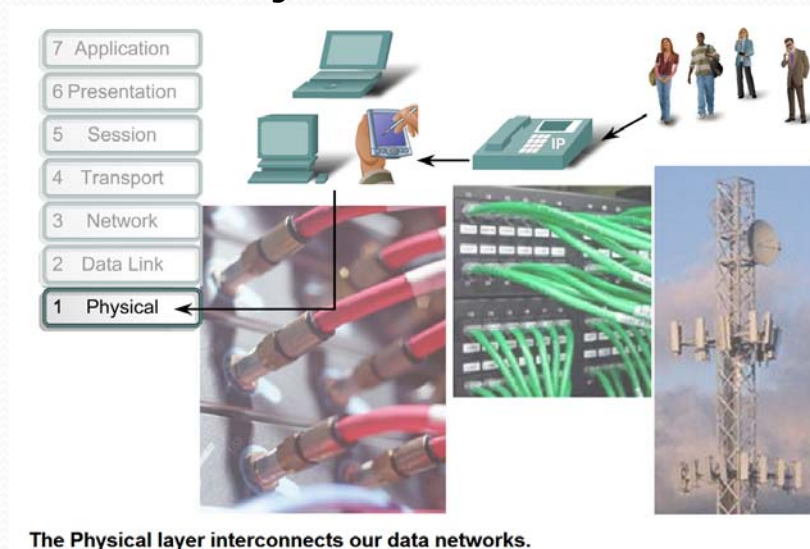


RAČUNARSKE MREŽE

03 – Fizički sloj

Uvod

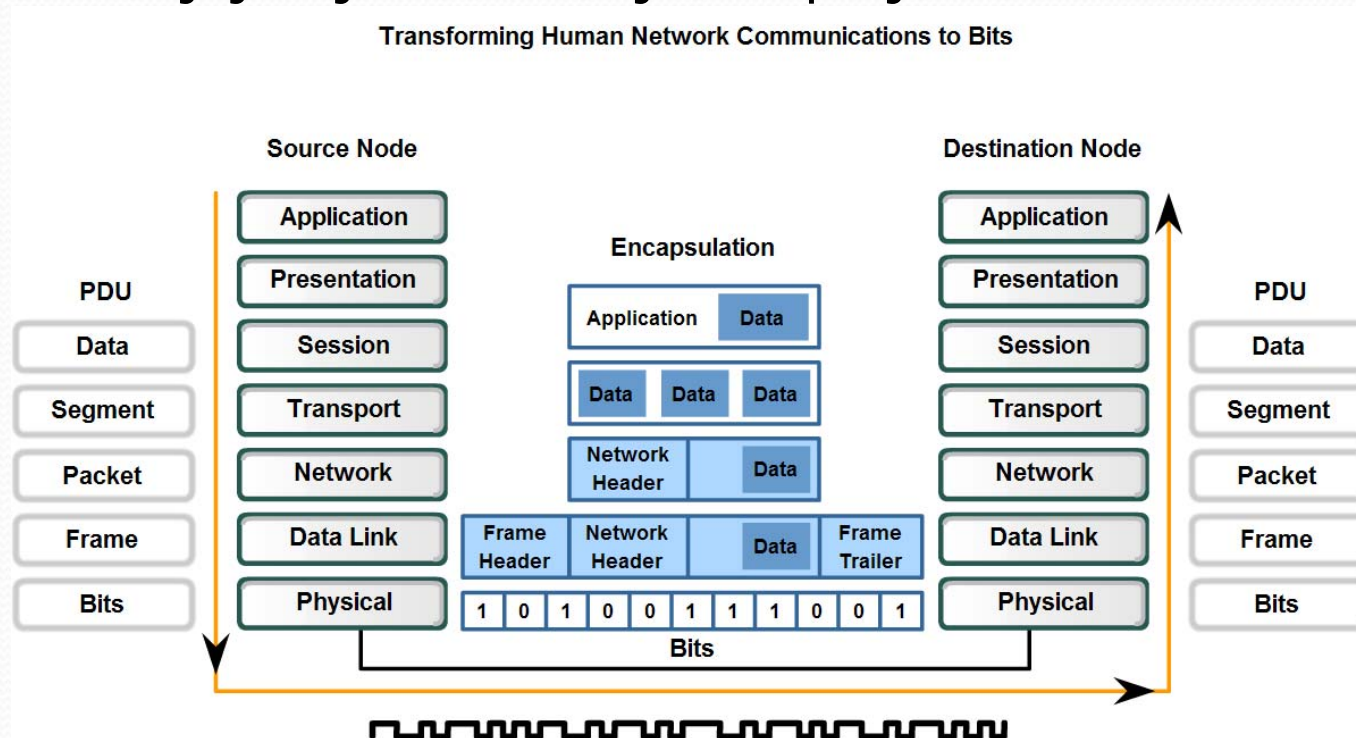
- Fizički sloj prima *frame* i kodira ga u niz signala koji se upućuju na dostupni prenosni medijum



- Prenos frejmova zahtjeve sljedeće fizičke elemente:
 - fizički medijumi i odgovarajući konektori
 - reprezentacija bita na medijumu
 - kodovanje podataka i kontrolnih informacija

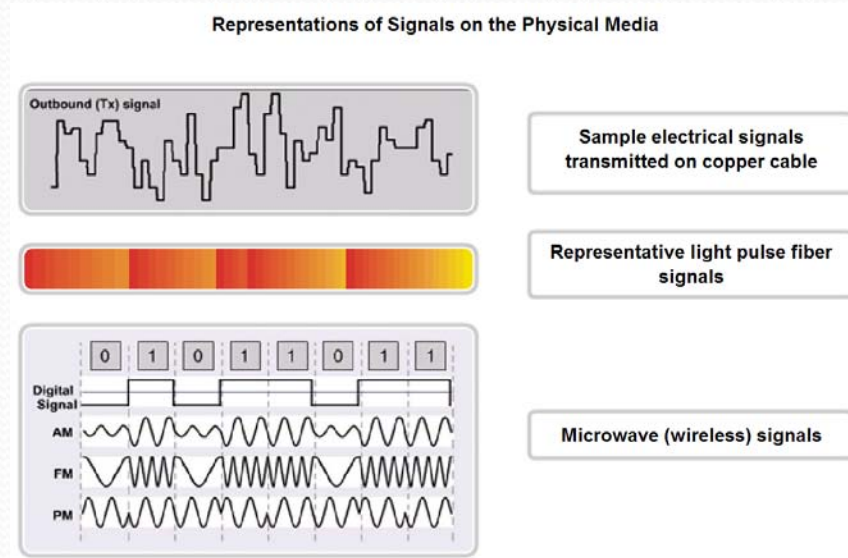
Svrha fizičkog sloja

- Osnovna svrha – kreiranje električnog, optičkog ili mikrotalasnog signala koji predstavljaju bite iz frejmova => medijumi ne prenose frejmove kao cjeline, već signale koji predstavljaju njihove bite jedan po jedan!



Mrežni medijumi

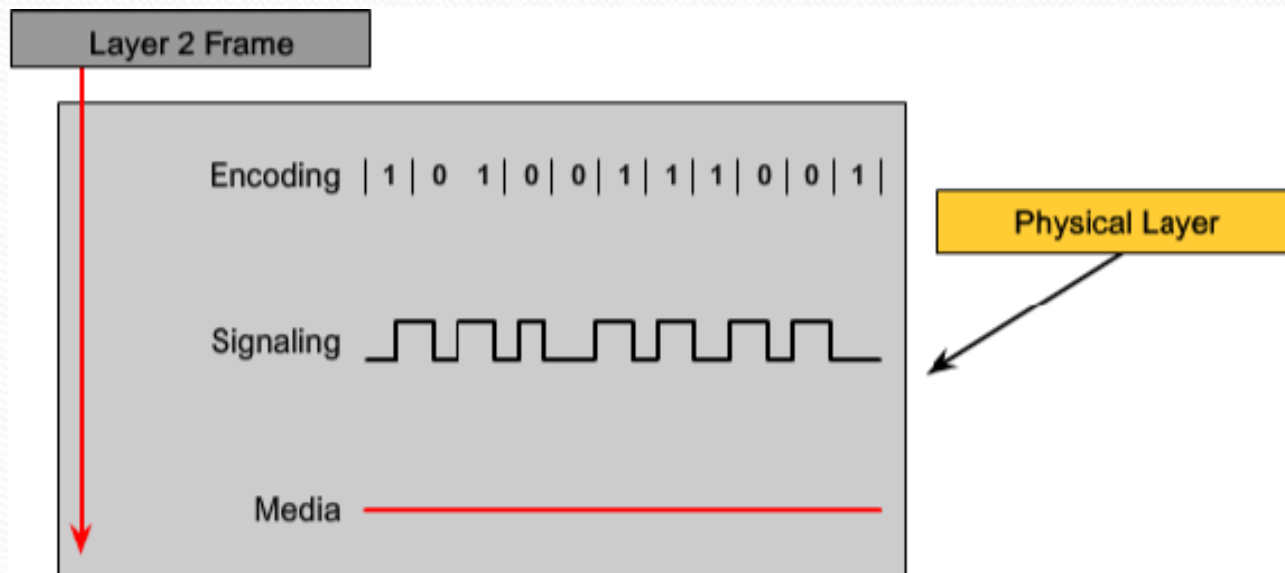
- 3 osnovna tipa mrežnih medijuma:
 - Bakarni kablovi (*copper*)
 - Optika (*fiber*)
 - Bežični (*wireless*)



