

Univerza v Ljubljani

Fakulteta
za računalništvo
in informatiko

Povezavna in fizična plast

© Mojca Ciglarič

Vsebina

- Fizikalne lastnosti prenosnih medijev – **fizična plast**
- Pregled storitev – **povezavna plast**
 - Zaznavanje in popravljanje napak
 - Multiple access: dostop do skupnega medija
 - Naslavljanje
 - Zanesljiv prenos, kontrola pretoka – med sosednjimi vozlišči
- Pregled tehnologij
 - Npr. Ethernet, IEEE 802.11 (Wi-Fi), Frame Relay,
 - Različni protokoli povezavne plasti nudijo različne storitve (npr. zanesljiv prenos da / ne)

Fizična plast

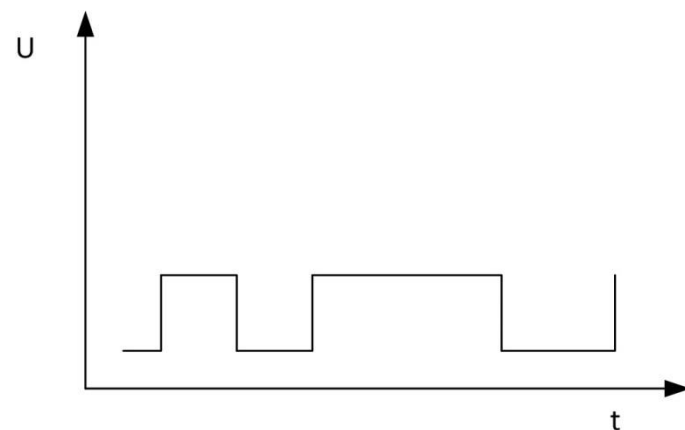
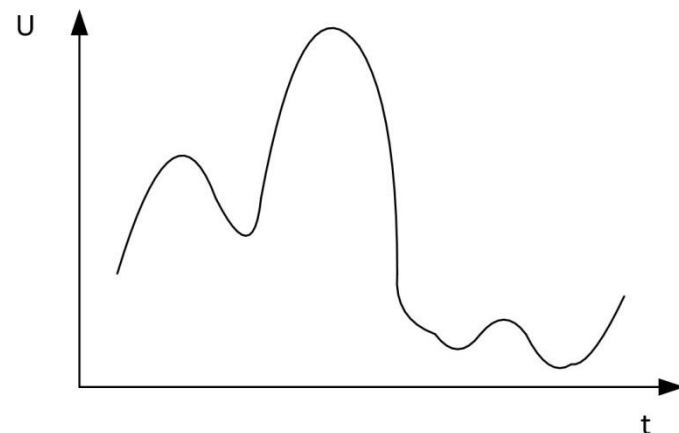
- **Prenosni medij**: naprava, ki omogoča razširjanje valovanja (el-mag, radijsko, svetloba – laser, IR).
- Fizični **vmesniki** (konektorji)

NALOGI:

- Prenos bitov v analogni ali digitalni obliki.
- Prenos signala (tok bitov) po mediju.
- **Kodiranje** bitov z neko fizikalno veličino (U, I...).
- **Pretvorba** el. signalov v obliko za prenos po mediju (radijski, IR, optika...)

Kodiranje

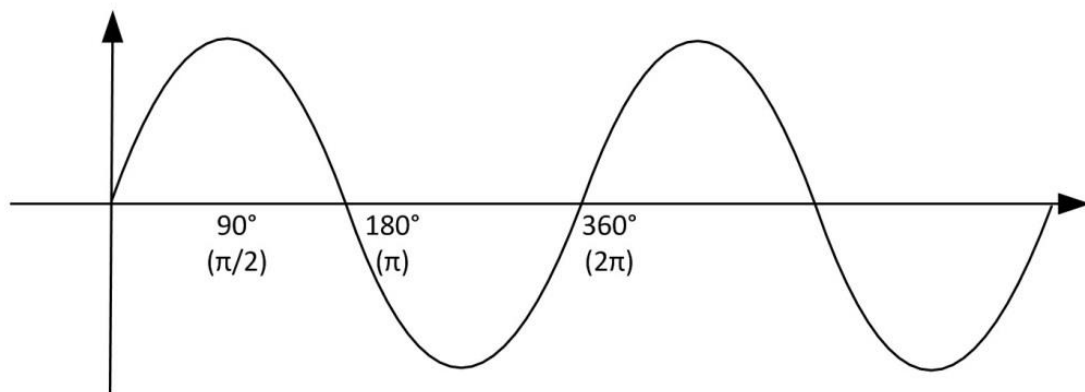
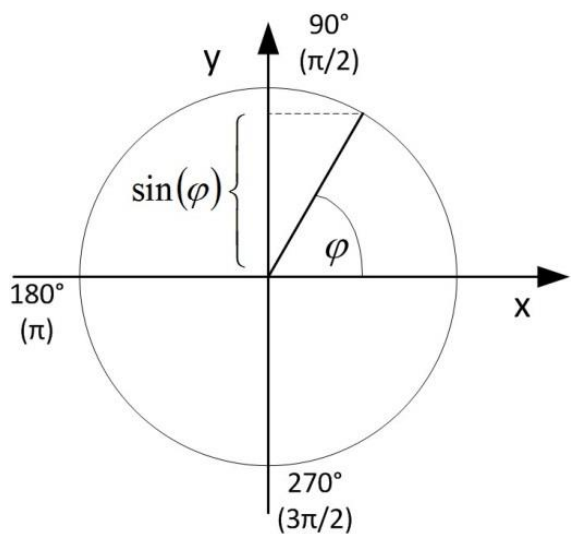
- Prenosni kanal: kodiranje
 - **Digitalni**: z diskretnimi vrednostmi (npr. dva napetostna nivoja)
 - **Analogni**: z analognimi signali (zvezno spreminjanje vrednosti)
- Naprave: digitalne ali analogne
- Omrežja: digitalna ali analogna
- Kje nastopi potreba po konverziji?



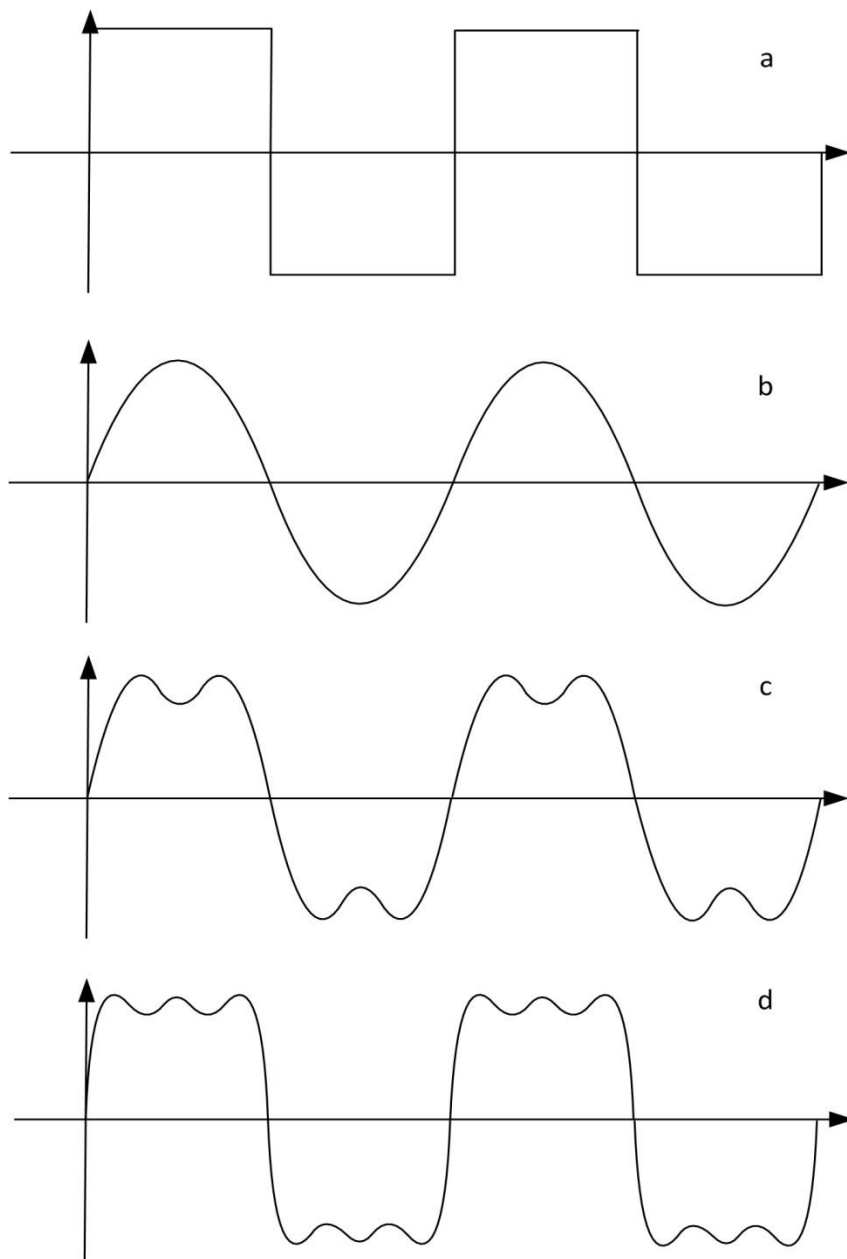
Prenosni medij

- **Frekvenčna karakteristika:** kakšne frekvence lahko medij prenese
 - Govor: 300 do 7000 Hz
 - Telefonski kanal: 500 do 3600 Hz
 - Hi-fi oprema: 100 do 20.000 Hz
- **Prenos signala:** Fourierova analiza (vsota osnovnega signala in višjih harmonskih komponent).
- Čimveč višjih komponent se lahko prenese, tem bolj lepo pravokoten bo signal (vsota).
- Slabljenje, popačenje, šum

SINUSNI SIGNAL



Vsota signala in višjih harmonskih komponent



Prenos digitalnih podatkov po analognem kanalu

- Uporabniški vmesnik: tel. vtičnica
- Modem: pretvorba $D \leftrightarrow A$ oblika.
- Modulacija: način prikaza razlike med ničlo in enico.

