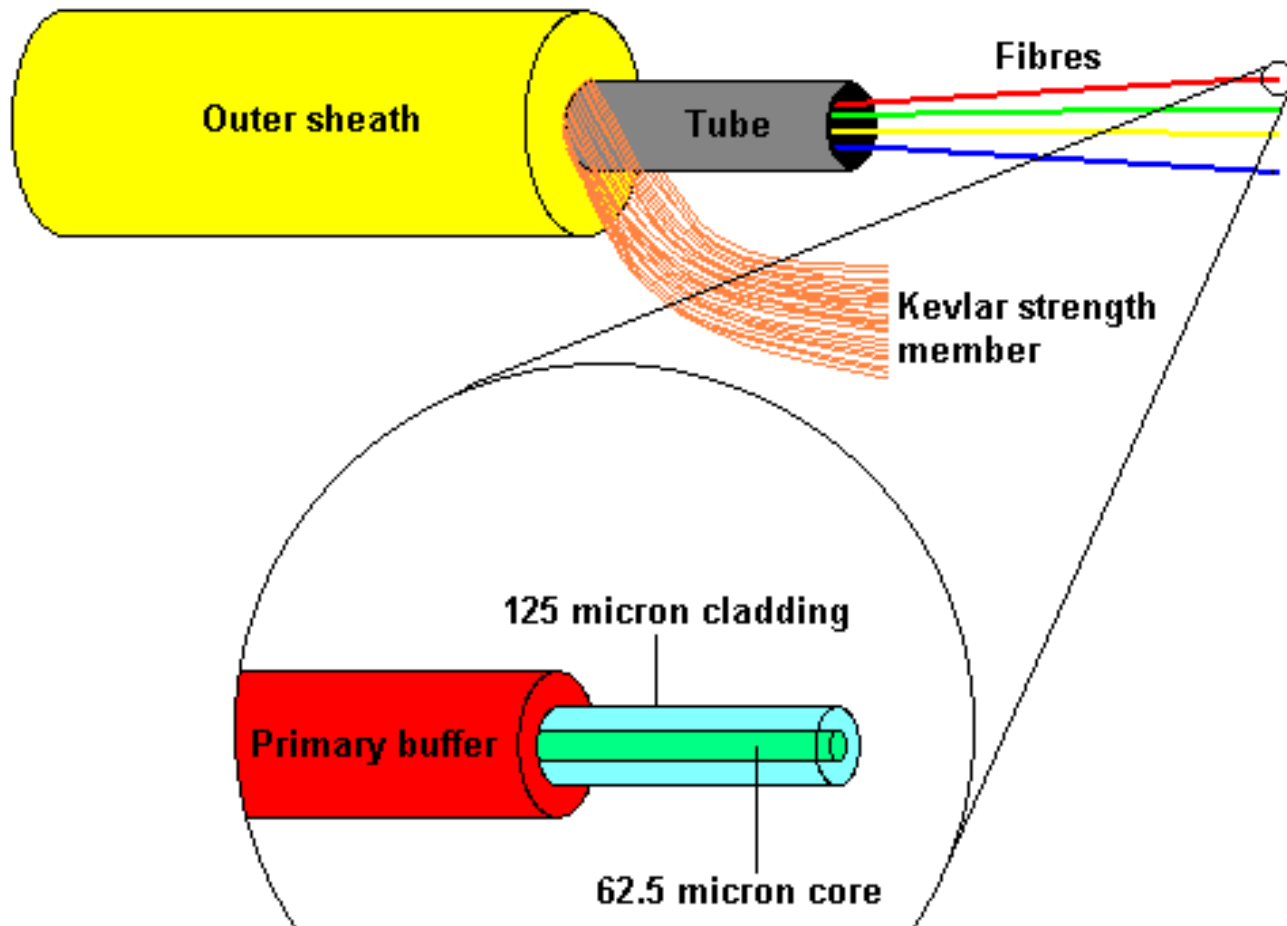
4B Code	5B Symbol
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111
1000	10010
1001	10011
1010	10110
1011	10111
1100	11010
1101	11011
1110	11100
1111	11101

Control and Invalid Codes

4B Code	5B Symbol
idle	11111
start of stream	11000
start of stream	10001
end of stream	01101
end of stream	00111
transmit error	00111
invalid	00000
invalid	00001
invalid	00010
invalid	00011
invalid	00100
invalid	00101
invalid	00110
invalid	01000
invalid	10000
invalid	11001

