

# Komunikacijski sistemi

2 UNI

Zapiski predavanj

Šolsko leto 2010/2011  
Izvajalec Bešter Janez

Avtor dokumenta Huda Tunerka  
Skeniranje Simon Kovše



## UREJANJE DOKUMENTA

VERZIJA	01.01
DATUM	17.03.2011

## OPOMBE

--

## TELE KOMUNIKACIJE

- IKT - informacijsko - komunikacijske tehnologije (v angleščini: ICT)
  - IT - informacijske tehnologije s signali, računalniki, zbirane elektronike
- KNJIGE: - Nassim Taleb: Prologiki, Outliers (2008)
- Anthony Bourdain: Kuljina: strogo zaupno - prigode iz kulinaričnega podzemlja

## KONVERGENČNE ŠIROKOPASOVNE (TELE) KOMUNIKACIJE

- \* ŠIROKOPASOVNE: stvari so zmogljive, hitrejša od 1Mbit/s
  - \* KONVERGENČNE: nekaj gre skupaj, uprave so se zlepe v eno (TV, radio, mobilni, računalnik, ...); uporabniški vmesniki so enaki
    - službeni terminal: računalnik
    - osebni terminal: mobilni
    - družinski/hišni terminal: TV
  - \* Zmogljivost telekomunikacij se s časom povečuje (povezljivost, slika, mobilnost, konvergenca (na vseh napravah vse), interaktivnost (pri zadevah sodelujemo, mislimo pasivni) → personalizacija
- uruv. uvote. si → za anonimno glasovanje (ankete)  
dare @ obalisk. si

## STANJE NA PODROČJU TELEKOMUNIKACIJ

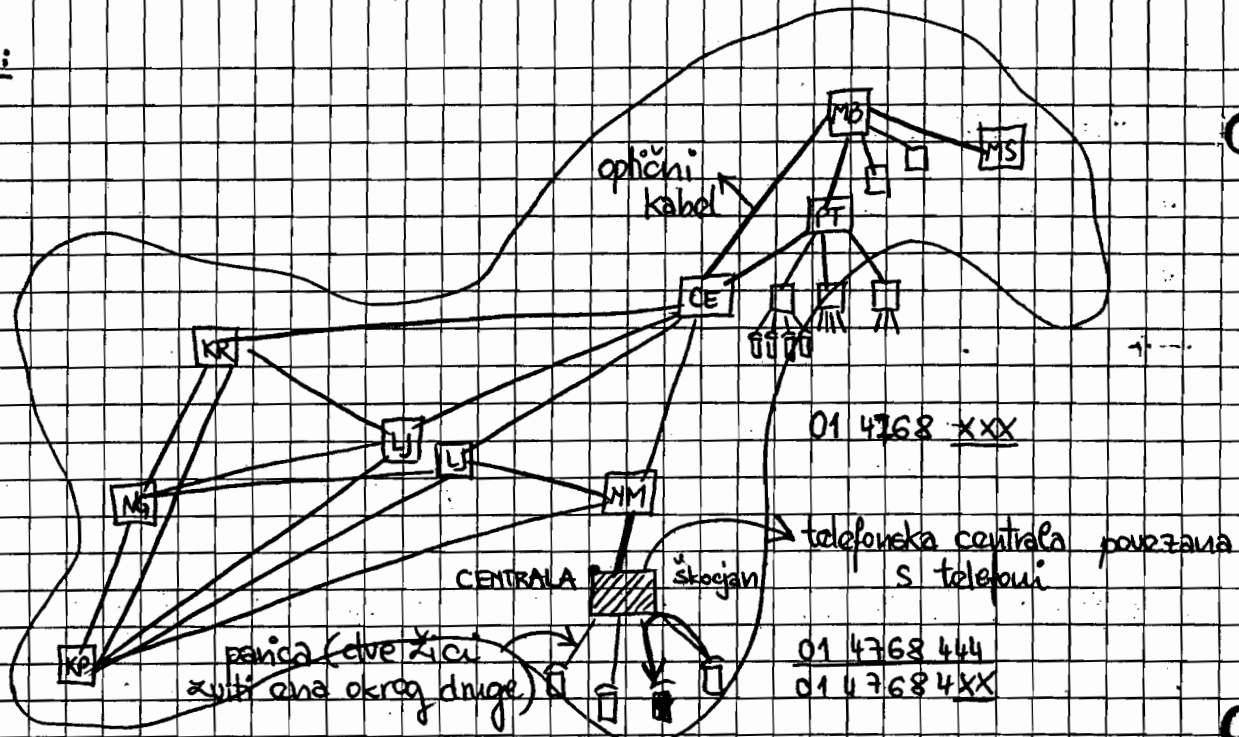
### Future Internet

- sodobni komunikacijski sistemi - ARHITEKTURA OMREŽIJ/INTERNETA

### 1. ARHITEKTURA OMREŽIJ

- a) telefonsko omrežje: ena povezava, VoIP - voice over IP (internet), analogno in digitalno, stanga, kabel, naprava za telefoniranje, baza, ena adresa, ena številka, položnica, ...

SLOVENIJA:

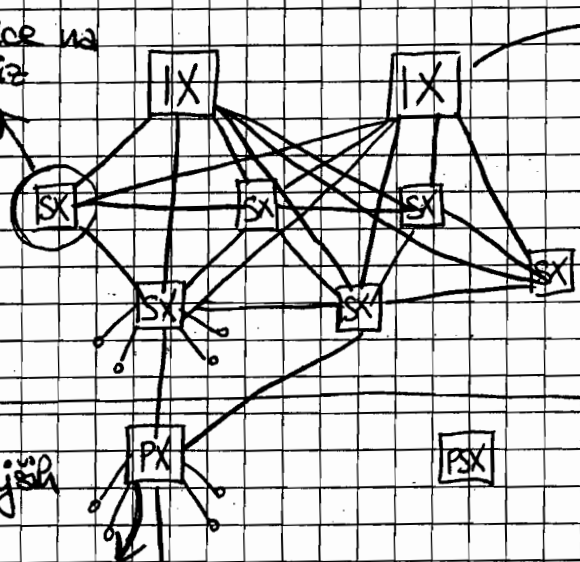


PSTN → star analogni terminal  
 ISDN  
 VoIP → telefonija preko internetnega protokola

- velike centrale so med seboj povezane vsaka z vsako
  - kabel od telefona do centrale lahko meri do 10km (liter internet 4-5km)
  - povezave med centralami merijo par 10-100 km
- ~ vsaka centrala ima večer števk (pravilo za usmerjanje)

skrbni za klice na  
povratno in iz  
Golobjske

6-10



→ vsi tlici v tujino: le dve centrali  
v Ljubljani in Mariboru

IX - international exchange  
(mednarodna povezava)

$$SX = \frac{n(n-1)}{2}$$

→ skrbni za vse klice v  
državi po regijah; vsaka je  
povezava na mednarodno  
povezavo

okrog 50  
koliko manjših

oja ali maksimalno  
na povezava  
med sabo so PX  
praviloma nepovezani

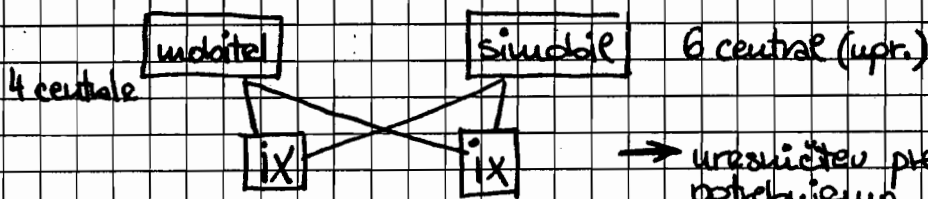
→ centrale na katere so vezani uporabniki  
(vseh je okrog 500)

- To telefonsko omrežje je staro 100 let, od leta 2000 pa je taka mreža!
- Če ne bi bilo broadbanda in interneta, ne bi potrebovali takega omrežja (imeli bi le dve glavni centrali povezani med sabo)

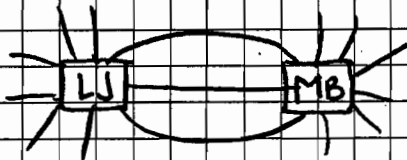
ADSL ↓ po 4 bakrenih analognih (telefon) → na našo stran damo en modem in pri centrali še enega

→ stara telefonska infrastruktura → večino interneta

- Kje so mobilni operaterji? → povezani so na IX (na obe mednarodni centrali), svoje klice zaključujemo v državi same ali mednarodne centrale



→ uresničitev predpostavke, da potrebujemo le dve centrali



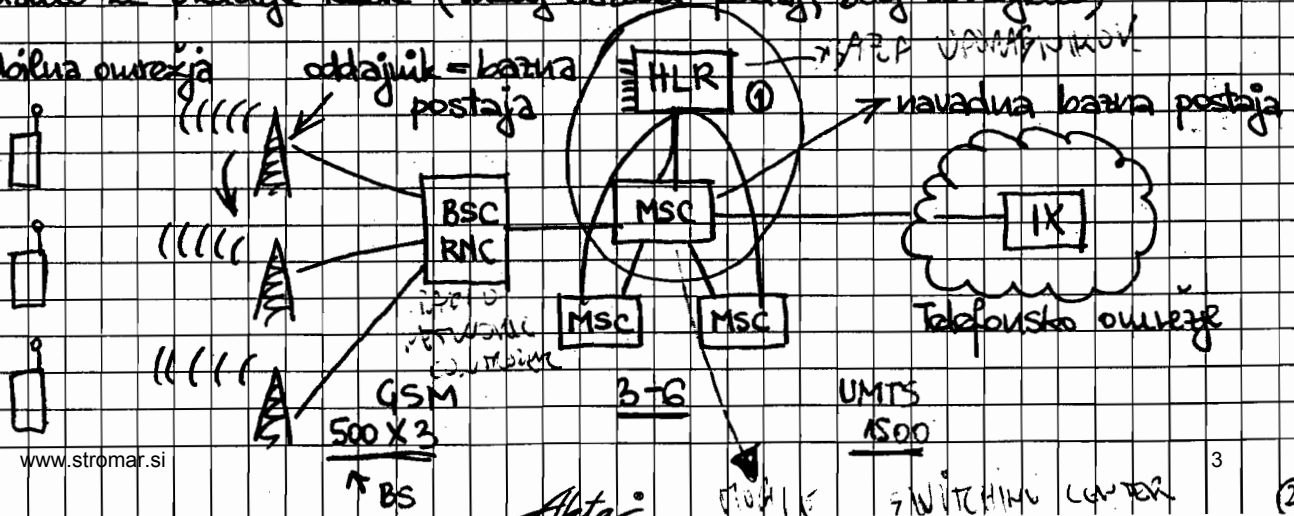
- Zakaj internet z 1GB na 100MB?  
Flat rate internet - neomejeno → da, ko 5% populacije (ko pa je 10-20% mi)
- osnovni problem mobilnih komunikacij → sodostop do kanala

**7.2 MB/s** - hitrost (teoretično maksimalna) → toliko premora bazna postaja

→ SODOSTOP DO KANALA: pri mobilnem omrežju se upr. 100 ljudi kani za omrežje; kabel: 1-5 ljudi (linija) - davaci internet za linijo  
1 Mbit/s - 100 Mbit/s

- V obdobjih predelil je težje dobiti ADSL ali VDL, mi hitrega interneta; imamo že predolge kable (manj baznih postaj, bolj oddaljeno)

b) mobilna omrežja

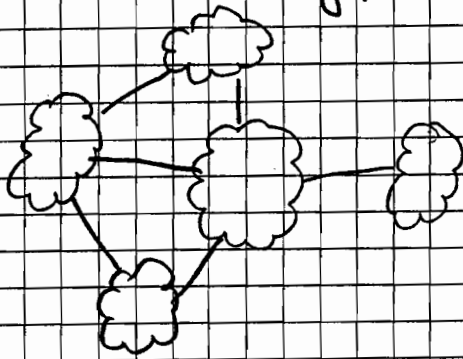


→ BSC, RNC → ko se premaknemo z domoča ene bazne postaje v drugo, tega spleti ne opazimo (ko se peljemo, da ne izgubimo signala)

→ HR: ena baza uporabnikov z vseni omogočenimi in neomogočenimi storitvami (to vse kontrolira: klice, internet, sporočila, ...)

c) internet = omrežje omrežij

• povezuje med seveji; omrežja se lahko dodaja



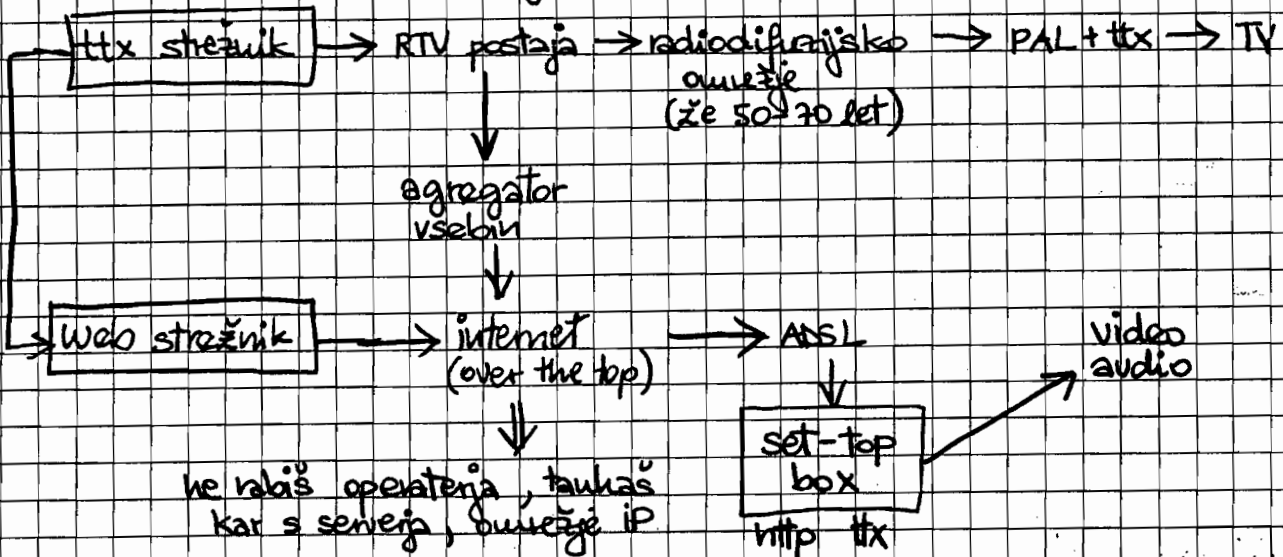
• omrežja so med sabo povezana z enim 5 protokol

→ IP protokoli; ni hierarhije; internet je javen

• ARHITEKTURA INTERNETA: Tier 1 ISP-ji v centru interneta, upr MCI Sprint, AT&T, CFW, DT, BT → nacionalno, mednarodno pokrivanje  
 Na velike so povezani manjši regionalni operaterji Tier 2; Tier 3: lokalni ISP-ji so povezani na Tier 2 (to so lokalni operaterji)

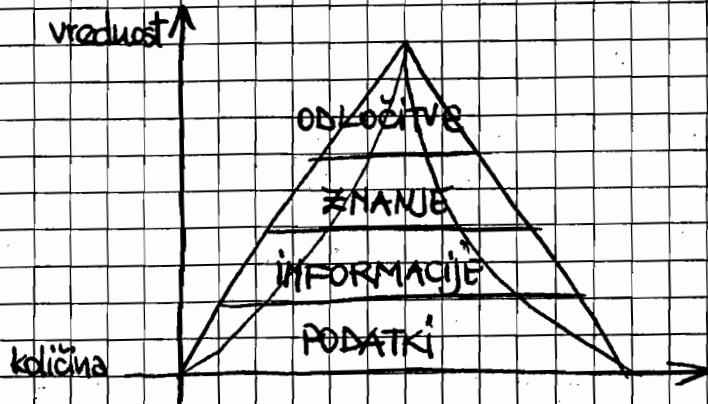
INTERNET SERVICE PROVIDER

• ARHITEKTURA RTU in IPTV omrežja



→ Zavod Ypsilon

<http://ypsilon.si>  
[info@ypsilon.si](mailto:info@ypsilon.si)



M.sc. Miša Kušelj

**APEK (regulator)** → agencija za pošto in elektronske komunikacije...  
(licence za frekvence/programe + regulirano dostop do infrastrukture)

- infrastruktura je javna ← zgrajena jo telekom in država...
- če je le en ponudnik (monopolist), to ni dobro za trg, ker začne diktirati pogoje → boje, če je konkurenca
- Monopolista (in lastnika vseh frekvenc/infrastrukture) sta Telekom in RTV Slovenija... Ta dva vnaprej prodajata sorpabo (in frekvence lokalnim radiom)
- Ko se vzpostavi REGULATIVA pride do RAZKESAVNE fizičnih povezav (infrastrukture) → tudi drugi lahko uporabljajo te kabla...

**Razvezava lokalne zanke:** Telekom mora omogočiti tudi AMIS-u, da uporabniku ponudi isto kvaliteto za svojo ceno → konkurenca? (Internet, VoIP, ADSL, ...)

- Problemi nastopijo, če ima uporabnik preko Telekomu klasičen USO (običajni telefon, preko AMIS-a pa internet (in TV in VoIP...), če hoče uporabnik prebrskati razmerje s telekomom, se je-ta in AMIS težko sporazumeva za odpravnino...

- Potrebno je redefinirati USO (univerzalno storitev), ker se ne sme računat več kot 9,50€, kajub optiki (zastarele tarife...)

- Načeloma ALTERNATIVNI ponudniki NE pripravljajo in NE gradijo INFRASTRUKTURE (razen T-2, ki je naredil nekaj optike.)

- Mobilni operaterji pa morajo zgraditi svojo infrastrukturo (so štirje: Mobitel, Simobil, Tušmobitel na 800MHz, 1200MHz in 2,1GHz ter T-2 le na 2,1GHz (UMTS)...) →

- Ljudje so se navadili skozi leta da "GSM vedno deluje". To je posledica tega, da so si operaterji zgradili zelo obširno infrastrukturo (omrežje) → to traja in je finančno zahtevno

⇒ Recimo TUŠMOBIL je na začetku svoje telefone obsejal na mobilno omrežje; sedaj gradi svoje omrežje in so skušali itekopiti nacionalni roaming z mobilom (ni do) → dodatni stroški za tušmobile → plačujejo mobilu za uporabo omrežja, ...

- Vključevanje ASIMETRIJE kot regulatorni ukrep, ker je bil Mobitel "večji" kot Simobil in je Mobitel Simobilu več plačeval za zaključnem klic v tujem omrežju kot obratno → začnejo tržiti ORTO

→ Plus, ki naj bi ga dobili: bi morali uporabiti za razvoj omrežja in infrastrukture... To se ni zgodilo → ravno obratno!

Ptem pa je še MOBITEL začel delati isto (ne obratno) → džabost

- To sproži neverd, ker se APEK ne ukvarja z regulacijo MALOPRODAJE → le-ta se je tako spustila, da so imeli minus, VELEPRODAJNA cena (kajmo za Izindol) pa mora biti še manjša! → Finančne težave.
- Ali lahko sploh v Sloveniji "preživijo" 4 ali celo 3 operaterji? Raziskave kažejo, da NE (le 1,6 operaterja lahko preživijo)...
  - Najraje bi vsi na enkrat dvignili cene (kartelsko dogovarjanje) → kazen
  - Mobilni je sam razmišljaj, da bi dvignil cene → boji se, da bi izgubil več denarja z izgubo naročnikov, kot bi ga dobil z dvigom cen
- Problem z optiko: Razvezava takoj ali kasneje? Gradita se dve omrežji "faktni" in neustrejni → če do luče prideta dve optični zanka, boste sklenili, le eno uporabimo, zavržemo pa bodo (nekako) tudi drugo... Sklenili so, da se more optično zanko RAZVEZATI → problemi z AMORTIZACIJO in STROŠKI...
- IDEJA: država gradi omrežje in ponudi enako fer ceno vsem ponudnikom storitev, katerim ga oddaja → problem nastopi, ker se za omrežje dobi relativno malo denarja, za storitve pa plačujejo velike denarje → vedno bodo lastniki omrežja pomislili še storitvi!

## PREHOD NA DIGITALNO TELEVIIZIJO

- \* To je tudi radijskodirana digitalna televizija, ki je veliko bolj zanesljiva kot analogna (ni dvojne slike, šuma, vsi kanali enake kvalitete, ...)
- \* RTV ima >99% pokritost (okrog 220 oddajnikov → analognih)
  - ∩ UHF: 470MHz → 862MHz; 49 kanalov (1 kanal = 8MHz)
  - ∩ VHF: 174MHz → 230MHz; 49 kanalov (8MHz/kanal)
- \* Če se oddajniki premikajo, morajo imeti različne frekvence, da ni zamika med signali (analogni) → veliko različnih frekvenc na kanal (20+) za Slovenijo...
- \* Pred leti je bil kongres, ki določa katere kanale dobi katera država (da se ne motijo med seboj)...
- \* Pri digitalni televiziji pa z USKLAJEVANJEM (OFDM) signalov lahko oddajniki dejansko sodelujejo in si pomagajo (si uiso v motnjo) → le ena frekvenca za en kanal (SFN - signal freq. network). Bleg tega pa z MPEG-4 kompresijo prerašča do 9 kanalov na enem nosilcu (ne le 1!)
- \* DD (digitalna dividenda) → iz 470 - 862MHz na 490 - 862MHz (velikaj plača za Mobilni internet)...
- \* S temi izboljšavami ostane nekaj speltra (velik del) PRAZEN → za nove storitve
- \* Dva digitalna kanala v PREHODNEM obdobju (+ vsi analogni) → Multiplex A in B (MUX A, MUX B)

\* MUX A: (RTV SLO) 7 kanalov! (ne devet)

SLO 1, SLO 2, SLO 3, RTV, A kanal, TeletV, TV Pika

1 2 3 4 5 6 7

\* Kasneje se gradi še MUX B (2010 - operativno)

\* Čigav interes je prehod? Dividende dda nekdo drug kot televiziji (kao na igube) → oni zmanjšajo stroške oddajanja, operaterji operativne

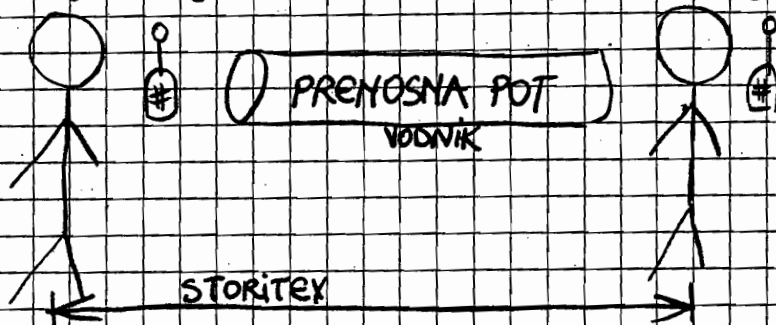
## OSNOVNI POJMI TELEKOMUNIKACIJSKIH oz. informacijskih SISTEMOV

• prenos informacij / sporočil na daljavo

→ prva oblika telekomunikacij: MIMIKA (geste, govor)

IZVOR (tisti, od katerega informacije izvirajo)

PONOR informacij (tisti, do katerega morajo informacije priti in jih sprejeti)



• prenosna pot prevaša informacije z enega konca na drugega; žica (bakreni - rabimo dve žici očitno eno drugo drugo)

- kovinski vodniki (koaksialni kabel - analogna TV)
- sukani dvovod (twisted pair) - žice so zasukane med seboj
- valovod (pri večji antenah)
- optični vodnik

• zračni prostor, brezžični prostor (sistemi GSM, WLAN)

• voda (podmorniške komunikacije)

→ lastnosti prenosnih poti so lahko med seboj zelo različne. Njihova naloga je, da omogočajo prenos neke fizikalne veličine z enega konca na drugega.

Alta

④

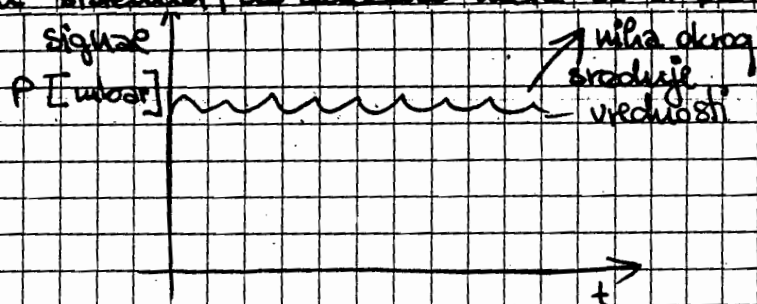
• FIZIKALNA VELIČINA: vibracija zračnega tlaka, jakost svetlobe, elektromagnetno valovanje).

~ medsebojni pogovor face-to-face  $\Rightarrow$  prenosna pot je zrak

$\rightarrow$  Po prenosni poti potuje SIGNAL

$\rightarrow$  enostavni terminal: prilagodijo se neki specifični prenosni poti

$\rightarrow$  STORITELI: ljudje želijo storitev, od nje nekaj pričakujejo  $\rightarrow$  lahko dobimo različne sisteme; do določene mere so si podobne. Uporabniki



$\rightarrow$  Kdaj so se začele digitalne komunikacije? morsejeva abeceda, indijanci in čimni signali (določeni premori v navedeni pomenijo nek zrak ali besedo), kulsoni

$\rightarrow$  Zakaj so digitalne komunikacije boljše od analognih? So hitrejša, zanesljivejša, več ljudi na enkrat lahko sprejema iste informacije

$\rightarrow$  Prava komunikacija se je razvila šele v začetku 20. st. (telegraf - materialno določene strani so že znali izračunati)

$\rightarrow$  Digitalne komunikacije: knjiga (25 diskretnih vrednosti - kolikor je črk)

\* ABECEDA ZNAKOV: (ponavadi 2 znaka: 0 in 1), znake sestavljamo v zaporedje znakov = besede, ki opredeljujejo informacijo

INFORMACIJE (Kaj so in kako jih pomenimo)

- Zakaj rabimo pomeniti informacije?
  - \* zaračunavanje
  - \* zanesljivost
  - \* shranjevanje

Količina informacij je pomenjena za njihovo shranjevanje, pri prenosu (če je dovolj kapacitete - prenosne poti so onemogočene  $\rightarrow$  hitrost)

prevažaja informacij je omejena.

• Kako merimo količino informacij?

Informacija je odvisna od tega, koliko novega izvor pove.

PRIMER: stajna luč → prižgano  
→ ugasnjeno

STANJE LUČI (dogodek)  $X = [X = \text{prižgano}, X = \text{ugasnjeno}]$

→ prižgano → "1" →  $P_1 = 0,5$   
→ ugasnjeno → "0" →  $P_0 = 0,5$  > enaka verjetnost

~ matematično orodje: ENTROPIJA →  $H(x) = \sum_{i=0}^{n-1} P_i \log_2(P_i) \rightarrow [\text{bit}]$

$$H(x) = -p_0 \log_2(p_0) - p_1 \log_2(p_1)$$
$$= -0,5 \log_2(0,5) - 0,5 \log_2(0,5)$$
$$= +0,5 + 0,5 = 1$$

$$\log_2 \frac{1}{2} \rightarrow -\log_2 2 = -1$$

$$2^x = \frac{1}{2} \Rightarrow 2$$

$$2 = 2^1$$

→ kvantitativna informacija, ki jo dobimo ali sporočimo  $\log_2 8 = 3$

→ če zamenjamo  $P_1 = 0,4$  > entropija je manjša (tudi verjetnost je manjša?) → naključnost / nedoločnost je manjša!  
 $P_0 = 0,6$

1 bit

Entropija je največja, ko sta oba dogodka enako verjetna (1 bit informacije je največja možna entropija).