Modulacija

- **Amplitudna** modulacija:
 - Glasen pisk: 0
 - Tih pisk: 1
- **Frekvenčna** modulacija:
 - Visok pisk: 0
 - Nizek pisk: 1
- **Fazna**: sprememba faze za določen fazni kot pomeni spremembo signala.



180:



90:



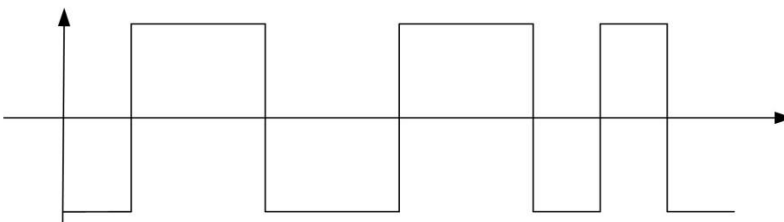
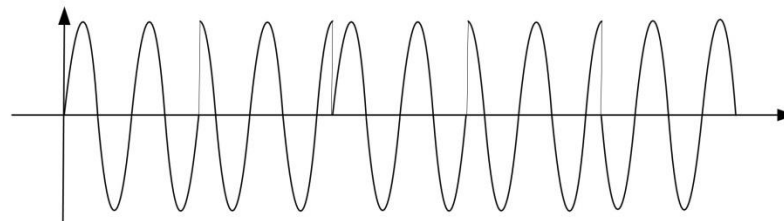
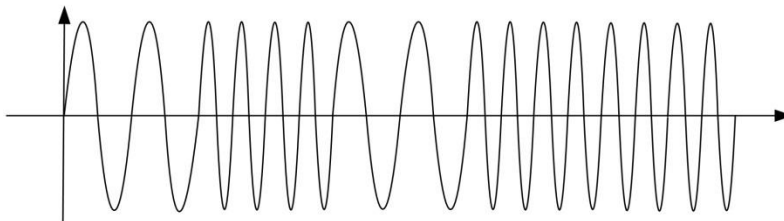
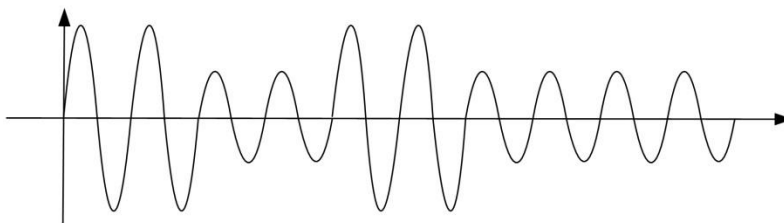
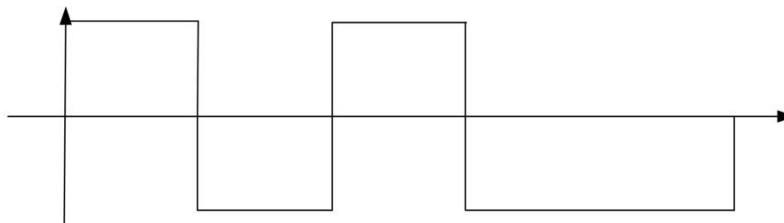
Modulacije – primeri:

amplitudna

frekvenčna

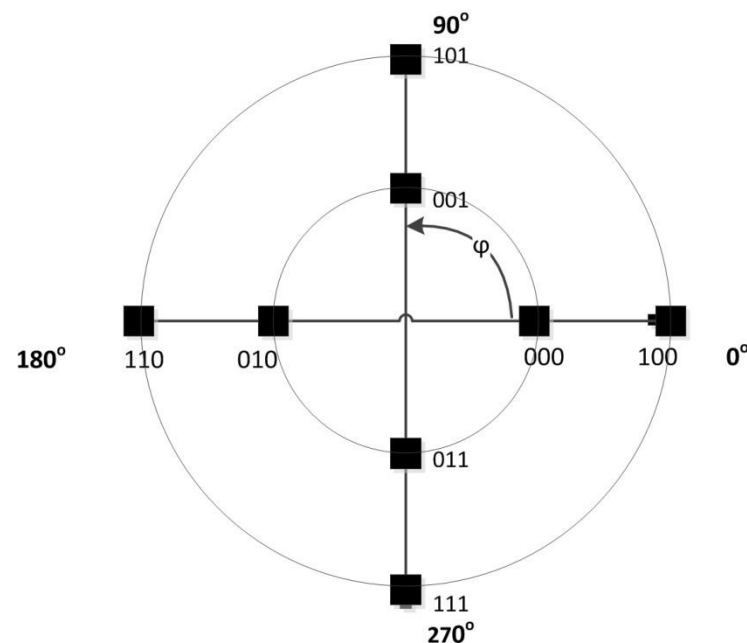
fazna

Manchestersko
kodiranje



Kvadratna modulacija

- Kombinacija amplitudne in fazne.
- Več nivojev amplitude.
- 4 fazni koti (0, 90, 180, 270 stopinj)
- Posamezna sprememba signala (amplitude in faze) označuje skupino 3 do 6 bitov.



Prenos analognih podatkov po digitalnem kanalu

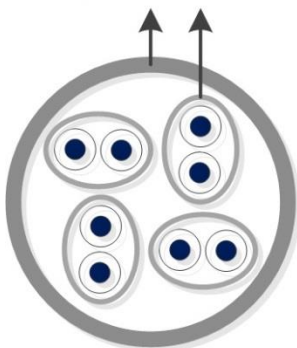
- Analogni signal vzorčimo z $2 \times$ max. frekvenco (Nyquist), beležimo amplitudo vzorcev.
- 8000 vzorcev/s
- PCM – pulzno kodna modulacija: 8 bitov za opis amplitude (to pomeni 64 kbps)
- Delta modulacija: za opis vzorca pošljamo le razliko od prejšnje amplitude.

Prenosni mediji 1/3

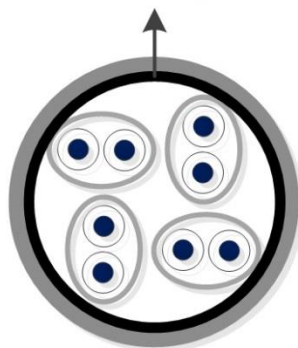
- Fizični prenos pomnilnih medijev
 - Kanal 512 kb/s, 10 min hoje, 2 GB baza
 - Omrežje: 8 ur, peš: 10 min!
- Parica in zvita parica (UTP)
 - Dve vzporedni izolirani bakreni žici
 - Zvita: manj interferenc, presluha ipd
 - 10 Gbps na krajše razdalje (lokalna omrežja)
 - Komutirane (običajne telefonske) in najete linije (rezervirane za IK opremo)

Parice

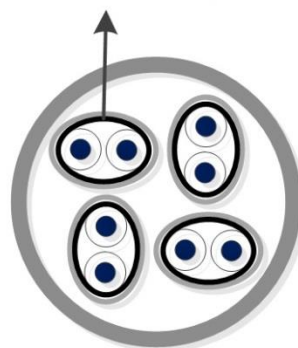
UTP
Izolacija iz umetne mase



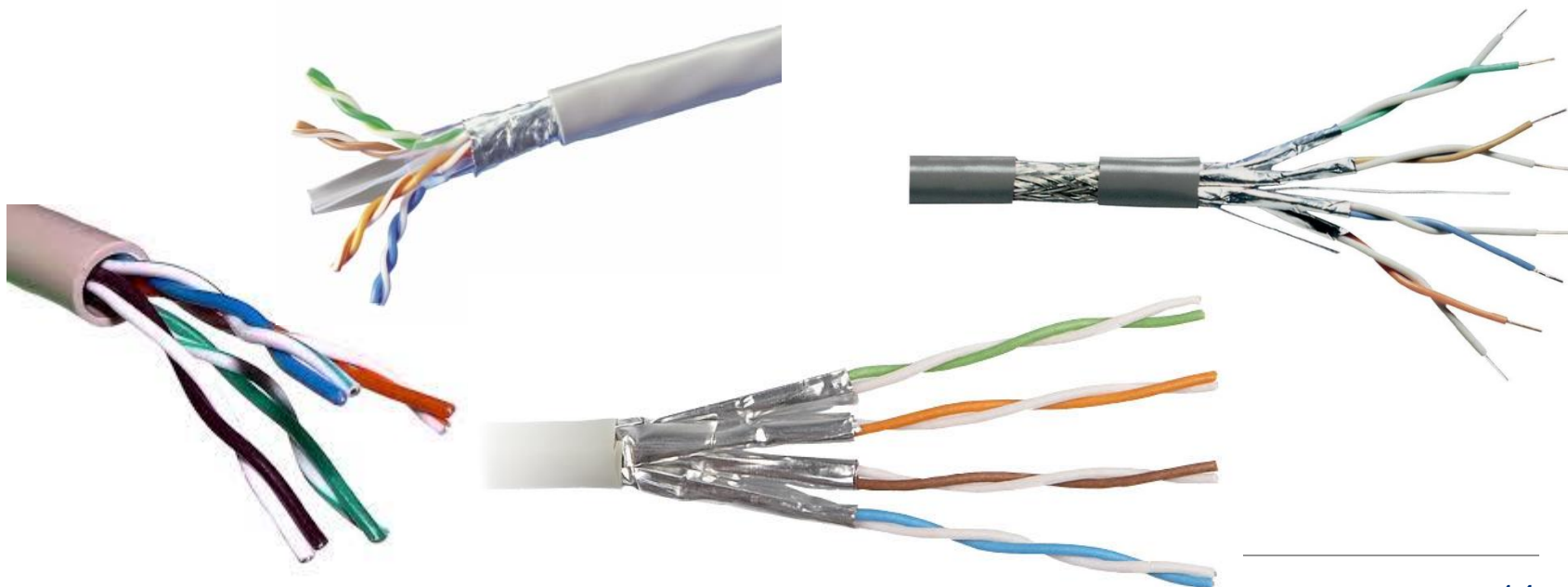
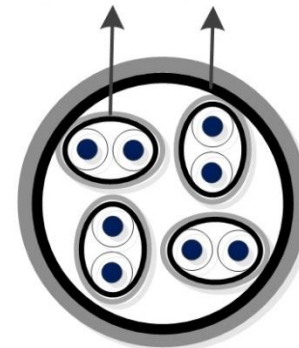
F/UTP
Oklop iz folije