- Reprezentacija bita, tj. tipa signala zavisi od medijuma:
 - bakarni kablovi – signali su sekvenca električnih impulsa
 - optika – signali su sekvenca svjetlosnih zraka
 - bežični – signali su sekvenca radio talasa
- Identifikacija frejma (početak & kraj)

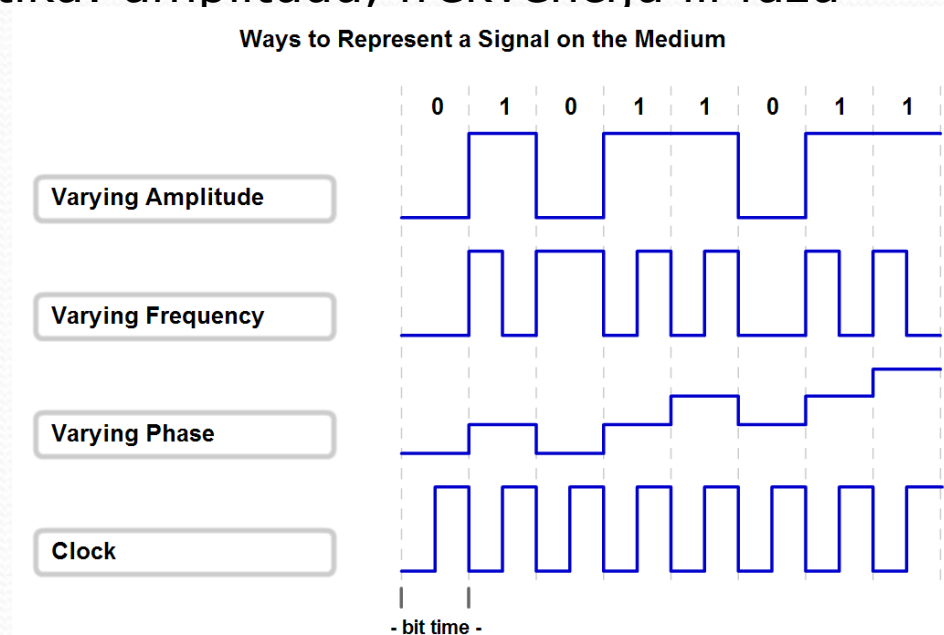
Principi

- Tri fundamentalna principa fizičkog sloja:
 1. kodovanje – grupisanje bita
 2. signalizacija – kako se biti predstavljaju signalima
 3. fizičke komponente – hardverski uređaji, medijumi i konektori



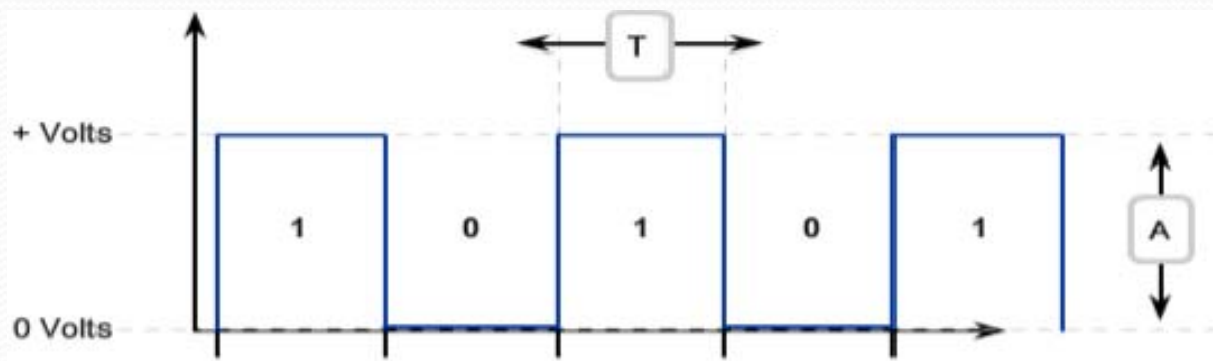
Predstavljanje bita signalima

- Na kraju se sva komunikacija svodi na binarne cifre koje se pojedinačno prenose preko fizičkog medijuma!
- *Bit time* – vrijeme koje signal provede zauzimajući medijum
- Sinhronizacija primaoca i pošiljaoca ostvaruje se pomoću *clock*-a
- Biti se predstavljaju na medijumu mijenjajući neku od sljedećih karakteristika: amplitudu, frekvenciju ili fazu

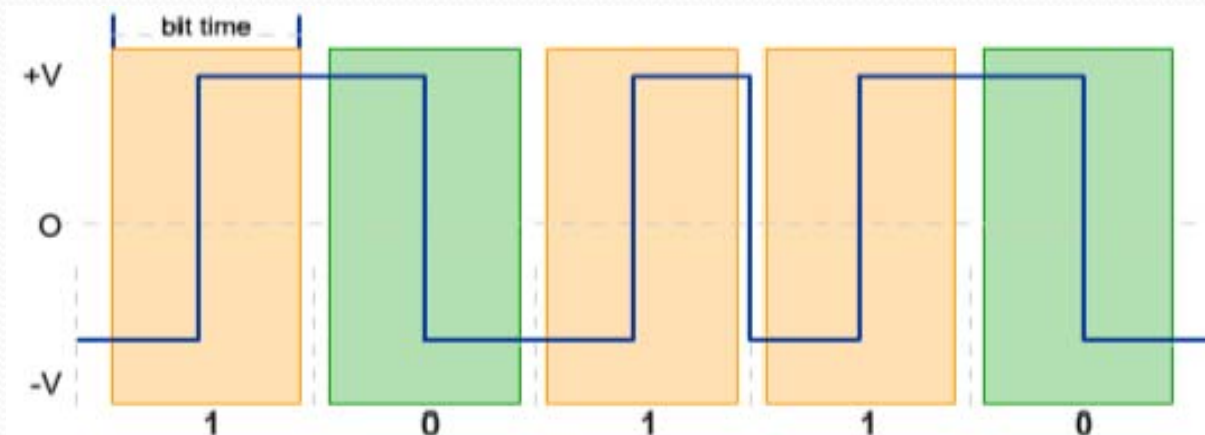


Predstavljjanje bita signalima(2)

- NRZ metoda (*Non Return To Zero*) – male brzine, nizovi 0 i 1?

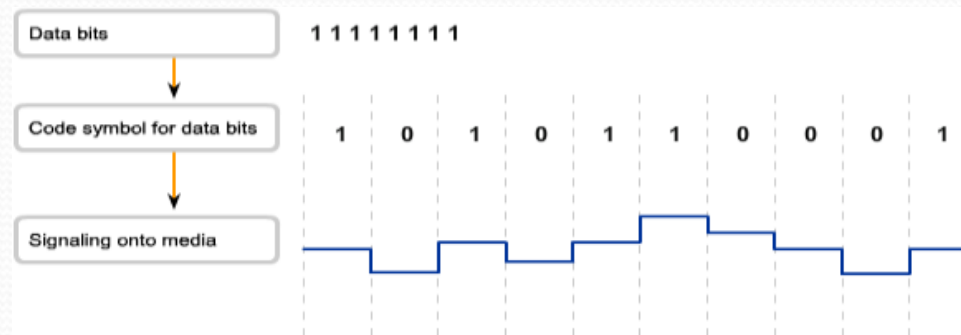


- Manchester* kodovanje – promjena nivoa signala, 10BaseT

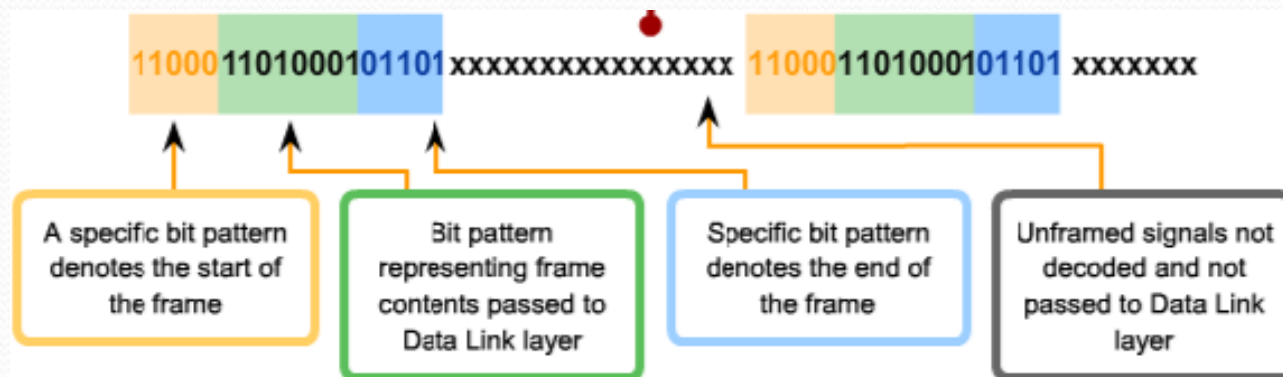


Kodovanje – grupisanje bita

- Veće brzine => veća vjerovatnoća da će podaci biti oštećeni
- Kodne grupe omogućavaju da se greške pri prenosu lakše otkriju



- *Pattern*-i signala – pomaže primaocu da identifikuje početak i kraj *frame*-a



Kodovanje – grupisanje bita (2)