• INFORMACIJSKA TEORIJA o. teorija informacij, ki jo je napisal Claude E. Shannon leta 1948 → splošna je strnil v teorije (dokazne metode) → preko entropije določimo količino informacij - 1. teorem

• osem posameznih dogodkov združimo v podatkovno strukturo in dobimo byte

$$[10110101] \rightarrow 2^8 \rightarrow 256$$

• Pri hitrosti prenosa merimo v bit/s  
WLAN 64 Mbit/s

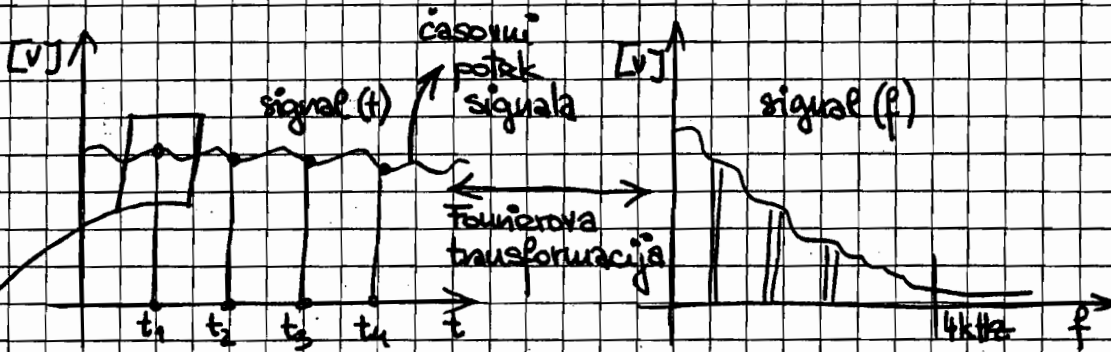
$$\left[ \frac{1 \text{ bit}}{3600 \text{ s}} \right]$$

• V analognih sistemih je nekoliko bolj komplicirano računat entropijo, ki pa nima takega fizikalnega pomena.

• Pri prenosu pridobimo tudi MOTNJE, ki okvarijo signal → z analognim tudi ne moremo prenesti poševne (neskončne) informacije

# PRETVORBA

- analognu-digitalna pretvorba AD
- digitalno-analognu pretvorba DA



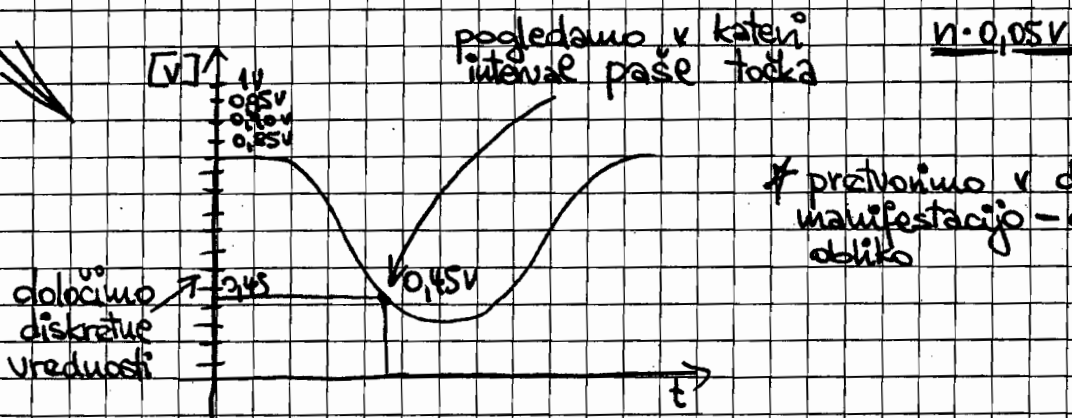
→ Signale lahko predstavimo v časovni ali znako dobro v frekvenčni domeni (med njima lahko poljubno prehajamo) kot vsota frekvenčnih (harmoničnih) komponent

**AD** - časovno in amplitudno zvezen signal  
 - vzamemo časovne vzorce (zanimna nas vrednost signala v diskretnih časih)

→ VZORČENJE

→ KVANTIZACIJA

\* še vedno imamo poljubno vrednost za amplitudo ⇒ skodi kvantizacija



\* pretvorimo v diskretno manifestacijo - digitalno obliko

**VZORČENJE:** S kakšno frekvenco? Če bo frekvenca velika, bomo rabili veliko bitov za zapis → frekvenca vzorčenja  $f_{fs} \geq 2 \times f_{max}$  (ki jo v spektru signala najdemo)

→ Problem pri kvantizaciji: številka ne more biti večja od največje amplitude signala → omejeva širino & amplitudo. Z zaokroževanjem naredimo napako → kvantizacijski šum, ko naredimo digitalno-analognu pretvorbo: ali odlišni in ponovni analogni signal nista čisto enaka (koliko bo velik šum, je odvisno od intervala)

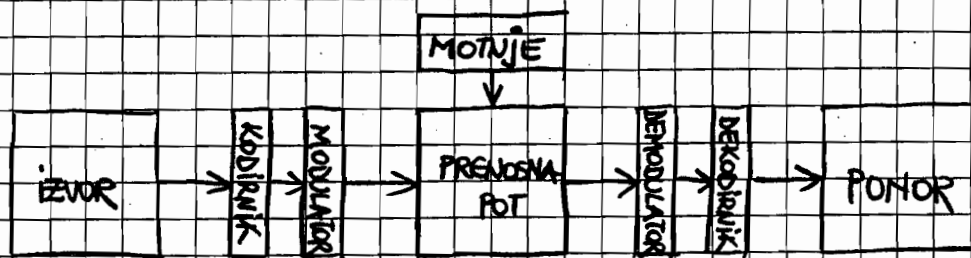
$f_{max} = 4\text{kHz}$  (za govor)

$f_{vz} = 8\text{kHz}$  (frekvenca vzorčenja)

- 8 bit  $\rightarrow$   $\pm 127$  različnih nivojev (1 bit porabimo za + in -)

$$\frac{8000 \cdot 8\text{bit}}{s} = 64\text{k} \frac{\text{b}}{s} \rightarrow \text{podatkovni tok v bit/s}$$

primer najpreprostejšega AD pretvora za govor

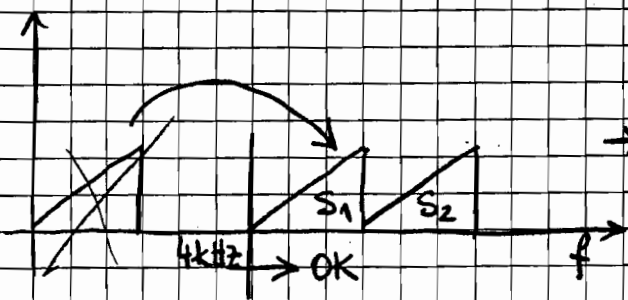


- Kodirnik je naprava / element, ki sklopi za kodiranje / prekodiranje signala. Imajo dvojno vlogo (2 tipa):

\* IZVORNI (kodernik izvora) AD časovne vzorce

\* LINIJSKI kodernik po potrebi dodatno pripravi za prenos po prenosni poti (bo bolj tpežno iz bo prišlo manj okrnjeno do dekodirnika)  $\rightarrow$  izloča REDUNDANCE (izvornj) - del signala, ki je nepotreben

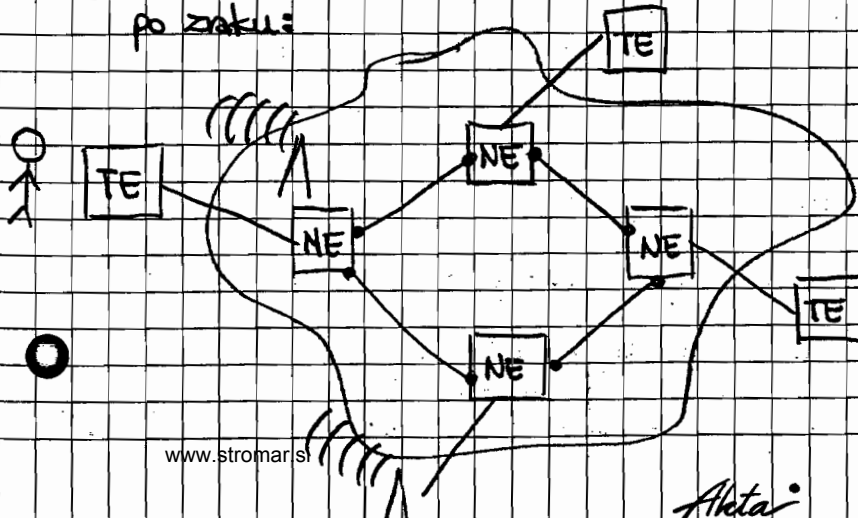
- Včasih je prenosna pot taka, da omejuje širjenje določeni signalov



MODULACIJA: signal pretvarimo v višje frekvenčni pas

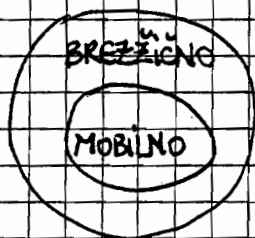
$\rightarrow$  modulacija je tipična načina linjskega kodernika; signal prenikamo po frekvenčnem spektru (isto prenosno pot lahko uporabljata dva para izvorov in ponorov)

po zaku:



Telekomunikacijsko omrežje namesto ene prenosne poti (uiz prenosni poti, ki so zelo različne)

- Naprave, ki različne poti povezujejo med seboj so NETWORK ELEMENT (elementi omrežja)
  - njihova naloga: usmerjanje, poskrbijo za prilagoditve za posamezno prenosno pot; prenos prek večih krmilnikov; usmerjanje podatkovnega toka, da pride iz izvora v ponor, k kateremu je namenjen
- TERMINAL EQUIPMENT (ponor)
- Elementi omrežja lahko skrbijo za varnost (požarni zid), nadzor in mentor kvalitete komunikacijskih storitev, regulirat
- brezžično: med terminalom in omrežjem ni žice, prenosna pot je radijska, možnost premikanja vendar je omejeno na bazno postajo
- mobilno: ni žic, omrežje je tako, da podpira premikanje (avtomatičen preklon, ki ga ne zaznamo)



→ o mobilnosti govorimo tudi v ožičenih sistemih

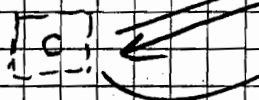
- različni elementi delujejo kot celota

- PROTOKOL: zagotovimo sinhronizacijo med elementi omrežja, opisuje različne vidike komunikacije med izvorom in ponorom

- protokol http (protokol za prenos hipertekstualnih protokolov)



opredeljeno v protokolu http



→ uvedemo nov client in uporabimo isti protokol

STANDARNI ali PRIFOROČILA: elementi, ki govorijo o protokolih

Način posredovanja podatkov med izvorom in ponorom

POSREDOVANJE (digitalni sistemi)

→ PAKETNI NAČIN: izvor oblikuje t.i. paket: protokolna podatkovna enota (PDU)

PODATKI

glava: kontrolne/pomožne informacije, ki uslo namenišene končnemu uporabniku, ampak za samostojno potovanje skozi omrežje

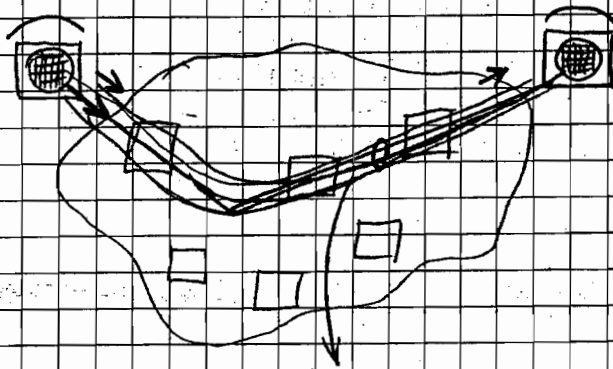
## → VODOVNO, TOKOKROGNO POSREDOVANJE: ni paketov

- tečejo čisti podatki, vzpostaviti moramo pipo med izvorom in ponorom skozi omrežje (rezerviramo določene elemente)
- Za vzpostavitev tega lahkega mehanizma: SIGNALIZACIJO

## KOMUNIKACIJSKI PROTOKOLI IN STANDARDI

### \* POSREDOVANJE INFORMACIJ

- PAKETNA KOMUTACIJA: ethernet
  - TOKOKROGNA KOMUTACIJA
- dva načina komuniciranja



Vzpostavimo kanal/tunnel

- tokokrogna ali tudi vodovne komutacije: ime prilajajo iz starih telefonskih omrežij → med terminaloma je bil vzpostavljen tokokrog ⇒ telefon je električni tok
- sedaj ni več tako, vendar je tip komunikacije še vedno tak
- kar damo na eni strani noter, pride na drugi strani ven

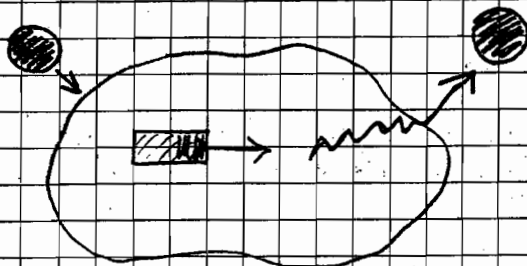
→ koliko podatkov lahko prenesemo je odvisno od debeline tunela

→ dva načina: ☀️ stvari vedno povezane: povezava je vedno vzpostavljena - NEKOMUTIRANA

☀️ osebe, ki komunicirajo, morajo preden se vzpostavijo tunel med sabo → fleksibilno vzpostavljena povezava: statična in dinamična topologija

☀️ za vsak podatek nam ni treba vedeti, kam ga bo poslal, ker ima tunel

### • PAKETNA KOMUTACIJA



PDU - lahko okvir ali paket

- ne vzpostavimo tokokroga
- informacije zapakiramo v paket in ga pošljemo po omrežju naprej
- vsak paket mora imeti v glavi zapisano od kat in kam gre (vse podatke, kako priti na drugo stran)
- se nekako samostojno usmeri skozi omrežje
- PDU različnih velikosti

→ izvor lahko tipično oddaja toliko paketov, kot dolgoča to omrežje

→ toliko hitro lahko to oddajamo, kolikor omrežje dovolji; potem pa se to v omrežju lahko upočasni (zaradi gužve)

## \* DRUGA DELITEV KOMUNIKACIJ

- **povezavno usmerjene komunikacije**: tiste, kjer mi pred oddajo podatkov **VEDNO** moramo vzpostaviti povezavo/kanal
  - najprej vzpostavimo zvezo/sejo: ali ima možnost, da sprejme; je zaseden ali prost; ali imata dva partnerja možnost vzpostaviti povezavo
  - prenos podatkov
  - sprostitve zveze
- **nepovezavno usmerjene komunikacije**
  - pred prenosom podatkov ni potrebno vzpostaviti povezave; odda podatke/paket v omrežje, preden sploh preveri ali je prejemnik prost. Paket je samostojna enota na omrežju,

	TOKOKROGOVNE	PAKETNE
NEPOVEZANE	X ni možno!	IP protokol Ethernet UDP
POVEZANE	telefonija/faks	FTP TCP

→ radio/TV - gre za enosmerno komunikacijo; za to, da nekdo nekaj odda

## \* Vsaka izmed tipov povezanosti ima prednost in slabost

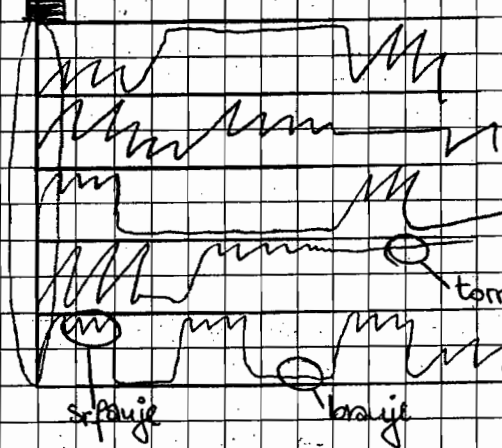
- **POVEZAVNO**:
  - ☞ **PREMNOSTI**: večja zanesljivost, lažja odprava napak, nadzor pretoka in količine (koncentrirane komunikacije/kantoli...?)
  - ☞ **SLABOSTI**: vzpostaviti moramo ta kanal → potrebujemo signalizacijo (avtomatsko: to naredijo protokoli; lahko pa to naredimo tudi na roko); večja kompleksnost
- **NEPOVEZAVNO**:
  - ☞ **PREMNOSTI**: zelo enostavno zgrajeno
  - ☞ **SLABOSTI**: manjša kontrola, kaj se s podatki dogaja, nemožnost zagotavljanja vrstnega reda sporočil; izgubljanje kontrole
- **TOKOKROGOVNA**:
  - ☞ **PREMNOSTI**: stalno zagotavljeni viri omrežij, ni medsebojnega vpliva povezan - neuplivnost, predvidljive zakasnitve, kakovost
  - ☞ **SLABOSTI**: slaba izkoriščenost, nujno vzpostavljajo povezavo

• **PAKETNA:** • **PREVNOSTI:** velika prednost je statični multipleks, možnost podpore fibričnim proučevam, omejitve oddaje sporočil postaveja omrežje

• **SLABOSTI:** zakasnitve niso predvidljive, v nepoznavani omrežja manjša zanesljivost in več napak, medsebojna vplivnost posameznih tokov, v vsakem vozlišču je potrebna dodelava vsakega podatka posebej  
 → postaveja večje zahteve za omejitve elemente

★ Iz tokokrogovnih smo šli na paketno omrežje. Zakaj?

tokokrogovna

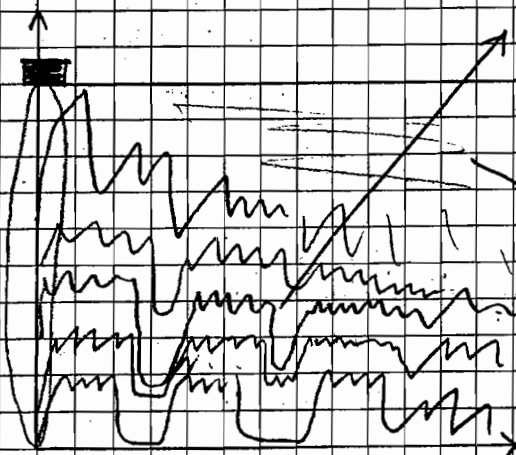


TELEFONIJA / INTERNET PO MODEMIM

torrent → porabnik, za katerega smo porabili nek kanal

~ vsak porabnik dobi svoj kos kapacitete, ki jo lahko porabi le do svoje meje ⇒ omejen kanal. Nizko izkoriščen kanal ne more uporabljati noben drugi (izgubljen kapaciteta, ki se ne more

paketno



statistični multipleks

INTERNET / ADSL

prostor, kjer lahko dodamo nove porabnike

~ če nekdo preseže kapaciteto, vpliva na vse ostale, ki v istem trenutku dobijo manj (meje ni) ⇒ vpliv uporabnikov enega na drugega; ni tako nadzorovano omrežje

~ **STATISTIČNI MULTIPLEKS:**

- prodajajo kapaciteto, ki jo splodi nimajo (1:4)
- promet naložen enega na drugega ⇒ uporabniki nimajo zagotovljenega svojega kosa

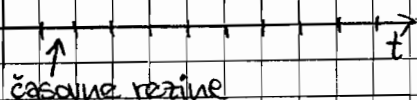
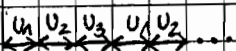
komutacija = posredovanje

# MULTIPLIKSIRANJE (združevanje) PODATKOVNIH TOKOV

- **MULTIPEKS:** več različnih vsebin daš v eno cev/povezavo (upr. v en analogni kanal, več digitalnih televizij)
- **PROSTORSKI MULTIPEKS** (območje baznih postaj ali vsak svoj kabel): vsakemu damo ločeno prostorsko/fizično pot → prostorsko poravnavanje frekvenc (upr. celični sistem mobilnih komunikacij) ⇒ prostorsko so tako ločeni, da se med seboj ne motijo

## ČASOVNI MULTIPEKS:

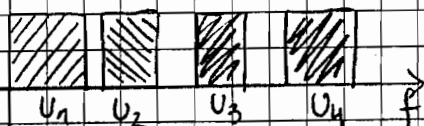
komunikacija ↑



→ vsak uporabnik ima časovno omejevanje (vsak ima kanal le nekaj časa)

## FREKVENČNO MULTIPLIKSIRANJE:

komunikacija ↑



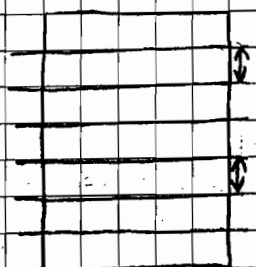
→ vsaki frekvenci dela en uporabnik

→ GSM: frekvenčni pas je regulator (Apek) razdelil na operaterje. V določenih večjih frekvencah pa za svoje uporabnike operater to frekvenco še časovno razdeli na te uporabnike (kombinacija multipleksov)

- **KODNO MULTIPLIKSIRANJE:** uporabniki v istem času, v istem prostoru, na isti frekvenci komunicirajo hkrati ⇒ vsak svoj govor kodira z eno kodo, ki je pseudo-naključna (za ostale to predstavlja šum)

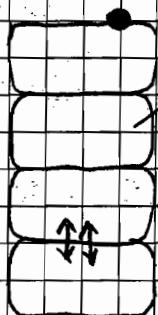
## OSI REFERENČNI MODEL IN PRIMERI

- komunikacijski sistemi so kompleksni (deliš lahko le na enem področju in ne na vseh hkrati) → obstaja standard, ki omogoča ločitev funkcij na več nivojev (kaj vsak blok dela)



→ uvedli so standardizirano zadevo: komunikacijski složi (zlagamo eno stvar na drugo) → vsak del naredi le svoje delo in ne ve kaj delajo ostali

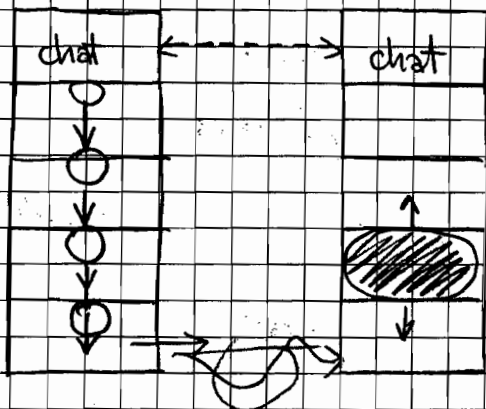
→ med seboj nivoji komunicirajo le po **STANDARDNIH VMEŠNIH**



protokole, ki je na določenem nivoju

PROTOKOL je nabor pravil in postopkov, ki določa način komunikacije v okviru enega nivoja ali med nivoji (vsak nivo podatke obdelava in jih pošlje naprej)

- navidezne horizontalne povezave
- so standardizirani
- implementacija je poljubna



→ OSI - open system inter communication  
 ⇒ referenčni model komunikacij, kako razdelat to, da bodo usklajeni in med seboj kompatibilni → teoretični model

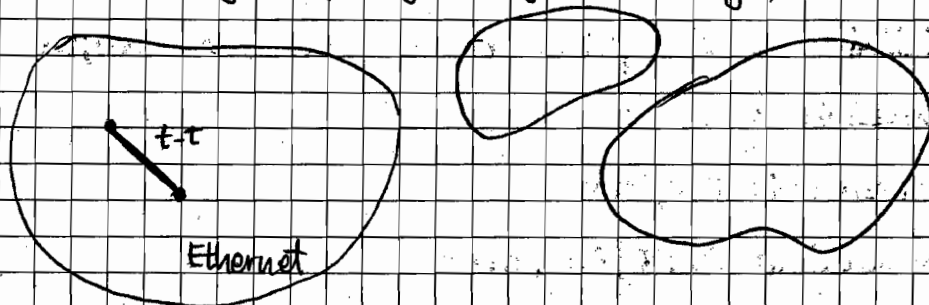
ip se zina pogovarjati v obe smeri

★ OSI Referenčni model: še tako kompleksen, lahko razdelamo na 7 nivojev (Layer)

- aplikacijski (L7) FTP, Telnet, HTTP
- predstavniški (L6)
- sejni (L5)
- transportni (L4) TCP, UDP
- omrežni (L3) IP
- podatkovni (L2)
- fizični (L1) UTP, ...

☀ L1: električne, mehanke, funkcionalne kontrole (kabel UTP: "1"-SV, "0"-OV), fizične / mehanske lastnosti

☀ L2: se ne ubada s fizičnim sejem, medtem mora le kaj mu ta zagotavljati. Tipično se ukvarja s povezovanji od ene točke do druge. Dva se med sabo pogovarjata (povezava = točka-točka), to je njegova naloga (bolj ali manj na lokalnem nivoju, čeprav je doseg lahko večji)



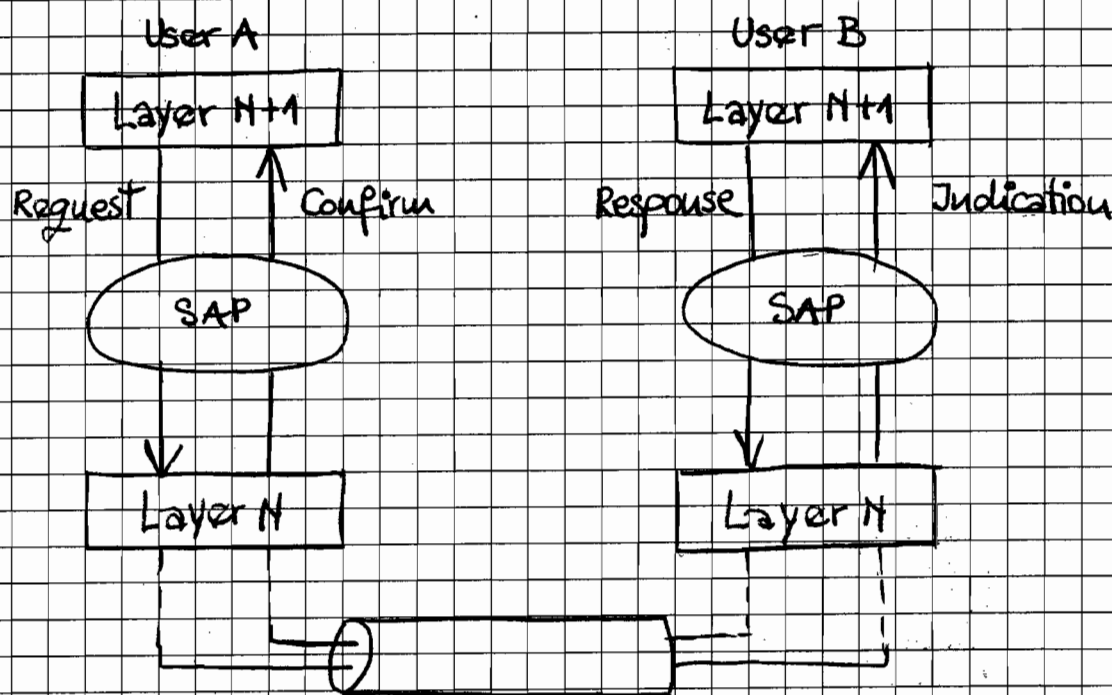
☀️ L3: ni treba, da smo zaprti v eno omrežje ⇒ skrbi za povezave z drugimi omrežji. Zagotovi, da lahko iz lokalno omrežja informacij pridemo do širše informacij → neodvisno od fizičnega in vezovalnega sloja ⇒ dobimo širino.