STP
Oklop iz folije



S/FTP
Oklop iz folije in pleten oklop



Tipi oklopljene parice

| Industry acronyms | ISO/IEC 11801 name | Cable screening | Pair shielding |
|----------------------|--------------------|-----------------|----------------|
| UTP | U/UTP | none | none |
| STP, ScTP, PiMF | U/FTP | none | foil |
| FTP, STP, ScTP | F/UTP | foil | none |
| STP, ScTP | S/UTP | braiding | none |
| S-FTP, SFTP, STP | SF/UTP | braiding, foil | none |
| FFTP | F/FTP | foil | foil |
| SSTP, SFTP, STP PiMF | S/FTP | braiding | foil |

Kategorije

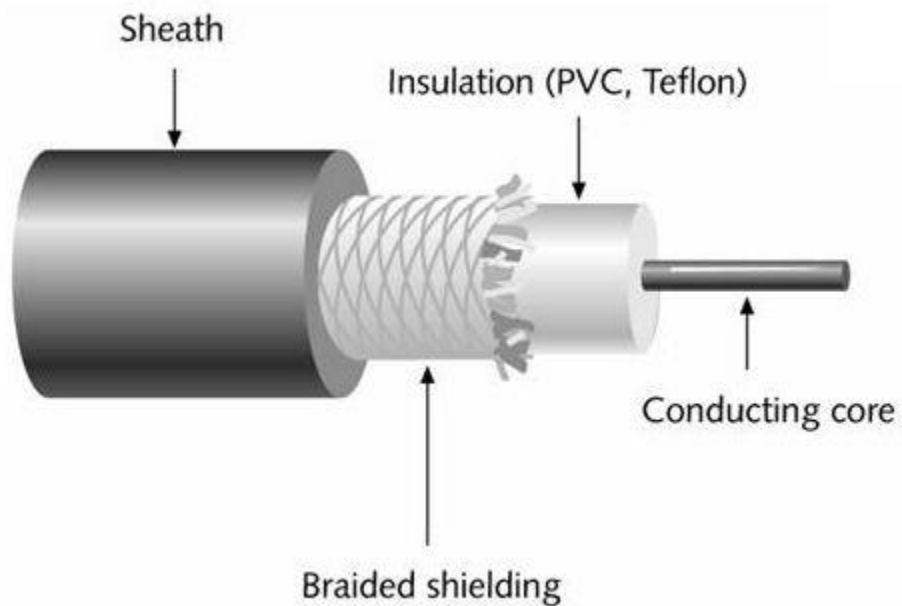
| Category | Type | Frequency Bandwidth | Applications & Notes |
|----------|-------|---------------------------------|--|
| Cat 1 | | 0.4 MHz | Telephone and modem lines (not described in EIA/TIA recommendations and not suitable for modern systems). |
| Cat 2 | | | Older Terminal Systems (not described in EIA/TIA recommendations and not suitable for modern systems). |
| Cat 3 | UTP | 16 MHz | 10BASE-T & 100BASE-T4 Ethernet (Described in EIA/TIA-568. Not suitable for speeds > 16 Mbps. Commonly used for telephone cables). |
| Cat 4 | UTP | 20 MHz | 16 Mbps Token Ring (Not commonly used these days) |
| Cat 5 | UTP | 100 MHz | 100BASE-TX & 1000BASE-T Ethernet (Commonly found in most of the LAN implementations) |
| Cat 5e | UTP | 100 MHz | 100BASE-TX & 1000BASE-T Ethernet (Cat5 Enhanced. Same structure as Cat 5, but with better testing standards) |
| Cat 6 | UTP | 250 MHz | 1000BASE-T Ethernet (SFS-EN 50173-1) |
| Cat 6e | | 250 MHz (500 MHz in some cases) | Not a standard; its a proprietary of cable manufacturers |
| Cat 6a | | 500 MHz | 10GBASE-T Ethernet (ISO/IEC 11801:2002 Amendment 2) |
| Cat 7 | S/FTP | 600 MHz | Telephone, CCTV, 1000BASE-TX in the same cable. 10GBASE-T Ethernet. (Contains Four pairs, S/FTP : Shielded pairs, Braid-screened cable. ISO/IEC 11801 2 nd Ed.) |
| Cat 7a | | 1000 MHz | Telephone, CCTV, 1000BASE-TX in the same cable. 10GBASE-T Ethernet. (Contains Four pairs, S/FTP : Shielded pairs, Braid-screened cable. ISO/IEC 11801 2 nd Ed. Amendment 2) |
| Cat 8 | | 1200 MHz | Under Development. (Four pairs, S/FTP: Shielded pairs, braid-screened cable. its a standard under development) |

Prenosni mediji 2/3

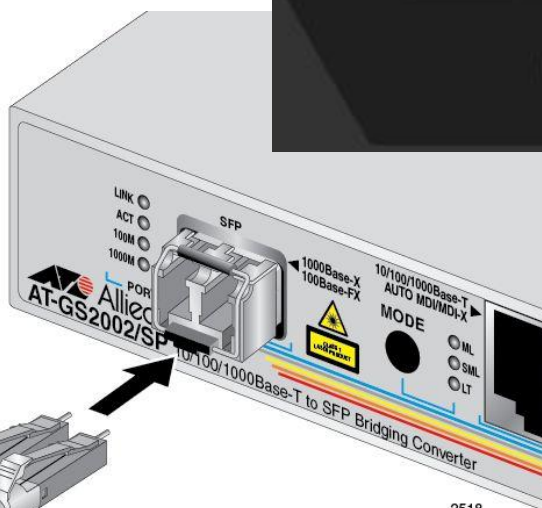
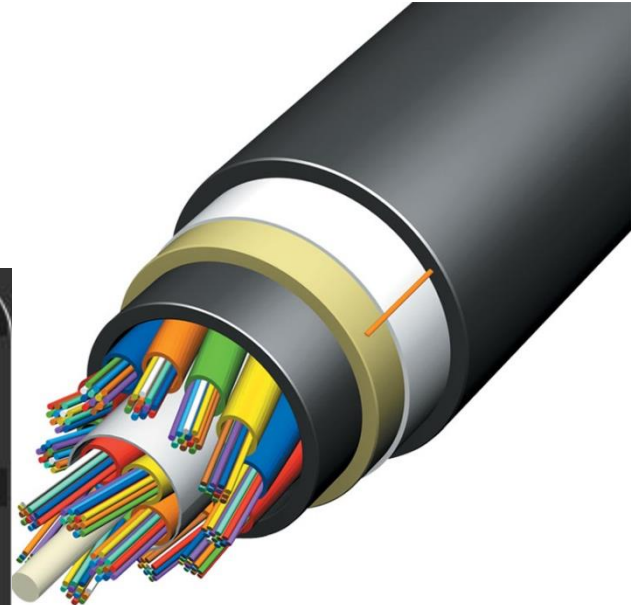
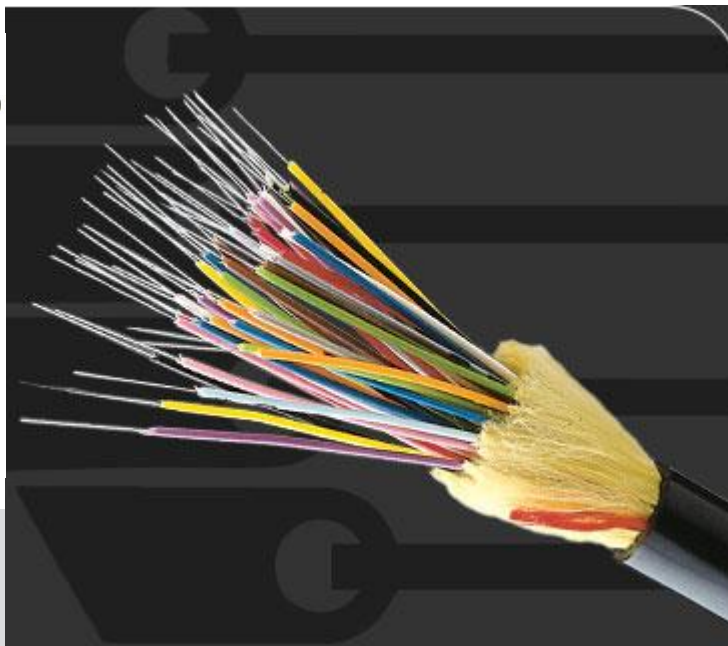
- Koaksialni kabel – do 2 Gbps
 - Bakrena žica, izolacija, oklop – drugi vodnik, še ena izolacija.
 - Odpornost proti motnjam, ni sevanja.
- Optično vlakno – Tera bps
 - Do 100 km brez ponavljalnikov
 - Mehanska občutljivost, zahtevno spajanje
 - WDM (Wavelength Division Multiplexing): za prenos več signalov po enem vlaknu uporabimo več valovnih dolžin (barv) svetlobe – to je v bistvu isto kot FDM!
 - Veliko dobrih lastnosti
 - V začetku le omrežne hrbtenice, danes tudi “last mile” povezave (FTTH)