100BASE-FX

- 100Mbps po optičkim vlaknima



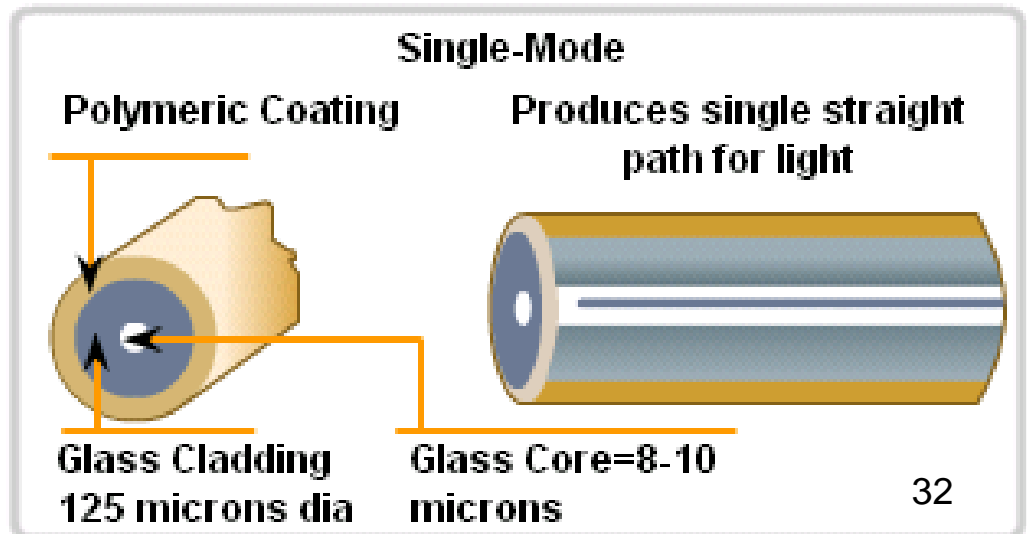
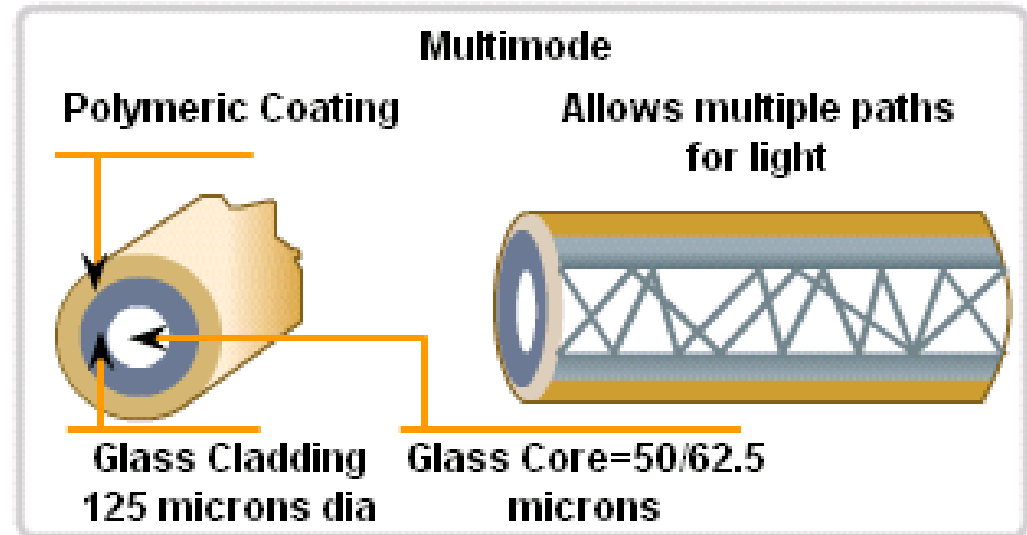
Optická vlákna



Optička vlakna

Dve vrsta

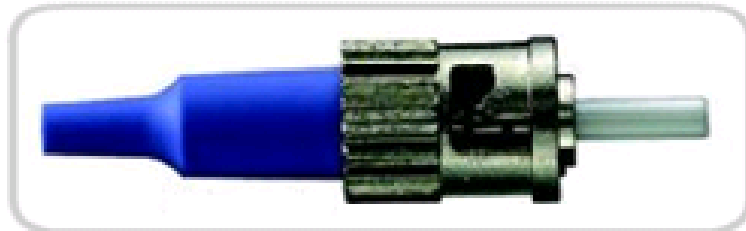
- **MM** – Multimodna
 - jezgro vlakna
50 ili 62.5 mikrona
 - laseri ili LED diode,
veće rasipanje svetlosti,
kraća rastojanja,
jeftinije
- **SM** – Monomodna
(singlmodna)
 - jezgro vlakna
9 mikrona
 - laseri, manje rasipanje
svetlosti,
veća rastojanja,
skuplje