☀️ L4: način, ki potrjuje naše podatke (delo nekaj kar v paketnih sistemih nimamo → potrjevanje prejetih podatkov)

☀️ L7: aplikacije uporabnikov

## OSI RM - vertikalna komunikacija

SAP - service access point (IP naslov)



~ imamo še LOGIČNO komunikacijo → povezave med posameznimi nivoji (horizontalna povezava) ⇒ fizično gledano grede vsi podatki naokoli

~ sestavljanje PDU: vsak nivo nam s sabo prinese t.i. glave; glave različnih protokolov nalagamo eno zraven druge ⇒ REŽIJSKA KOMUNIKACIJA

~ praktičen protokol TCP/IP ima manj nivojev

FIZIČNI: združen fizični + vezovalni → WLAN, LAN

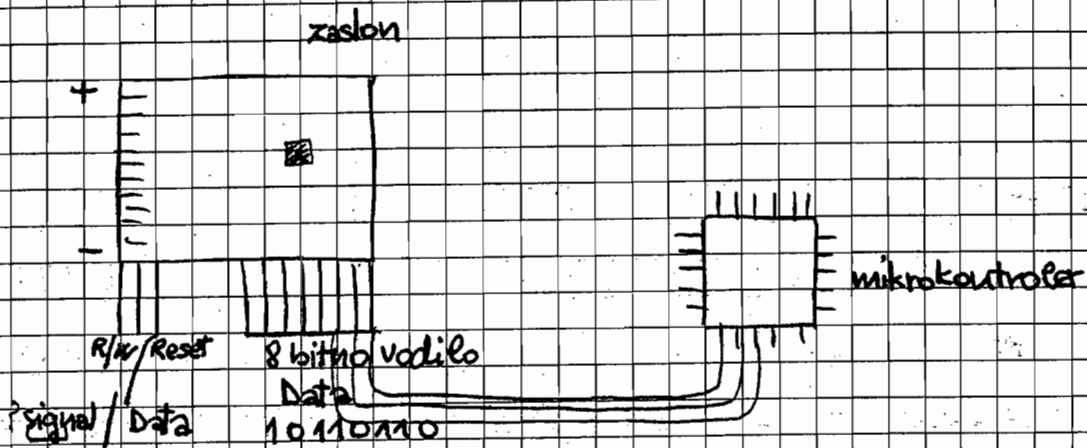
OMREŽNI: IP

TRANSPORTNI: TCP, UDP

APLIKACIJSKI: Telnet, FTP, HTTP

# KOMUNIKACIJSKA VODILA IN VMESNIKI

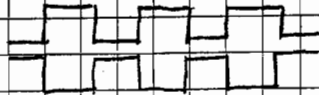
- Zakaj potrebujemo vodila?
  - Preko njih prevažamo podatke (treba je vedeti od kje in kam ter kako hitro), omogočajo sinhronizacijo (časovna, podatkovna, ...);
  - GPS sprejemnik je najbolj natančen časovni sinhroner;
  - sekundarna funkcija vodil je tudi napajanje (USB)
- tipična vodila najdemo v računalnikih (serijski vodil uinajo več)



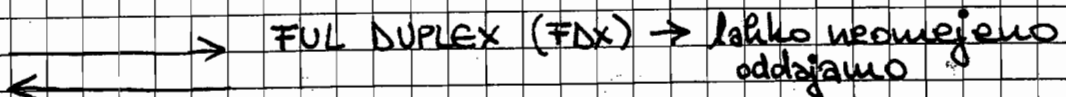
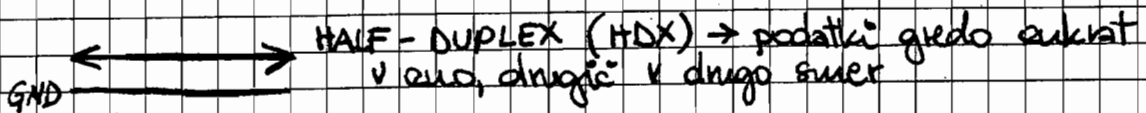
- podatek, ki bo paralelno letel čez vodilo, bo smatran kot nek ukaz
- računalnik: 32 ali 64 bitna vodila
  - ~ serijsko: bit po bit (indijanci - brezčisto)
- množica mikrokontrolerjev, ki jih je potrebno med seboj povezati (avto)

**OSNOVNE LASTNOSTI** se tipično opisujejo kot električne karakteristike vmesnikov

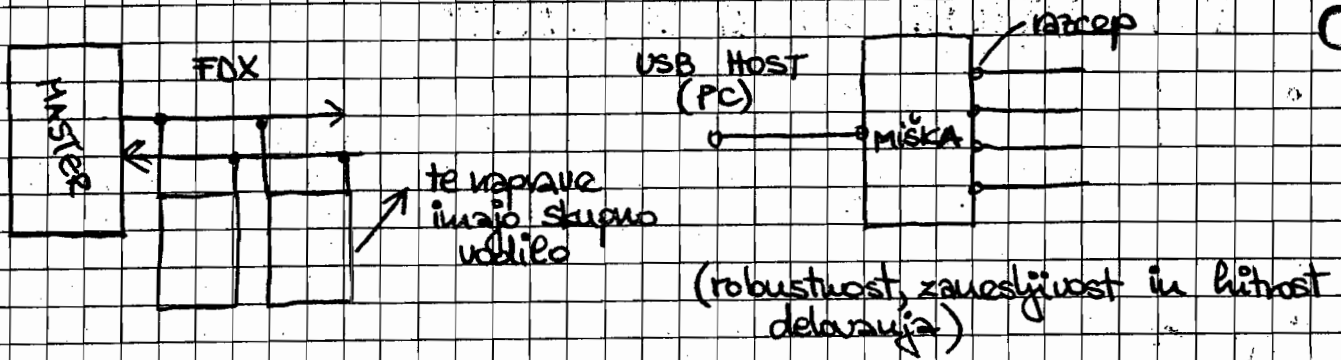
→ diferencialno vodilo (dve vodili/žici z obratnimi potenciali)



- mehanske karakteristike, prenosni medij (zrak elektromagnetno valovanje uoli; vakuum/eter; žica - baker), smerost vodila (enosmerna ali dvosmerna → dvosmerna, kjer želimo varčevati)



- topologija vodila (peer to peer)



- fizične dolžine vodil: ①-5 m (s stališča elektronike je to neskončnost → sestavljamo atome, da dobimo žičko)

- dolžina povzroči padanje prenosne zmogljivosti

- MEDIJ:
  - optika: laser (nekaj km) → deluje točkovno (mišice ne more vstuskovat, ker če da kaj vmes, zaznamo motnjo);
  - IR (infra-rdeča povezava → privat povezava med GSM in PC)

\* zrak: tipično snovno valovanje (snov tipično EMV moti → komponente električnega in magnetnega valovanja preko antene spravimo v medij) ⇒ snovno (poslušanje po tihu - po gostejši snovi potuje hitreje); voda (morska) - s pomočjo EMV ni mogoče komunicirat, zato se uporablja UZ (ultrazvokni valovi → sonar). Podmornice uporabljajo EMV z frekvenco nekaj Herzov.

- \* baker:
  - prepletena palica: tipični internet UTC
  - koaksialni kabel COAX
  - PLC (powerline communication): ne rabimo nobenega drugega kabla → internet preko omrežij za elektriko

- USB
- FireWire (podobno kot USB) → rabimo zunanje napajanje, doremenjuje veliko manj procesorja
- HDMI
- RS-232 → serijsko vodilo, uporablja več linij TXD, RXD
- RS-485 in RS-422 → uporablja diferencialen prenos
- I2C → vsebovano v vsakem mikrokontrolerju
- SPI → na Š-ARMu
- CAN II → vodila, ki jih najdemo v avtomobilu

# LOKALNA OMREŽJA, TEHNOLOGIJA ETHERNET

- lokalna omrežja: v nekem manjšem prostoru, manjše omrežje, LAN
- tehnologija Ethernet: ko imamo kabel UTP, namenjena v uporabi v lokalni omrežja

IPv4 in IPv6 → IP - Internet Protocol

⇒ IPv4 je trenutno aktualna

- Komunikacijsko omrežje delimo na več sistemov:

→ dostop ali agregacija: dostopni del omrežja ima več tehnologij:

- \* xDSL (VDSL, ADSL, ADSL2+, ...)
- \* DOCSIS (kabelsko omrežje)
- \* FTTH: optika
- \* WiMAX: wireless dostop
- \* UMTS/HSPA, LTE: mobilna omrežja (Mobilni)
- \* ATM/FR: že staro, se ne uporablja več
- \* ETHERNET

- V omrežju operaterja govorimo o jedru oz. hrbtenici omrežja zgrajeno na tehnologiji MPLS (Ethernet, SD-WAN, DWDM/OTN/QMPLS) - tehnologija vsch resni operaterjev, protokol kampa na višjem nivoju.

- 7 nivojev ISO OSI

7. APLIKACIJSKI FTP → Browser (Firefox) - brskanje, SKYPE, TORRENTI

6. PREDSTAVITVENI KODEKI

\* 5. SEJNI VOIP → SIP

4. TRANSPORTNI TCP/UDP

3. OMREŽNI IP

Ethernet { 2. POVEZAVNI ADSL, Ethernet

1. FIZIČNI kablji, (wirelessna kartica), zrak

\* vzpostaviš povezavo, jo nekaj časa vzdržuješ in nato prekineš

↓ pripada tehnologiji Ethernet, ki ga imamo v obeh nivojih

- Standard, ki opisuje Ethernet, določa kako bo delovala wirelessna, kablji, kako se bodo prenašali biti čez žico ali zrak, ...

- Operater ima še storitveni podsistem: INTERNET (dostop) - ostali ponudniki internetnih storitev, internetne storitve (Web, Mail, FTP), sistem IPTV, sistem VoIP (internetna telefonija), sistemi BSS/OSS (nadzor/upravljanje)

**triple Play** - trojček: internet, IPTV, VoIP

- INTERNET:
  - zelo veliko število končnih odjemalcev (osebni računalniki, delovne postaje, pametni mobilni telefoni)
  - različne komunikacijske povezave: optika (kabel iz dveh različnih materialov - laser šelja svetlobo in žarek se zaradi različnih materialov odboja, fotodioda to sprejme), bakro (telefonski kablji, UTP), brezžični in mobilni sistemi (žrak), sateliti, ...
  - usmerjevalniki: usmerjajo in posredujejo podatke (ruteji)
  - internet je "omrežje omrežij": omrežja, ki so med seboj povezana

### KLASIFIKACIJA OMREŽIJ IP

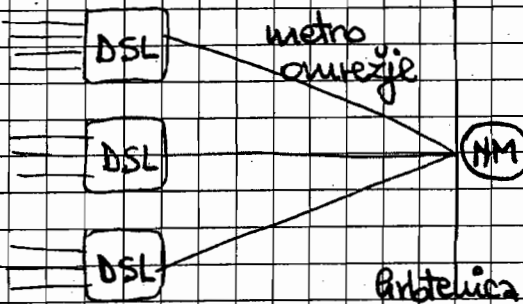
→ glede na doseg pokrivanja: \* osebno omrežje → PAN (Personal Area Network): do 10m → Bluetooth

\* lokalno omrežje → LAN (Local Area Network): 10 - 100m

\* omrežje v kampusu → CAN (Campus Area Network): faks

\* mestno omrežje → MAN (Metropolitan Area Network) → metro: povezuje več central med sabo

\* prostrano omrežje → WAN (Wide Area Network): na daljavo (100km - v Evropi: 1000km)



→ omrežja PAN in LAN → domača omrežja

→ omrežja PAN, LAN, CAN → omrežja v poslovnih okoljih

→ omrežji MAN in WAN → operaterska omrežja

### LOKALNA OMREŽJA - LAN

\* OSNOVNI ELEMENTI OMREŽJA: terminalna oprema (osebni računalniki PC, delovne postaje, setobox, telefon, TV), strežniki, omrežni tiskalniki, omrežna oprema (stikala, usmerjevalniki, požarni zidovi, brezžične dostopovne točke)

\* KOMUNIKACIJSKE POVEZAVE MED ELEMENTI OMREŽJA: optične baklene, brezžične, "de-facto" standard predstavlja tehnologija Ethernet

\* NAMEN OMREŽJA - zagotavljanje omrežnih storitev

- prenos datotek - protokol FTP (angl. File Transfer Protocol)
- prenos elektronske pošte - SMTP (angl. Simple Mail Transfer Protocol)
- spletne storitve - HTTP (angl. Hyper Text Transfer Protocol)
- upravljanje napravo - SNMP (angl. Simple Network Manage Protocol)

## TEHNOLOGIJA ETHERNET

- \* začetki ethernet:
  - Ethernet = Ether + Net → 1973
  - Xerox PARC: Robert Metcalfe
  - Izhodišča pri razvoju: v omrežje se povežemo preko skupnega medija

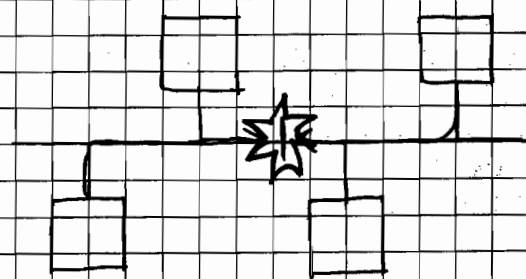
→ čimbolj enostavno za user-ja: deluje po principu "plug and play" (takoj deluje ko vklopim)

→ skupni prenosni medij - koaksialni kabel (oz. žrak): osnova za prenos-protokol CSMA/CD

→ poceni in preprosto povezuje računalnikov v omrežje LAN

~ protokol CSMA/CD → kako se izogniti trku

TRK



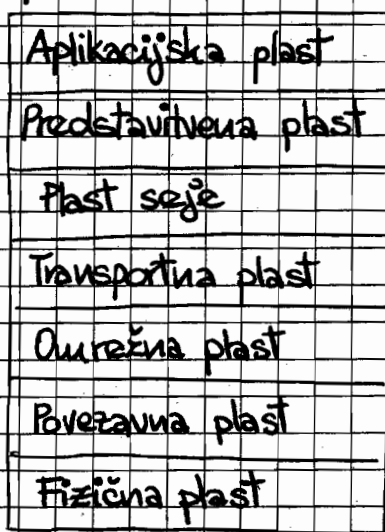
↓  
medij se zaveda, da je več vhodov → zaznava več kolizij ali trkov

### \* Razvoj Ethernet-a

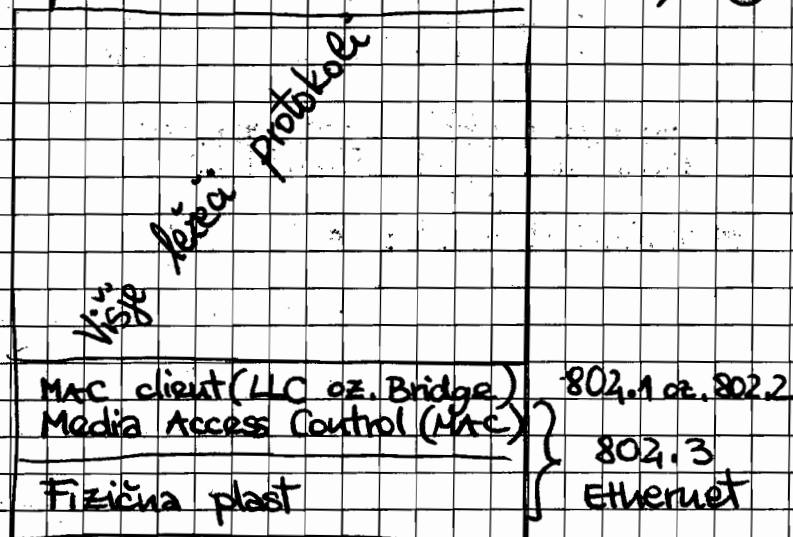
- 1970 Aloha - University of Hawaii
- 1973 Xerox - 3 Mbit/s Ethernet
- 1980 standard DIX (Digital, Intel in Xerox) v 1.0 - Ethernet
- 1982 standard DIX v 2.0 - Ethernet II
- 1983 IEEE 802.3 - 10Base5 (thick)
- 1985 IEEE 802.3a - 10Base2 (thin)
- 1990 IEEE 802.3i - 10Base-T
- 1995 IEEE 802.3u - 100Base-T (100base-TX, 100base-T4, 100base-FX)
- 1997 IEEE 802.3x - standard za full-duplex
- 1998 IEEE 802.3z - 100base-x (Gigabit Ethernet)
- 1998 IEEE 802.3ac - VLAN
- 2003 IEEE 802.3ae (optika)
- 2006 802.3an - 10G (OTN)

# \* Ethernet in referenčni model OSI

## Referenčni model OSI



## Referenčni model Ethernet (IEEE 802.3)



# \* Značilnosti tehnologije Ethernet

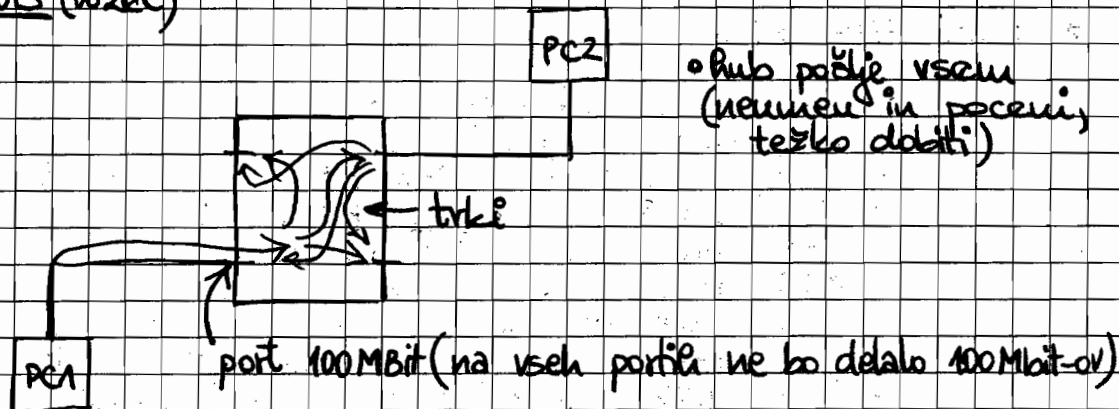
→ Tehnologija v osnovi razvita za okolja LAN

- deluje po principu "Plug and Play"
- nič ni potrebno nastaviti, vse se zgodi avtomatsko

→ Tehnologija Ethernet

- FIZIČNI VMESSNIKI ETHERNET
  - prenosne hitrosti 10/100/1000/10000/40000 Mbit/s
  - prenos prek optičnih vodnikov in bakrenih vodnikov
  - brezžični Ethernet - WiFi/WLAN
- OMREŽNA OPREMA ETHERNET
  - angl. hub, bridge, switch

### HUB (vozel)



- pri koksialciji lahko hub igra vlogo ojačevalnika
- bridge, switch - stikalo ⇒ tehnologija Ethernet (ne zanimajo ga IP naslovi)

→ RUTER - usmerja internet glede na IP naslove (1., 2. in 3. nivo)

◦ PODPORNI MEHANIZMI ETHERNET

- VLAN (angl. Virtual LAN) - mehanizem za virtualizacijo omrežja
- STP (angl. Spanning Tree Protocol) - mehanizem za preprečevanje zvez (zagotavljanje velike vzdržljivosti in redundantnih povezav)
- PoE (angl. Power over Ethernet) - napajanje naprav prek Ethernet
- link aggregation - združevanje fizičnih vmesnikov

★ Komponente omrežja Ethernet

◦ KONČNE NAPRAVE ETHERNET

- osebni računalniki, delovne postaje, strežniki, IP, telefoni
- usmerjevalniki, požarni zidovi

◦ OMREŽNA OPREMA ETHERNET

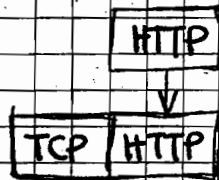
- stikalo Ethernet (angl. switch) - aktivno vozlišče
- obraveževalnik/vozel Ethernet (angl. hub) - pasivno vozlišče

★ Okvir Ethernet in uporabniška vsebina

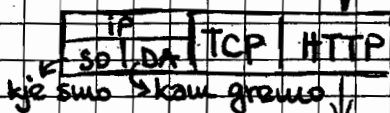
www.google.com → 7. NIVO

- 6. NIVO /
- 5. NIVO /
- 4. NIVO
- 3. NIVO
- 2. NIVO
- 1. NIVO

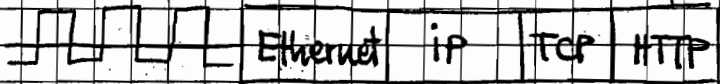
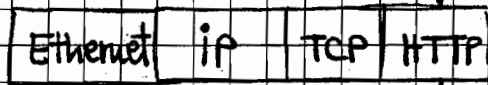
HTTP → Google uporablja ta protokol  
↓  
to so biti 01001100 → HTTP uporablja protokol TCP



→ Mrežna kartica pogleda Ethernet in poda operacijskemu sistemu



→ komunikacija je taka, da se stvari izgledajo → podatki se dodajajo, na drugi strani pa odstavljajo, da prideemo do HTTP strežnika.



→ HTML ne vpliva na omrežje → za nas je važen način prenosa podatkov

→ 0 in 1 se spreminjata v električni signal ~ neko napetost

→ switch: da en računalnik lahko pošlje drugemu računalniku podatke rabimo MAC naslove (Media Access Control)

◦ Uporabniška vsebina se prenaša v okviru Ethernet

- uporabniška vsebina - paketi IPv4, IPv6, ARP, MPLS

## • Naloga okvirja Ethernet

- prenos "bitov - uporabniške vsebine" prek fizičnega medija
- nastavljanje Ethernet naprav, odklirvanje napak pri prenosu

- Vsebina in velikost okvirja Ethernet je za vse verzije Ethernet-a enaka
  - omogoča združljivost "novih različic" Ethernet-a za obstoječimi
  - dokler se uporabniška vsebina prenaša prek Ethernet omrežja, se okvir ne spreminja

## • Značilnosti okvirja Ethernet

- velikost okvirja je 1518 oktetov
- velikost "glava + rep" je 18 oktetov
- velikost koristne vsebine je 1500 oktetov (npr. paketa IPv4)

Ethernet glava	Uporabniška vsebina - paket IP	rep
----------------	--------------------------------	-----

## \* Struktura okvirja Ethernet

- cilj in izvorni naslov; kar je znotraj podatkov (Data) pa ni pomembno
- Preamble → kako je vedel, kje je začetek in kje konec paketa ter kje se začne naslednji (vedel kateri je prvi bit, ki definira naslov)
  - niz potreben za sinkronizacijo (1010...)
  - \* združljivost za nazaj - 10 Mbit Ethernet (asinkron)
  - \* SFD (Start Frame Delimiter) - konec sinkronizacije (niz 10101011)
- Destination / source: cilj in izvorni naslov MAC
- Length / Type:
  - vrednosti manjše od 600 HEX (= 1536 dec) - polje Length
  - vrednost enaka ali večja od 600 HEX - polje Type
  - 0800 HEX = IPv4, 805 HEX = ARP
- PAD - polnilni biti
- FCS - polje za zapis izračunane vrednosti CRC: ugotovi če pride do napake → preveri ali je prišlo do napake pri prenosu

Okvir IEEE 802.3

Preamble 7	SFD 1	Destination 6	Source 6	Length/ Type 2	Data 46 do 1500	Pad	FCS 4
---------------	----------	------------------	-------------	-------------------	--------------------	-----	----------

Okvir Ethernet II - DIX v2

Preamble 8	Destination 6	Source 6	Type 2	Data 40 do 1500	Pad	FCS 4
---------------	------------------	-------------	-----------	--------------------	-----	----------

# VMESNIKI ETHERNET

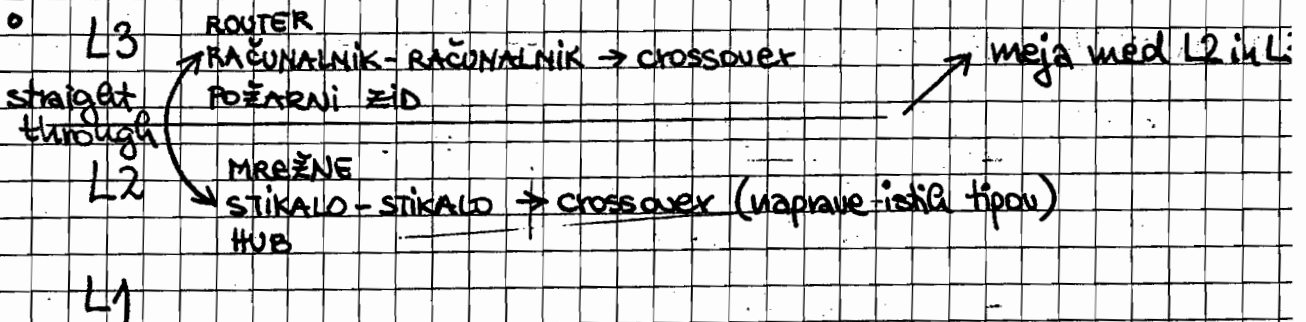
## \* Ethernet vmesniki

- ETHERNET FIZIČNI VMESNIKI - troudne hitrosti vmesnikov
  - 10 Mbit/s, 100 Mbit/s, 1 Gbit/s, 10 Gbit/s, (40 Gbit/s, 100 Gbit/s)
- MEHANIZEM ZA AVTOMATSKO PRILAGAJANJE HITROSTI IN NAČIN DELOVANJA
  - half duplex, full duplex
  - upr. vmesnik 1000BASE-T lahko deluje z različnimi hitrostmi: 1000 Mbit/s, 100 Mbit/s, 10 Mbit/s
    - odvisno od hitrosti vmesnika na napravi (stikalo) na katero je priključen
- PRENOS V OSNOVNEM PASU (base band)
  - omogoča neposredni prenos prek različnih medijev
    - bakreni vodniki (upr. vodnik UTP, konektor RJ45)
    - optični vodnik (upr. večmodovna vlakna MM, konektor LC)

## \* Ethernet - očičuje UTP

- Kabel UTP - 8 žilni kabel (4 pari)
  - oranžna, oranžno-bela
  - zelena, zeleno-bela
  - modra, modro-bela
  - rjava, rjavo-bela
- straight through: na obeh straneh žilke v enakem zaporedju
  - ↳ klasični kabel UTP: povezovanje spolk konektorjev
- crossover: obratno zaporedje

- Konektor RJ45
  - moški del
  - ženski del



→ naprave različnih tipov: straight through

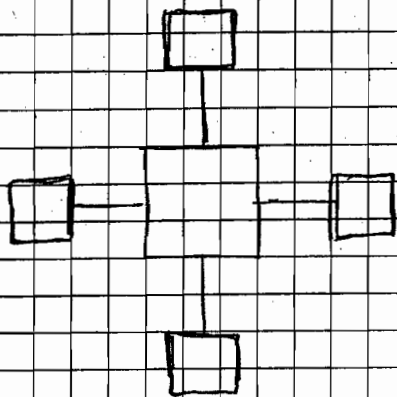
## \* Ethernet standardi

- Ethernet vmesniki in Ethernet naprave
- Wireless LAN se razlikuje na fizičnem nivoju (medij - zrak)

## \* Fizični in povezavni sloj Ethernet

- važno je, kaj se zgodi na povezovalnem sloju

UTP



- 4 pari, ki so med saboj prepleteni
- nezaščiten/minna oklopa (kdaj ga ima okrog vsega ali celo okrog vsakega posameznika)
- STP - druga oblika kabla

koaksialno → nimamo skupne točke, režemo v seriji

## \* Media Access Control (MAC)

- Podstoj, ki določa način sodostopa do skupinskega medija  
→ kolizijska domene - "collision domain"

• MAC - tipi

→ DETERMINISTIČNI - ne prihaja do kolozij (taking turns)

- FDDI

- fizično - topologija dvojnega kroga
- logično - topologija kroga

- TOKEN RING

- fizično - topologija zvezde
- logično - topologija kroga

→ NETERMINISTIČNI - lahko prihaja do kolozij (first come, first served)

- CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection

- fizično - topologija zvezde ali vodila
- logično - topologija vodila

## \* 100 Mbit/s - Fast Ethernet

- Najbolj razširjena standarda

→ 100 Base-TX

- prenosni medij UTP Cat 5
- konektorji RJ-45

→ 100 Base-FX

- prenosni medij večmodno optično vlakno
- konektorji ST ali SC

• Kodiranje

→ 4B/5B

→ linijsko kodiranje: MLT-3 (UTP), NRZI (optika)

• Teoretična hitrost

- 100 Mbit/s (half-duplex)
- 200 Mbit/s (full-duplex)

# ETHERNET OMREŽNE NAPRAVE

## ⊗ Ethernet omrežnih naprav

• OBNAVLJALNIK (angl. regenerator)

→ dvo portna naprava, ki zgolj slepo prenaša okvirje iz enega omrežja v drugo omrežje (deluje na sloju L1)

• VOZEL (angl. hub)

→ gaščevalnik z več vrati (porti)

• PREMOŠČEVALNIK (angl. bridge)