Koaksialni kabel

COAXIAL CABLE



Optični kabel



2518



Prenosni mediji 3/3

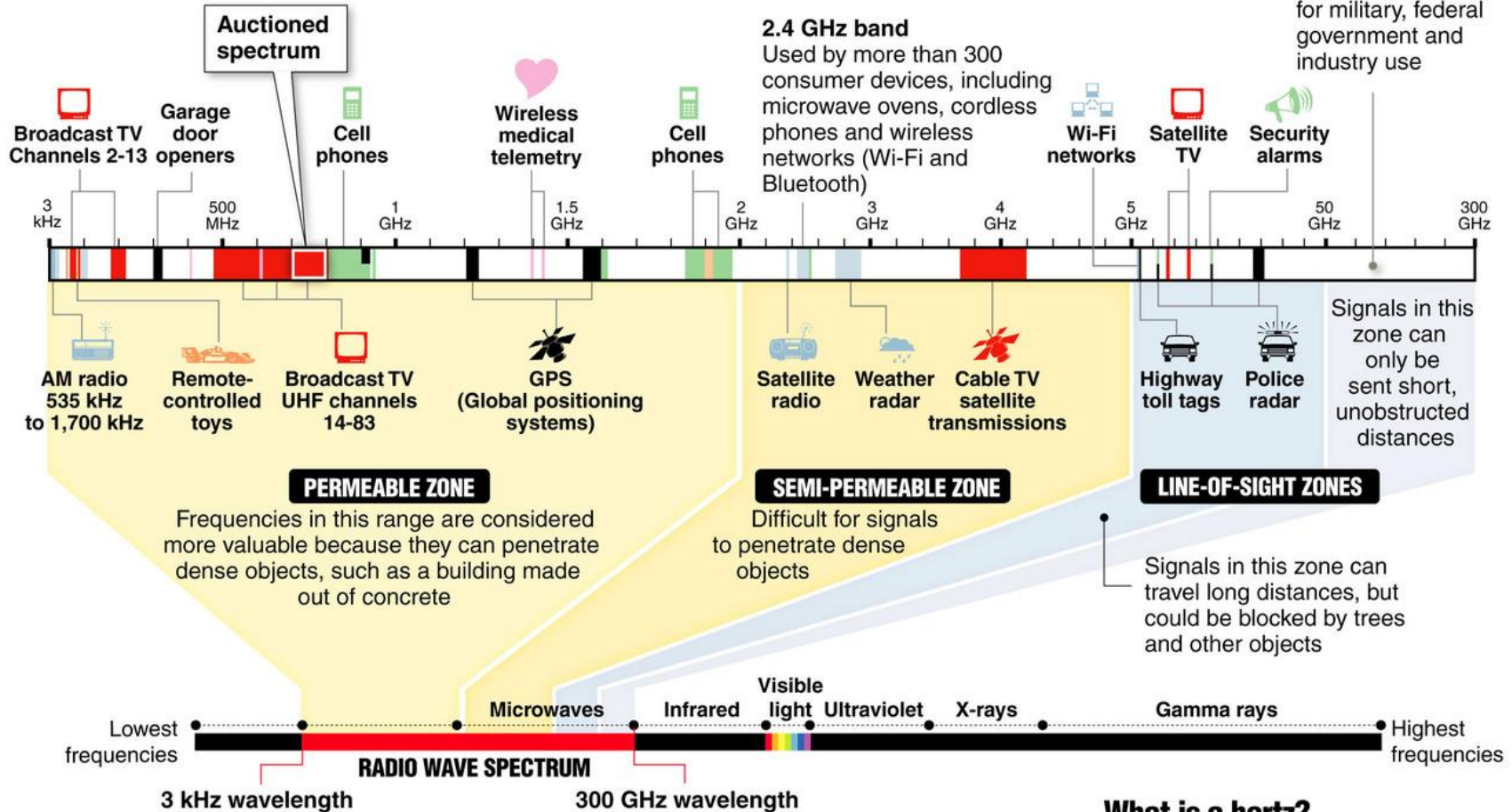
- Brezžične povezave
 - Radijske (WLAN, Bluetooth, GSM, ...)
 - Mikrovalovne (usmerjene)
 - IR (majhne razdalje)
 - Satelitske (velike razdalje): Iridium, Thuraya, GPS, Galileo
 - ...



Inside the radio wave spectrum

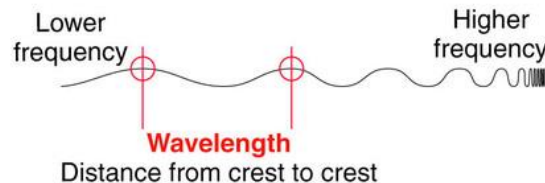
Almost every wireless technology – from cell phones to garage door openers – uses radio waves to communicate. Some services, such as TV and radio broadcasts, have exclusive use of their frequency within a geographic area. But many devices share frequencies, which can cause interference. Examples of radio waves used by everyday devices:

Most of the white areas on this chart are reserved for military, federal government and industry use



The electromagnetic spectrum

Radio waves occupy part of the electromagnetic spectrum, a range of electric and magnetic waves of different lengths that travel at the speed of light; other parts of the spectrum include visible light and x-rays; the shortest wavelengths have the highest frequency, measured in hertz



What is a hertz?

One hertz is one cycle per second. For radio waves, a cycle is the distance from wave crest to crest

- 1 kilohertz (kHz) = 1,000 hertz
- 1 megahertz (MHz) = 1 million hertz
- 1 gigahertz (GHz) = 1 billion hertz

Digitalna telefonija

- PDH (skoraj sinhrona digitalna hierarhija)
- SDH (sinhrona)
- Sonet
- ISDN in B-ISDN (optika, ATM)

Prenosni sistem

- Povezavna plast (OSI)
 - Fizična plast (OSI)
- } Prenosni sistem
- **Prenosni kanal:** naprava, ki lahko prenese paket (okvir) po mediju.



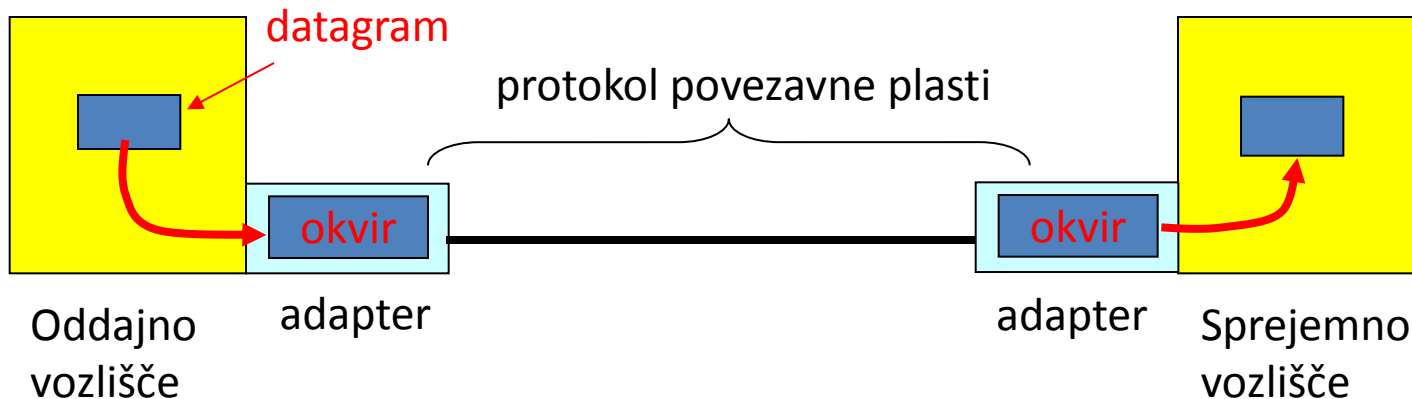
Tipi prenosnih sistemov

- Prenosni kanal: **smer**
 - Dvosmeren (sočasno ali izmenično)
 - Enosmeren
- Prenosni kanal: **zaporednost**
 - Serijski (bit za bitom)
 - Paralelni (več bitov hkrati) – težava s sinhronizacijo
- Prenosni kanal: **število točk**
 - Dvotočkovni
 - Skupinski

Povezavna plast

- Vozlišče: računalnik, usmerjevalnik
- Povezava (link) povezuje dve sosedni vozlišči
- Paket povezavne plasti je OKVIR.
- Okvir enkapsulira datagram.
- NALOGA povezavne plasti:
 - Prenos okvirja po povezavi med sosednima vozliščema.
 - Dostop do medija
 - Pretok, napake, smernost

Komunikacija med adapterji



- Povezavna plast se nahaja v adapterju (NIC).
- Oddajnik: enkapsulacija datagrama v okvir, detekcija, kontrola pretoka...
- Sprejemnik: preveri napake, pretok, dekapsulacija.