Optički konektori

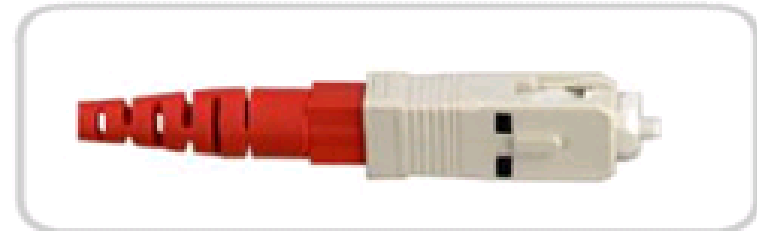
- U računarskim mreža najčešće se koriste:
 - ST konektor (*Straight Tip*)
 - SC konektro (*Subscriber Connector*)
- Različiti za monomodna i multimodna vlakna

ST Connector



Straight Tip (ST) connector is used with single-mode fiber

SC Connector



Subscriber Connector (SC) is used with multimode fiber

- Optičke utičnice:
 - pasivni elementi koji omogućavaju čvrsto spajanje dva konektora sa prednje i zadnje strane

100BASE-FX

- Prenos signala po dva vlakna u oba smare - optička parica



- Predajnik
 - pretvara električne impulse u snop svetlosti - nevidljiva svetlost određene talasne dužine
- Prijemnik
 - dioda koja detektuje laserski signal i pretvara ga u električni

100BASE-FX

- Realizacija fast-Ethernet veza
 - 100BASE-FX portovi na komunikacionim uređajima – obično do dva optička porta (uplink) na uređaju sa 12 ili 24 RJ45 porta
 - Konvertor između 100BASE-TX i 100BASE-FX (transiver)
 - Funkcija ripitera
 - mali uređaj, sa DC napajanjem, koji pretvara električne u optičke signale i obrnuto



- Zbog brzog uvođenja Gigabitskog Etherneta nakon usvajanja 100BaseFX standarda, 100BaseFX nema veliku rasprostranjenost u današnjim mrežama

Gigabit Ethernet

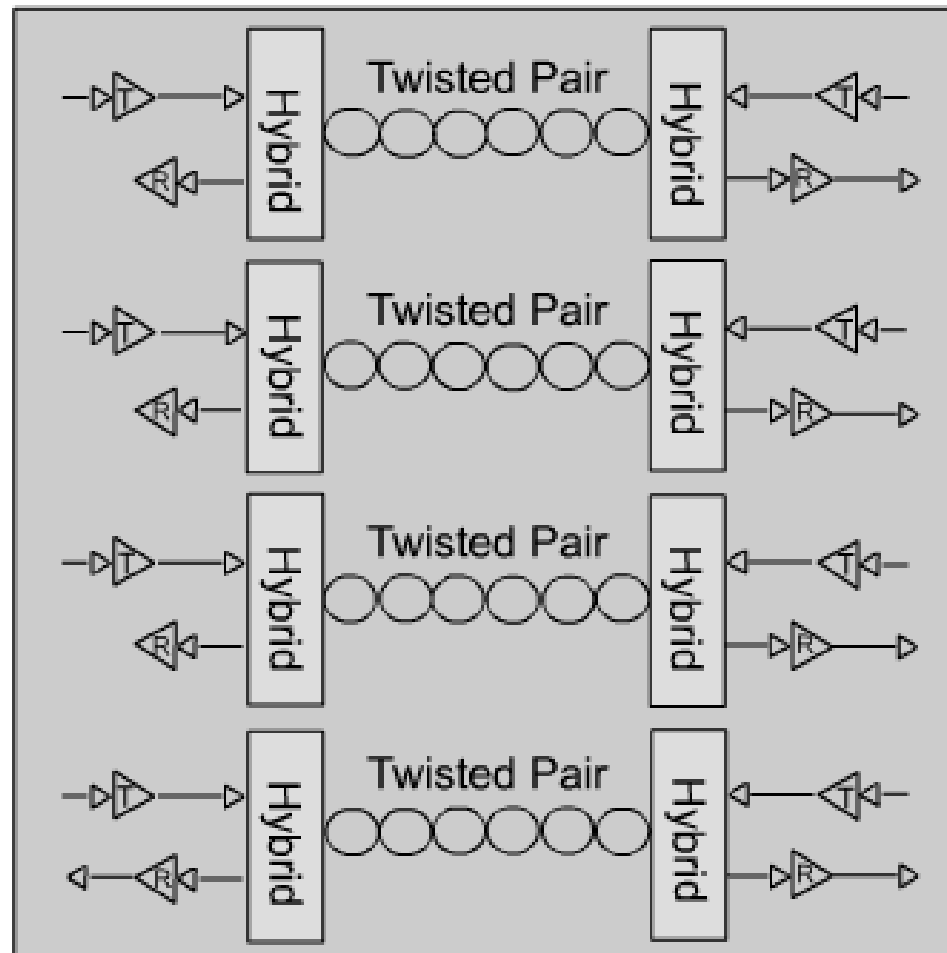
- 1000BASE-T preko UTP kablova, do 100m
- 1000BASE-SX preko multimodnih optičkih kablova
- 1000BASE-LX preko multimodnih i monomodnih optičkih kablova
- Gigabit Ethernet okvir je isti kao kod 10Mbps i 100 Mbps Ethernet-a