- naprava, ki prenaša okvirje iz enega omrežja v drugo omrežje glede na naslov MAC (deluje na sloju L2)
- gradi si tabelo, v katero si zapisuje, s katerimi naslovi prihajajo okvirji prek določenih vrat. Okvir pošlje samo na tista vrata, katerih naslov ustreza ciljnemu naslovu zapisanemu v glavi okvirja Ethernet.
- stikalo z dvema portoma
  - stikalo gleda Ethernet glavo
  - ruter gleda iz glavo

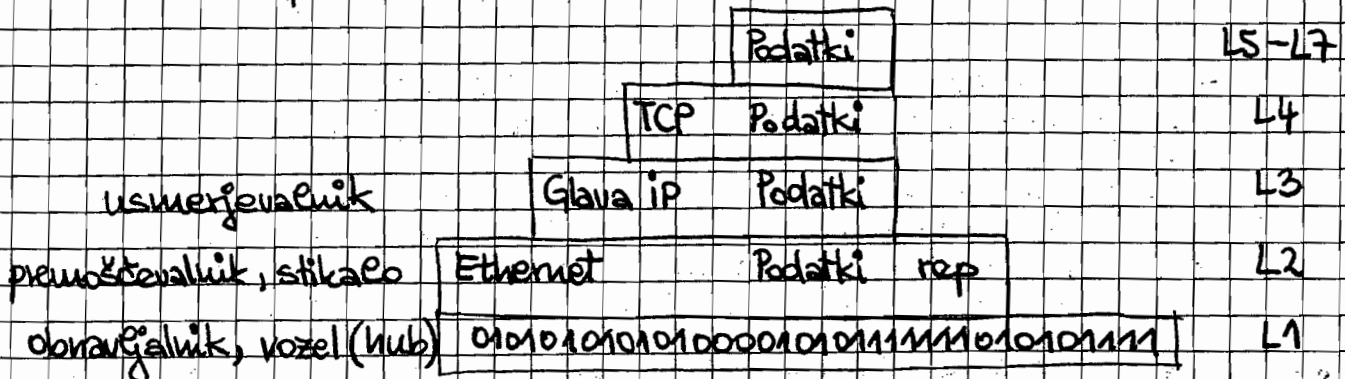
• STIKALO (angl. switch)

→ premoščevalnik z več vrati (porti)

• USMERJEVALNIK (angl. router)

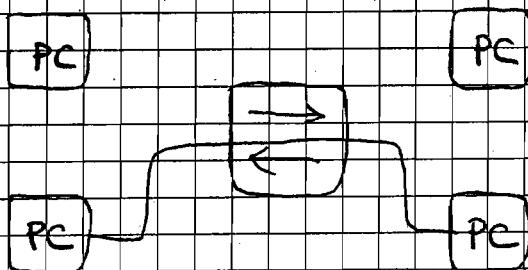
→ naprava, ki prenaša pakete IP iz enega omrežja v drugo omrežje glede na naslov omrežnega nivoja (deluje na sloju L3)

## ⊗ Omrežne naprave - umestitev v OSI



## ⊗ Ethernet nastavejave

- 48 bitni naslov MAC zapisan v formatu HEX
  - sestavljen iz dveh delov: OUI in vendor assigned
  - primeri naslovov OUI
    - Cisco (00-06-2F-xx-xx-xx)
    - IANA multicast (01-00-5E-xx-xx-xx)
  - nek konsenz: prvih 24 bitov se določi glede na proizvajalca
  - učastnik bilo zaprčeno v hardware kartici
- UNICAST: en komunicira na eni, drug pa na drugi strani



- MULTICAST: eden pošlje večim (lahko izberemo katerim) računalnikom, ki to dobijo režimo multicast skupina
  - IPTV uporablja multicast
- BROADCAST (FF-FF-FF-FF-FF-FF): en pošlje vsem

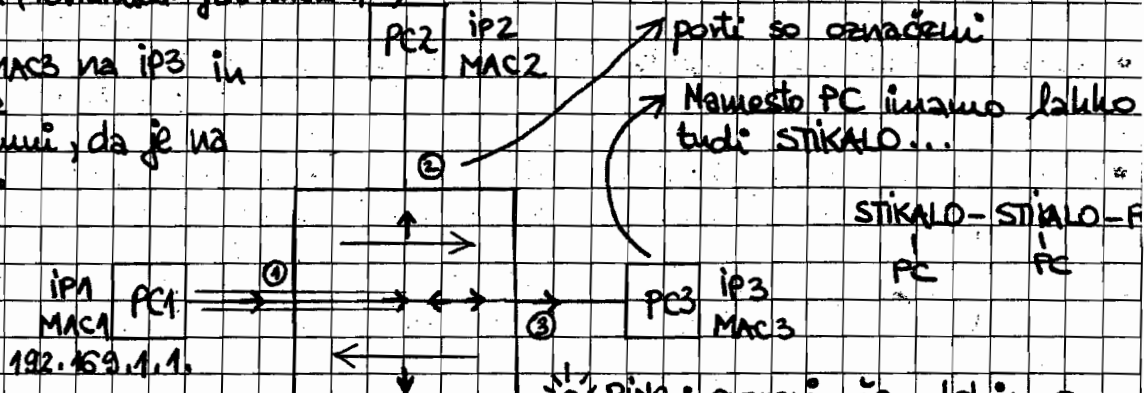
## ⊗ ETHERNET STIKALO

- Standard ANSI/IEEE 802.1D
  - transparent bridge
  - spanning tree
- Vzdržuje tabelo (tabela MAC, CAM, Filtering Database) v kateri so vnosi, ki zagotavljajo mapiranje med naslovi MAC in posameznimi fizičnimi vmesniki
  - statični vnos
  - dinamični vnos - posamezen vnos se odstrani po izteku časovnika (Ageing Time = 300s)
- Princip delovanja
  - okvir (unicast) se posreduje samo na tista izhodna vrata, kateri naslov MAC ustreza ciljnému naslovu zapisanemu v glavi okvirja
  - če v tabeli MAC ni vnosa za posamezen ciljni naslov MAC se okvir (unicast) posreduje na vse izhodne vmesnike
  - okvirji, ki vsebujejo multicast in broadcast naslov se posredujejo na vse aktivne izhodne vmesnike
- PING: da dobiš replay in preveriš povezavo na četrtem nivoju (IP)
- za stikalo je dovolj da poznamo MAC; za računalnik pa ravnimo se IP

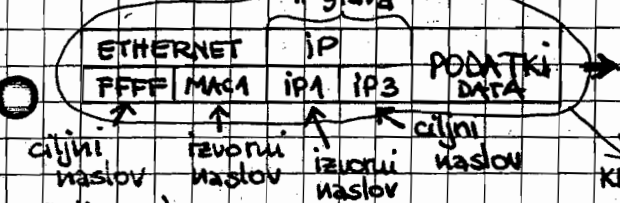
MAC1 → SWITCH (Kdo ima IP3?)

MAC3 → MAC1 (Povratnica: Jaz imam IP3)

- IP1 ve, da je MAC3 na IP3 in pošlje podatke
- SWITCH si zapomni, da je na PORT 3 MAC3.



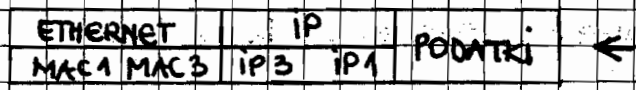
PC1 pošlje tle usem PC-jem na switch-u



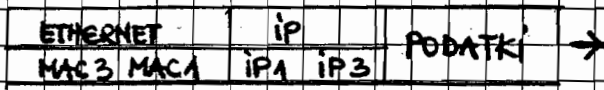
PING: preveri, če dobimo povratno informacijo, s tem preverimo povezanost ⇒ preverjamo PING-amo

PC3 pošlje PC1 naslednje

računalnik vpraša (PC mora zapisati MAC) → MAC ne rabimo, v source in destination pa moramo nekaj zapisati



PC1 sedaj ve, kdo ima MAC3, to je PC3 in mu pošlje podatke



"plug and play" ⇒ rabimo MAC3, da vemo, kateremu računalniku ali na kateri port poslati podatke → računalnik (PC1) ne ve, kateri MAC je na določnem IP-ju → vpraša vse računalnike (pošlje paket (→), ki sprašuje: Kdo ima IP3) → IP3 odgovori (←) IP1: Jaz imam IP3. Sedaj IP1 (MAC1) ve na katerem IP-ju je MAC3, to je na IP3, port 3 in sedaj PC1 lahko pošlje (→) podatke PC3.

←	→	→	↗ v switchu																						
<table border="1"> <tr><th>IP3</th><th>MAC3</th></tr> <tr><td>IP106</td><td></td></tr> </table>	IP3	MAC3	IP106		<table border="1"> <tr><th colspan="2">ARP TABELA</th></tr> <tr><th>IP1</th><th>MAC1</th></tr> <tr><td></td><td></td></tr> </table>	ARP TABELA		IP1	MAC1			<table border="1"> <tr><th colspan="2">CAM TABELA</th></tr> <tr><th>PORT</th><th>MAC</th></tr> <tr><td>1</td><td>MAC1</td></tr> <tr><td>2</td><td>MAC2</td></tr> <tr><td>3</td><td>MAC3</td></tr> <tr><td>4</td><td>MAC4</td></tr> </table>	CAM TABELA		PORT	MAC	1	MAC1	2	MAC2	3	MAC3	4	MAC4	→ ko PC1 povprašuje "Kdo ima IP3" si SWITCH naredi tako tabelo - shrami se 5min (če mi uobehih sprememb), potem se izbriše?
IP3	MAC3																								
IP106																									
ARP TABELA																									
IP1	MAC1																								
CAM TABELA																									
PORT	MAC																								
1	MAC1																								
2	MAC2																								
3	MAC3																								
4	MAC4																								

ko PC1 dobi povratno informacijo od PC3 "jaz imam IP3" si PC1 naredi tako tabelo ⇒ ko PC3 dobi povpraševanje od PC1 "kdo ima IP3" si PC3 naredi tako tabelo → SWITCH podatke shrami → na katerem portu je določen MAC

- CAM tabela je SWITCHU: če v Switchu ni bilo komunikacije, se zbraše
- ARP tabela je v PC (Address Resolution Protocol)
- NEUMEN SWITCH: pošlje podatke vsem PC-jem: PC1 → PC2  
→ PC3  
→ PC4
- PAMETEN SWITCH: → primer TV: uporablja se prijavi v MULTICAST SKUPINO SWITCH si zapomni da iz PORT-a 3 in PORT-a 2 hočejo gledati program SLO1, to si zapisejo v svojo tabelo in potem pošlje signal (SLO1) samo na port 3 in port 2, ne pa vsem, kot to delajo NEUMNI SWITCH-i

TV → 1. program (št. 1) je SLO1 ⇒ se prijavimo v to multicast skupino

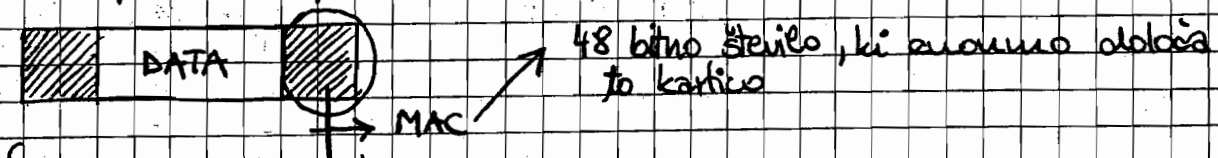
- Switch je pameten in dela IGMP snooping → mi pišemo na eta in se prijavimo v multicast skupino ⇒ pošljemo request na njen naslov
- Pri SWITCH-u ne more priti do trkov / kolezij kot pride pri HUB-u. Da trkov lahko pride samo med SWITCH-om in računalnikom, v SWITCH-u samem pa ne!!!

### Omrežne naprave L1 in L2 in L3

- Naprave L1 podaljšujejo / povečujejo kolizijske domene
- Kolizijske domene lahko omejimo z
  - pramaševalnikom (bridge)
  - sikačom (switch)
  - usmerjevalnikom (router)
- "Broadcast" domene lahko omejimo z
  - usmerjevalnikom
  - VLAN

### ETHERNET

- L1+L2 podatkovno prenašanje
- OKVIR (FRAME) → to si pošiljajo (kvota Ethernet)
- 10 Mbit/s - 100 Gbit/s



- dolžina Ethernet okvira: spremenljive dolžine
- povprečna vrednost Ethernet okvira: 1kB
  - maksimalna vrednost: 1500B

- deluje na zelo širokem naboru prenosnih hitrosti:  $10\text{Mbit/s}$ ,  $100\text{Mbit/s}$ ,  $1\text{Gbit/s}$ ,  $10\text{Gbit/s}$ ,  $40\text{Gbit/s}$ 
  - za prenosno pot uporabimo UTP
  - optika

• interaktivno se uporablja kot sistem za uspešno storitev (prej mišljen le za lokalna omrežja)

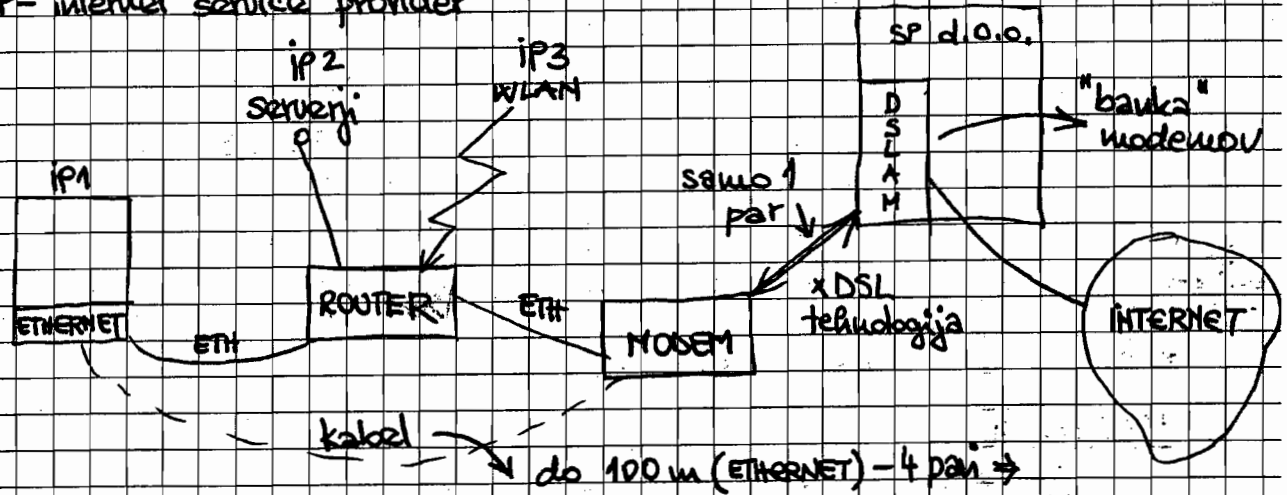
→ ovrzani element za Ethernet: Ethernet stikalo / switch

# INTERNET

- skupke med seboj povezani omrežji (lokalna omrežja)
- padejo do aplikacij, ki zagotavljajo storitve končnim uporabnikom

računalnik → Ethernet vmesnik

- ISP - internet service provider



- MOBILE: nima Ethernet vmesnika, ima pa UMTS / GPRS

→ UMTS / GPRS → različne tehnologije, ki so sposobne protokolno-podatkovne ceste povezati; dostopati moramo z različno tehnologijo → vse je nekako povezano

- MODEM: modulator, demodulator; omogoča, da po parici digitalno komuniciramo (tudi na drugi strani moramo imeti modem → enako zaključena povezava). Modem mora poznati xDSL in Ethernet protokole.

- Vmes si postavimo domaći usmerjevalnik oz. router. Ta router povežemo na računalnik, na drugi strani pa na modem (tudi modem lahko dela iste naloge). Povezava med računalnikom in routerjem ter modemom je Ethernet.

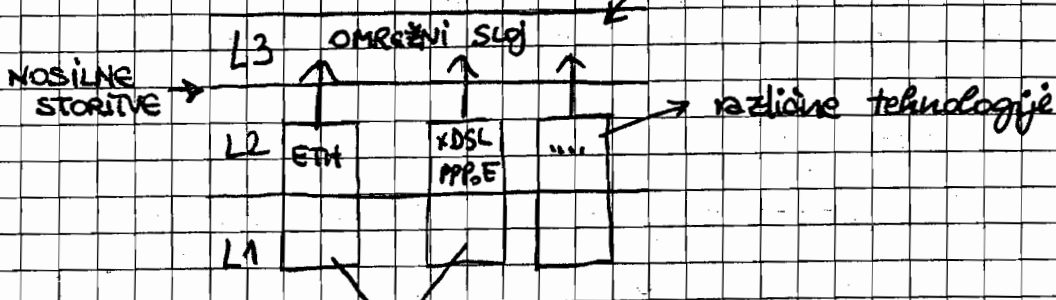
• Modem skrbí, da digitalne informacije (biti) tečejo v eno in drugo smer ⇒ urediti moramo protokoli - podatkovne avte → to naredimo s PPPoE (vključuje mehanizme za avtomatizacijo mrežnega povezovanja s katerim povežemo kabo s mrežo).

• Kaj je sedaj internet?

• kaj router dela?

- dela kot stikalo (ethernet)
- zaščita/varnost (firewall)
- PPPoE (point to point protocol over Ethernet)
- DHCP - dynamic host configuration protocol (protokol s katerim dinamično/sprotno konfiguriramo host → končne naprave)
- WLAN: brezžična tehnologija za internet
- NAT/PAT: ureja
- GATEWAY

posredni stikali: pogajajo se za protokole IP (IPv4, IPv6)



računalnik in mobilni uporabljata različne poti na prvem sloju (fizične ne gje ukop)

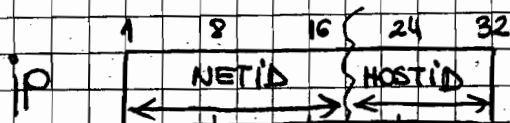
IPv4

\* IP je jedro celotnega interneta

PROTOKOL IP

→ poveži omrežja, tvori logično omrežje → zagotoviti mora nastavevanje (vsaka naprava priključena v omrežje ima svoj unikaten naslov)

→ IPv4: 32-bitna številka; UNIKATEN: dve napravi ne smeta imeti istega IP naslova

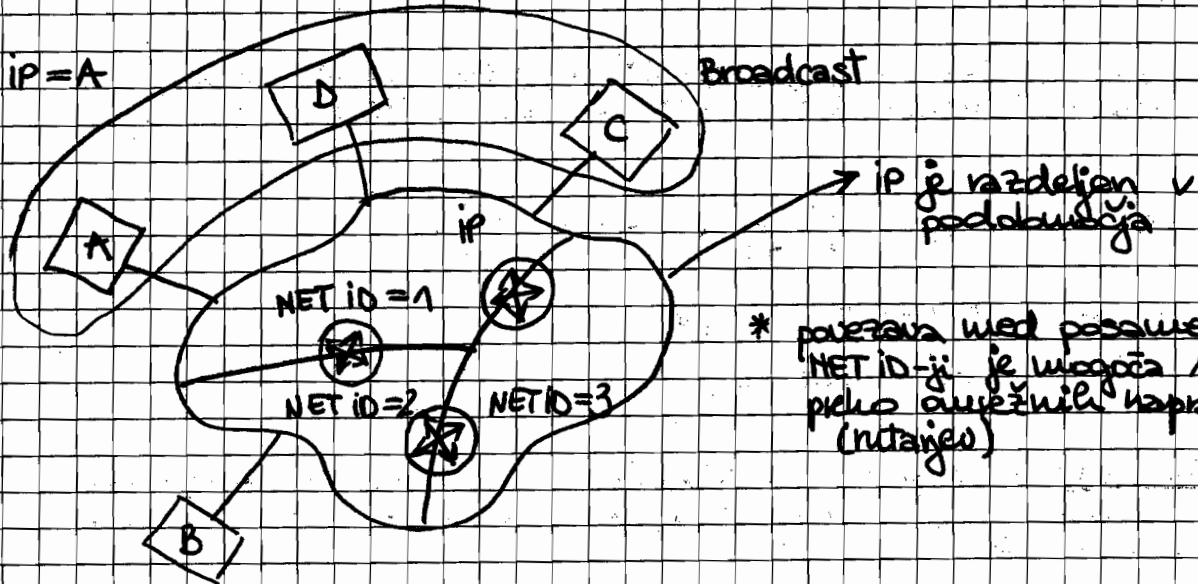


BINARNO → DEC

212.235.185.16 DESETIŠKI ČETURČERK (najpogostejša oblika IP naslova)

\* vsebinsko gledano ima dva dela (32 bitov)

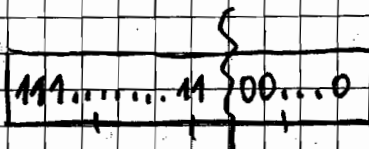
- Naslov poddomenja - OMREŽNI NASLOV NET ID
- naslov naprave HOST ID



\* povezava med posameznimi NET ID-ji je mogoča le preko omejenih naprav (rutanje)

→ NETMASK } 32-bitno število  
N MASK }

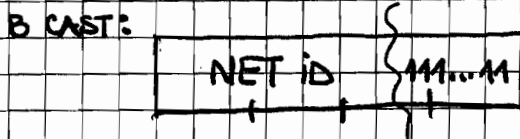
\* Pri nastavljanju najprej definiramo v kateri NET ID hočemo poslati, znotraj NET ID pa definiramo še HOST ID (posamezne naprave)



NET MASK: določamo, kje bo računalnik in povezano kako interpretirati IP naslov (net in host ID)

\* Kaj lahko ≠ IP naslovimo?

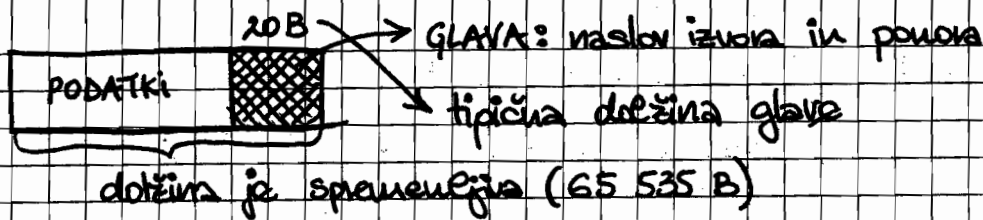
- posamezno napravo: naslov tipa UNICAST
- BROADCAST: vsakokrat naslovimo vse naprave v NET ID (BCAST)



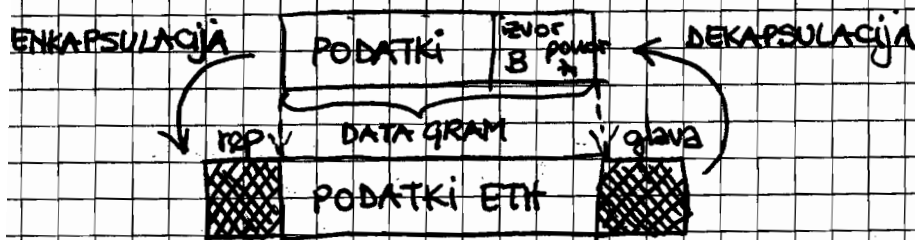
- MULTICAST: v naslovnem prostoru IP je blok s posebnim pomenom - unicast skupina → računalnik se prijava v skupino, izvor tvori le 1 IP paketek naslovljen na določeno skupino in jo lahko vsi preberejo

\* PDU - protokolna podatkovna enota: PAKETNO naslovan protokol

↳ DATAGRAM: IP paket



\* oboje poteka sočasno IP DATAGRAM in ETHERNET okvir. Datagram bo vstavljen v usmerjen Ethernet okvir (postane vsebina Ethernet okvirja)



\* KOMUNIKACIJA: v neki napravi višjeležeči sloj poda podatke + glavo nižjeležečemu sloju in ta doda še svoje itd... do fizičnega sloja → pošlje le podatkovni sloj, ostalo izloči (!) prebere na koncu

\* različne velikosti datagrama in Ethernet okvirja: datagram ne dela večja od 1500B → se prilagodi  
 → ugotovimo v IP: problem je velik datagram razseči na manjše dele in jih pošlje na drugo stran, kjer se ti deli nazaj sestavijo (fragmentacija in defragmentacija)

\* podatki v IP datogramu pridejo od enega sloja višje  
 → peljejo se čez od protokolni sklad, fizično na drugo stran in nato spet čez celoten sklad

\* naloge IP: usmerjanje, fragmentacija in defragmentacija, naslavljanje

\* IPv6 ima iste naloge kot IPv4

↓  
 razlike: kako je IP naslov sestavljen in v nekaterih dodatnih funkcijah

\* PROTOKOL IP - LASTNOSTI:

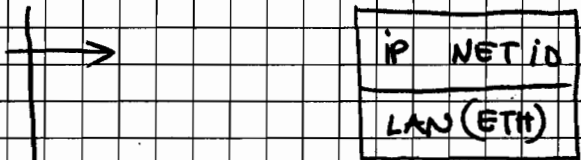
- paketno
- nepovezavno: nek izvor in ponor, preden začneta izmenjavati datagram nič ne naredita (nobene seje ali logične povezave)
- deluje po načelu BEST EFFORT (najboljša zmožnost): omrežni datagrami se lahko izgubijo, podlegajo vrstni red se zameša (te slabosti bomo popravili v višjeležečih slojih)
- shajdi?!

\* če pride do napake, vržemo datagram stran; IP se ne sekva

\* življenjski čas datagrama merimo v kopih (prehod čez usmerjevalnik)  
 TTL → total time to live. Ko preseže limito prehodov čez usmerjevalnik, vrže datagram stran.

ihl - internet header length: dolžina glave v  $n \times 32$  bit, tipično  $n=5$

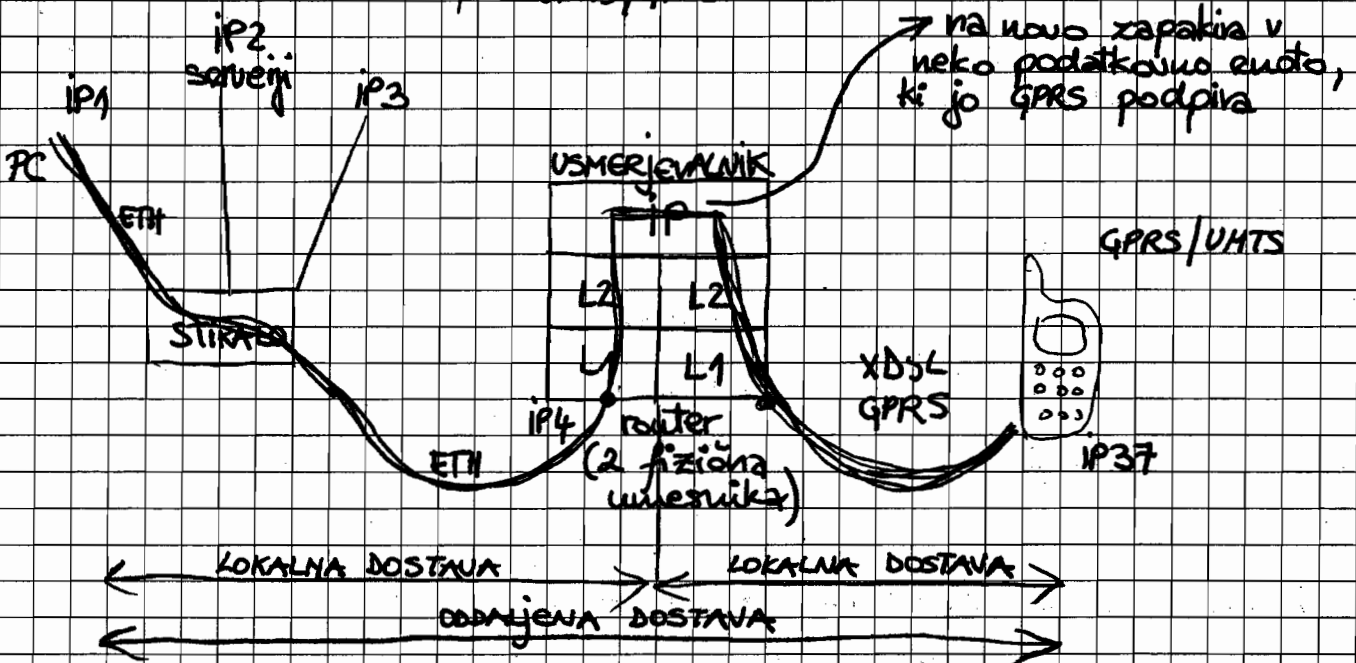
Temu principu rečemo lokalna dostava



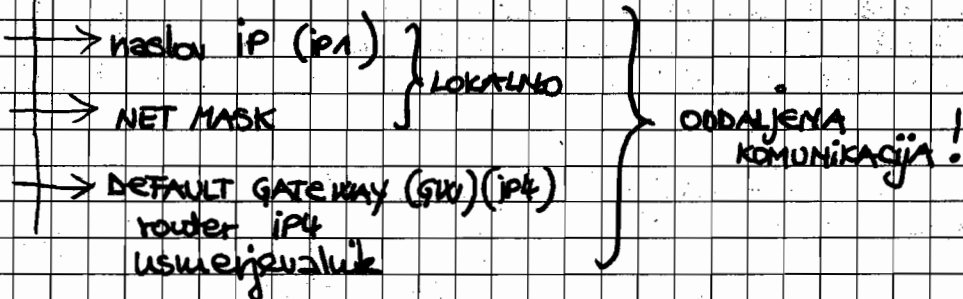
ODDALJENA DOSTAVA

ko lokalna ni mogoča

→ UMTS/GPRS



\* PODATKI



\* Najini podatki za konfiguracijo posamezne IP povezave unesniba

- ROČNO
- AVTOMATIČNO (DHCP).