Zaznavanje in odpravljanje napak

- Parnost: 1 bit. Samo zaznavanje enojnih napak.
- Parnost v 2 dimenzijah (vrstica + stolpec): zaznavanje in odpravljanje enojnih napak.
- Kontrolne vsote, npr. Internet checksum (uporaba na omrežni, transportni plast: telo datagrama je zaporedje 16-bitnih števil. Njihova vsota (eniški komplement) gre v glavo datagrama).
- CRC: n-bitov za rezultat – detekcija napak do n bitov (in nekaterih večjih). Zahtevnejše operacije (polinomske).

Protokoli za dostop do skupinskega medija

- **Multiple Access.** Kolizija.
- Isti kanal se uporablja tudi za koordinacijo.
- Idealni protokol:
 - Eno vozlišče oddaja: hitrost H
 - M vozlišč oddaja: vsako s hitrostjo H/M
- **Možne rešitve:**
 - Razdeliti kanal, ni kolizij
 - Naključni dostop, dovoljene kolizije
 - Določeno zaporedje dostopov, ni kolizij

Delitev kanala

- TDMA: Time Division Multiple Access
 - V vsakem “krogu” vsaka postaja dobi enak časovni interval (1 paket)
 - Neizkoriščeni intervali
- FDMA: Frequency Division Multiple Access
 - Vsaka postaja ima svoj fiksni frekvenčni pas
 - Neizkoriščen čas
- Pošteno in učinkovito pri visoki obremenitvi, pri nizki neizkoriščenosti kanala.
- CDMA (Code Division), WDM (Wavelength Division - optika)

Kolizijski protokoli (naključni dostop) 1

- Določajo:
 - kako zaznati kolizijo
 - Kako ukrepati ob koliziji
- ALOHA: paket je ranljiv ves čas oddajanja
 - Preprost, nizka prepustnost (18%)
 - Kolizija: počaka naključen čas, nato spet odda
- Razsekana ALOHA: čas je razsekan na delčke
 - Sinhronizacija, boljša prepustnost (37%)
 - Paket je ranljiv le v začetku oddajanja
 - Kolizija: z verjetnostjo p odda v naslednjem intervalu

Kolizijski protokoli 2

- CSMA: Carrier Sense Multiple Access (ni takta)
 - Pred oddajo posluša, če kdo drug oddaja
 - Vztrajni: če je kanal zaseden, posluša dokler se ne sprosti
 - Nevztrajni: šele po č.k. ponovno prisluhne
 - P-vztrajni: vztrajno posluša, ko se kanal sprosti, z verjetnostjo p odda paket, z $(1-p)$ počaka še določen čas.
- CSMA/CD: vztrajni CSMA z zaznavanjem trkov
 - Takoj ko zazna trk, ustavi oddajanje
 - IEEE 802.3 Ethernet
- Učinkoviti pri nizki obremenitvi; pri visoki je preveč režije (kolizij)

Nekolizijski protokoli

- protokoli z izmenični dostop

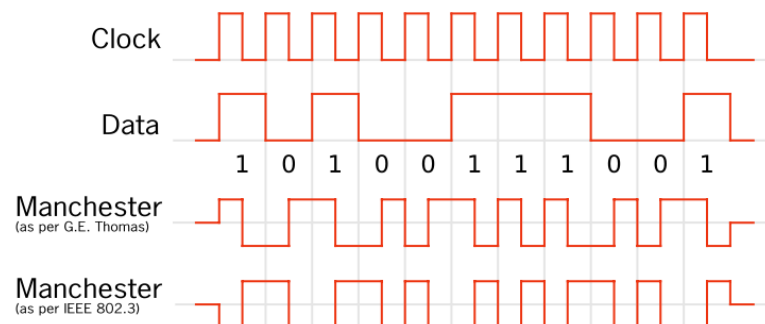
- Namesto faze boja za medij je faza rezervacije.
 - V tej fazi se vzpostavi vrstni red dostopa.
- POIZVEDOVANJE (*polling*)
 - Centralno vozlišče (master) sprašuje, kdo želi oddajati.
- PODAJANJE ŽETONA (*token passing*)
 - Rezervacijski paket obišče vse postaje, te vanj zapišejo svoj ID (prijava za oddajo)
 - Nato postaje oddajajo po vrstnem redu.
 - **Protokoli: vodilo in obroč z žetonom**
 - FDDI, Token Ring 802.5, RPR 802.17

MAC naslov – naslov na 2. plasti

- 48 bitov oz. 12 hex znakov, npr: 00-21-85-80-1A-B7
- Leva polovica: proizvajalec, desna: ID adapterja
- Standardi:
 - MAC-48 in EUI-48: sintaktično enaka. Uporaba: Ethernet, IEEE 802.11 (Wireless), Bluetooth, Token Ring, Fibre Channel, FDDI, ATM. MAC-48 je podmnožica EUI-48 (zastarel).
 - EUI-64: dva dodatna byta za adapter. Uporaba: FireWire, IPv6, ZigBee (802.15.4)
- Posebni naslovi:
 - Broadcast FF:FF:FF:FF:FF:FF
 - Multicast – poseben naslov, ki ga sprejemajo le določene naprave (prijavljene v multicast skupino) – predpona 01:00:5e

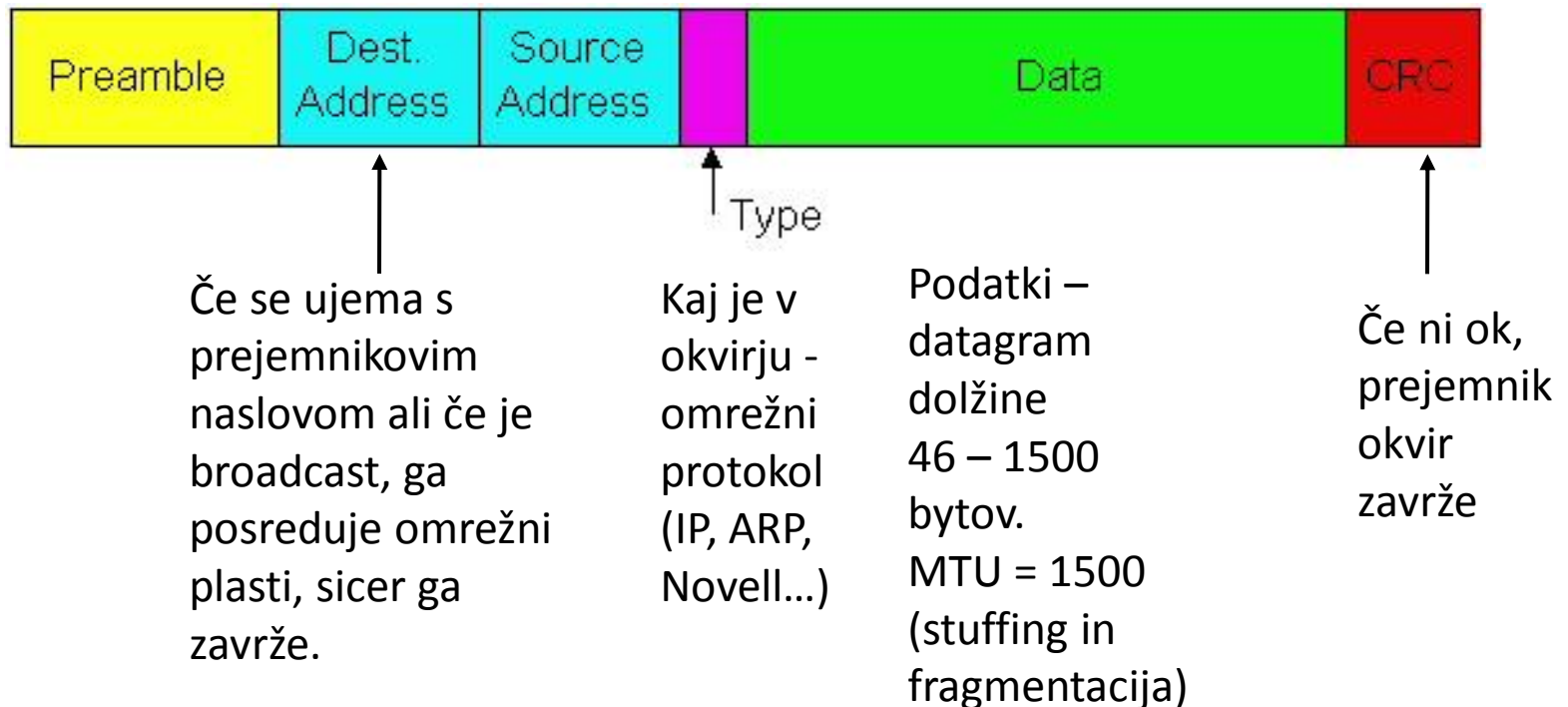
Ethernet

- Topologija: vodilo (včasih), zvezda (danes).
- Hub – razdelilnik signala (na fizični plasti)
- Stikalo: preklaplja okvirje na podlagi MAC naslova (na pov. plasti)
- [Usmerjevalnik: na podlagi IP naslova – na omrežni plasti]
- 10BaseT (10 Mb/s), 100 BaseT – fast Ethernet (baker, optika), 1000 base-T 1 Gb/s, 10 Gb/s
- Fizična plast: Manchester encoding za 10 Mb/s (vsak bit vsebuje prehod), 4b/5b za 100 Mb/s, PAM-5 in TCM za Gb/s ...