Parameter	Value
Bit Time	1 nsec
Slot Time	4096 bit times
Interframe Spacing	96 bits *
Collision Attempt Limit	16
Collision Backoff Limit	10
Collision Jam Size	32 bits
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)
Burst Limit	65,536 bits

1000BaseT

- Gigabitni Ethernet koristi 8B/10B kodovanje, koje je slično 4B/5B kodu
- UTP 5e kablovi
 - 250 Mbps po jednoj parici u jednom smeru
 - 1 Gbps se postiže paralelnim slanjem u jednom smeru po sve četiri parice
 - da bi se postigao pun duplex, signal se mora prenositi u oba smera po istim paricama istovremeno
 - to se postiže posebnim načinom kodovanja 4D-PAM5 (4-Dimensional/Pulse-Amplitude-Modulation; 4 wire-pairs, 5 levels)
 - po parici se javlja “kolizija” tj. smetnja, pa se koristi se **echo cancellation** mehanizam

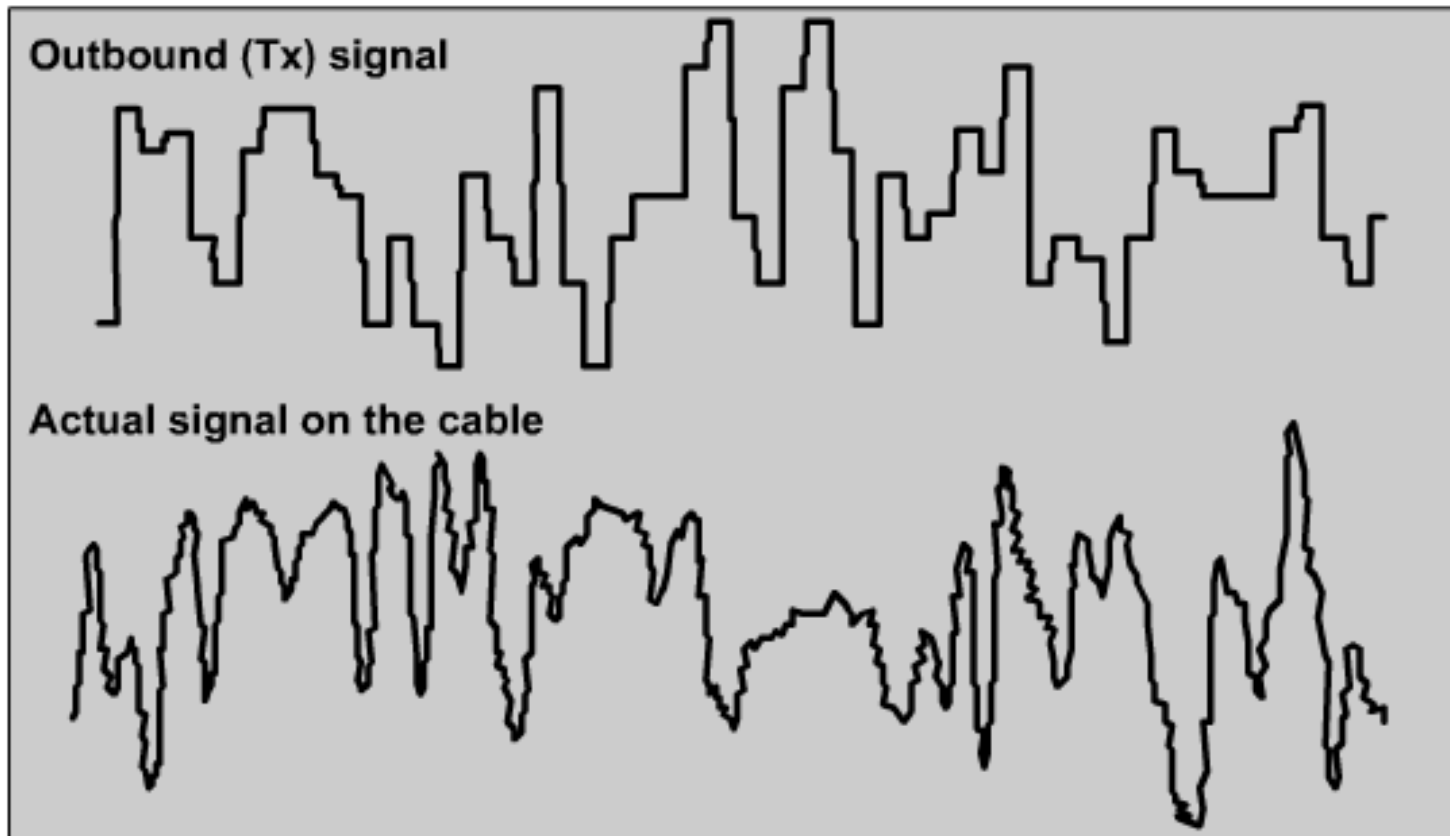
Način prenosa signala kod 1000BaseT



1000BaseT

- U periodima kada nema signala, na svakoj od parica se pojavljuje signal od 9 različitih naponsih nivoa, dok kada se šalje okvir, pojavljuje se 17 različitih naponskih nivoa.
- Ovakav signal je mnogo podložniji smetnjama
 - Parametri kabla kao što su kašnjenje i razlika kašnjenja između parica (*delay* i *skew*) moraju da budu unutar standardom predviđenih granica da bi se signal na prijemnoj strani ispravno regenerisao iz četiri različita kanala kojima dolazi
- Kategorije 5e, 6 ili 7 UTP kablova i utičnica
 - do 100m
 - posebno su osetljivi na:
 - interferenciju između parica - “preslušavanje”
 - nepravilnu instalaciju – preveliko savijanje, raspredanje parica, loše konektore...