↓ protokol → po omrežju prša če v omrežju je strežnik DHCP - če je to potrebno kaj uporablja

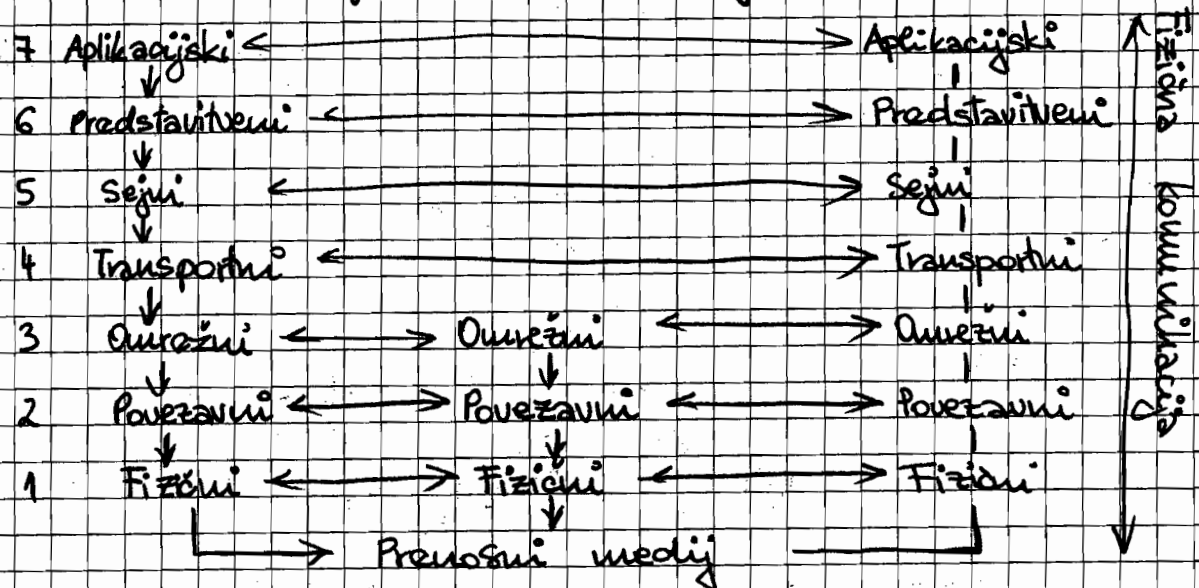
\* PREBRKUS ČE DELUJE: Command prompt → IP config (izpiše trenutne internetne nastavitve)

→ da povezava res deluje: ping IP naslov

# OSNOVE IP

o OSI referenčni model

Logična komunikacija



o IP protokolni sklad: p. 07-08-osnove-ip stran 3

o Primerjava OSI in TCP/IP modela

- OSI sklad je bolj sistematičen in konceptualen, plasti sklada IP niso strogo definirane in ločene med seboj. OSI sklad je zgolj referenčni model in ni tudi ni v celoti "zajete"

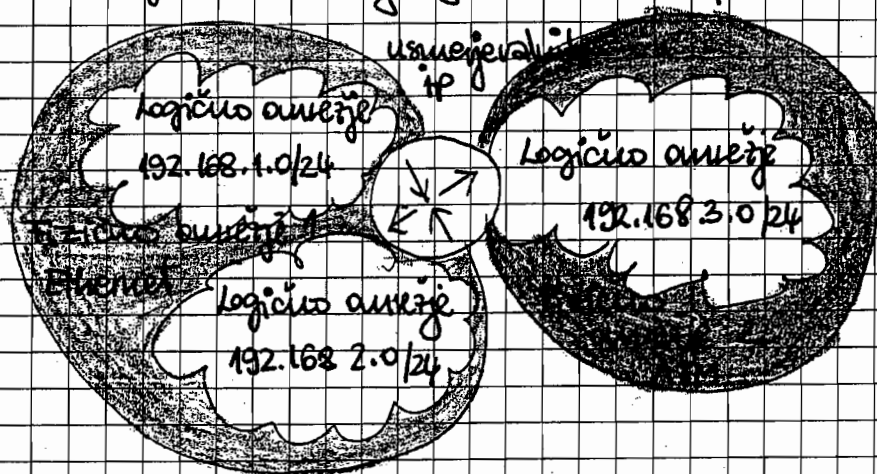
L7 Aplikacijski	Aplikacijski	Telnet	FTP	HTTP
L6 Predstavitveni				
L5 Sejni				
L4 Transportni	Transportni	TCP	UDP	
L3 Omrežni	Omrežni	IP		
L2 Povezavni				
L1 Fizični	Rač./omrežje	LAN	WLAN	

## • Lastnosti protokola IP

- Nepovezaven protokol samega sloja
- Zaveza: nastavljanje, usmerjanje ter krmilne funkcije  
Komuniciranje z najboljšim možnim uspehom ("best effort")  
→ ne vključuje mehanizmov za odpravo napak (zgolj dvakrat)
- Ne zagotavlja vročine nastavitve: to nalogo prepusča višjemu sloju (upr. TCP)
- Vsak paket v glavi nosi izvorni in ciljni naslov
- Usmerjanje se za vsak paket izvrši v vsakem vozlišču posebej, neodvisno od ostalih paketov istega podatkovnega toka
- Neodvisen od tehnologij fizičnega in povezavnega sloja
- Dominanten protokol samega sloja
- Standardizacija v IETF

## • NALOGE PROTOKOLA IP

- Prenos podatkov prek omrežja
- Usmerjanje datagramov med mrežnimi povezavami
- Fragmentacija in defragmentacija  
→ prirejanje velikosti podatkovnih enot različnim fizičnim omrežjem
- Javejanje v primeru napak
- Ustvariti logično omrežje  
→ logično nastavljanje mrežnih naprav



• Pomen omrežnega nivoja p. 07-08-Osnove-IP stran 7

• Glava paketa IPv4 p. 07-08-Osnove-IP stran 8

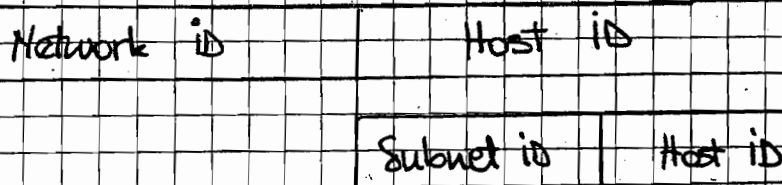
• Polja v glavi paketa IPv4

- Version: verzija protokola IP
- IHL (Internet header length): dolžina glave v 32 bit, tipično n=5
- Type of service: mehanizmi, ki bi ločevali poredovanje datagramov
- Total length: celotna dolžina IP datagrama
- Identification: identifikacija datagrama za podporo fragmentacij ali defragmentacij

- Flags: urejevanje defragmentacije / fragmentacije
- Fragmentation offset: določa pozicijo podatkov iz datagrama v originalnem sporočilu
- TTL (Time to live): "življenjski čas" datagramov z preprečevanjem neskončnega kroženja v zankah
- Protocol: oznaka protokola višjega nivoja (TCP, UDP, ICMP, EGP, OSPF)
- HCS (Header Check Sum): za detekcijo napak v glavi
- Source / Destination Address: cilj izkorne in ponorne mrežne povezave
- Options: debugging, uveljavitev
- Padding: dopolnjevanje velikosti glave pri poljubni sprejemljivi dolžini

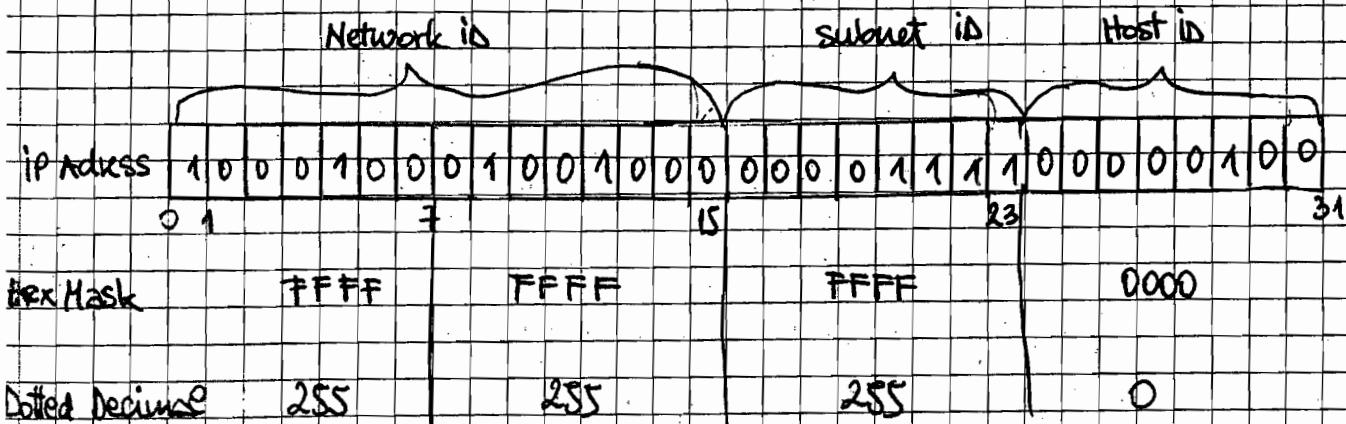
### o IP naslavljanje

- 32-bitni IP naslov: omrežni del + naslov naprave
- Različni razredi naslovov
  - \* A, B, C, D, E
  - \* tip razreda določa število računskih enot v posameznem omrežju
  - \* unicast, broadcast, multicast
- Podomrežja (subnet) = razredi so veliki, zato jih razdelimo na manjše dele



### o Maska podomrežja

- IP naslov: 132.72.15.4
- maska: 255.255.255.0



### o Tipi naslovov IP

- Naslovi naprav NE MOREJO imeti samih 0 ali 1 v delu za naslavljanje naprav
- Omrežni naslov - naslov, ki se nanaša na omrežje (same 0 v delu za naprave)

- Uporablja se koncept "najama" IP naslovov za določeno čas
- DHCP podpira statične naslove - na primer za strežnike

o DHCP delovanje: p-07-08-Osnove-IP stran 17

o Razredi IP naslovov

→ Razred naslova IP sam po sebi (brez uporabe maske) določa, kolikšen delež naslova IP predstavlja naslov omrežja in koliko preostane naslovu naprave v tem omrežju

\* ob uporabi razredov maske omrežji načeloma niso bile potrebne, vendar pa je ta mehanizem postal že davno premalo prilagodljiv (omogoča le izbir 8, 16 ali 24 bitov naslova IP za omrežni naslov) in ga je praktično v popolnosti nadomestila uporaba maske (ki omogoča zvezno določitev deleža)

* Razred	Prefix	Maska	Št. omrežij	Št. naprav
A	0	255.0.0.0	125	16.777.213
B	10	255.255.0.0	216.383	65.533
C	110	255.255.255.0	2.097.151	254
D	1110			
E	1111			

o VLSM - Variable Length Subnet Mask

- Variabilna dolžina mask
- Omogoča dodatno granulacijo posameznega omrežja s še boljše izrabo naslovnega prostora (p-07-08-Osnove-IP stran 19)

uporaba VLSM

- Razpoložljiv naslovni prostor: 192.168.121.0/24
- 8 omrežij s 30 uporabnimi naslovi IP - podomrežje /29
- za P2P se uporabi podomrežje /30 - 2 uporabna IP naslova (p-07-08-Osnove-IP stran 20)

Globalni in zasebni naslovi IP

→ Vsaka naprava v globalnem internetu ima svoj IP naslov

- \* naslov IP lahko dobi od svojega ponudnika interneta storitev ISP ali samodejno od IANA
- \* zaradi enostajnejšega usmerjanja se naslovi ISP dodeljujejo večjim ISP, ki jih dodeljujejo manjšim
- \* naslovi se dodeljujejo tudi geografsko
  - naslovi 193.x.x.x so upr. vsi v Evropi

→ zaradi pomnilnosti globalnih naslovov IP in varnosti, se uporablja tudi lokalne naslove, ki jih pri izhodu iz zasebnega omrežja v javno pretnostno v globalne

→ Broadcast naslov - poseben naslov, ki se uporablja za pošiljanje podatkov vsem napravam v omrežju (samo 1 v delu za naprave)  
 → Naslov naprave: naslov namenjen končni napravi v omrežju

### o Omrežni naslovi

→ OMREŽNE POVEZAVE

- \* = ista mrežni naslovom naj komunicirajo po istem fizičnem omrežju (npr. LAN, ločene so lahko samo s premoščevalniki ali repeaterji)
- \* = različni mrežni naslovi ne komunicirajo direktno, komunikacija je mogoča le prek usmerjevalnikov

naslov omrežja	193.290.128	11 000 001. 000 00010. 01011010. 1000000
naslov naprave	0. 0. 0. 62	000 0000. 000 0000. 0000000. 00111110

ALI FUNKCIJA

naslov ip 193.290.190 11 000 001. 000 00010. 01011010. 10111110  
 DEC ← BIN

o Topologija: p-07-08-Osnove-IP stran 14

### o Parametri IP omrežne povezave

→ Omrežna povezava je (logična) točka, kjer je naprava (PC, usmerjevalnik) priključena v IP omrežje

- \* posamezna naprava ima lahko 1 ali več omrežnih povezav
- \* praviloma pripada 1 omrežnemu vmesniku (npr. mrežni kartici) 1 omrežna povezava

### → Parametri omrežne povezave

- \* IP naslov omrežne povezave
- \* maska podmrežja
- \* izhodni usmerjevalnik (default gateway)

### → Način dodeljevanja parametrov

- \* ročno
- \* protokol DHCP
  - omogoča centralno dodeljevanje in upravljanje z naslovi IP
  - deluje v načinu klijent - strežnik
  - koncept "najem" naslovov IP za določen čas
  - podpira statične naslove - na primer za strežnike

### o DHCP

- DHCP je komunikacijski protokol, ki omogoča centralno dodeljevanje in upravljanje z IP naslovi
- deluje v načinu klijent - strežnik

Alta

21

## ◦ Zasebni naslovni prostor

→ Organizacija Internet Assigned Numbers Authority (IANA) je razdelila nabor naslovov IP, ki se lahko uporabijo v zasebnih omrežjih

\* 10.0.0.0 - 10.255.255.255 (10/8)

\* 172.16.0.0 - 172.31.255.255 (172.16/12)

\* 192.168.0.0 - 192.168.255.255 (192.168/16)

→ Nabor javnih naslovov IP ostaja globalen in unikatni

→ Nabor zasebnih naslovov IP se v literarnem omrežju ne oglašuje

→ Dostop do zunanjih virov omogoča mehanizem NAT

## ◦ NAT - Network Address Translation

→ Preravnava izvornega naslova IP paketa v drug naslov

→ Uporaba:

\* zaščita izvorne naprave

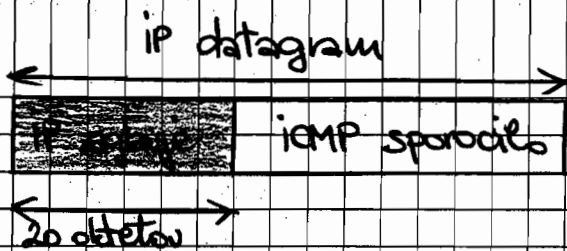
\* preslikava zasebnega nabora IP naslovov

\* upravlja naslova IP s številko vrat strežnika (destination NAT)

\* p-07-08-Osnove-IP stran 23

## ◦ Primerjava številčenja IP in PSTN/ISDN

	IP	PSTN/ISDN
Format naslova	enoten (32bit)	spremenljiv
Geografska določitev	je ni	je
Hierarhičnost	je ni	je
Logična imena	da (DNS)	ne obstajajo



• ARP: stran 28

- Address Resolution Protocol
- Preslikava IP naslovov v fizične (MAC)
- Omogoči pripravo ustreznega paketa na fizičnem nivoju
- ARP je odvisen od omrežja
- Inverzna operacija izvajajo (RARP, BOOTP, DHCP)

## OMREŽNI SLOJ (L3)

→ **IP** (ni edini, je pa najpomembnejši; ostali so le podporni oz. pomožni)

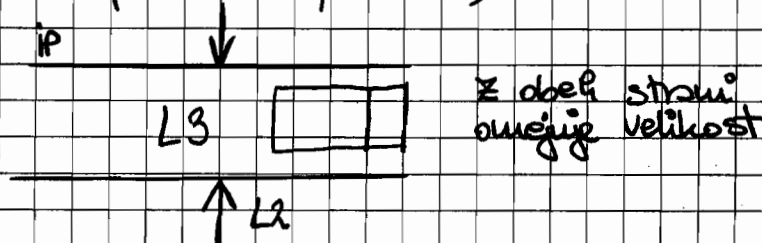
IPv4 in IPv6 (dve obliki)

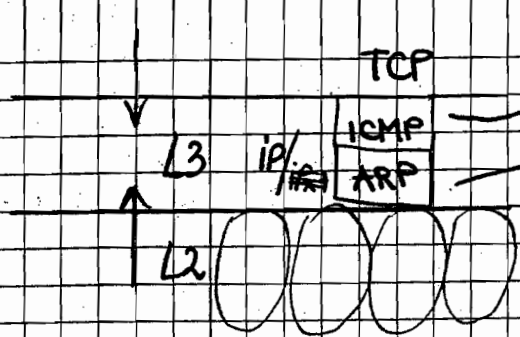
→ lastnosti:

→ PAKETNO

→ protokolno - podatkovna enota: IP DATAGRAM (glava: 20 byte)

→ nepovezovanje (izvor in ponor si to kar izmenjujeta brez seje ali reprezentivne povezave)





→ za pinge, pomaga IP-kontrolni protokol  
 → Address Resolution Protocol → pomaga določiti povezavo med MAC v Ethernet in IP, ki ga ima naprava na nekem vmesniku

KONTROLNI PROTOKOL: daje enostavne ukaze, preproste funkcije, pingi, trace route → preverja povezanost

→ logično naslavljanje

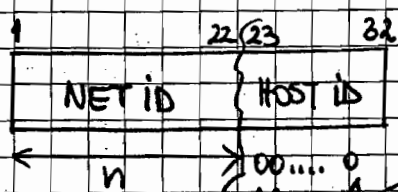
IP naslov - 32 bitni; za njegovo interpretacijo rabimo masko (NMASK), ki pove kaj določa omrežni naslov in kaj naslov naprave

IP: 212.185.35.7 /24  
 NM: 255.255.255.0

→ maska (prvih 24 bitov predstavlja naslov omrežja, ostalih 8 pa naslov naprave)

212.185.35.7 /22

→ koliko računalnikov lahko priključimo v logičnem podomrežju, če imamo že druge moti?



$$2^{(32-n)} - 1 - 1 \text{ število naprav}$$

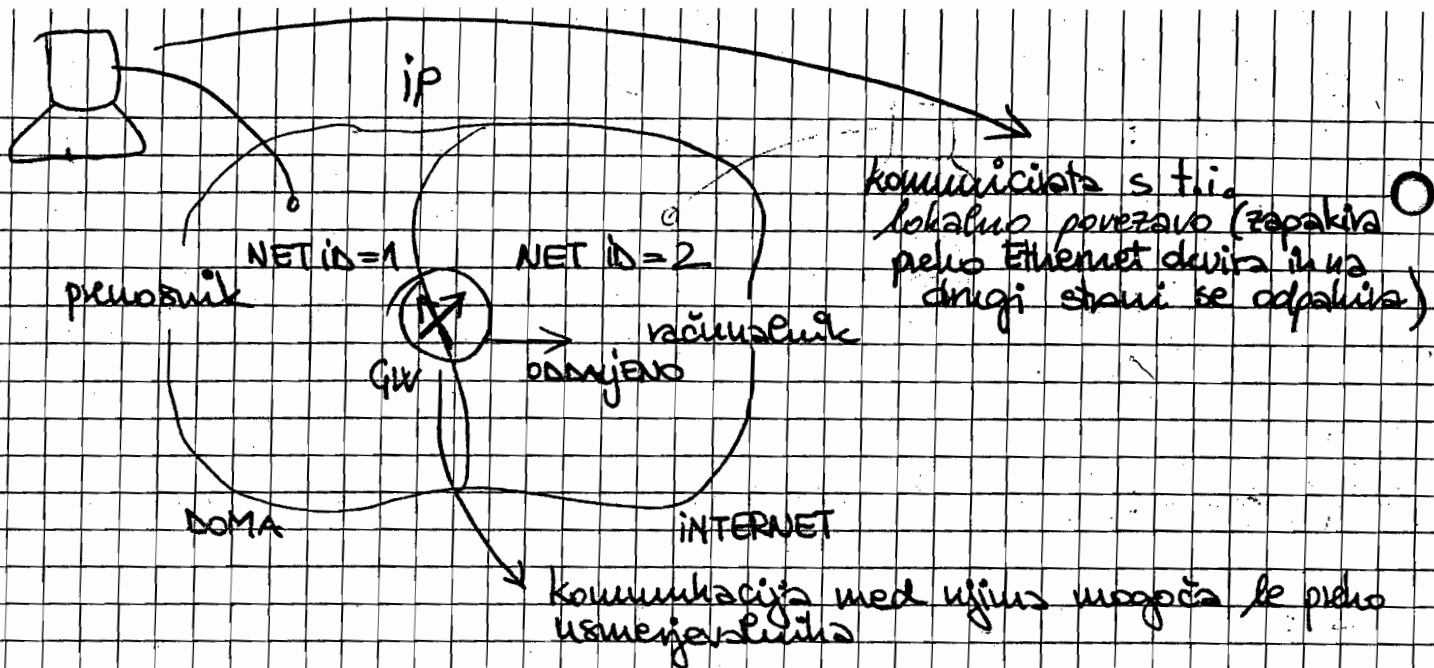
→ broadcast naslov (vse v tem omrežju)

→ same ničle → pogovarjamo se o samem NET ID, računalnik pa ne more imeti istega ID

\*  $n=24$   
 $32-24=8 \Rightarrow 254$  računalnikov

- \* Minimalno omrežje potreba že dve napravi (spodnja meja)
- \* Naprave v omrežju morajo uporabljati isti protokol IP. IP obdaj je razdeljen v NET ID.
- \* IP naslovi morajo biti unikatni

\* zasebni oz. privatni IP naslovi: tehnologija ni nobene razlike, je le organizacijska razlika



→ GW - spusti to v drugo omrežje (omogoča dostop)

\* v javnem internetu naprej routeji naprej ne usmerjajo datagrama, ki uporabljajo zaseben IP

192.168.1.1 DOMA

172.31...  
10.0...

⇒ vse je  $2^{32}$  IP (nabor)

• določeno je kolo uporabe kateri blok IP (ga kodeliramo); nima nobene veze s tem ali jih kolo uporabe ali ne

→ funkcija, ki jo izvaja ruter

- **NAT** Network Address Translation: preslikava omejenih IP naslovov. Slika med javnimi in zasebnimi v obe smeri → več zasebnih preslika v več javnih

- **[PAT]** (protocoe): Port Protocol Address Translation: več zasebnih preslika v EN javni naslov

→ ukrepa, kaj navediti, da IPv4 ni tako neskončna kot se morda zdi...

## OSNOVE IPv6

• uveden zaradi pomanjkanja naslovnega prostora v IPv4

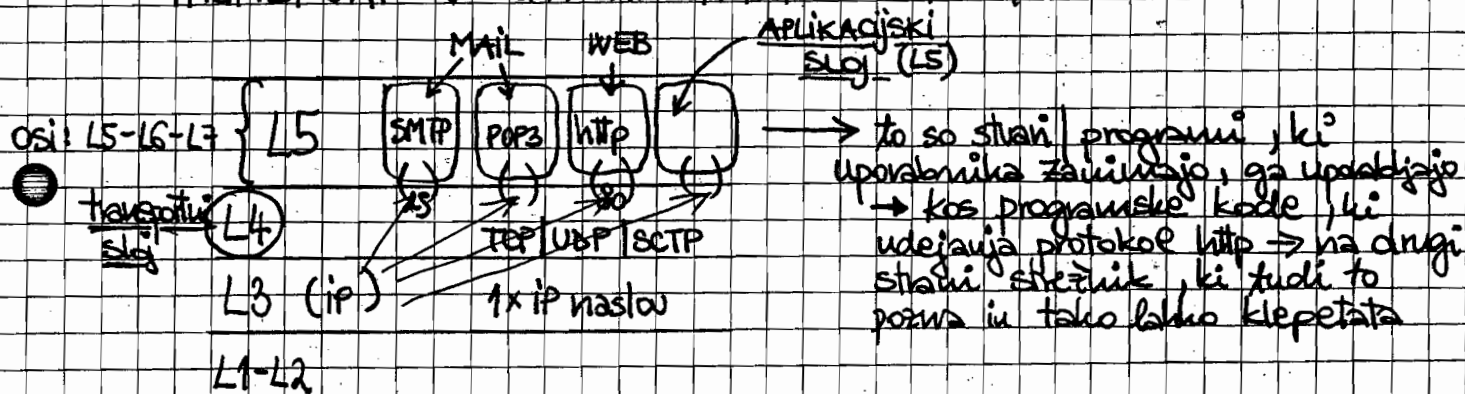
• Ključne novosti IPv6

→ Povečan naslovni prostor: IP naslov je dolg 128 bitov → možnih kombinacij je precej več:  $3.4 * 10^{38}$  naslovov

→ Nastavek je unicast, multicast, anycast: nič več "broadcast" nastavek je čistega broadcasta ni; unicast in multicast ostajata, med njima pa imamo izpeljavo

- Posodobitvejen format glave: glava je fiksne dolžine 40 bajtov → zbirajoča obdelava v ruterjih: zmanjšano število pg (konej → več prometa)
  - zmanjšano število pg; polja, ki niso nikoli se vključijo v opcijstih glavah
- Mehanizem za določitev MTU: IPv6 ne podpira fragmentacije paketov
- Nov protokol za poizvedbe med sosedi: protokol Neighbor Discovery; nadomešča protokol ARP
- vgrajeni so varnostni mehanizmi integrirani - obvezni IPsec (mehanizem lahko vgrajimo tudi v IPv4, vendar je opcijstki)
- ima določene nove mehanizme, ki podpirajo kvaliteto - drugače označuje posamezne datograme, ki bi morali biti prioriteto obravnavani
- izboljšani mehanizem QoS: dodatno polje "Flow label", ki označuje prometni pretok
- Mehanizem za avtomatsko dodeljevanje IP naslovov (ne rabimo DHCP-ja)
- izboljšana mobilnost: nanaša na IP naslovanje

## TRANSPORT V INTERNETNIH SISTEMIH



- v internetnih sistemih imamo pet slojev (ni tako fino razdeljena)
- vse komuniciranje poteka preko istega IP naslova; kako veno kam mora pridet vsebina? → v glavi IP ni nič takega, ki nam to pove → TRANSPORTNI NIVO bo moral poskušati, da nam da mehanizem za uročanje tega

# TRANSPORTNI SLOJ (L4)

→ NALOGE:

→ transportno nastavljanje (porti, transportni naslov)  
→ za vsako posamezno aplikacijo imamo odprta in/ali vrata/port → označena s števkami (16-bitno) → vse aplikacije imajo različne porte  
Eden imamo naslov IP in če kateri transportni protokol uporabljamo.