Ethernet okvir

- Ethernet IEEE 802.3 (lila – polje length) in Ethernet II (lila – polje Ethertype): če je vrednost > 1536, gre za Ethernet II, če manjša od 1500, gre za 802.3
- Preambula: 7 x 10101010 in 1 x 10101011
 - Da se sinhronizirata uri oddajnika in prejemnika



Storitev, ki jo nudi Ethernet

- Nepovezavna – ni rokovanja
- Nezanesljiva – ni potrjevanja:
 - Ali omrežna plast dobi vse datagrame?
 - Ali jih dobi v pravem zaporedju?
 - Ali je kaj razlike, če se uporablja TCP ali UDP?
 - Ali aplikacija “vidi” manjkajoče podatke?
- CSMA/CD: zvezen čas, posluša pred oddajo, v primeru kolizije preneha, pred ponovno oddajo čaka naključen čas:
 - Exponential backoff: če je več zaporednih kolizij, vsakič dlje čaka

Hub - razdelilnik

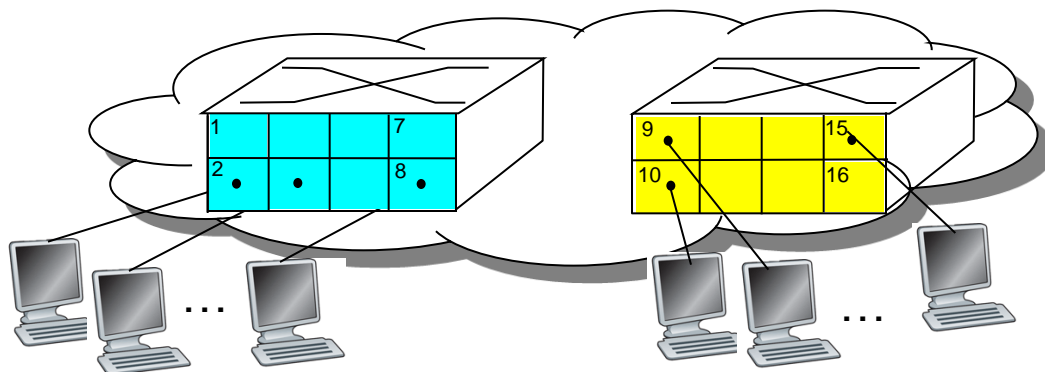
- Deluje na 1. plasti
- Možna večja razdalja med vozlišči, če je vmes hub (deluje kot ojačevalec signala)
- Ne ločuje kolizijskih domen – vsi segmenti so ena, razdelilnik le ponavlja signal
- Ne more povezovati segmentov različnih hitrosti

Stikalo

- Deluje na povezavni plasti - posreduje okvirje
- Transparentno delovanje (računalniki ga ne vidijo)
- Plug and play - sam se uči:
 - Tabela (MAC naslov, vmesnik, čas) , ttl ~ 60 min
 - Ko pride okvir, si stikalo zapomni naslov izvora in ga zapiše v tabelo
 - Če ima ciljni naslov v tabeli – okvir na ta vmesnik
 - Sicer poplavi na vse razen izvorni vmesnik
- Ločuje kolizijske domene (vsak segment je svoja)
- Omrežje brez kolizij – vsak računalnik ima svojo full duplex povezavo do stikala.

VLAN – navidezno krajevno omrežje

- Vmesnike na stikalu grupiramo. Vsaka skupina je videti, kot da bi bila v svojem omrežju (npr. broadcast promet ne gre v druge skupine). Za to skrbi stikalo.



- Med VLANi je treba promet usmerjati (stikalo 3. plasti zna)
- Članstvo v skupini je dinamično, lahko na osnovi MAC naslova
- VLAN prek več fizičnih stikal:
 - vmesnik za povezavo stikal (trunk port)
 - Okvir dobi VLAN ID (802.1q) – vrine se za MAC naslove

Primerjava

| | Hub | Stikalo | Usmerjevalnik |
|--|-----|---------|---------------|
| Izolacija prometa | Ne | Da | Da |
| Potrebna konfiguracija? | Ne | Ne | Da |
| Optimalno usmerjanje | Ne | Ne | Da |
| Možno oddajanje, ko se PPE še sprejema | Da | Da | Ne |

PPP

- En pošiljatelj, en prejemnik, MAC naslovi nepotrebni
- WAN - klicna povezava, SONET/SDH, ISDN
- Naloge:
 - Okvirjanje, detekcija napak
 - Preverjanje povezave, pogajanje o omrežnih naslovih
 - Potrebno je vzpostavljajanje povezave!
- Ni korekcije napak, ponovnega pošiljanja, sortiranja, kontrole pretoka
- Byte stuffing: 01111110 označuje začetek in konec okvirja. Če je isti niz v podatkih, vrinemo še enega 01111101. Če prejemnik zazna ta dva zapored, drugega zavrže.

| Zastavica | Naslov | Kontrola | Protokol | Podatki | Kontr.vsota | Zastavica |
|-----------|----------|----------|--------------|------------|--------------|-----------|
| 01111110 | 11111111 | 00000011 | 1 ali 2 byta | variabilno | 2 ali 4 byti | 01111110 |

Naslavljanje na 2. in 3. plasti

- MAC naslovi (LAN naslov, fizični naslov)
 - Prenosljivi, nehierarhični, nespremenljivi
 - MAC naslov izvora in ponora sta v glavi okvirja
 - MAC naslov (v glavi okvirja) lahko ponaredimo!
- ARP – Address Resolution Protocol
 - Preslikava IP – MAC naslov (omrežne v povezavne)
 - Vsako vozlišče ima ARP tabelo (IP – MAC – TTL)
- RARP – v obratni smeri (zastarel, nadomestil ga je BOOTP, DHCP)

ARP protokol

- Vozlišče A: Kako poslati datagram na IP naslov B?
- A: ARP query na FF-FF-FF-FF-FF-FF: “Kdo ima B”?
- Vsi sprejmejo ARP query
- B: Pošlje svoj MAC naslov A-ju
- A: doda zapis v ARP tabelo
- Ni potreben administrator 😊

*2 interfaces [Wireshark 1.10.5 (SVN Rev 54262 from /trunk-1.10)]

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Tools Internals Help

Filter: Expression... Clear Apply Save

| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|------|---------------|-------------------|-------------------|----------|--------|------------------------------------|
| 1360 | 133.888731000 | DigitalD_96:c6:57 | Broadcast | ARP | 60 | who has 10.1.0.156? Tell 10.1.0.55 |
| 1361 | 133.890524000 | Fuji-Xer_29:39:4a | Broadcast | ARP | 60 | who has 10.1.0.9? Tell 10.1.0.34 |
| 1362 | 133.890559000 | HewlettP_2c:08:7e | Fuji-Xer_29:39:4a | ARP | 42 | 10.1.0.9 is at 6c:3b:e5:2c:08:7e |
| 1372 | 134.885830000 | DigitalD_96:c6:57 | Broadcast | ARP | 60 | who has 10.1.0.156? Tell 10.1.0.55 |
| 1382 | 135.884662000 | DigitalD_96:c6:57 | Broadcast | ARP | 60 | who has 10.1.0.156? Tell 10.1.0.55 |
| 1385 | 136.882496000 | DigitalD_96:c6:57 | Broadcast | ARP | 60 | who has 10.1.0.156? Tell 10.1.0.55 |
| 1391 | 137.896482000 | DigitalD_96:c6:57 | Broadcast | ARP | 60 | who has 10.1.0.156? Tell 10.1.0.55 |

Frame 1361: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface 0

Ethernet II, Src: Fuji-Xer_29:39:4a (08:00:37:29:39:4a), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)

Address Resolution Protocol (request)

Hardware type: Ethernet (1)
 Protocol type: IP (0x0800)
 Hardware size: 6
 Protocol size: 4
 Opcode: request (1)
 Sender MAC address: Fuji-Xer_29:39:4a (08:00:37:29:39:4a)
 Sender IP address: 10.1.0.34 (10.1.0.34)
 Target MAC address: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
 Target IP address: 10.1.0.9 (10.1.0.9)

```

0000  ff ff ff ff ff ff 08 00 37 29 39 4a 08 06 00 01  ..... 7)9J....
0010  08 00 06 04 00 01 08 00 37 29 39 4a 0a 01 00 22  ..... 7)9J....
0020  00 00 00 00 00 00 0a 01 00 09 ff ff ff ff ff ff  .....
0030  ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff ff  .....
  
```

File: "C:\Users\mojca.LRK\AppData\Local\T... Packets: 1452 · Displayed: 1452 (100,0%) · Dropped: 0 (0,0%)

Če je iskani naslov zunaj omrežja...

- Omrežna plast ugotovi, da je ciljni naslov zunaj omrežja.
- Naredi ARP poizvedbo po IP naslovu privzetega prehoda (tega ima v nastavitvah)
 - odgovori usmerjevalnik R – prehod v B-jevo omrežje, s svojim MAC naslovom.
- Ko R prejme okvir od A, pogleda ciljni IP naslov.
- R naredi ARP poizvedbo v omrežje B.
- R pošlje okvir na novi ciljni MAC naslov.

ARP spoofing (ARP poisoning)

- Okvir z lažnim izvornim MAC naslovom – “naj mislijo, da sem jaz npr. prehod”
- Posledica v zastrupljeni ARP tabeli:
 - Napadalčev MAC naslov – legalen IP naslov
- Napadalec
 - Pasiven: posluša in posreduje promet naprej
 - Aktiven: spreminja in posreduje promet naprej (napad man-in-the-middle).
 - DOS napad: napadalec poveže IP naslov prehoda žrtve z neveljavnim MAC naslovom.