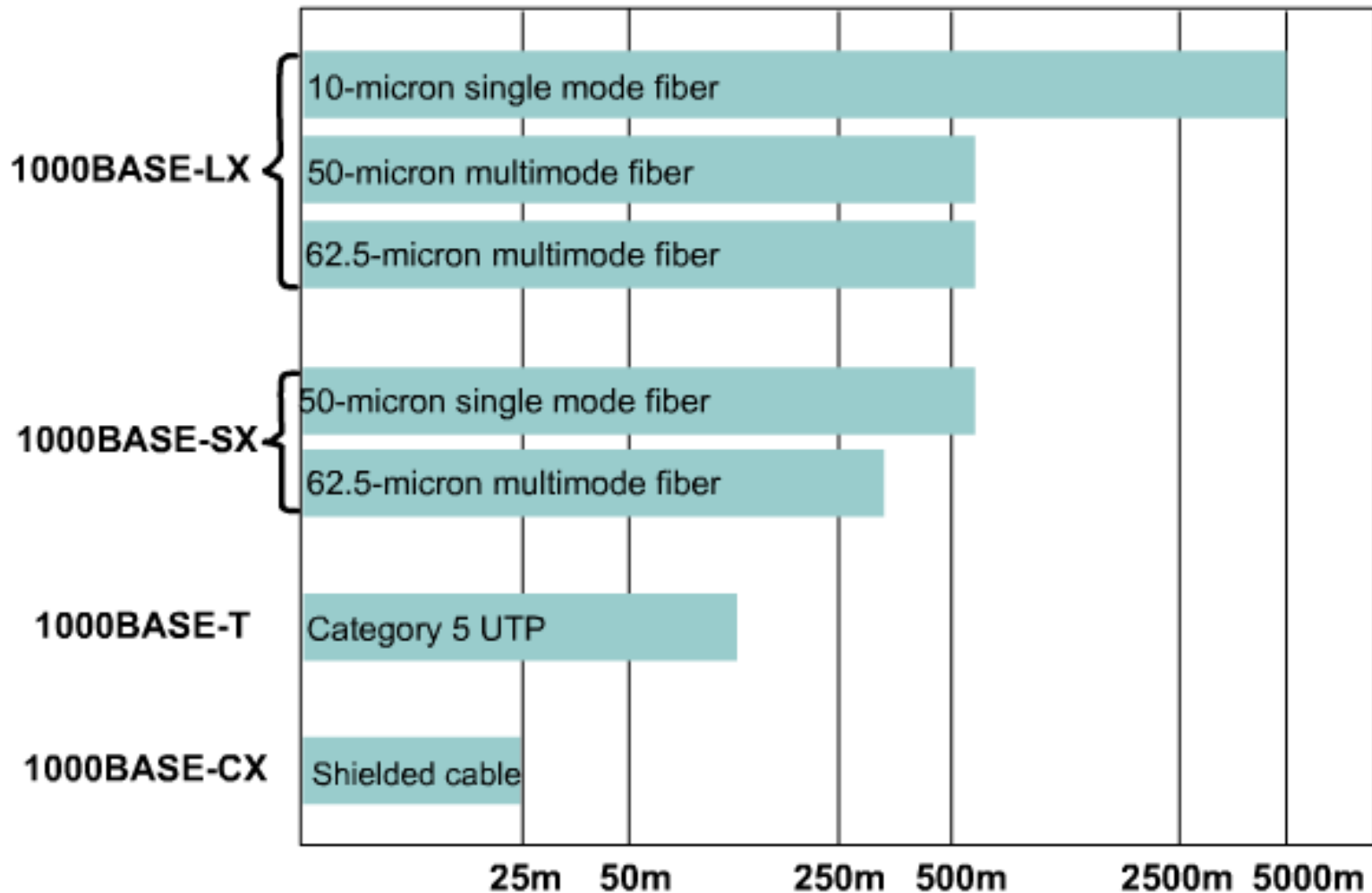
1000BaseT signal



1000BASE-SX i LX

- 1000BASE-SX
 - multimodena vlakna
 - lasere ili LED diode, 770-860nm, do 550m
- 1000BASE-LX
 - multimodna vlakna do 550m, ili monomodna vlakana do 5km
 - laseri koji rade na 1270-1355nm
- 1000BASE-ZX
 - Monomodna vlakna, 1550nm, do 70km
- Prednosti
 - imun na spoljne elektromagnetne smetnje
 - nema problema sa uzemljenjem – povezivanje različitih objekata galvanskim vezama može da dođe do “parazitnih” struja, usled različitih naponskih nivoa uzemljenja (prilikom grmljavina često dolazi do narušavanja kvaliteta veze, čak i kvara opreme)
 - veze na velikim rastojanjima

Neke 1Gpbs Ethernet tehnologije



Optički Gigabit Ethernet

- MAC podsloj kod optičkog gigabitskog Etherneteta tretira vezu kao point-to-point
- Isključivo Full-Duplex
 - Signal se nezavisno šalje po dva vlakna u prijemnom i predajnom smeru
- Gigabit Ethernet standard dozvoljava samo jedan ripiter između dva adaptera

Parametri 10-Gbps Ethernet

Parameter	Value
Bit Time	0.1 nsec
Slot Time	not applicable *
Interframe Spacing	96 bits *8
Collision Attempt Limit	not applicable *
Collision Backoff Limit	not applicable *
Collision Jam Size	not applicable *
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)
Burst Limit	not applicable *
Interframe Spacing Stretch Ratio	104 bits ***

* 10-Gbps Ethernet does not permit half duplex operation, so parameters related to slot timing and collision handling do not apply.

** The value listed is the official interframe spacing.

*** The Interframe Spacing Stretch Ratio applies exclusively to 10GBASE-W definitions.

10-Gbps Ethernet (IEEE 802.3ae) je standardizovan Juna 2002.

10G Ethernet

- Format okvira je isti kao kod ostalih Ethernet tehnologija.
- Bitsko vreme je 0.1 nanosekunda.
- Zbog ovako kratkog bitskog vremena 10G Ethernet postoji samo u verziji sa optičkim vlaknima i punim dupleksom
- IEEE 802.3 podslojevi unutar OSI slojeva 1 i 2 su gotovo isti kao kod prethodnih Ethernet verzija, uz par dodataka koji omogućavaju kompatibilnost sa SONET/SDH tehnologijama.

Multiplexiranje kod 10GBase-LX4