→ osnovni prenos/transport podatkov

→ oblikujemo protokolsko-podatkovno enoto v L4 in jo zapakiramo

PDU: segment (TCP)  
sporočilo (UDP) - zelo enostavno, izvorna in končna vrata.

→ če protokol IP: osnovni prenos END-TO-END (od konca do konca) → med terminiranim napravama

→ Terminal misli, da se direktno pogovarja → zaradi neodvisnosti slojev. Zdefinišemo le kako se bodo sloji med sabo pogovarjali.

→ kontrola toka: z uporabo ustreznega izvornega protokola lahko regulirata kako hitro bo izvor oddajal podatke  
→ omogoča prilagodljive oddajne hitrosti

→ zanesljivost prenosa podatkov

→ detekcija in korekcija napak v PDU: bitne napake (zaznava in odprava) → IP in Ethernet tega ne ugotovita

→ izgube segmentov/paketov → korekcija izgube PDU (upr. rečemo naj pošlje še enkrat)

→ podvojitve → izločanje podvojenih PDU

→ pomešan vrstni red → korekcija spremenjenega vrstnega reda (enak vrstni red na obeh koncih)

→ ARQ

tega IP ni sposoben ne detektirati in ne odpraviti

→ preprečevanje zasičenosti v omrežju: od izvora IP promet, če prihaja v mreži do kolobacij/problematičnosti → tako situacija poskušamo preprečiti (večje zakasnitve); če prihaja do zasičenja, transportni protokol zmanjša oddajno hitrost

## PROTOKOLI:

→ UDP

→ TCP: • izvajajo vse nastete naloge

• povezanost karavan

• delovanje in mehanizmi v TCP:

- oktetna karavanost

- glava PDU

- določa okno

- ARQ

- časovniki

- stanja TCP povezave

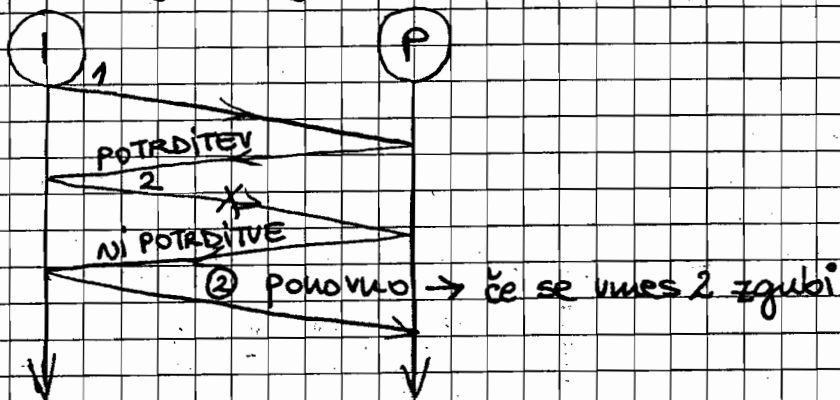
→ TCP je povezanost karavan: pred oddajo podatkov vzpostavi zvezo

\* vzpostavi z mehanizmom trismerni dogovor

\* uporablja iste segmente, kot za prenos podatkov

\* to zagotovi s ARQ - avtomatična zahteva za ponovitev v primeru, da je prišlo do napake, izgube, ...

\* preprečuje zasitevanje, kontrola toka: izvori kontrolirajo oddajo hitrost



\* `cmd: → netstat -n`: dobimo ven TCP povezave

→ `netstat -na`: pridemo do UDP sej

→ SCTP

→ dodatni protokoli:

→ ORODJA:

→ netstat

nmap

<http://www.kana.org/assignments/port-numbers>

## ANSPORTNI sloj OSI

## TCP/IP

L7 Aplikacijski

Aplikacijski → Telnet, FTP, HTTP

L6 Predstavitevni

L5 Sejni

L4 Transportni

Transportni → TCP, UDP

L3 Omrežni

Omrežni → IP

L2 Povezavni

Rač./omrežje → LAN, WLAN

L1 Fizični

4. sloj OSI: → podatkovni tok je logična povezava med končnimi točkami  
→ omogoča transportne storitve med gostiteljem in ciljem

Storitev od konca do konca (End-to-end) → p. 07-08 - Omrežje - IP stran 34

• dva glavna protokola: • TCP - Transmission Control Protocol  
• UDP - User Datagram Protocol

PDU: pri TCP segment, pri UDP sporočilo

→ naloge transportnega sloja:

### \* OSNOVNA NALOGA:

→ osnovni prenos podatkov oz. upravljanje posameznih komunikacij med aplikacijami

- transportno nastavljanje za identifikacijo posameznih aplikacij
- segmentiranje podatkov
- upravljanje posameznih segmentov
- sestavljanje segmentov

### \* MOŽNE DODATNE NALOGE:

- zagotavljanje pravilnosti transporta
- kontrola podatkovnega toka med obema koncema
- preprečevanje zastojev v omrežju

### \* p. 07-08 - Omrežje - IP stran 36

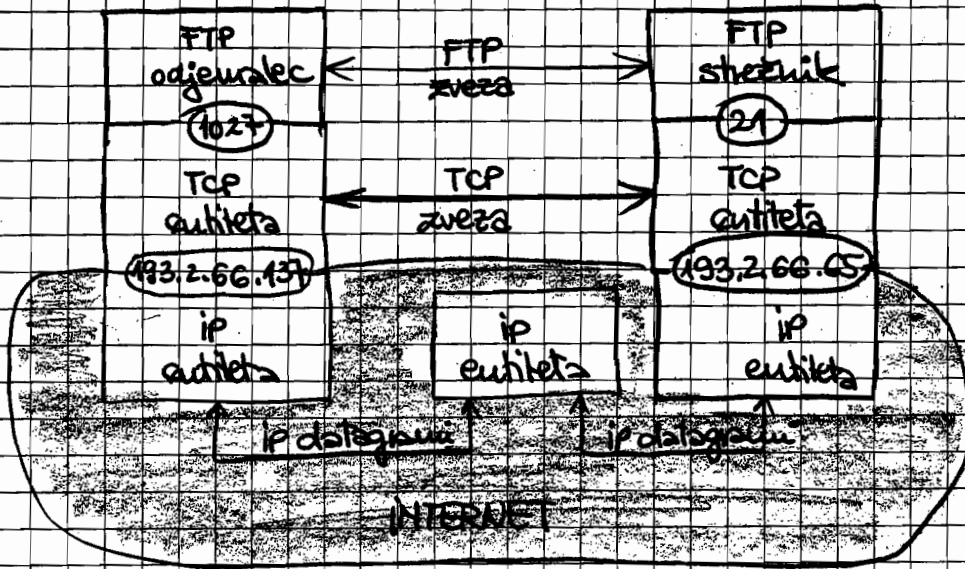
En odjemlec ima lahko hkrati vzpostavljeno več transportnih sej z večini strežniki

→ transportno nastavljanje (stran 37)

- dvojica podatkov:

- naslov IP
  - številna vrst - port (FTP 21, TELNET 23, SMTP 25...)
- igra vlogo točne dostopa do TCP storitve

- imenujemo VTIČNICA (socket)



→ vrata

\* številka vrat (angl. port number) določa kateremu programu na računalniku, bo prejeto sporočilo dostavljeno

- internetni brskalnik (Internet Explorer, Opera)
- odjemalac za elektronsko pošto (Outlook, Opera)
- mrežna igrice (Doom, World of Warcraft)
- program za izmenjavo datotek (Torrent, E-Mule)
- ...

\* Nekatera tipična vrata in APLIKACIJE

- VRATA: 16 bitni naslov, ki pove, kateri aplikaciji pripada podatkovni tok
- VTIČNICA: kombinacija podatka o protokolu, portu in naslovu IP  
{ TCP, 193.44.234.3, 12345 }

• je "transportni naslov"

PORT	PROTOKOL	IME APLIKACIJE	FUNKCIJA
21	tcp	ftp	prenos datotek
23	tcp	telnet	navidezni terminali na oddaljenih računalnikih
25	tcp	smtp	elektronska pošta
80	tcp	http	www
161	udp	snmp	nadzor in upravljanje
111	udp	rpc	deleje mrežnih virov

\* Uporaba vrat - blazine povezave (stran 40)

→ kaj naredi povezavo združljivo?

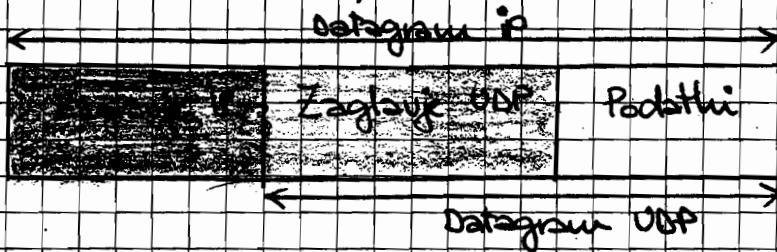
- povezava je definirana s paroma podatkov:
  - izvorni naslov, izvorna vrata
  - ponovni naslov IP, ponovna vrata
- Različne blazine povezave lahko uporabljajo ista ponovna vrata na strežniku (ponovnem naslovu IP)

## → protokol UDP

### \* UDP (User Datagram Protocol)

- osnovni standard RFC 768
- enostaven, liter - omogoča izmenjavo datagramov med aplikacijami
- brez nadzora in odprave napak
- ne dodaja kontrole pretoka
- kontrolna vsota

- \* Primeren za:
- aplikacije, ki same skrbijo za pravilnost podatkov
  - prenos podatkov v realnem času
    - avdio, video



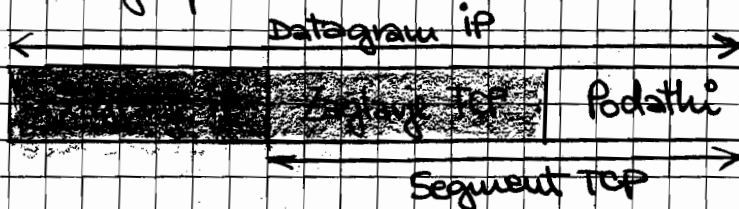
## → protokol TCP

### \* TCP (ang. Transmission Control Protocol)

- osnovni standard RFC 793
- urejen, zanesljiv, dvismeren transport po omrežju IP
- omogoča prenos podatkov brez napak
- zaporedne številke paketov, potrjujevanje paketov
- kontrolna vsota
  - vključuje glavo TCP
  - podatke datagrama TCP
  - izvorni in ciljarski naslov ter relatarna ostala polja iz glave IP
- kontrola pretoka - princip dela

### \* Povezavno usmerjen protokol

- vzpostavitev povezave - SYN
- reševje povezave - FIN



### \* Naloge protokola TCP

- transportno usmerjevanje
- delitevka podatkov v sporočila (segmenti) in oblatno
- zanesljivost prenosa podatkov
  - avtomatična ponovna oddaja izgubljenih segmentov
  - avtomatična ponovna oddaja okrajšenih segmentov (bitne napake)
  - brisanje podvojjenih segmentov
  - ponovno vzpostavljanje pravičnega vrstnega reda pomešanih segmentov

- Krmiljuje protokola med obema koncerna
- Preprečuje zamašitev v omrežju

\* Zgradba segmenta TCP (stran 44) = 32 bitov = 4 oktetov (vsaka vrsta tdko)

**IZVORNNA VRATA:** številka izvornih vrat (16 bitov) in številka ponornih vrat (16 bitov) skupaj z naslovi IP predstavljajo začetno in končno točko datagrama IP. Določata edinstveno odloko povezave, imenovano socket

**POBORNNA VRATA**

**SEKVENČNA ŠTEVILKA PAKETA** (32 bitov) predstavlja zaporedno številko prvega okteta podatkov, ki se prenašajo v segmentu

**ŠTEVILKA POTRDITVE** (32 bitov) predstavlja zaporedno številko okteta potrditve

**DOLŽINA GLAVE** je 4 bitno polje, v katerem je zapisana dolžina glave segmenta TCP v skupinah po 4 oktete (medprost 5 predstavlja 20 oktetov)

**REZERVISANA POLJA** (6 bitov)

**KRMILNI BITI** (6 bitov) določajo namen segmenta (urg, ack, psh, rst, syn, fin)

**VELIKOST OKNA:** okno (16 bitov) predstavlja število oktetov, ki ga je sprejemnik pripravljen (sposoben) sprejeti v svoj sprejemni medpomnilnik (recevne buffer)

**KONTROLNA VRATA GLAVE** (16 bitov) zagotavlja pravilnost sprejetelega paketa. Pri izračunu upošteva glavo paketa TCP ter še nekateri polja iz glave datagrama IP (pseudo header) ter podatke paketa UDP.

**KAZALEC ZA NOJNE PODATKE** (16 bitov): polje je uporabljeno, če je kontrolni bit URG vključen

**OPCIJE** omogočajo razširitev funkcionalnosti protokola TCP. Najpogostej se uporabljajo za dogovorjanje o največji velikosti segmenta TCP.

**PODATKI**

\* **ARQ**

- potrebujemo duplexno povezavo in čakalne vrste za sporočila
- detekcija napake zagotovimo z redundantnim kodiranjem
- korekcija izvedemo s ponovitvijo

o ARQ - Automatic Repeat request

↳ skica: p. 07-08 - danes - IP stran 45

- slabosti:

- o informacijska hitrost se (pri fiksni bitni hitrosti) zniža zaradi:
  - \* redundance za odklivanje napak
  - \* potrditveni sporočil
- o dodatno čakanje na potrditve
- o za potrditveni kanal posredni predvidevamo odsotnost napak

\* Primerjava TCP in UDP

→ protokol UDP - preprost, minimalen

- o samo transport naslavljanje: številke vrat
- o opcijno preverjanje sporočila (checksum)
- o brez kontrole prijema, predemissionitven

- nezanesljiv, nepovezaven
- ni zaporednosti

→ Protokol TCP - zanesljivost

- stroga zanesljivost
- stroga zaporednost
- kontrola prometa, predbravnenitev ovrzaja
- bitno-tokovno orientiran (byte-stream)

# INTERNETNE APLIKACIJE

## \* DNS - Domain Name Service

- DNS je prazdeljena podatkovna baza, ki jo aplikacije TCP/IP uporabljajo:
  - za "pretvorbo" med imenom hosta in njegovo IP številko
  - dela v obe smeri

• Prazdeljena baza:

- "nikoli ne pozna vsakega"
- izogib dvojni točki odpravi
- odzivnost storitve
- upravljanje

• Elementi storitve DNS:

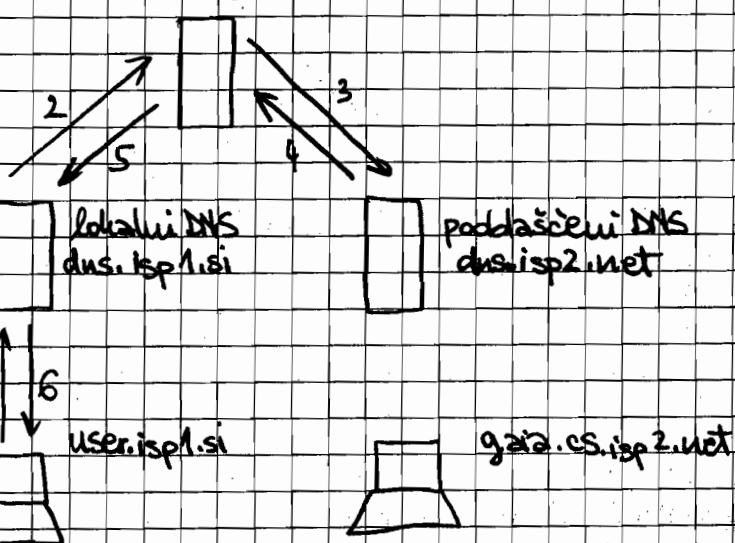
- lokalni strežnik DNS (local DNS)
- korenski strežnik DNS (root DNS)
- pooblaščen DNS (authoritative DNS)

• Hierarhična struktura

## \* Storitva DNS

- Uporabnik user.isp1.si želi komunicirati s strežnikom gaisa.cs.isp2.net

korenski DNS



- 1. user.isp1 kontaktira lokalni strežnik DNS dus.isp1.net
- 2. lokalni strežnik DNS dus.isp1.net pošlje zahtevo korenskemu strežniku DNS (po potrebi)
- 3. korenski strežnik posreduje zahtevo pooblaščenemu strežniku DNS dus.isp2.net (po potrebi)

## \* Hierarhična struktura DNS (p. 07-08-Osnove - IP stran 50)

## \* Domene

- Domene - prepoznavni naslovi
  - imenski prostor je organiziran hierarhično (fe.uni-lj.si)
  - vrhuja domena (TLD): .si, .at, .com, .net
  - poddomena pod vrhujo domeno (SLD): uni-lj.si
- Vrhuje domene:
  - gTLD - generic TLD
    - \* .com, .net, .org, ...
    - \* http://rs.internet.net/
  - ccTLD - country code TLD
    - \* iso 3166 lista dvočrkovih državnih oznak
    - \* .si, .ca, .fr, .uk, .de ...
  - nTLD - new TLD
    - \* .biz, .info

## \* HTTP

- imamo strežnik HTTP in odjemalca HTTP

ip Header	TCP Header	HTTP Header	Data
--------------	---------------	----------------	------

- HTTP - spletni protokol aplikacijskega sloja
- Angl. Hypertext Transfer Protocol
- RFC 1945 in RFC 2616
- Implementiran v:
  - odjemalski program
  - strežniški program
- Uporablja protokol TCP za transport
- Namen: prenos različnih dokumentov (tekst, slike, audio, video)

## \* HTML

- Spletna stran (tudi "htme dokument")
- Spletna stran je sestavljena iz objektov:
  - HTML datoteka
  - JPEG slika
  - GIF slika
  - JAVA applet
  - Audio datoteka

→ Osnovna HTML datoteka kaže na ostale objekte na strani.

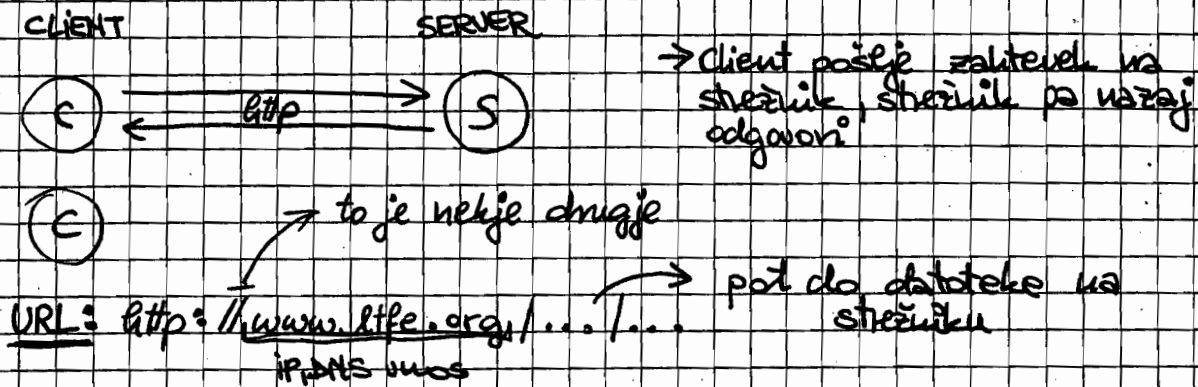
\* Delovanje zahtev HTTP in proizvodnje DNS (p. 07-08 - Osnove IP stran 54)

1. Uporabnik vnese URL (dl. http://www.org/index.html)
2. Zahteva za naslov IP, strežnik DNS vrne naslov zahtevanega WEB-strežnika (193.2.90.80)
3. Program uspešno poveza TCP na vrata 80
4. Program pošlje "GET/index.html", strežnik vrne vsebino datoteke "index.html", TCP poveza se nato prekine (ne velja za 1.18)



• pri aktivaciji nove domene najprej preverimo, če je domena že zasedena (melanizem WHOIS, preko katerega preverjamo zasedene domene) → v slo mozdomen.si

• **HTTP**: komunikacija med WEB strežnikom in WEB odjemalcem



# BREŽIČNE KOMUNIKACIJE

## UVOD

- \* wireless - svet z manj ali brez žic
- \* od radijskih komunikacij (začetek) naprej
- \* Termin "telekomunikacije" (Edouard Estaimié, 1904)
  - gr. "tele" - na daljavo, od daleč (upr., -vizija, -fon, -port, -metija, -matika)
  - lat. "communicare" - deliti z nekou, dajati, spojiti
  - proučevalci so zapisali: prenos informacij na daljavo
- \* Telekomunikacije: deli/izmenjavati in komunikacije; prenašati informacije na daljavo: optični, zvočni signali, ...
- \* Prvi prenos informacij na daljavo:
  - zvočni signali (bobni, kiki)
  - optični signali (dim, ogenj, ogledala, zastave)
  - uporaba kurirjev (kijanci, šivanci)
- \* Doba elektrotehnike in telekomunikacij:
  - 1800: izum prve ži-cu baterije (Alessandro Volta) → dobili smo prvi pogoj za govor o sodobnih komunikacijah (povezavo z elektriko)
    - se je začelo razmišljati in uporabljati za telekomunikacije
  - 1837: uporaba telegrafa (Samuel Morse) → zelo dolga tida, pogovor v ritmu Morsejeve abecede (kilometre daleč). Morsejeva abeceda je digitalna (imamo 0 in 1 ⇒ izmenjiva različnih nivojev napetosti)
  - 1894: prva radijska komunikacija na > 100m (Oliver Lodge)
    - 1906 so naredili prvo radijsko postajo
  - 1991: prvi sistemi GSM v Evropi (Finska) → v slo 1996
    - prvi digitalni mobilni komunikacijski sistem

# OGA BREŽIČNEGA POVEZOVANJA

## IMEN BREŽIČNOSTI

- poznostitev povezovanja
- zagotovitev globalnega pokritanja (dosegljivost na različnih področjih)
- prenosovne fizične ovire (močnija)
- bogša uporabniška izkušnja (ne razmišljat, koliko vičnic je; kje so, ...)  
→ večje možnosti za razvij
- pospeševanje razvoja informacijske družbe

## NAJPOGOSTEJŠI IZVI

- doseg komunikacije
- hitrost prenosa podatkov
- motnje pri prenosu (z avtomobilom skozi tunel) → sneg iz radijske komunikacije je problem zeleje (listje absorbira EM valovanje)
- varnost komunikacije
- terminalna oprema

⇒ HSPA + tehnologija mobilnih sistemov: 21,6 Mbit/s

## PRENOSNI MEDIJ: snovno in nesnovno komuniciranje

### SNOVNA KOMUNIKACIJA - ZVOK

- Zvok je gibanje zračnih delcev  
→ najhitreje se širi v gostih snoveh (v vakuumu se ne prenaša, v zraku pa s hitrostjo 340 m/s)
- mediusno valovanje, ki se širi v dani snovi  
→ za širitev je snov nujno potrebna  
→ hitrost širjenja odvisna od trdnine, kapljivine ali plina  
- slabšeje zvoka med gasorci na 100m je 107,5 dB  
- konstantna uporaba visokih frekvenc (sonar: 200 kHz, medicina: 0,2-15 MHz)

### NESNOVNA KOMUNIKACIJA - ELEKTROMAGNETNO VALOVANJE

- EM valovanje snovi ne vrata → v vakuumu se širi najbolj
- v snovi: lomni količnik / prepustnost / slabjenje se povzča  
 $C_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- nesnovno valovanje električnih valov  
→ hitrost širjenja odvisna od lomnega količnika snovi "n"

$$v = \frac{C_0}{n} = \frac{c_0}{n}$$

- hitrost svetlobe v praznem prostoru znaša  $C_0 = 2,9979246 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ 
  - od zemlje do lune: 1,3 s
  - od sonca do zemlje: 8,3 min
- svetloba je le delček elektromagnetnega spektra  
- LED dioda = FM oddajnik?

### PRIKAZ RAZPODŽIJEVA SPEKTRA

- delitev področja od 0 do  $10^{16} \text{ Hz}$ 
  - ionizirajoči žarki
  - povzročajo razbitje molekul, spremembe DNA zapisa

- (ve) vidna svetloba

\* zelo visoke frekvence reda  $10^5$  Hz (1.000.000 GHz)

- radijsko področje

\* kjer je mogoče vzbuditi EMV z avtenami in izmeničnim tokom

## \* ELEKTROMAGNETNI SPEKTER

▣ različno področje frekvenc

- pri nižjih delajo motuje že transformatorji

- nizke del (valovna dolžina visoka): zelo majhen spekter frekvence (do nekaj MHz se za mobilno komunikacijo ne uporablja več), za radijsko komuniciranje

▣ podmonivne imajo tako veliko valovno dolžino, da razdalja ni več kot ena valovna dolžina (zelo nizka frekvenca)

▣ energija fotona narašča s frekvenco

$$W = h \cdot f$$

zgornja meja pri  $10^{26}$  Hz

▣ področje ionizirajočega sevanja: tipično ionizira neke molekule (če je bila prej nevtralna) → določeni elektroni zletijo ven (X-žarki, UV)

▣ infrardečo svetlobo že uporabljamo za komunikacijo

## \* NAMENSKA RABA FREKVENČNEGA SPEKTRA (p. 09. Bistrica - komunikacije stran 6)

\* STANJE FREKVENČNEGA SPEKTRA s radijski spekter uporabljamo do 300 GHz

## \* ZMOGLIVOST PRENOSNEGA KANALA

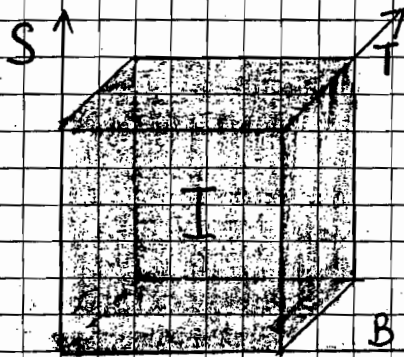
1 MHz  $\Rightarrow$  5x radio FM

▣ spekter je omejen

▣ frekvenco pod 1 GHz je najbolj dragocen spekter: dolžine so idealne, domet, ...