ARP spoofing

- Preprečevanje
 - Fiksni zapisi v ARP tabelah (ročni vnosi)
 - DHCP snooping: pozna MAC naslove na linkih in preverja vsak ARP paket, če ustreza (Cisco)
 - ArpWatch: program, ki opozarja na spremembe ARP tabel (npr. Mail administratorju)
- Legalna uporaba: npr. redundančna infrastruktura (rezervni strežnik, če glavni odpove)...

DHCP stradanje

- Napadalec: broadcast veliko zahtev za DHCP naslov iz lažnih MAC naslovov.
- DHCP strežnik: zmanjka naslovov
 - DOS napad (uporabnik ne dobi naslova)
 - Napadalec lahko zdaj postavi lažni DHCP strežnik
- Preprečevanje:
 - DHCP avtentikacija (RFC 3118)
 - Omejevanje števila različnih MAC naslovov na posam. Vmesniku stikala ali usmerjevalnika

Še več napadov ...

- ARP request replay: napad na WEP z namenom povzročiti več prometa (napadalec lovi inicializacijske vektorje)
- ARP storm (DoS): Ponarejeni ARP broadcasti, tako da prejemniki odgovorijo napadenemu.

Brezžično omrežje

Sestavljajo ga:

- **Bazne postaje**, povezane v ožičeno omrežje
- Brezžični **odjemalci** (prenosnik, telefon, tablica...)
- Brezžične **povezave**

Ad hoc omrežje:

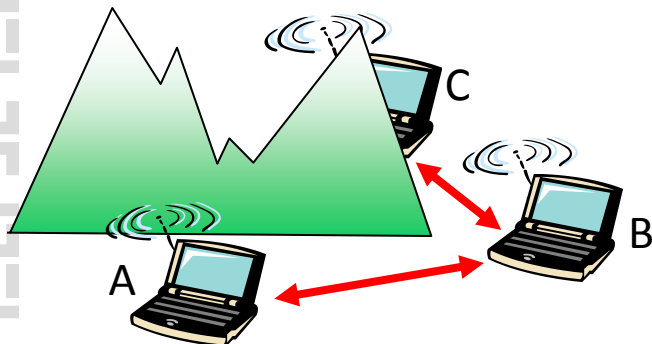
- Ni baznih postaj: pošiljanje le odjemalcem, ki so v dometu
- Vozlišča se lahko tudi organizirajo v omrežje z lastnim usmerjanjem (MANET – mobile ad hoc network; VANET – vehicular ad hoc network)

MESH (mreža): več skokov v brezžičnem omrežju, preden pride do ožičene infrastrukture.

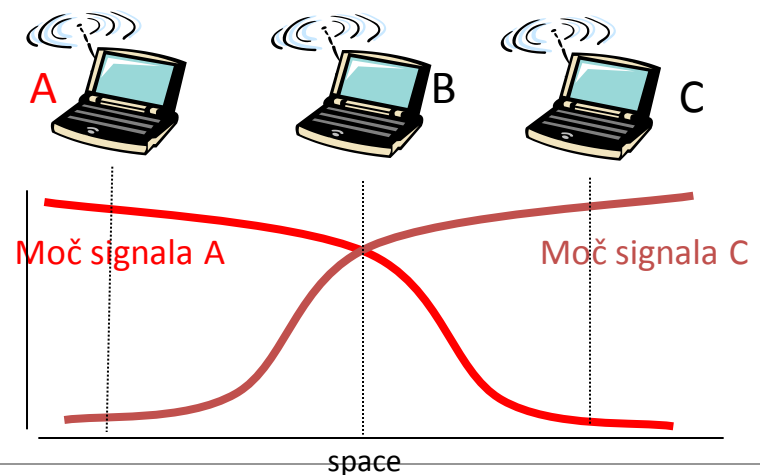
Brezžična povezava: lastnosti in težave

- Slabljenje signala, interferenca
- “Multipath propagation” (zaradi odbojev signal potuje po več poteh, daljše imajo večjo zakasnitev)
- Skriti terminal, slabljenje signala

A in C sta v interferenci
pri B



A in C se ne slišita



CDMA

- **Code-division multiple access** – še en način multipleksiranja
- Tehnologija **spread spectrum**: ozkopasovni signal se razprši na širše frekvenčno območje, signal izgleda podoben šumu. V IEEE 802.11 sta dve tehnologiji SS:
 - **Frequency hopping SS**: hitro spreminjanje frekvenc (11b)
 - **Direct sequence SS**: fazna modulacija kratkih pulzov, mnogo krajših od 1 bita (11a in 11g)
- Vsak odjemalec ima svojo razprševalno kodo, s katero kodira oziroma dekodira signal.
- Kode so tako izbrane, da je interferenca minimalna (ortogonalni signal) in se sočasni različno kodirani signali ne motijo med seboj.
- Težko prisluškovanje, “anti-jamming”, skrivanje obstoja komunikacije

Standardi IEEE 802.11 (Wi-Fi)

- **802.11a** (krajše razdalje, do ca. 120 m), OFDM (FDMA)
 - 5-6 GHz, do 54 Mb/s (tipično 23)
- **802.11b** (do ca. 140 m), OFDM
 - 2.4 do 5 GHz, do 11 Mb/s (tipično 4.5)
 - DSSS (direct sequence spread spectrum), ista koda
- **802.11g** (do ca. 140 m), OFDM in DSSS
 - 2.4-5 GHz, do 54 Mb/s (tipično 19)
- **802.11n** OFDM
 - 2.4-5 GHz, do 600Mb/s (150 na stream), do ca. 250 m
 - MIMO (multiple input, multiple output: uporabi tudi multipath signal); Channel bonding (do 4)
- **802.11ac** („Wave 2“) - 5 GHz, do 8 vzporednih tokov, do 866Mb/s
- **802.11ad** do 6.75 Gb/s (60 GHz, pasovna širina > 2GHz)
- **802.11 af, ah**: ... (še v razvoju..)
- VSI: CSMA/CA, delovanje: ad hoc in bazne postaje

Principi delovanja WLAN

- Uporaba na omejenih področjih (stavba)
- Prihodnost:
 - fiksna brezžična omrežja - npr. za last-mile širokopasovne povezave nekaj km
 - Mobilni telefon z WLAN + VOIP (poceni pogovor mimo operaterja 3G)
- **2.4 GHz področje**: 11-14 kanalov različnih frekvenc (niso povsod vsi dovoljeni – regulativa). Administrator izbere kanal za AP. Uporabnik skenira kanale, ko išče AP.