- Prednosti korištenja kodnih grupa:
 1. Smanjenje *bit level* grešaka – onemogućavaju pojavu velikih nizova nula (jedinica) što uveliko otežava sinhronizaciju između pošiljaoca i primaoca
 2. Manja potrošnja energije – balansiranje broja jedinica i nula što sprečava grijanje medijuma u slučaju da se emituje veliki broj jedinica
 3. Razlika između data bita i kontrolnih bita – 3 tipa simbola (podaci, kontrolni i nevalidni)
 4. Lakše uočavanje grešaka – npr. ako se primi dugačak niz nula (jedinica) odmah se može zaključiti da je došlo do greške

Kodovanje – grupisanje bita (3)

- Primjer – 4B/5B

Data Codes

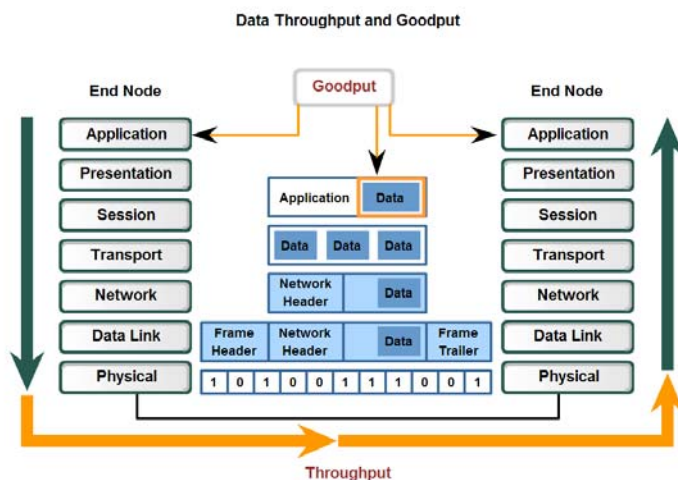
4B Code	5B Symbol
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111
1000	10010
1001	10011
1010	10110
1011	10111
1100	11010
1101	11011
1110	11100
1111	11101

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	00100
invalid	00000
invalid	00001
invalid	00010
invalid	00011
invalid	00100
invalid	00101
invalid	00110
invalid	01000
invalid	10000
invalid	11001

Brzina prenosa

- Brzina prenosa podataka se mjeri na 3 načina:
 - *Bandwidth* – mjeri količinu informacija koja može doći od jednog mjesta na drugo za zadano vrijeme (idealna situacija)
 - *Throughput* – slična definicija kao za *bandwidth*, ali za realne situacije; pri mjerenju se uzimaju u obzir faktori kao što su količina i tip saobraćaja i broj uređaja priključenih na mrežu
 - *Goodput* – mjeri količinu KORISNIH informacija

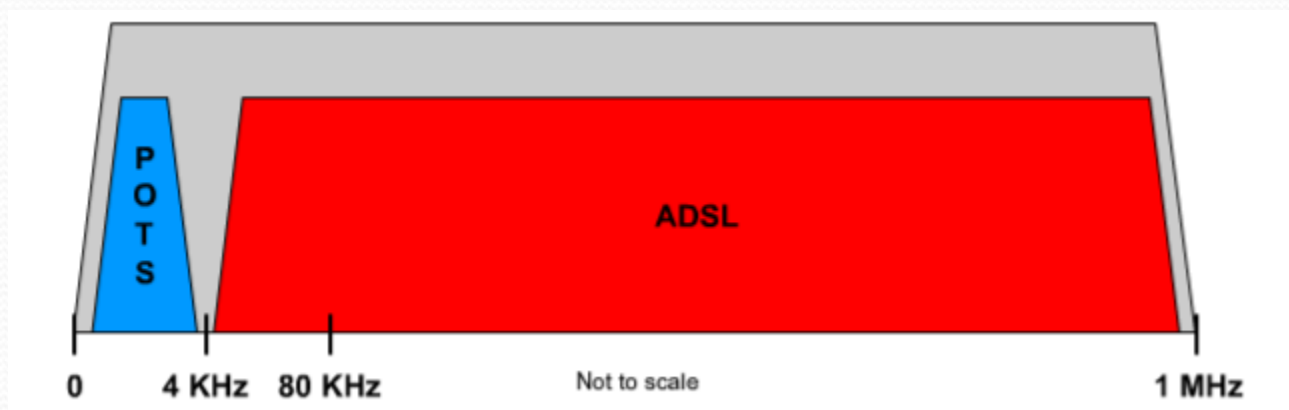


Data throughput is actual network performance. Goodput is a measure of the transfer of usable data after protocol overhead traffic has been removed.

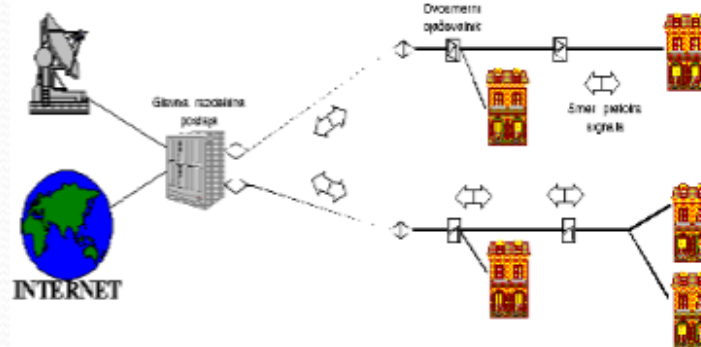
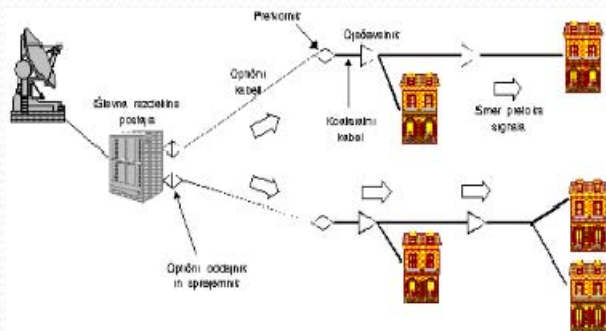
Unit of Bandwidth	Abbreviation	Equivalence
Bits per second	bps	1 bps = fundamental unit of bandwidth
Kilobits per second	kbps	1 kbps = 1,000 bps = 10^3 bps
Megabits per second	Mbps	1 Mbps = 1,000,000 bps = 10^6 bps
Gigabits per second	Gbps	1 Gbps = 1,000,000,000 bps = 10^9 bps
Terabits per second	Tbps	1 Tbps = 1,000,000,000,000 bps = 10^{12} bps

Povezivanje na WAN

- Dial-up pristup (modemi, 56kb/s)
- ADSL – brzina zavisi od rastojanja od stanice, korištenje neiskorištenog POTS opsega



- Kablovski internet – brzina zavisi od broja korisnika na segmentu



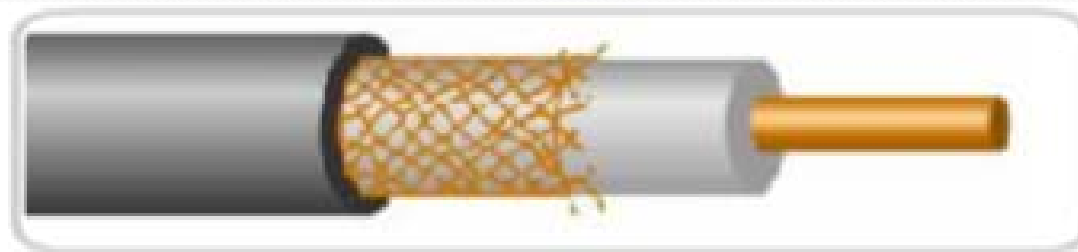
Tipovi fizičkih medijuma

Physical Media - Characteristics

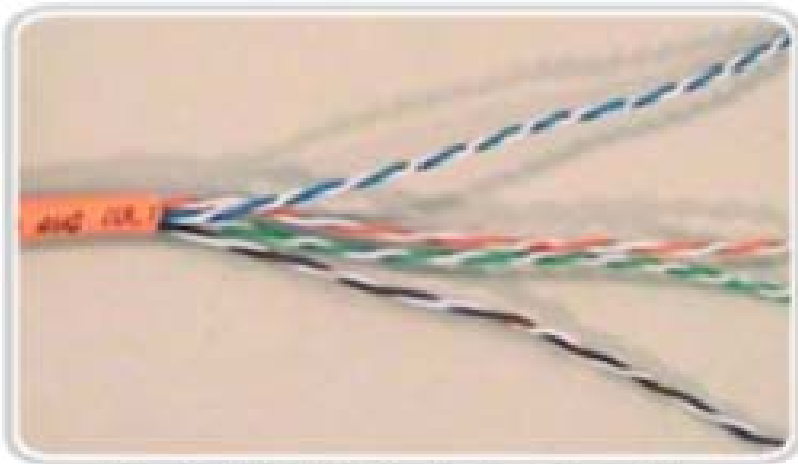
Ethernet Media

	10BASE-T	100BASE-TX	100BASE-FX	1000BASE-CX	1000BASE-T	1000BASE-SX	1000BASE-LX	1000BASE-ZX	10GBASE-ZR
Media	EIA/TIA Category 3, 4, 5 UTP, two pair	EIA/TIA Category 3, 4, 5 UTP, two pair	50/62.5 µm multi mode fiber	STP	EIA/TIA Category 3, 4, 5 UTP, four pair	62.5/50 micron multimode fiber	50/62.5 micron multimode fiber or 9 micron single mode fiber	9µm single mode fiber	9µm single mode fiber
Maximum Segment Length	100m (328 feet)	100m (328 feet)	2 km (6562 ft)	25 m (82 feet)	100 m (328 feet)	Up to 550 m (1,804 ft) depending on fiber used	550 m (MMF) 10 km (SMF)	Approx. 70 km	Up to 80 km
Topology	Star	Star	Star	Star	Star	Star	Star	Star	Star
Connector	ISO 8877 (RJ-45)	ISO 8877 (RJ-45)		ISO 8877 (RJ-45)	ISO 8877 (RJ-45)				