▣ kdaj prenašamo več podatkov? če prenašamo dlje časa na širšem pasu = večja moč

▣ INFORMACIJSKA ROKA: tu osi  $\rightarrow$  PASOVNA ŠIRINA (širši kot smo, več frekvenčnega pasu porabimo  $\rightarrow$  hitreje je); pomemben parameter je Moč (boljši signal je na sprejemniku, hitreje lahko prenašamo)



$$C = B \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \quad \text{Shannon-zmogljivost zveze} \quad [\text{bit/s}]$$

Zmogljivost prenosa informacij:

T - čas

B - pasovna širina (frekvenca)

S - razmerje signal/šum (moč)

$$I = T \times B \times S$$



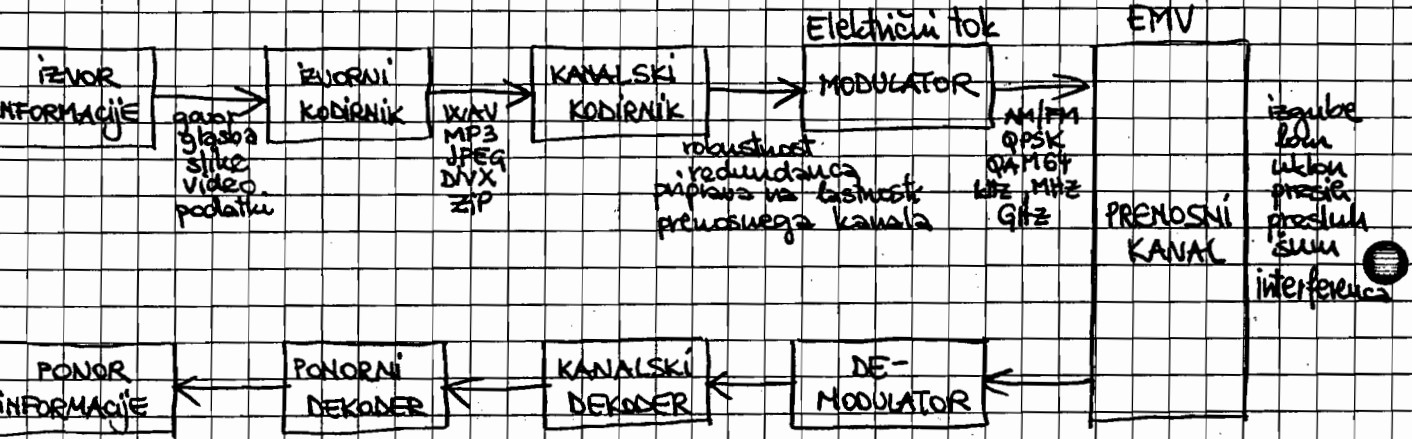
f

- Kako več uporabnikov navidezno hkrati prenaša podatke
- FDMA - frekvenčni sodostop (Frequency Division Multiple Access): frekvenčni pas lahko razdelimo v podkanale → vsi so enakovredni in imajo vsak zelo ozek pas
- TDMA - časovni sodostop (Time Division Multiple Access): enemu času na vsa celotna dolžina, vendar le za določen čas (delovanje sodobnih tehnologij)
- CDMA - kodni sodostop (Code Division Multiple Access): kako lahko to razdelimo po moči (UMTS, Wireless sistemi)

→ omejena pasovna širina

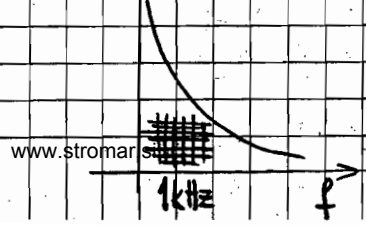
PRIMER KOMUNIKACIJSKEGA SISTEMA

- Relacija IZVOR - ODDAJNIK - KANAL - SPREJEMNIK - PONOJ
- = izločanje izbojance (kompresija)
- = dodajanje redundance (zaščita)
- = moduliranje (premik na višjo frekvenco)
- = prenos (izševanje signala iz antene)



→ imamo izvor informacije → najprej moramo narediti izvorno kodiranje (vse kar zajema analogne podatke, želi ven dobiti v obliki ZIP, MP3, ... → zdesetkani / zmanjšani podatki) → na drugi strani imamo nato ponovni dekodir (mi ne razumemo, da se je vmes kaj zgodilo)

MASKIRNI PRAG: en signal zelo močnej in vse kar je vmes je nevidno (lajhko izločemo, ker nam ni treba prebršat)



→ naprej gre to v kanalski kodirnik: niž podatkov pripravi na kanal / medij (sprememba vpliva na poročanje, oddajo naredimo robustno → dodajamo redundanco)

ABC

AXXA BBA...

→ prineseemo več informacij; večja možnost, da pride do cilja → to zagotavljajo podatki, ki jih dodamo, varnost prenosa → pazimo na končno stopnjo uporabnika in to spustimo na neko avtencio

Na sorjenu se celotna zgodba ponovi (na drugi strani imamo dekodiravke)

## \* TERMINALI in STORITVE

▣ Poudarjanje pomena prenosa videa

- video omrežja bolj uporabniško izkušajo
- prenos videa je v razvoju omrežij vedno bolj izvedljiv
- trenutni trendi kažejo (CTA wireless, marec 2010)
  - \* da bo v letu 2013 91% vsega prometa pripadalo videu
  - \* da bo v letu 2013 tudi v mobilnem svetu 66% podatkov pripadalo videu

▣ Rast tržiča komunikacijske opremežnih naprav

- pramik trendov komunikacije v smeri naprava - naprava
- do konca 2010 bo v omrežja po svetu vključenih 35 milijard naprav
- v letu 2013 bo ta številka zrasta do 100 milijard (tridesetkratno povečanje)
  - \* telefoni in prenosni računalniki
  - \* značke RFID, omrežni senzori
  - \* neposredno povezovanje stvari → Internet of things - IoT

▣ Cisco: čez naslednj let bo 91% vsega prometa videa (ostalega podatkovnega prometa bo zelo malo)

▣ naprave opremežene z brezžičnimi točkami: do 2010 - 35 milijard naprav → čez tri leta ogromno povečanje

▣ govorimo o t.i. Internet of Things - neživi svet → vsaka stvar se bo preselila v to (upr. nogometna žoga → vsak izdelek | stvar bo dodal svoj čip)

## \* UPORABNIK STORITEV

▣ VIDEO: besedilo, slike, video

→ barve, odtenki, prelivanja, senca, zaporedja, velikost, osvetljevanje, izraženja, kontrast, utipanje, ...

▣ AVDIO: ton, sozvonce, melodija

→ glasno, planovnično, pasivno, odrezano, polifonsko, šuščeče, ...

▣ OSTALO: snov, dražljaj, temperatura, oblika

→ tresoč, kovičasto, mehko, vroče, hladno, mokro, ...

- ljudi, ki se različno odzivamo (suo zelo zaleteni) → pogledati možnosti za koga delamo (prilagajanje trgu)

Spreminjanje stila življenja: doveščanje, komunikacija, ...

### DOSEGLJIVOST STORITEV VEDNO IN POVSOD

- ▣ Integracija raznovrstnih fiksnih in mobilnih omrežij z raznolikimi prenosnimi karakteristkami
  - VERTIKALNI prehod
  - HORIZONTALNI prehod
- ▣ komunikacijo skušamo zagotoviti na vseh smiselnih lokacijah
  - znotraj stavb
  - v naselju
  - v mestu
  - v regiji / državi
- ▣ tehnologije z najnižjim donetom pa do povezav s satelitom

### MOBILNOST IN ŠIROKOPASOVNOST (p. 09. Brezžične komunikacije stran 13)

- ▣ Izbira kompromisa med mobilnostjo in zmogljivostjo
  - pričakovana nova tehnologij in tehnoloških pristopov (OFDM, MIMO...)
- ▣ pomemben graf!
- ▣ čimdlje in čimhitreje
  - omejeni na tehnologije z majhnim dosegom
  - omrežje 3. generacije proti 4. generaciji (dosegle hitrosti 100 Mbit/s in več)

### UMESTITEV TEHNOLOGIJ **WLAN** (p. 09. Brezžične komunikacije stran 14)

- ▣ **WPAN**: RFID, NFC: blizina telesa → do 10cm, aktivni RFID → do 50m, hitrost → do 424 kbit/s
- ▣ **WPAN**: IEEE 802.15 Bluetooth, ZigBee, UWB: nomadsko → do 50m, hitrost → do 1 Mbit/s (do 1 Gbit/s), osebno pokrivanje, brezplačno
- ▣ **WLAN**: IEEE 802.11 Wireless LAN, ETSI HIPERLAN: nomadsko → do 500m, hitrost → do 54 Mbit/s, lokalno pokrivanje, brezplačna uporaba
- ▣ **WMAN**: IEEE 802.16 Wireless Man, MMS, LMDS, ETSI HIPERMAN / HIPERACCESS: stacionarni in mobilni domet → do 50 km (tipično 5 km), hitrost → do 100 Mbit/s in 15 Mbit/s za mobilno operatersko omrežje
- ▣ **WWAN**: IEEE 802.20 Mobile Broadband, Wireless Access (MBWA), 3GPP, 3GPP2, GSM, UMTS, HSPA, LTE: mobilni domet → do 35 km (tipično 5 km), hitrost → do 14,4 Mbit/s danes, celicno globalno pokrivanje, operatersko omrežje
- ▣ **WIRAN**: IEEE 802.22 Wireless Regional Area Networks: stacionarni domet → do 100 km (tipično 30 km), hitrost → do 7,6 Mbit/s (tipično 18 Mbit/s); kognitivni radio pri izloabi TV kanalov, operatersko omrežje
- ▣ Tehnologije najlažje razdelimo glede na doseg komunikacije

▣ WBAN & Wireless Body Area Network → čipe vgradijo pod kožo (RFID)

### \* TEHNOLOGIJA RFID - nese na 10 cm

- ▣ radio frekvenčna identifikacija (ena koda, hi se odda)
- ▣ sestavljena iz oddajnika in čitalca
- ▣ Identifikacija z radijskimi valovi
  - elektronska kartica čitne kode
  - avtomatično prenos in izmenjavo podatkov
- ▣ Tipična arhitektura
  - RFID oddajnik oz. oznaka (angle. tag)
  - RFID čitalec (angle. reader)

▣ Znani primeri uporabe radijske identifikacije: Urbana, kavovostni ključek, DARS kartica ABC, registracija prisotnosti, sistemi proti kraji, brezkontaktni avtomobilski ključ

### \* PASIVNI RFID

▣ Pasivne oznake nimajo lastnega napajanja: izkoriščajo energijo, pridobljeno s strani čitalca

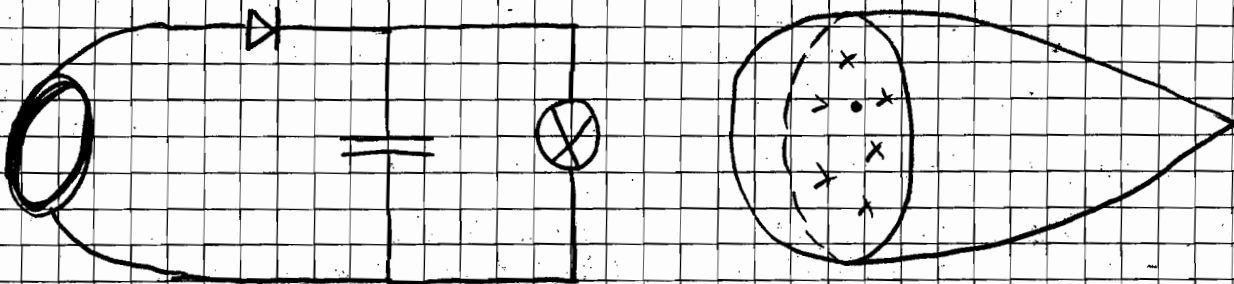
- ▣ manjši domeni:
- LF in HF do 1m (125kHz, 13,56MHz)
  - UHF do 10m (865-965MHz)

▣ Preverjanje na prehodih s čitalci: kontrola dostopa v stavbo (terminale na vstopu), kontrolna vrata, portali, prtljaga, kujižnična izpostava

▣ nima lastne baterije oz. lastnega napajanja (lahko tujeavco in sevajuje čitalca)

< 300MHz AM (antena)  
> 88MHz FM

### energy harvesting



## AKTIVNI RFID

▶ aktivni RFID omogoča daljši doseg in višje hitrosti

- RFID oznake so baterijsko napajane
- povečan doseg do 100m
- uporaba metod triangulacije

▶ primeri uporabe:

- skladišča, trgovine in logistika: zamenjava za črtne kodo
- bolnišnice: sledenje pacientom, inventarju
- igralništvo: identifikacija oseb
- lociranje: elektronsko cestninjenje

▶ pasivne nesejo tipično do 10m (max. 1m)

## RFID - NFC

▶ NFC - Near Field Communication

- podvrsta tehnologije RFID
- namenjena komunikaciji na do 10cm
- večja varnost prenosa podatkov
- vgrajena oznake in čitalci v mobilne telefone
- doseganje hitrosti do 424 kbit/s

▶ Omogočanje novih funkcionalnosti

- Touch-and-Go (vstopnice), Touch-and-Confirm (plačila), Touch-and-Connect (vizitke), Touch-and-Explore (informacije)

▶ bližnje polje  $\Rightarrow$  nahajamo se na radiju manjšem od  $\frac{1}{5}$  valovne dolžine

▶ podnabor RFID komunikacije: NFC oddajnik in sprejemnik

## UMESTITEV TEHNOLOGIJ WPAN

▶ deluje približno do 10m

## VLOGA OMREŽIJ WPAN

▶ brezžična osebna omrežja (Wireless Personal Area Networks)

- prenos informacij v zaprtim osebnem krogu na razdalji 10m
- neposredne (ad-hoc) povezave naprav v radijskem dosegu
  - \* uporaba ne zahteva posebne komunikacijske infrastrukture (npr. AP)
  - \* tipično brez povezljivost navzven (npr. v internet)
  - \* možni dodatni vmesniki (prehodi) med WPAN in drugimi tehnologijami

## BLUETOOTH: prvi razširjeni predstavnik družine WPAN

▶ varna brezžična tehnologija za povezovanje različnih naprav

- asimetrične hitrosti do 2,1 Mbit/s od različice 2.0 (EDR) naprej
- simetrični kanali 64 kbit/s za prenos zvoka (BT slušalke)

## ▣ uporaba uporabniških profilov

- Headset Profile (HSP)
- Human Interface Device Profile (HID)
- Serial Port Profile (SPP)

## ▣ razvoj nizko-energijske različice (BLE)

- konkurenca RFID in ZigBee
- namenjen zgolj prenosu podatkov
- nižje hitrosti (do 200kb/s)

## ▣ Osnovna topologija Bluetooth

### - Piconet

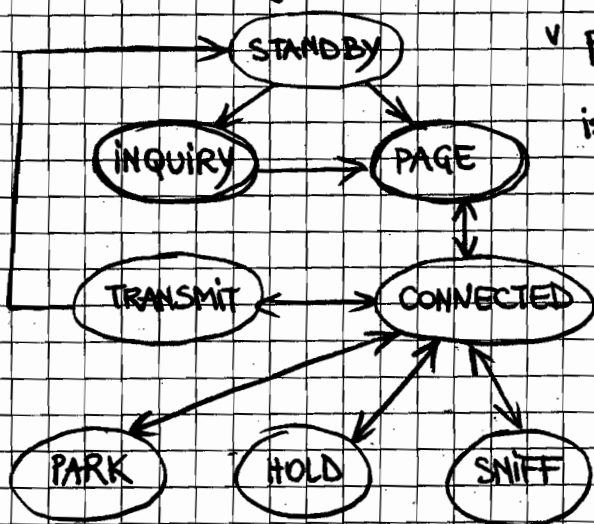
\* en piconet sprejme največ 1 gospodarja in 7 aktivnih odjemalcev

- podatki se prenašajo samo med gospodarjem in odjemalcem in ne med odjemalci
- možna avtomatska vzpostavitev povezave, ko pride odjemalec v doseg zvez

\* Značilnosti fizičnega kanala so določene s pomočjo naslova gospodarja

- vzorec shranjevanja vseh naprav v piconetu je enak in določen iz 48-bitnega naslova
- p-09-Blezicne-komunikacije stran 22

## ▣ Povezovanje in stanja naprav (stran 23)



v pripravljenosti

iskanje in vzpostavitev

Aktivno stanje

varčevanje z energijo

Kdo ima Bluetooth vključen? Kaj ta naprava zna?

→ **PARK**: sprosti aktiven naslov, ostane sinkroniziran na beacon, poslušaj broadcast oddaje

→ **HOLD**: ACL link se ustavi, SCO je še vedno podprt. Sprosti kapaciteto za poslušanje, klic in druge piconete

→ **SNIFF**: stanje zmanjšane poslušanja piconeta.

## ▣ deluje na istem frekvenčnem področju kot WLAN, 24kb/s

- \* profi: kupček aplikacij
- \* uporablja serijski profil (se danes kot virtualni serijski port)
- \* največ pogledamo kdo je povezan in čele nato portovno kaj zna
- \* topologija s au je glavni (na računalnik lahko povežemo največ 7 Bluetooth-ov)

## ZigBee

▣ Tehnologija kratkega dometa z veliko uporabnostjo: enostavnejša in cenejša od proširjene različice Bluetooth 2.1

▣ Lastnosti tehnologije:

- nizka poraba energije
- nizke podatkovne hitrosti (20-250 kbit/s)
- podpora različnim omrežnim topologijam
- visoka stopnja robustnosti

▣ Tipična uporaba: povezovanje senzorjev

▣ Topologija omrežja ZigBee (stran 25)

- delitev glede na razpoševnost omrežja

\* ZVEZDA - enostavna centralizirana topologija brez redundanthih povezav

\* RAZVEJANO DRVENO - hierarhično centralizirana topologija brez redundanthih povezav

\* MREŽA - polno povezavo decentralizirano omrežje z redundanthimi povezavami → dobro v primeru izpada

→ ZB koordinator / FFD, ZB usmerjevalnik / FFD,  
ZB končna naprava / RFD

▣ počasnejši od Bluetootha; zelo nizka poraba; moč signala (sporadično) temperaturno in stanje baterije - koliko je polna)

▣ senzorji za temperaturo (drobni moduli) → omejitve porabe moči (pri načrtovanju vgrajenih sistemov)

## \* DRUGE REŠITVE KRATKEGA DOSEGA

▣ Uporaba komunikacijskih modulov za vgrajene sisteme

- tipične frekvence 433 MHz, 868 MHz in 2,4 GHz
- programska nastavitve frekvence
- hitrosti nastavejve do 115,2 kbit/s
- domet nekaj 100 m na prostem, znobj kot WLAN
- tipična vodila: SPI, RS-232
- izhod RSSI (prikaz moči signala)

▣ Načrtovanje vgrajenega sistema

- izbira pasovne širine
- potreba po dometu
- omejitve porabe moči
- občutljivost na droge

## \* UMESTITEV TEHNOLOGIJ: WLAN

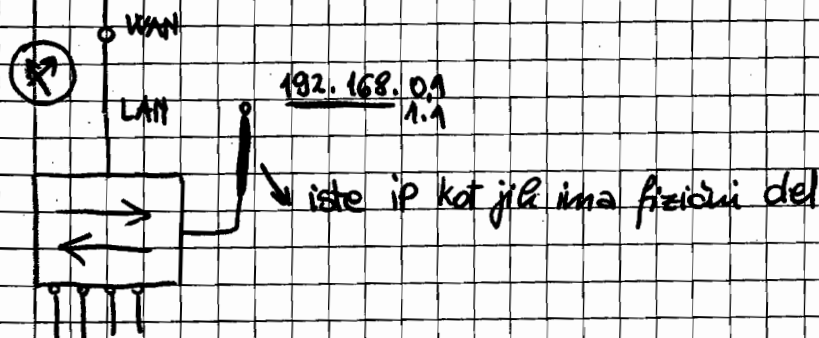
▣ domet do 100 m

## \* ARHITEKTURA IN GRADNIKI WLAN OMREŽIJ

▣ Osnovni gradniki arhitekture: distribucijsko omrežje, dostopne točke, repetitorji in mostovi, terminalna oprema

Access Point (dostopna točka) in nek sprejemnik / client

Wireless router: kompleksna računalniška naprava iz minimalno treh delov → računalnik, modem (demodulacija, modulacija), usmerjevalnik, shikalo



### \* OZNAKA OMREŽJA SSID

Polimeška oznaka omrežja (Service Set Identifier)  
- največ 32-znakomni unikatni identifikator (Case sensitive)  
- možnost skritja SSID (not announced) pri novejših AP

Uporaba SSID

- imevska ločevanje posameznih omrežij WLAN
  - \* na strani AP in TE mora biti vpisan enak naslov
- TE omogoča več nastavitven SSID
  - \* avtomatsko (oglaševan SSID)
  - \* ročno (SSID skrit) a poznan
  - \* z opazovanjem prometa na kablju (SSID skrit, nepoznan)

Nastavitve SSID na AP

- ročna nastavitve prek upravljalnega vmesnika
- tovarniško prednastavljena privzeta vrednost

Princip oglaševanja svojega SSID; na ta način klienti odkrijejo, če ga skujejo se še vedno oddaja in klienti so opozorjeni, da ga ne smejo sprejeti (oglaševanje zasebnih zadev - varnostna grožnja)

### \* ODKRIVANJE OMREŽJA WLAN (dva načina odkrivanja)

POSLUŠANJE (pasivno odkrivanje)

- uporabniška postaja preleti seznam vseh kanalov
- na vsakem posluša določeno čas in čaka na svetleček (beacon)
- manjša zasedenost pasivne širine

POIZVEDOVANJE (aktivna zahteva)

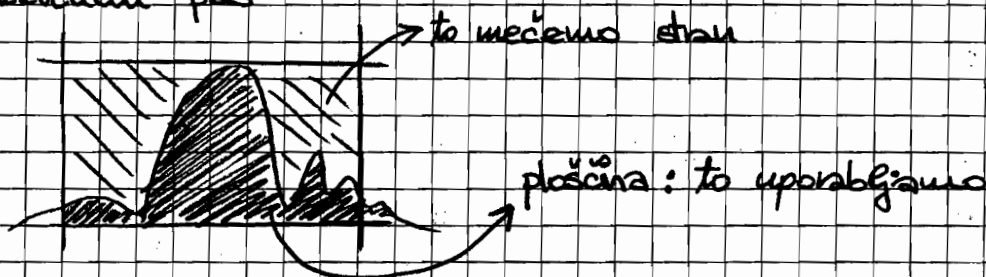
- uporabniška postaja preleti seznam vseh kanalov
- na vsakem odda zahtevo (probe) po podatkih morebitne AP
- večja obremenitev radijskega kanala

Access Pointi sami oddajajo SSID in terminali poslušajo

preveri vsak kanal (13 kanalov)

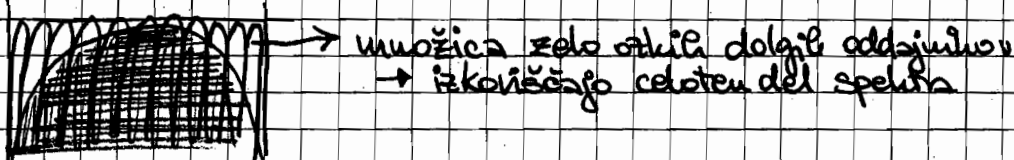
## WLAN - različica 802.11b (stran 31) → stara različica: 11 Mbit/s

- Standard postavljen leta 1999
  - prenosne hitrosti 1, 2, 5,5 in 11(22) Mbit/s
  - uporaba razširjenega spektra DSSS
    - \* vsak bit se razširi v nekaj čipi (zaporedjem enic in ničel)
    - \* omogoča učinkovito ločitev in prepoznavo signalov
    - \* delo na 13 različnih kanalih na 2,4 GHz ISM področju
    - \* teoretično možni le trije hkratni 802.11b sistemi (brez motenj → kanali med seboj niso neodvisni)
    - \* 83,5 MHz spekter → eva oddaja drug 22 MHz
- \* frekvenčni pas

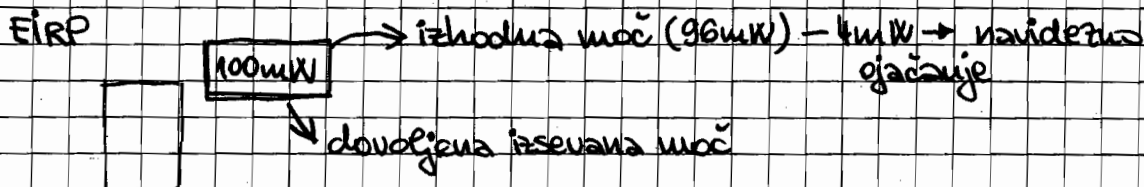


## WLAN - različica 802.11g

- Standard postavljen leta 2002-2003
  - prenosne hitrosti do 54 Mbit/s
  - združljivost najraj z različico 802.11b
- uporaba kanala širine 16,25 MHz
  - razdelitev na 52 OFDM podnosilcev
  - modulacije podnosilcev: BPSK, QPSK, 16-QAM ali 64-QAM
  - konvolucijsko kodiranje:  $R = 1/2, 2/3$  ali  $3/4$
- Izračun hitrosti (stran 32!)
- Tehnologija, ki uporablja OFDM - v digitalnih televizijah, WLAN

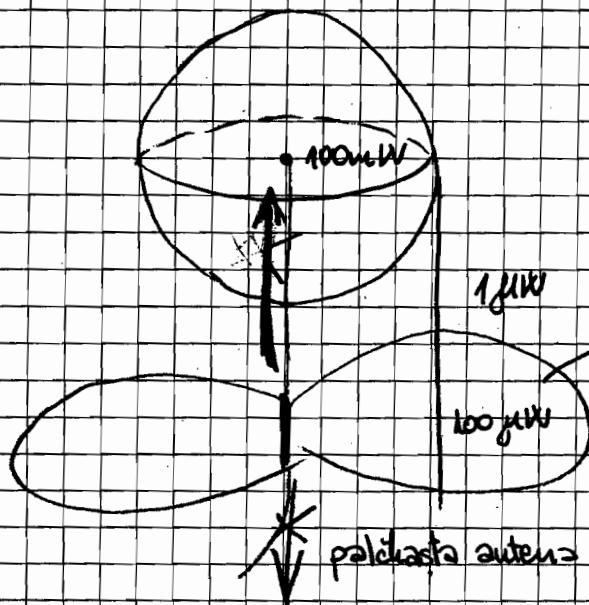


- Regulatorna predpisuje samo izsevano moč



- Antena: usmerja in navidezno ojača, pasivni element (zaradi slabše prevodnosti)

- izotropni žar: v vse smeri enako



zakonsodajna omejuje izsevanje moč

moči nisimo povečali (samo jo samo usmerili) → dosežemo večji doseg

★ WLAN - različica 802.11n → naslednja nadgradnja avtozijski WLAN

- ☐ različica v procesu standardizacije (november 08 → draft 3.0)
  - pričakovani začetek standardizacije konec leta 2009
  - v letu 2008 že prodani > 100 M pre-standard enot
- ☐ uporaba inovativnih radijskih pristopov
  - uporaba avtozijskih sistemov, izboljšani doseg
  - uporaba frekvenčnih dnočij 2,4 in 5 GHz
- ☐ pričakovane višne hitrosti: od 72,2 do 600 Mbit/s z združevanjem širših kanalov
- ☐ uporaba OFDM modulacije - še temeljitejše: 68 Mbit/s
- ☐ wireless LAN so diskretni nosilci → 72 Mbit/s na en kanal
- ☐ antene se medsebojno delujejo kot neodvisni sistemi, če sta na območju razdalji (lahko uporabljata isto frekvenco)
- ☐ wireless LAN gre največ do 4 antene
- ☐ SDMA - prostorska razdelitev | 22 MHz | 22 MHz | 600 Mbit/s
- ☐ če so antene pravokotne, so neučinkovite
- ☐ ROUTER: 10 Mbyte RAM, procesor zmogljiv (ga lahko uporabljajo linux-i brez grafičnega vmesnika)
- ☐ ISM - industrija, znanost, medicina: 2,4 GHz (ni nikjer na svetu plačljivo)
  - ↓
  - mikrovalovna pečica (valovanje vode)

↳ Tedensko povprečje je speltn na 2,4GHz (ISM) → stran 34

- ▣ Rezultati: vsaki nivoji mikrovvalovni potie v času dnevnih obdobjev, prazne špice detektorjev gibanja, ponavljajoč dnevni vzorec, povprečna zasadenost speltn 5-10%

## 5 OSNOVNI PRISTOPI K (NE) VARNOSTI

- ▣ izklop oglaševanja SSID → Nastavitve "Wireless SSID Broadcast: Disable"
  - skrivaje pred javnim prikazom v seznamu odkrivanja
  - prikazuje se lahko le tisti, ki imajo dovoljena poizn
  - izkušeni uporabniki: radijski promet razkiva SSID
  - če izklopimo oglaševanje SSID (našega imena) nikur navedili: nič za varnost
- ▣ Filtriranje naslovov MAC → nastavitve: "Permit only PCs listed to access the wireless network"
  - dostop omogočen le določenim strojni opremi iz seznama naslovov MAC
  - izkušeni uporabniki: spreminjajo radijski promet, ki razkiva MAC uporabnikov
  - številka MAC se lahko "izposodi" oz. ustrezno prilagodi
  - MAC naslovi so enkratne številke
- ▣ Omejitve dinamičnega dodeljevanja IP → nastavitve: "Maximum number of DHCP users"
  - dostop omogočen le določenemu številu računalnikov
  - uporabo pri enem uporabniku (omejitev št. uporabnikov)

## ↳ WEP - slabosti (osnovno kodiranje)

### ▣ Inicializacijski vektor (IV)

- nastavitve WEP ključa (104 + 24) bit prirova (104 + 24) bit
- vsak paket je šifriran z drugim ključem (224 različnih kombinacij)
- IV se pošlje skupaj s šifriranim sporočilom (največja šibkost)
- za 24-bitni IV dobiva 50% verjetnost, da se ponovi po 5000 paketih pri  $2^{24}$  kombinacijah

→ Raziskovalci so uspeli 104-bitni WEP (oz. 128-bitni WEP) v 50% primerov razbiti z manj kot 10.000 paketov (kar znaša dobri 1,5 Mb podatkov). Za 95% uspeh pri razbijanju pa je potrebno zbrati 85.000 paketov (dobri 3,5 Mb podatkov). Bolej tega je čas "zbiranja" paketov mogoče pospešiti oz. skrajšati na manj kot minuto z vnašanjem ARP in TCP ACK paketov, kar omogočajo številna vtična orodja npr. Airtools.