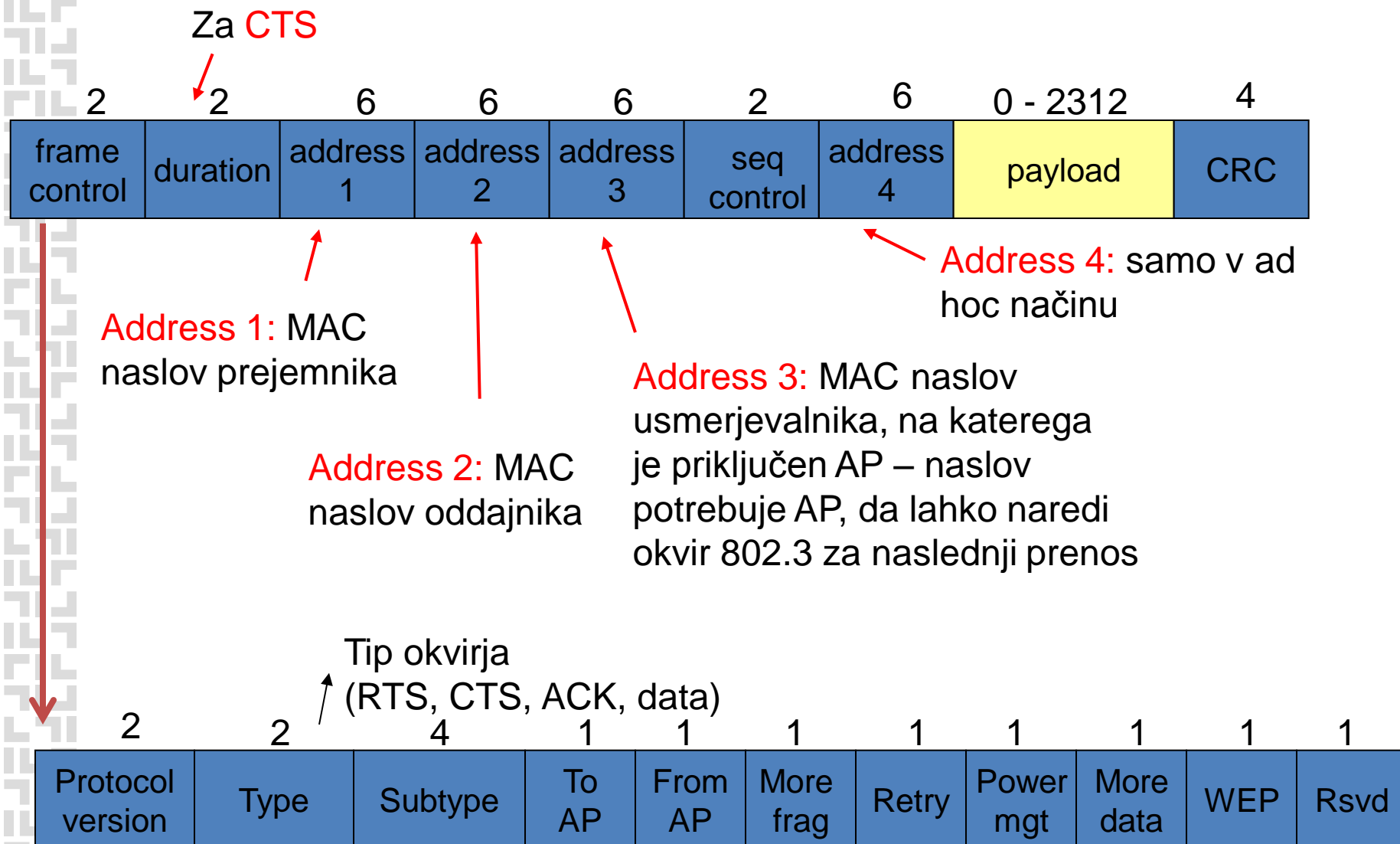
Principi delovanja WLAN

- CSMA/CA
 - **carrier sense:**
 - posluša pred oddajo.
 - ni detekcije kolizij (med oddajanjem je sprejemnik izključen)
 - **collision avoidance**
 - Več algoritmov, npr. MACAW (Multiple Access Collision Avoidance for Wireless),
 - Postaja si “rezervira” kanal:
 - Odda RTS (request to send)
 - Prejme CTS (clear to send: katera postaja, koliko časa)
 - Šele po prejemu CTS odda podatke.
 - CTS slišijo vsi, zato počakajo: v podatkih ni kolizij

Protokol vključevanja v WLAN

- Postopek **aktivne izbire** pristopne točke – *scanning* :
 - Probe (*Je v bližini kak AP?*)
 - Probe response (*Jaz sem AP*)
 - Association Request (*Rad bi se pridružil*)
 - Association Response (*Kar izvoli*)
- **Pasivna izbira** (passive scanning)
 - AP periodično oddaja *beacon frame* (“*Jaz sem AP in podpiram naslednje hitrosti prenosa...*”)
 - Naprava lahko odgovori z *Association Request*
- Možna je mobilnost znotraj IP podomrežja.

Format okvirja 802.11

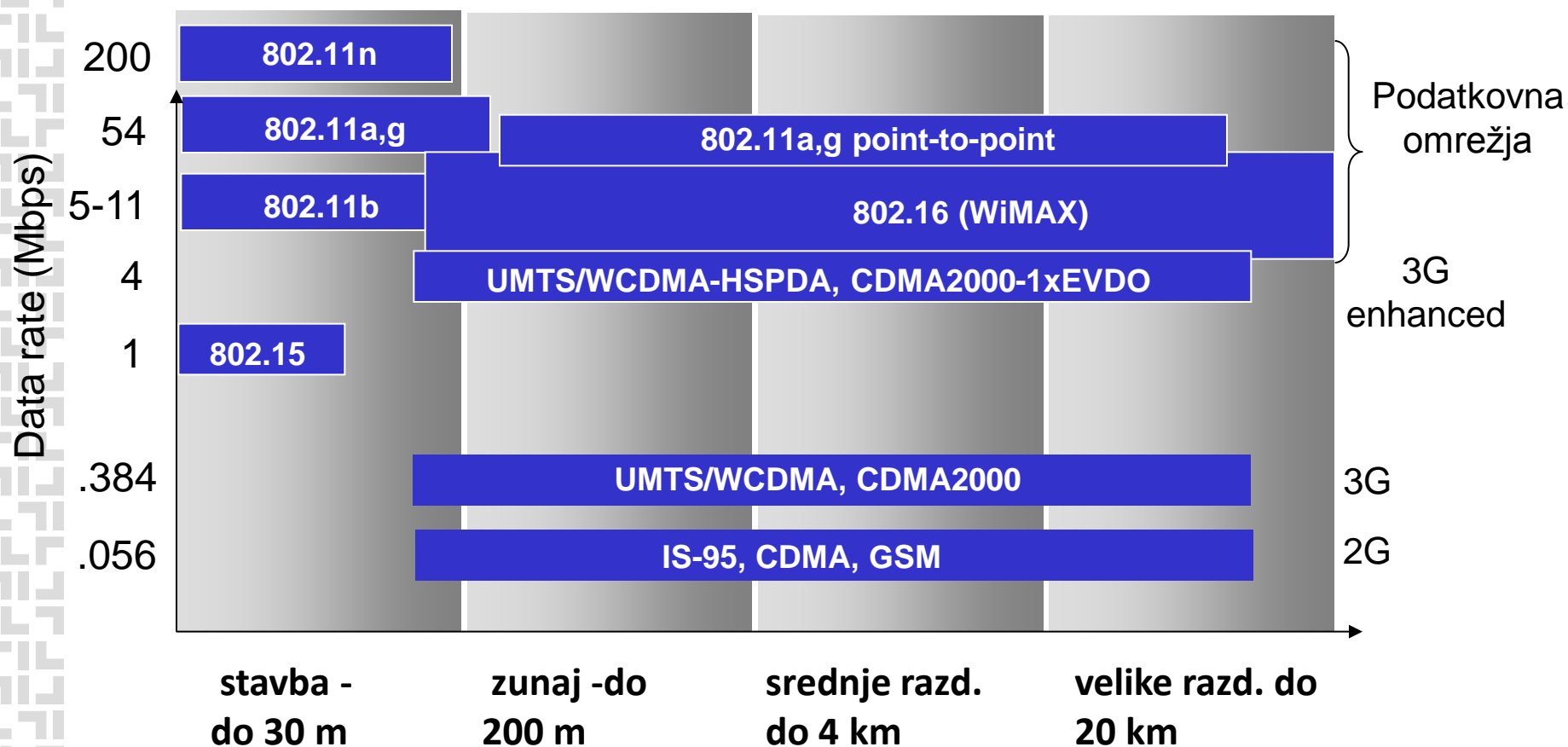


IEEE 802.15 – osebno omrežje

- PAN – personal area network
- IEEE 802.15.3-2003 (osnova): 11-55 Mb/s
 - 802.15.3-2009: 3 Gb/s
 - 802.15.6: BAN: Body Area Network (zdravje, zabava) – majhna moč in razd.
 - 802.15.7: VLC – visible light communication (uporablja svetlobo)
- Razvoj iz Bluetooth specifikacije
 - 2.4 – 2.5 GHz, do 721 kb/s
 - 79 kanalov, TDM, frequency hopping
- Manj kot 10 m, namesto kablov (miš, slušalke...)
- Ad hoc omrežje. (Bluetooth ima lahko tudi AP).
- Gospodar in sužnji: gospodar (npr. PC) mora sužnjem (npr. miški) dovoliti oddajanje



Brezžična omrežja: tehnologije



Celularna omrežja

- Bazne postaje, mobilni uporabniki, ožičeno omrežje
- Kombinacija **FDMA/TDMA (GSM)** ali **CDMA**
- **Generacije**
 - 1G: zvok (analogno - NMT)
 - 2G: zvok (GSM), FDMA+TDMA, podatki do 19 kb/s
 - 2.5G: zvok + podatki (GPRS, EDGE, CDMA) do 200 kb/s
 - 3G: UMTS, EDGE (2¾ G?), CDMA 2000, HSDPA/HSUPA, WCDMA, po standardu do 1-2 Mb/s, v praksi manj. (3.5G – tudi hitreje)
 - 4G: (LTE, Mobile WiMAX - Koreja) vseprisoten, gigabitne hitrosti (video, HDTV, telekonference) –100 Mb/s za veliko hitrost gibanja, 1 Gb/s za majhno (peš).

Delovanje celularnega omrežja

- Omrežje: **bazna postaja** pokriva svojo “celico” (uporablja okrog 200 kanalov)
- Mobilni terminal poišče celico z najmočnejšim signalom in se prijavi.
- Bazna postaja obvesti o prijavi **lokalno centralo**, ta pa **matično**.
- Ko pride klic, se ta usmeri v ustrezno celico.
- Če **jakost signala** pade, se terminal preklopi na drugo celico.
- Podatkovni prenos: ločena arhitektura od tiste za prenos zvoka.

Zagotavljanje mobilnosti

- Kaj je mobilnost?
- Pri omrežjih mobilne telefonije so podobni problemi kot pri zagotavljanju mobilnosti v IP (vgrajeno v IPv6).
- Mobilnost znotraj omrežja : mobilnost med omrežji
- Ohranjanje seje, ohranjanje naslova

POJMI:

- Domače omrežje, domači agent, stalni naslov
- Gosteče omrežje, gosteči naslov (COA- care-of address), domači agent gostečega omrežja
- Sogovornik želi komunicirati z “nomadom”.

Usmerjanje – 3 možnosti

- **Usmerjevalni algoritem** oglašuje stalne (fiksne) naslove gostov
– **ni skalabilno!**
- **Posredno usmerjanje:** prek domačega agenta
 - Nomad se prijavi pri domačem agentu gostečega omrežja, ta obvesti nomadovega domačega agenta.
 - Sogovornik kliče prek nomadovega domačega agenta.
 - Nomad odgovarja direktno sogovorniku.
 - Neučinkovito, če sta oba v istem omrežju!
 - Pri premiku v drugo omrežje povezava ostane.
- **Neposredno usmerjanje:** sogovornik pridobi od domačega agenta gosteči naslov nomada in se direktno poveže z njim
 - Težji premik v drugo omrežje (forwarding prometa - chaining)