Bakarni medijumi



Coaxial cable



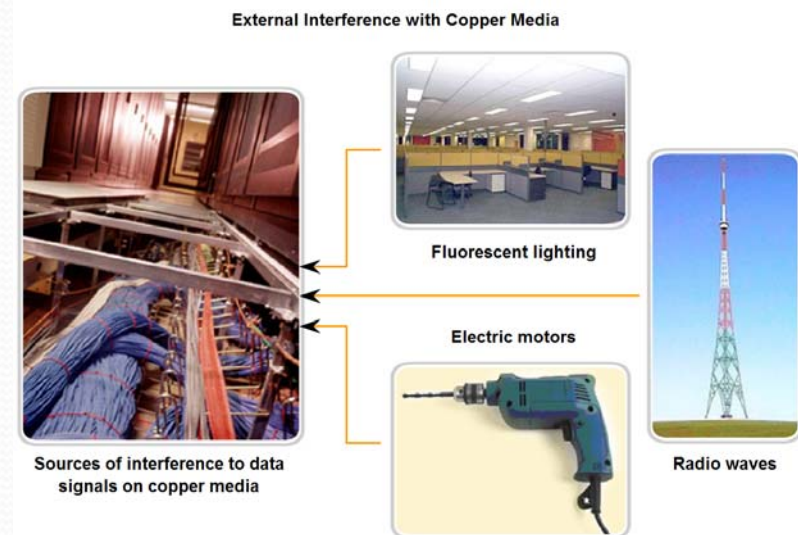
Unshielded twisted-pair cable



RJ-45 connections

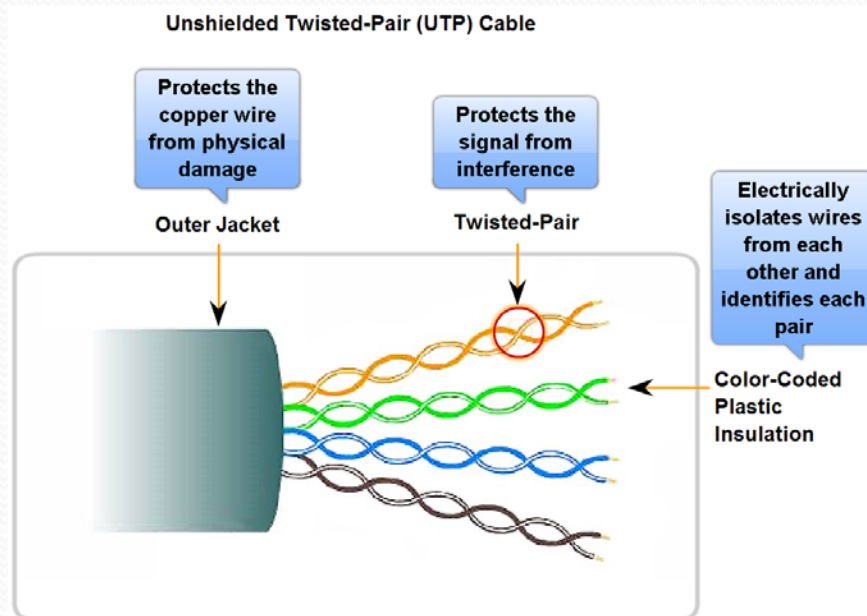
Bakarni medijumi i smetnje

- oklopljavanje žica i upredanje parica radi minimalizacije opadanja snage signala zbog električnih šumova
- Otpornost na šumove se još može ostvariti:
 - odabiranjem tipa ili kategorije kabla u skladu sa okruženjem
 - dizajniranjem kablovske infrastrukture tako da se fizički udalje od mogućih izvora smetnji
 - korištenjem tehnika koje omogućavaju pravilno rukovanje sa kablovima i njihovo terminiranje



UTP kablovi

- *Unshielded Twisted Pair*
- Upredanje parica (*twisting*) – međusobno se poništavaju interferencije na paricama izazvane od strane eksternog EM polja
- Poništavanje (*cancellation*) – eliminiše *crosstalk* – negativan efekat internog magnetnog polja pri proticanju struje kroz žice, i to puštanjem struje u suprotnim smjerovima

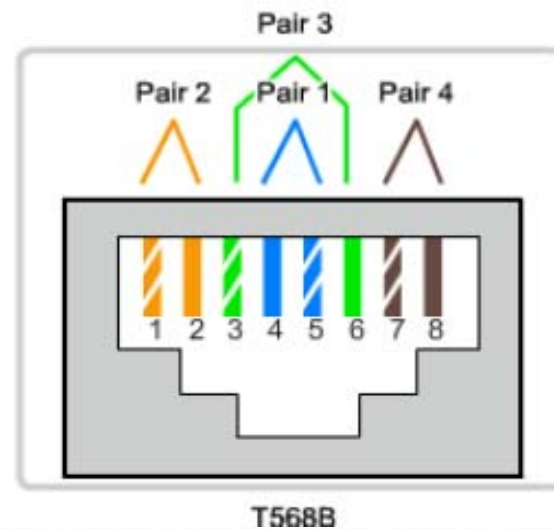
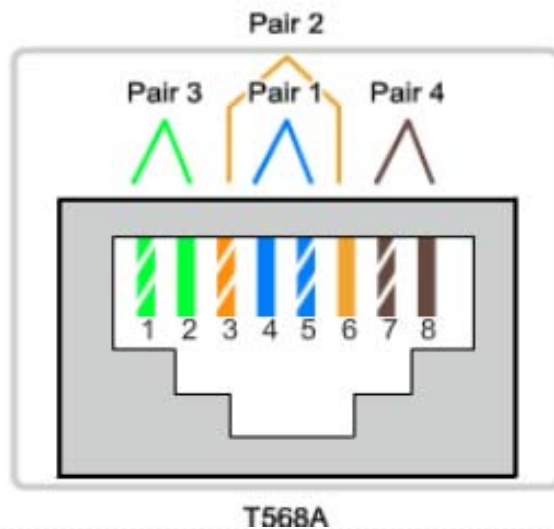


UTP kablovi (2)

- Standardi kabliranja – TIA/EIA-568A
- Definišu tipove i dužine kablova, konektore, terminatore i metode testiranja
- Kablovi se grupišu u kategorije, zavisno kolike brzine mogu da podrže
- Cat5 (100BASE-TX), Cat5e (minimalni zahtjev za gigabitni *Ethernet*), Cat6
- Tipovi kablova po načinu rasporeda žica:
 - *Ethernet Straight-through*
 - *Ethernet Crossover*
 - *Rollover*
- RJ45 konektor

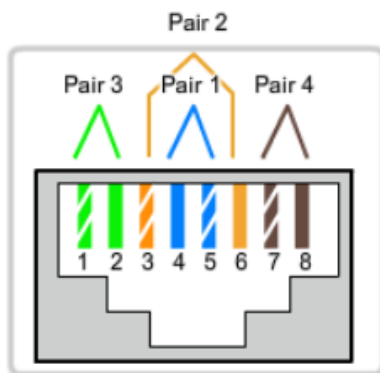
UTP kablovi (3)

Cable Type	Standard	Application
Ethernet Straight-through	Both ends T568A or both ends T568B	Connecting a network host to a network device such as a switch or hub.
Ethernet Crossover	One end T568A, other end T568B	Connecting two network hosts. Connecting two network intermediary devices (switch to switch, or router to router).
Rollover	Cisco proprietary	Connect a workstation serial port to a router console port, using an adapter.

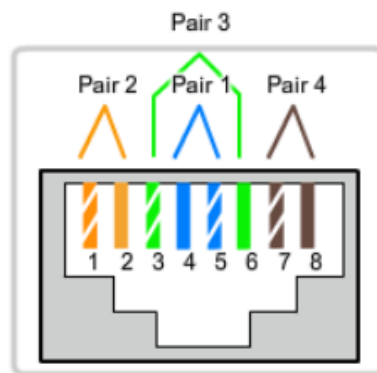


Terminacija UTP kablova

RJ-45 T568A & T568B Termination



T568A



T568B



T568A
(Top View)



T568B
(Top View)

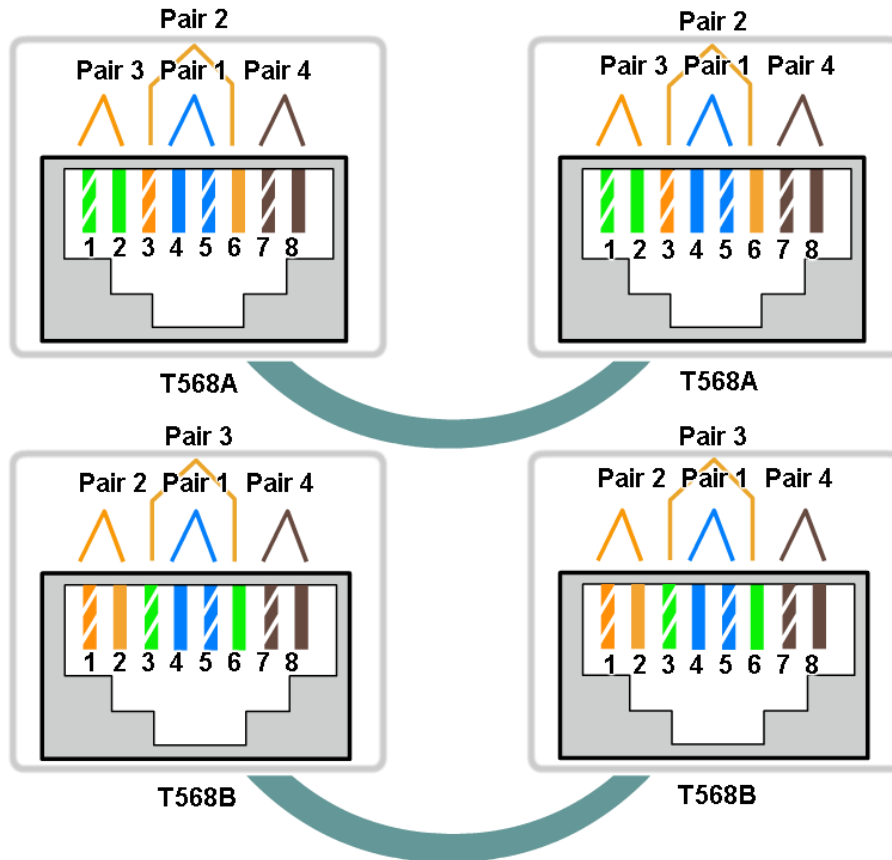
2 tipa UTP interfejsa:

- MDI (*Media-dependent Interface*) – prirodan raspored: pinovi 1&2 za slanje, 3&6 za primanje (računar, *router*)
- MDIX (*Media-dependent Interface, crossover*) – interno mijenjanje žica za slanje i primanje (hub, switch)

Straight-through UTP

Straight-Through Cable

Straight-through cables have the same termination at each end - T568A or T568B.



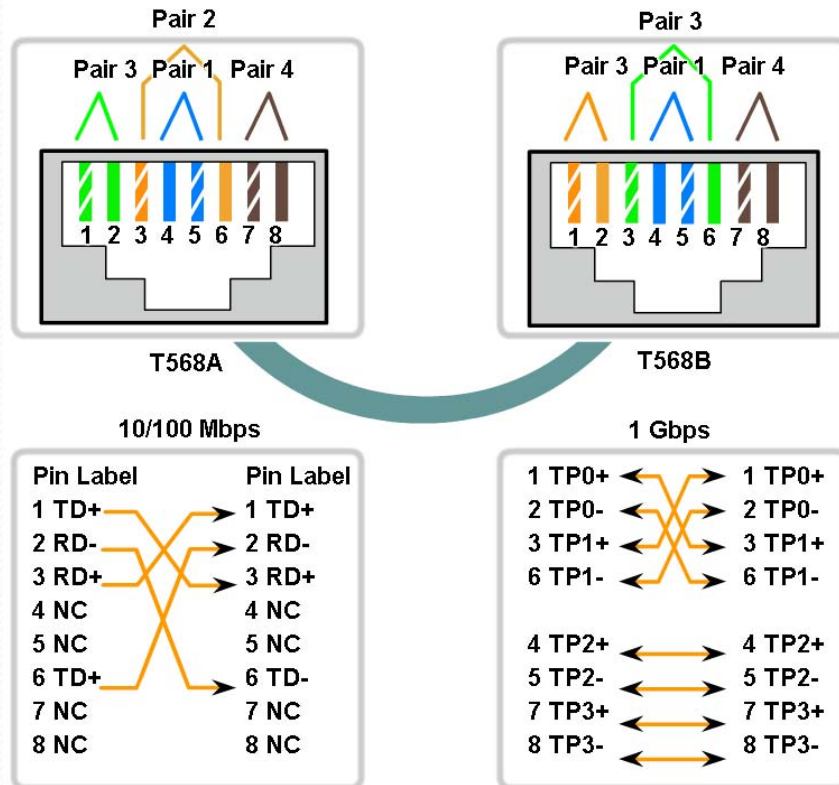
RAZLIČITI TIPOVI UREĐAJA!

- *switch* – *router* ETH port
- računar – *switch*
- računar – *hub*

Crossover UTP

Crossover Cable

Crossover cables have a T568A termination at one end and a T568B termination at the other end.



Transmit pins at each end connect to the receive pins at the other end.

ISTI TIPOVI UREĐAJA!

- switch – switch
- switch – hub
- Hub – hub
- router – router ETH port
- računar – računar
- računar – router ETH port

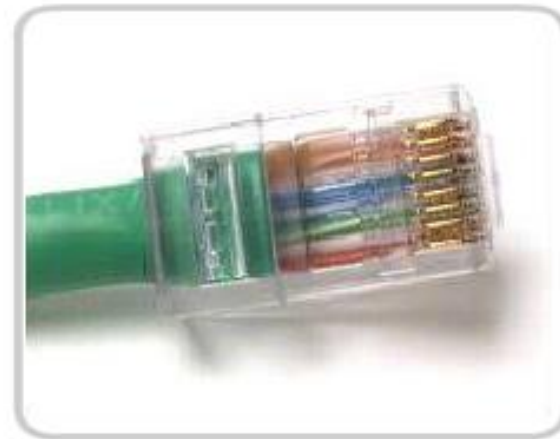
Konektori - bakar

- Pravilna terminacija

Copper Media Connectors RJ45 Termination



Bad connector - Wires are untwisted for too great a length.

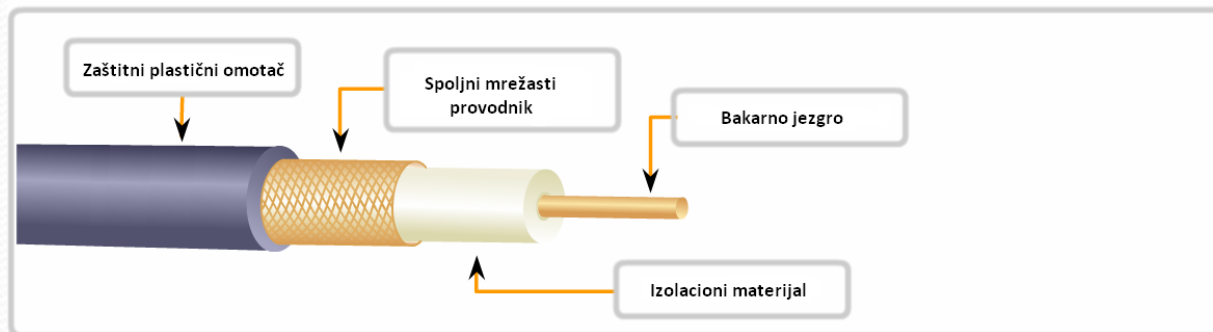


Good connector - Wires are untwisted to the extent necessary to attach the connector.

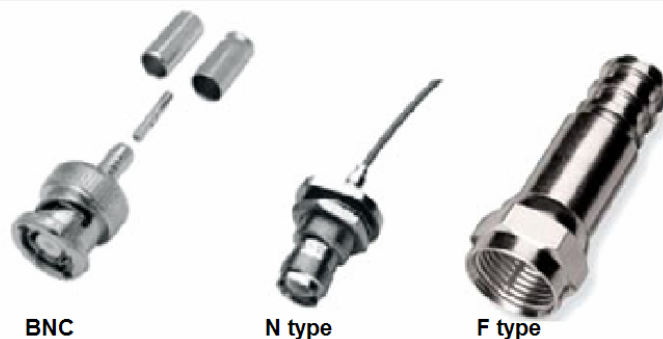
Koaksijalni kablovi

- CATV, antene + radio oprema
- Manja cijena i veća brzina su bili glavni razlozi zašto su UTP kablovi potpuno istisnuli koaksijalne iz Ethernet mreža

Coaxial Cable Design

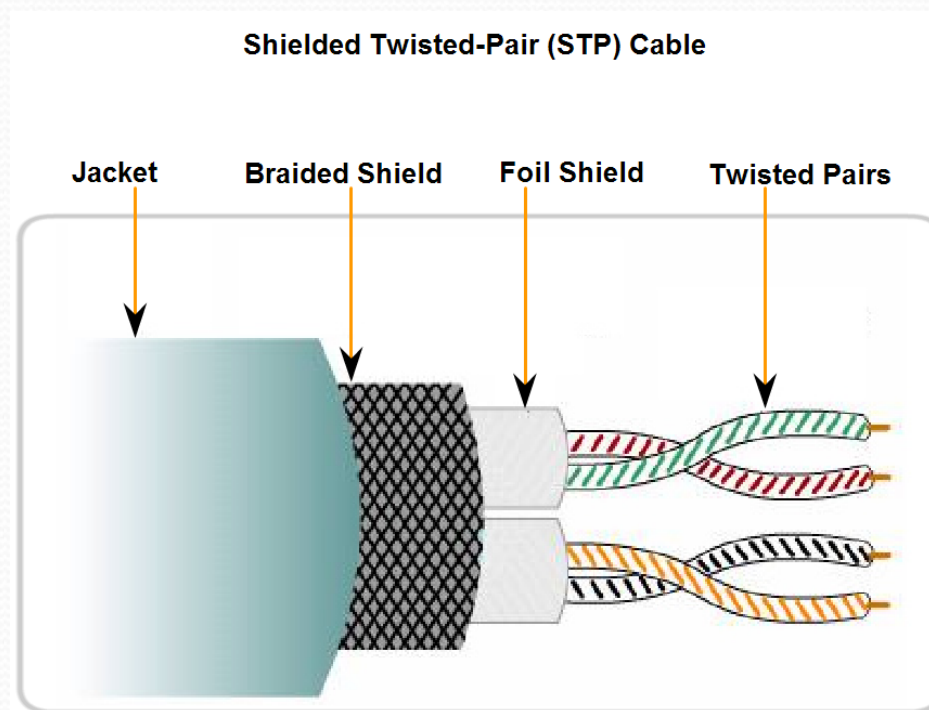


Coaxial Connectors



STP kablovi

- *Shielded Twisted-Pair*
- Za razliku od UTP kablova, svaka žica ima dupli metalni oklop
- Otporniji na smetnje, ali znatno skuplji

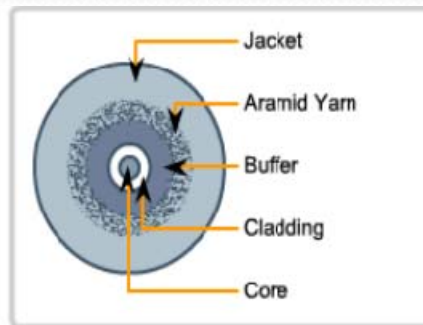
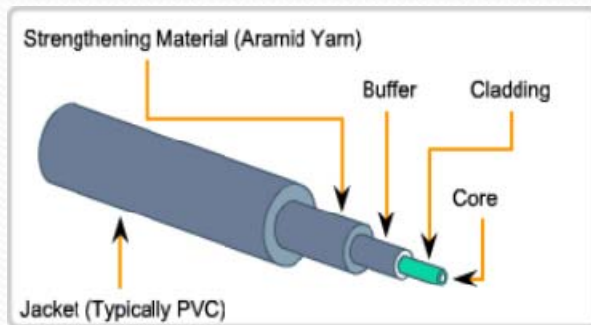


Optički kablovi

- Korištenje staklenih ili plastičnih vlakana koji prenose bite kao svjetlosne impulse
- Vrlo velike brzine prenosa
- Imuni na EM smetnje, a zbog toga i svoje male debljine mogu prenositi podatke na puno veće udaljenosti od UTP kablova bez potrebe za regeneracijom signala
- Potencijalni nedostaci:
 - uglavnom skuplji od UTP kablova za iste distance (uz veći propusni opseg)
 - prilično komplikovane procedure i oprema za splajsovanje i terminaciju kablova
 - sa optičkim kablovima se mora pažljivije rukovati

Optički kablovi (2)

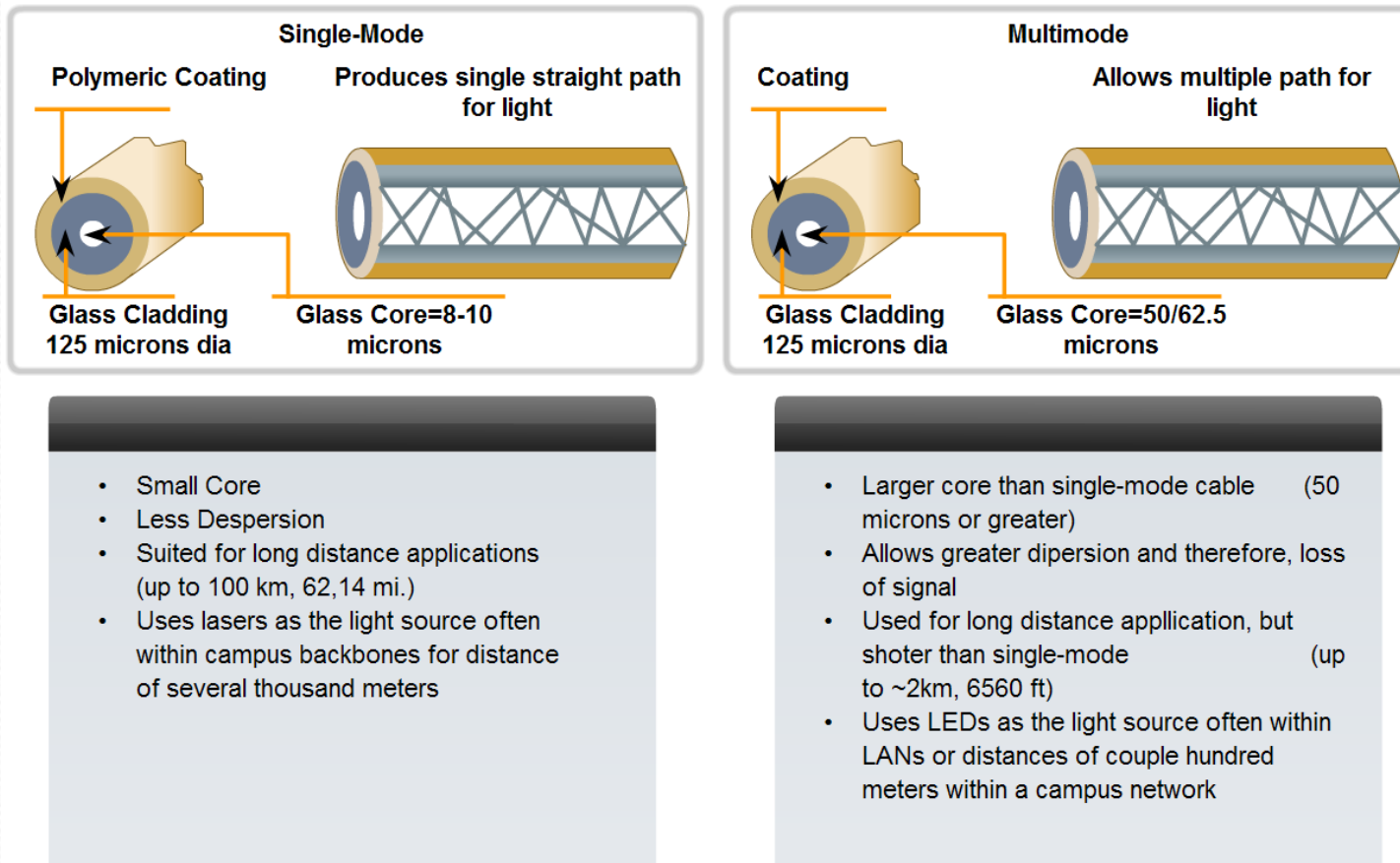
- Konstrukcija kablova: PVC oklop + niz ojačavajućih materijala koji okružuju optički kabl i njegovu ovojnicu (*cladding*), koja sprječava svjetlost da napusti vlakno
- *Full duplex* – dva vlakna



Optički kablovi – modovi rada

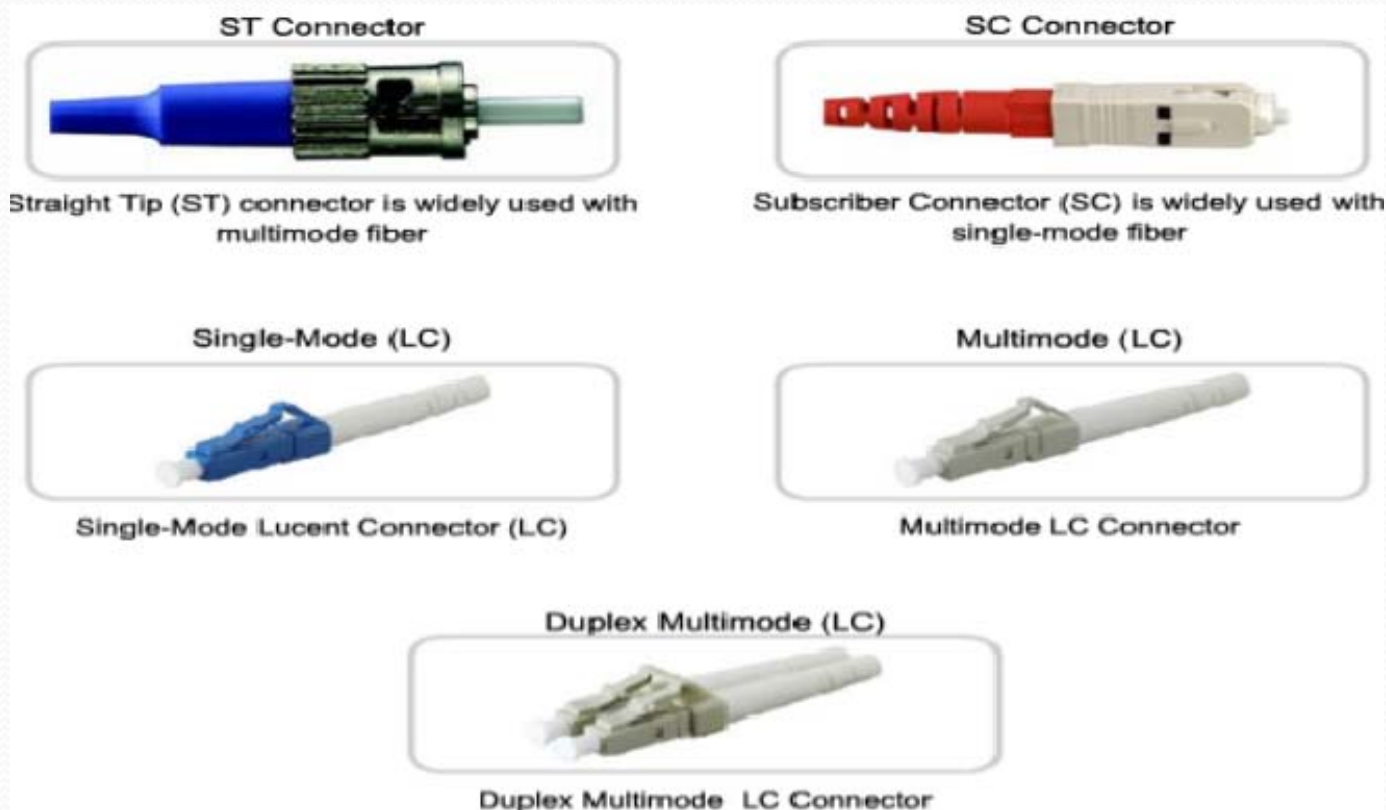
- Laseri, LED -> foto dioda

Fiber Media Modes



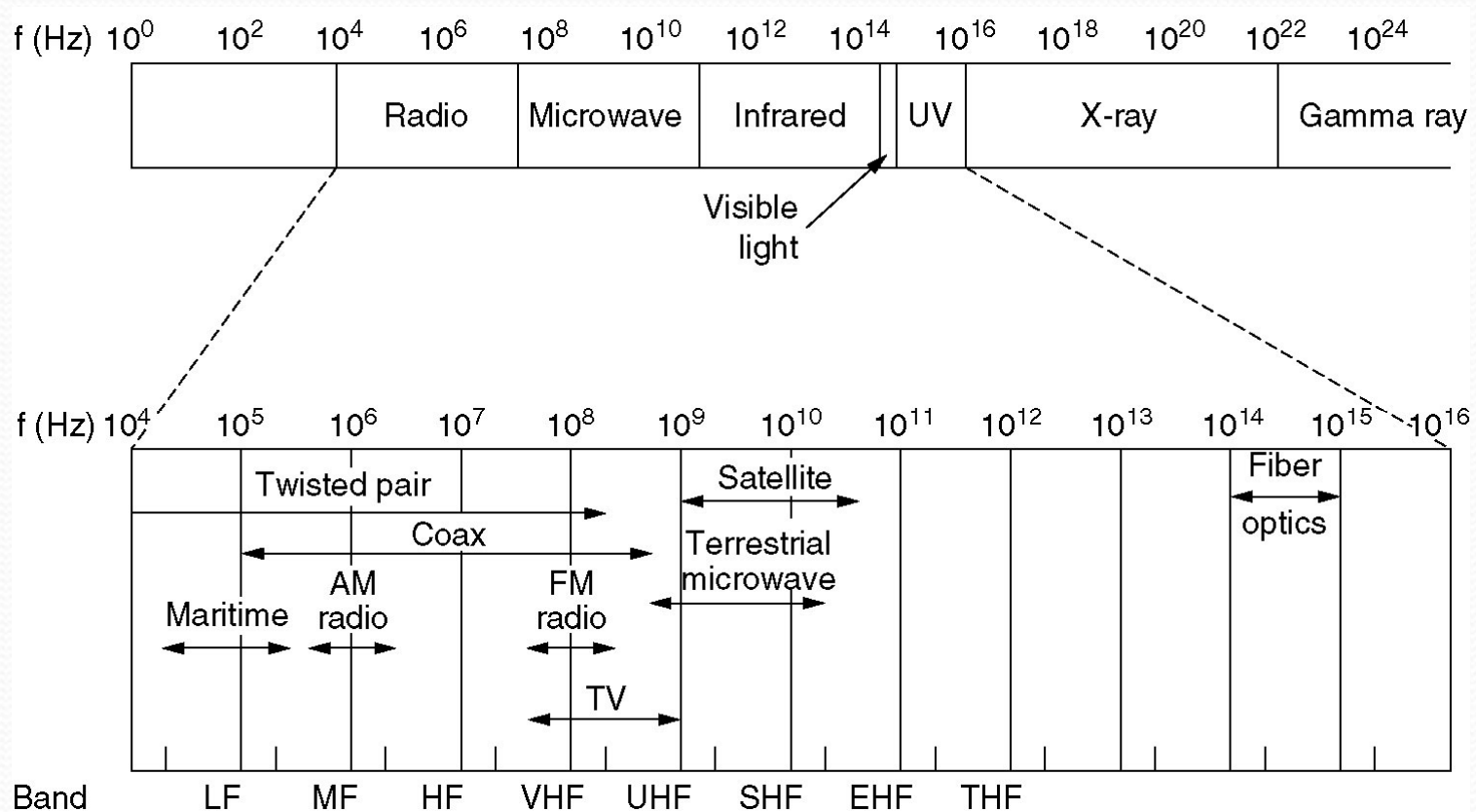
Konektori - optika

- Terminacija komplikovana
- Optical Time Domain Reflectometer (OTDM) - tester



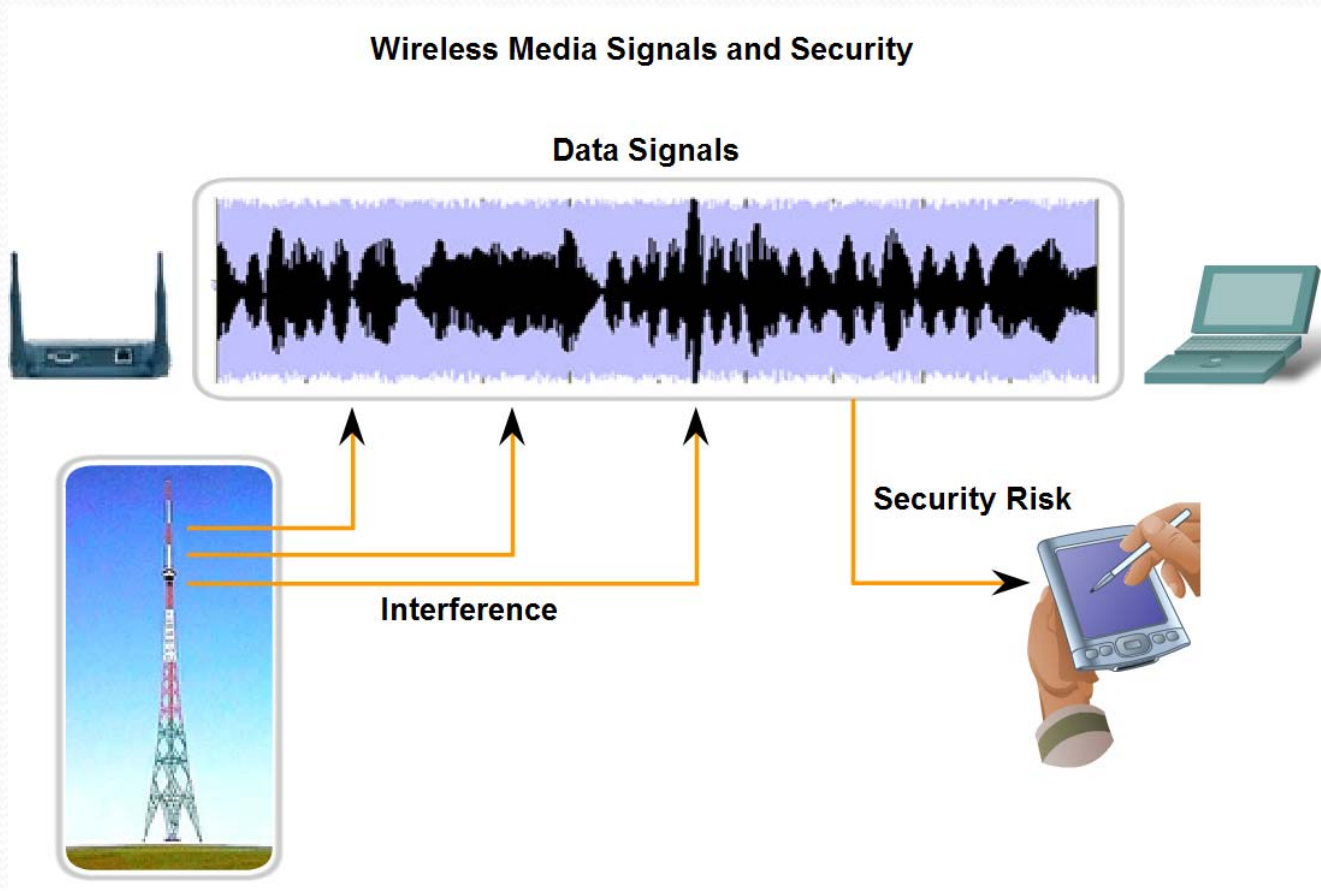
Wireless

- Elektromagnetni spektar



Wireless

- interferencija, sigurnost



Wireless – tipovi mreža

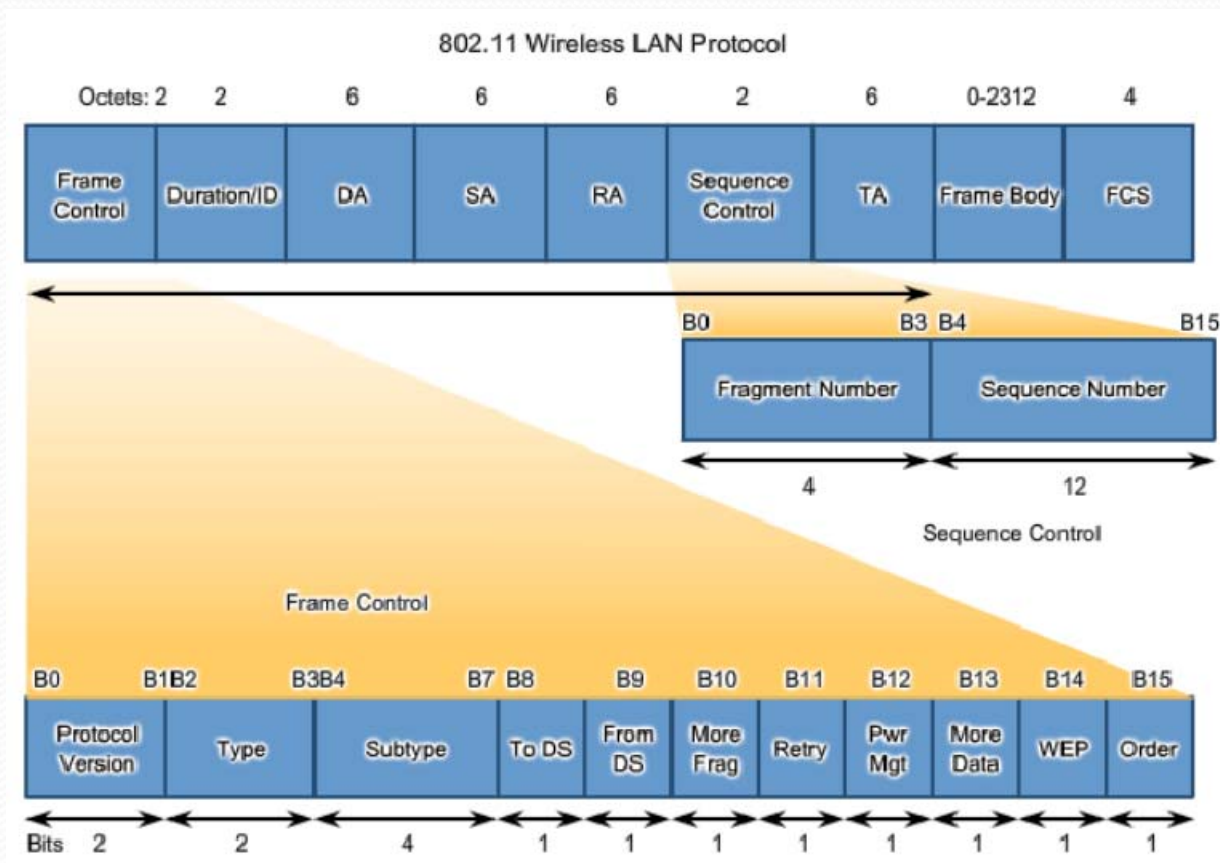
- Specifikacije na fizičkom i data link sloju
- Standard IEEE 802.11 – lokalne bežične mreže, *Wi-Fi*, koristi CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance*)
- Standard IEEE 802.15 – bežične lične mreže (WPAN), *Bluetooth*
- Standard IEEE 802.16 – *wireless broadband access*, WIMAX, *point-to-multipoint*
- GSM (*Global System for Mobile Communications*) – uključuje specifikacije fizičkog sloja koje omogućavaju implementaciju GPRS (*General Packet Radio Service*) protokola na *data link* sloju koji omogućava transfer podataka preko mreže mobilne telefonije

WLAN

- Za implementaciju zahtijeva:
 - *Wireless Access Point* (WAP)
 - *Wireless* NIC kartice
- Standardi pod okvirom 802.11:
 - IEEE 802.11a – 5 GHz, do 54 Mbps, manji domet, neoperabilnost
 - IEEE 802.11b – 2.4 GHz, do 11 Mbps, veći domet, prihvaćeniji
 - IEEE 802.11g – 2.4 GHz, do 54 Mbps, fuzija prethodna dva
 - IEEE 802.11n – 2009, preko 100Mbps
 - IEEE 802.11ac – 2013, povećanje throughput-a za 10%
 - IEEE 802.11ad – 2013
- Prednosti *wireless*-a: nema troškova kabliranja + mobilnost korisnika
- Nedostaci: sigurnost

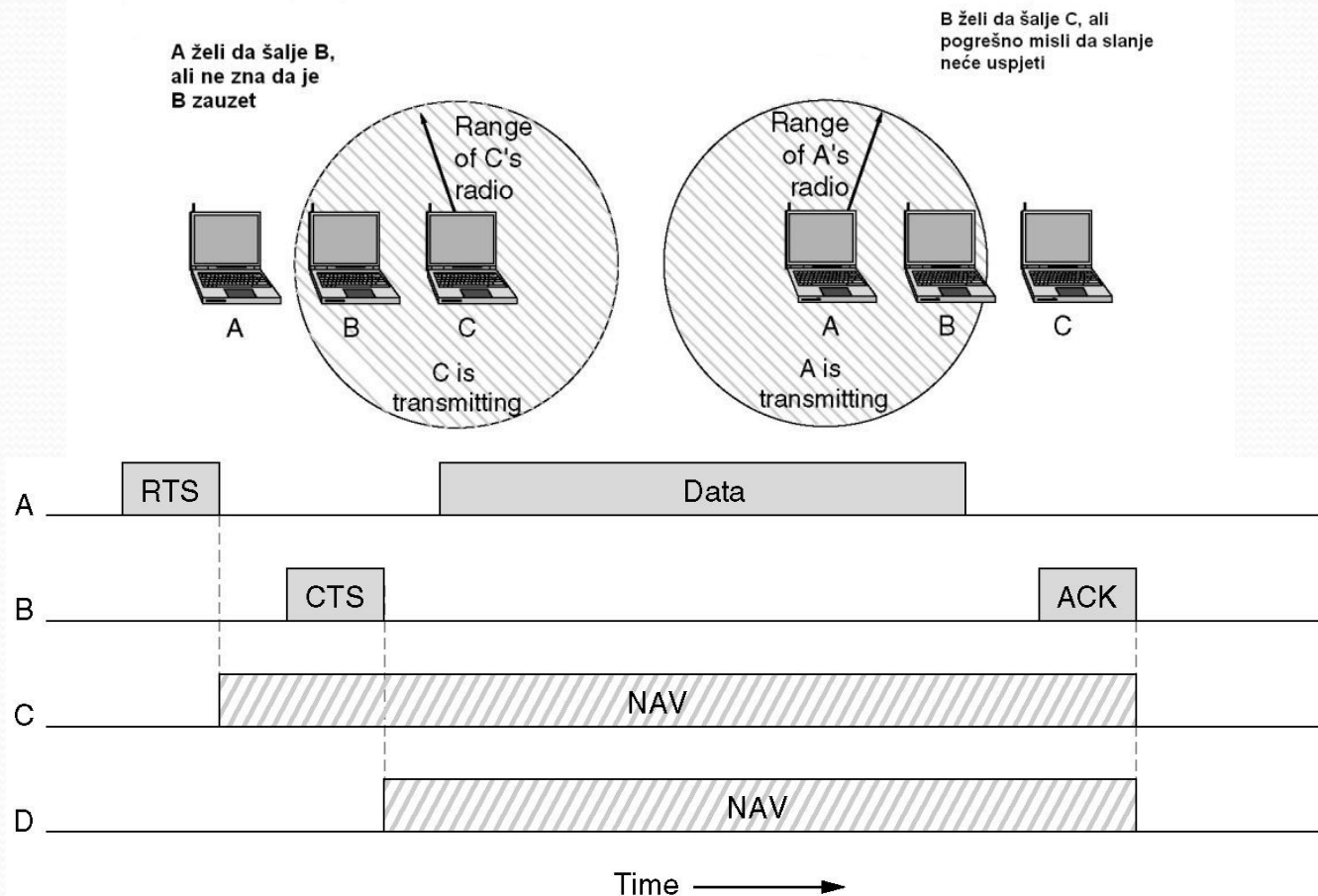
Wireless protokoli

- 802.11, *Wi-Fi*
- Razlike u prva dva sloja, od trećeg struktura ista!



Wireless protokoli (2)

- problem skrivene i izložene stanice, CSMA/CA



Magnetni medijumi

- Magnetna traka – 200 GB podataka
- Kutija veličine 60 x 60 x 60 cm može da primi 1000 traka, ukupno 1600 terabita (1.6 petabita)
- Kutija s trakama može da se dostavi ekspresnom poštom na bilo koju adresu unutar 24 sata
- Efektivna brzina ovog prenosa je 1600 terabita / 86400s ili 19 Gb/s
- Ako je odredište udaljeno 1 sat, brzina prenosa se uvećava na preko 400 Gb/s
- Nema računarske mreže koja se ovoj vrijednosti može i približiti 😊

Magnetni medijumi (2)

- Cijena jedne trake oko 40 dolara
- Cijena kutije sa trakama oko 4000 dolara + 1000 dolara za poštanske troškove (iako su oni vjerovatno mnogo niži),
- Ukupno 5000 dolara za prenos 200 TB podataka
- Cijena prenosa gigabajta podataka košta manje od 3 centa