## ↳ WPA in WPA2

- ▣ dve vrsti šifriranja; WPA2 je nadgradnja WPA

## WPA (Wi-Fi Protected Access)

- zagotavlja različna varnostnega standarda 802.11i(2002)
- razvil pod WiFi Alliance kad' začasno nadomestilo za šifro WEP
- uporablja procesorsko manj zahtevni algoritmi (firmware uporabe)
- možnost avtentikacije
  - \* statičen bazi ključ - "WPA-Personal"
  - \* dinamičen bazi ključ - "WPA-Enterprise" z 802.1x
- dinamična menjava šifrirani ključev (TKIP)

## WPA2 (WPA druge generacije)

- standard WPA2 ratificiran leta 2004
- naslednik vnesne "časne" različice WPA1
- obvezno spoštovanje priporočil standarda 802.11i
- najbolj varna oblika WPA2-PSK **AES** (Advanced Encryption Standard)

## AES - najmočnejše šifriranje

**WPA2 AES** s tem se spleta delat!

PSK - noter vnesemo nebo svoje geslo

\* Primer načrtovanja povezave WLAN (p. 09 - Brežične komunikacije stran 38)

# MOBILNOST

\* Umetitev mobilnih tehnologij (p. 10 - Mobilnost stran 2)

- WLAN: GSM, UMTS, HSPA, ...
- Mobilni domeni: do 35km (tipično 5km)
- hitrost: do 21,6 Mbit/s HSPA+
- celično globalno pokrivanje
- operatersko dedeje

\* BREŽIČNOST in MOBILNOST

- **BREŽIČNOST**: komunikacija brez uporabe žic → brez uporabe dodatnih sredstev (kabeli, kovina) uporaba radijskega ali optičnega spelita (svetloba, EMV), fikсна (televizijska antena), mobilna (tipično: Wireless LAN → uporablja se kjer je zastoj frekvenčni pas; uporabljamo ga lahko kjerkoli se ustavimo → ko se premikamo lahko pada do težav) ali mobilna uporaba (zagotovi možnost komunikacije med premikanjem - nisimo omejeni na majhne območje; dosežemo lahko globalno pokritost → na satelitu postavljeno obliko pokriva celo Evropo, lahko pa na zemeljski površini postavimo več satelitske pokritosti v radiju nekaj kilometrov → vsaka celica ima manjšo kapaciteto)

- **MOBILNOST**: komunikacije med premikanjem, zagotavlja globalno pokritost, razdelitev na celice

## GENERACIJE MOBILNIH TEHNOLOGIJ

- **Predstaviki:**
  - 0G (pred-1G): MTS, IMTS, ARP, B-Netz
  - 1G (prva generacija): NMT, AMPS, TACS, ETACS, JTACS, UTACS → ogromni telefon
  - 2G: GSM, GPRS, D-AMPS, IS-95/IS-136, PDC → digitalizacija (nemogoče prisluškovati)
  - 2.5G: GPRS, HSCSD, EDGE → internet na telefoniji, IP z interneta sveta je začel prihajati na računalnike
  - 3G: W-CDMA, TD-CDMA, FOMA → ker so videli, da se je skozi 5 let mobilna telefonija zelo prišla (nepravilne porabe kapacitete omrežja) UMTS
    - žepne telefone sedaj uporabljamo kot mobilne terminale (najprej računalnik in nato mobilni)
  - 3.5G: HSDPA, HSUPA, HSPA → UMTS - ni obstal na mobilnem nivoju (384 kbit/s) ampak prišel na 4bit/s
  - 4G: UMB, LTE

- **Zanimivosti:**
  - 1984: Prvi prenosni mobilni NMT telefon (Nokia) - analogni (napel prenosni in napel prenosni telefon)
  - 1987: Prvi žepni telefon s težo, manjšo od 1kg
  - 1992: Prvo poslan SMS kot sporočilo; že GSM v Evropi, bolj sodobni telefon → telefon se da uporabljati tudi za kaj drugega (npr. SMS)
  - 2002: Uporaba mobilnih telefonov je presegla fiksno telefonijo (l. 2006 že 2x); uporaba SMS se je zelo povečala → prvi SMS je bil poslan iz računalnika (na začetku so telefoni le sprejemali SMS → niso pa jih pošiljali)

## PRVI SISTEM MOBILNE TELEFONIJE V SLO

- **NMT - Nordic Mobile Telephony**
  - ugašanje pri 40 000 uporabnikih in pokritost 98,9% predejalstva (31.12.2005)
  - kakovost postavitve je zanjena več kot 180 lokacij (220 oddajni bazni postaji)
  - ni ma SIM kartice → sprogamirano na terminalu
  - ni imel dosega v nobeno drugo državo razen na Hrvaško do Krke
  - zasnovan na visoki kapaciteti → oddajniki na zelo visoki točki (kličati je lahko govorilo 15 ljudi → 15 kanzlov)
- **Posebnosti**
  - Postavitev na visokih točkah (oddajniki RTV): večje oddajne moči terminalov do 20W z dosegi tudi do 100km; zmanjšana kapaciteta sistema zadoštuje takratni klij, pokrivanje nekaterih predelekov, kamor GSM signal ne seže
  - Terminali: prenosni, prenosni, žepni

## VPELJAVA DIGITALNEGA OMREŽJA

- **GSM - globalni sistem s številnimi prednostmi**
  - osebna prenosljivost - identifikacija s kartico SIM: v katerikoli omrežju in s katerikoli terminalom

- terminalna procesor - možnost uporabe katerikoli terminala: v katerikoli smeri in s kateri koli kartico SIM
- polna globalnost
- OSEBNA: SIM kartica v osnovi relativno močan računalnik (kontroler na neki smeri in mikro kontroler) → računalnik sprejema pogovorni lastne programe: SIM je tako programirana, da lahko telefonu vsili novo menije / aplikacije
- TERMINALNA: SIM kartica lahko deluje v katerikoli nezaklenjen terminal in to lahko uporabljamo kjerkoli
  - GPRS tehnologija - Avonias
  - PDS - Koneja

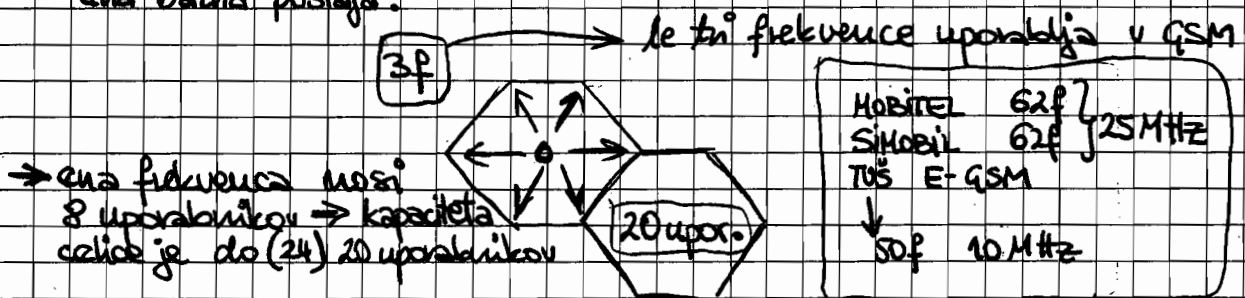
### • Digitalizacija komunikacije

- povečuje zaščito proti zlonamernim
- veliko novih storitev: SMS sporočila, visji prenos podatkov, boljši prenos govora, faksimile, identifikacija klica, večja kapaciteta sistema (zelo pomembno)
- omogoča šifriranje oz. kodiranje
- ne da se več prisluhnati (varovano)

### \* POSTAVITEV CELIC V REALNEM OKOLJU

- uporaba mikro, makro in krovnih celic
- pametne antene (p. 10. Mobilnost stran 7)
- pomikanje frekvenc (zelo pomembno), pomikanje frekvenc: dve lahko uporabljata isto frekvenco, če nista sosednji (v UMTS so to odpravili in lahko tudi dve sosednji uporabljata isto frekvenco)

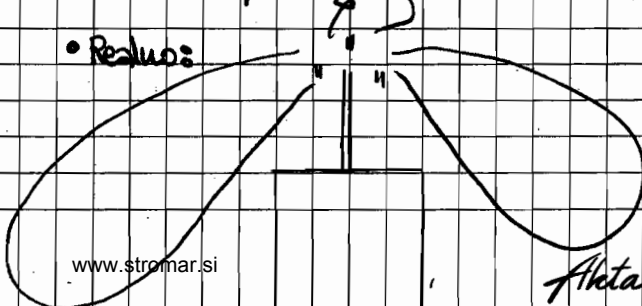
ena bazna postaja:



- Ena antena lahko naredi različno veliko celico. Vsako celico predstavlja 20 elektrinih zvez. Manjše celice imamo → večje kapacitete lahko dobimo.

- Krovne celice: večje antene
- Mikro celice: na gasilskem domu upr. 20W
- Makro celice: pod mišjem stehi po 20W
- piko celice: montirajo kar na steno → minimalna izhodna moč, nekaj 10mW

• Realno:



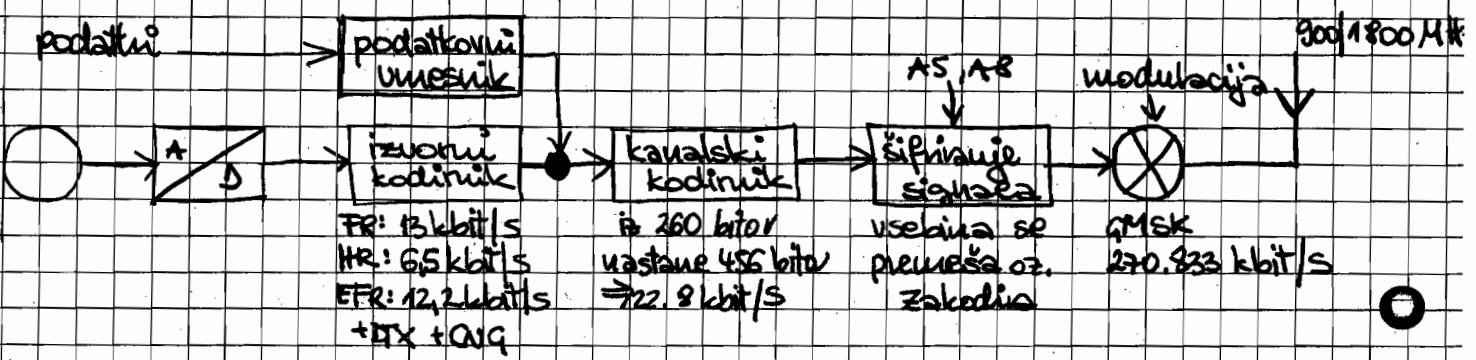
→ bazne postaje so v splošnem postavljene točno na robu, da prišparajo (tudi dve različni celici, neje 2,5 celici na bazno postajo)

# ARHITEKTURA CELIČNEGA OMREŽJA GSM

- Omrežje GSM sestavlja zvezdasto razvejana arhitektura
  - mobilna postaja MS s kartico SIM
  - bazna postaja BS z nadzornikom BSC
  - jedrni del omrežja z glavnim centrom MSC
  - baze in registri podatkov
    - EIR, AUC - varnost in zasebnost
    - OMC, TMN - upravljanje
    - HLR, VLR - mobilnost
  - skica: p. 10. Mobilnost stran 8!
- šef - glavni mobilni center: močni računalnik odgovarja na vse zveze → pomočnik: nadzornik baznih postaj. Bazne postaje imamo na stavokah (Mobilni 1000 baznih postaj in 6100 oddajnikov + SSD dostavnik) na terenu)
- Register terminalne opreme EIR - mobilni terminali (\*#06# - IMEI (naj ne bi bil splemenljiv → pri stavitvi se je to dalo - nezakonito) → mac naslov telefona v mobilnem svetu)
- identifikacija SIM in oznaka telefona se odda ko vzpostavimo povezavo
- HLR - register domaćih naročnikov: s stolpca podatkovnik katere je najpomembnejše za zagotavljanje mobilnosti (vse izdane SIM, vse kar ima vključeno, kdo je lastnik, ... → trenutna lokacija in ali smo veljajo v tujini
- VLR - gostujoči naročniki: shranjeni trenutni uporabniki vezani na določeno omrežje → trenutni uporabniki omrežja
- ko gremo čez mejo: se povežemo prišleto prekine - uporabnik mora imeti kontrolo stroškov ⇒ uporabnika se prekine in mora še enkrat vzpostaviti povezavo v novi tarifi ⇒ tehnično je to izvedljivo tudi brez prekinitve, vendar se prekine zaradi stroškov

## PRENOS GOVORA

### ◦ Komunikacijski model



- Jemneučna radijska oddaja - deljeni sobstoj  
 → glej p. 10. Mobilnaš stran 9  
 → osreda govorni, telefon pripravlja govor na oddajo  
 $1/0,004655 = 216,57 \text{ Hz} \rightarrow$  slišamo v zvočniku

- po komunikacijskem modelu

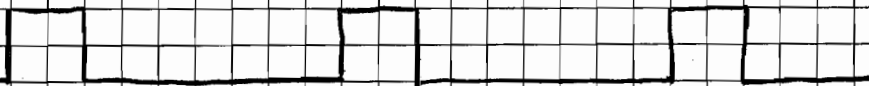
- analogni signal pretvorimo v električni tok in VZORČIMO ter KVANTIZIRAMO isto izvorni kodiranje  $\rightarrow$  vse te količine podatkovov skompresiramo (kodeli so 10x bolj skompresirani kot MP3): 3 kodeli najboljši je EFR!



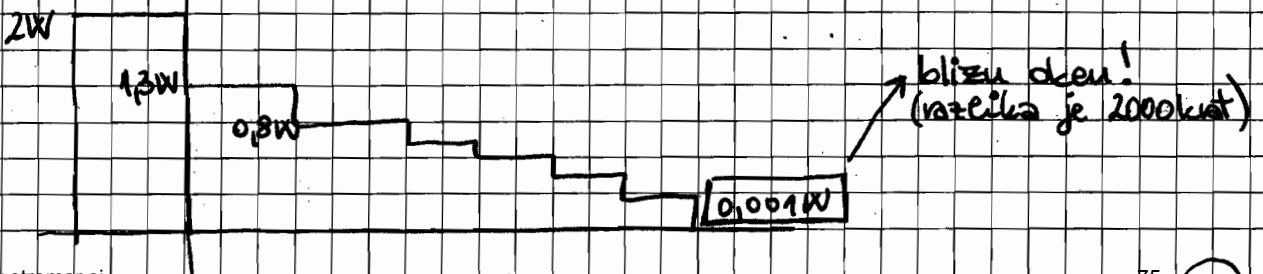
- če smo klic in govori le na eni strani, CNQ skrbi za to, da izklopi oddajnik in ga potem pravčasno spet odpre (da varčujemo z energijo)
- kanalsko kodiranje: iz tega kompresiranega (varčevanega) bomo dobili nekaj več (namesto 12,2 kbit/s  $\rightarrow$  22,8 kbit/s): dopustnost napak  $\rightarrow$  povečamo bitni pretok in dodatno zaščitimo podatke na prenosni poti. GSM oddaja le 1/8 časa, 7/8 pa poslušča.

- na isti frekvenci se prevaša tudi signalizacija, zato malo manj kot 24 uporabnikov

- zakaj GSM čuješči (ropota) v zvočniku  $\rightarrow$  to postaja vedno tišje



- vedno deluje v režimu najmanjše izhodne moči (skuša povedat kdo je in koga kliče  $\rightarrow$  ne žue ni nič narobe na začetku). Ko začne oddajati, oddaja z maksimalno močjo 2W  $\rightarrow$  le nekaj sekund (prvih 5s se prevaša sama signalizacija)



- vsakič najmanj 12 ur operater preveri, če je telefon še živ, želi imeti bazo HLR up to date (če se kaj zgodi telefonu, ne sporoči tega bazi → zato vsake toliko časa pinga vsakega kumulativno telefonov), če se pa peljemo v avtomobilu, telefon na določeni mestih začne odskajati.

## PRENOS SPOROČIL SMS

- SMS center (SMSC)
  - osrednji element za prenos in posredovanje sporočil
  - nadzor nad dostavo sporočil in obveščanjem o prejemu
  - določeno trajanje sporočil v centru (maks. 72 ur)
- Posebnosti SMS
  - prenos 160 7-bitnih znakov z uporabo signalizacijskih kanalov
  - naslov SMS centra je shranjen na kartici SIM
  - Modemu SMS-center omogoča prejemnost 1000 SMS-ov na sekundo
- preko večjardo sporočil vsak dan!
- dostaja SMS center, kjer se vsi SMS-i shranijo → center sporoči glavniemu prelopičnemu centru, ki preveri dosegljivost → store and forward postopek
- nastavimo trajanje poskušanja dostavejnja sporočila (sporočilo na SMS centru krišje po 72 urah) → plačamo dostavo le do centra in ne do uporabnika

## PRENOS SPOROČIL USSD

- USSD - Unstructured Supplementary Service Data: omogoča dostavo sporočil skoraj v realnem času (ni store & forward)
- UPORABA: npr. \*123\*456\*789# je mogoče vnesti preko tipkovnice terminala
- PREDNOSTI:
  - hitra seja komunikacija med uporabnikom in aplikacijo (7krat hitrejši prenos od transporta sporočil SMS) AB 1234
  - največja dolžina sporočila je omejena na 182 znakov
  - ukazi USSD delujejo tudi v tujini
- PRIMERI UPORABE:
  - napolnitev predplačniških kartic preverjanje stanja
  - TV glasovanja, SIM toolit, imenice
- 8-bitni binarni SMS (tipično pošlje samo operater)
- USSD sporočila: sporočila s glasovanj (zvezdice in kôjhe) → pošlje se signalizacija v servisni center / domači HLR → ki omogoči nadaljnje komuniciranje (182 znakov v obo smeri)
- v tujini: +386 → kaj pa sms? ni potrebno → sms center in številka je že predstavljena s formatom +38641001333 (mednarodno zapisana številka) → sporočilo se dostavi v center in center ve, kaj ta user je

## \* PRENOS PODATKOV

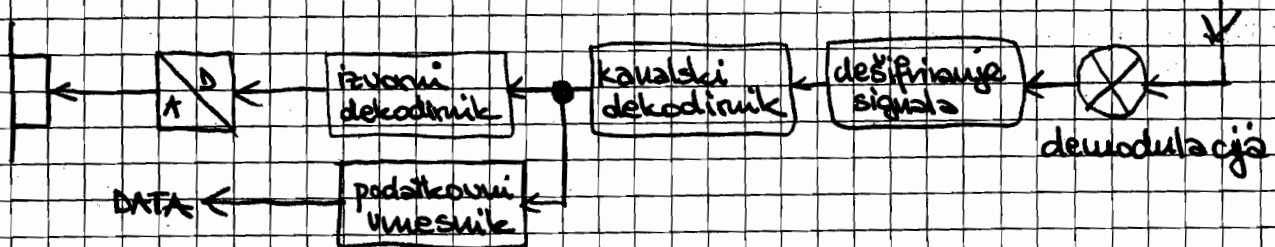
### • Posebnosti prenosa podatkov

→ podatki so občutljivi na vsak sprememben bit

- občutljivost prinaša dodatne možnosti zaradi prenosov in drugih dejavnikov
- napočeni sprejem povzroči napočno CRC kodo in potrebo po ponovitvi

→ podatki predstavljajo digitalno vsebino

- že pripravljeni niz enic in ničel, zunanji MODEM ni potreben



- pri govoru lahko zgubimo kaj podatkov, pri podatkih pa ne smemo izgubiti niti enega bita
- zaščiti se lahko pred poškodovanimi v kanalu
- manjše biti bližje bazni postaji, stroktnejše

• tokokrogovni prenos zmore le 9,6k prenosa CSD 22,8kbit/s

• tokokrogovne so bile prve povezave: ves čas povezave je bilo vse skupaj zasedeno

### • OSNOVNI PRENOS PODATKOV → CSD (Circuit Switched Data)

- tokokrogovni (vodovni) prenos podatkov: prenosno drmo je zasedeno ves čas povezave, v tem času je povezava do terminala zasedena, možen le prenos signalizacije (paging)
- vzpostavljanje povezave: podatkovni klic na skupino modemov (dial-up), podajanje uporabniškega imena in gesla
- robustnost prenosa:

- osnovni: 9600bit/s (13,2 kbit/s zaščite)
- izboljšani: 14400 bit/s (8,4 kbit/s zaščite)
- vzporedno združeni kanali (HSCSD)
  - terminali podpirajo do 3DL+1UL
  - največja hitrost znaša 43,2 kbit/s

### • PAKETNI PRENOS PODATKOV (GPRS)

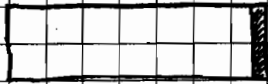
- paketna nadgradnja: GPRS, GPRS, PCU/CCU
- višanje hitrosti:
  - hitrosti od 9,05 do 21,4 kbit/s v enem časovnem delu

- doseganje efektivnih hitrosti blizu 100 kbit/s (lokacijsko odvisno)

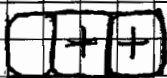
→ glej p. 10. Mobilnost stran 14

→ internet v SLO in NMT 1991 - 8 let po tem smo jih zlovrtili: 1999 (isto leto nadgradija omrežja GPRS)

→ spremenili smo način kodiranja (od 9 kbit/s do 21,4 kbit/s → pokrivamo skoraj celotno vsebino - malo zaščite)



CS4 → kodna shema (zelo blizu postaje)



časovna okna

→ lahko zasedemo več celic hkrati

- PAKETNI PRENOS PODATKOV (EDGE) → glej p. 10. mobilnost stran 15

→ EDGE = GPRS + nove modulacije + novi protokoli

- DL/UL = 4/1; maksimalna DL hitrost zrača  $4 \times 59,2 \text{ kbit/s} = 236,8 \text{ kbit/s}$
- DL/UL = 3/2; DL zrača 177,6 kbit/s, UL hitrost pa 118,4 kbit/s
- EDGE pri operaterju Simobil: optimalna hitrost 200 kbit/s, povprečna 110 kbit/s

→ prva nadgradnja v GSM → kako mobilno omrežje 2G izkoristiti do zadnjega bita

→ pridobiti veliko hitrosti, moramo biti še bližje bazni postaji (250 kbit/s)

- NOVI RADIJSKI DEL OMREŽJA (UMTS)

→ glej p. 10. Mobilnost stran 16!

→ še večje hitrosti: 384 kbit/s, efektivno močnejši nauj!

- VIŠAJE HITROSTI V SMERI NAVZDOL (HSDPA)

→ prva razvojna nadgradnja 3. generacije (3,5G)

- 3GPP Release 5 (standard sprejel leta 2005)

- znatna poselititev paketnega prenosa v navzdolnji (DL) smeri

→ Predvidena razvojne hitrosti

- vpljiva po korakih: 1,8 Mbit/s, 3,6 Mbit/s, 7,2 Mbit/s do 14,4 Mbit/s

- prve največ omrežij: 10/2006 (D2, Mobilnikom)

→ Začetek v Sloveniji: 09/2006

- uvodna hitrost 1,8 Mbit/s, efektivna 1,2 Mbit/s

- poselititev (10/2007) 3,6 Mbit/s, 6x poselititev UL

- nadgradnja (09/2007) na 7,2 Mbit/s

→ Mobilno omrežje

- HSDPA pokriva kar 73,5 odstotka prebivalstva Slovenije

→ posodbit vse mestne linije, vsa vodila do nekega centra, nadgradit modulacije, spremenit terminalno opremo

→ poselititev navigator: max 2 Mbit/s

7,2 Mbit/s navzdol

## • Višanje hitrosti v smeri navzgor (HSPA)

→ Druga različica nadgradnja 3. generacije (3.5G)

• 3GPP Release 6 (standard sprejet leta 2003)

• 4x polovitev paketskega prenosa v navzgor (DL) smeri  
- polovitev iz 8k → 384 kbit/s že med najzajezena HSDPA

→ Predvidene različne hitrosti

• vpeljava po koraki: 0,73 Mbit/s, 1,46 Mbit/s, 2,93 Mbit/s in 5,76 Mbit/s

• prve najave omrežij: 02/2007 (Mobilkom)

→ Začetek v Sloveniji 2007/08

• prva najava 4Q/2007

• uvedba hitrost 1,4 Mbit/s

→ Mobilno omrežje

• HSPA pokriva 73,5% prebivalstva Slovenije

## • Najboljše TA HIP (HSPA+)

→ Optimizacija prenosnega omrežja

• uporaba neposrednih IP povezav med BS in GGSN (b2b RNC in SGSN)

• dosežena teoretična hitrost 21,6 Mbit/s (15 Mbit/s dejansko)

• glej p. 10 Mobilnost stran 19

→ Spremenjeni kode modulacije: v 21,6 Mbit/s in ↑ 5,0 Mbit/s

→ naprej dve možnosti: • lahko gremo kar v omrežje naslednje generacije

• LTE - Long Term Evolution

omrežja hitrosti: 100 Mbit/s → naprej

## \* MOBILNE STORITVE IN UPORABNIKI

• zahteve po prilagoditvi / prilagodjenosti mobilnih uporabniških storitev

→ PRVI VAL: informacijske storitve in zabava

• novice, vreme, vozní red, specializirane informacijske storitve

→ DRUGI VAL: transakcijske storitve

• elektronska pošta, koledar, internet, bančništvo, avtomati klepet

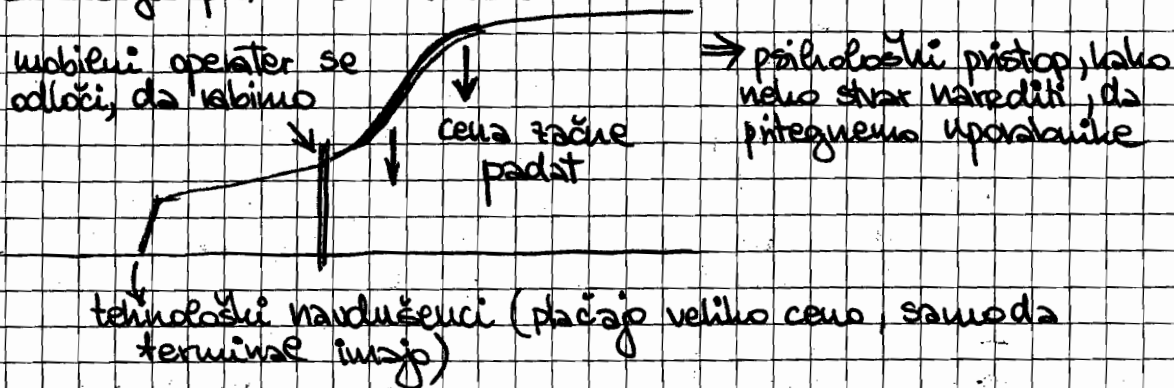
→ TRETJI VAL: varne transakcije in elektronsko poslovanje

• elektronski podpis in certifikati, e-nakupi, varna izmenjava dokumentov

→ ČETRTI VAL: večpredstavnostne storitve

• klepet A/V/T, prenos glasbe in TV

• uporabnike je potrebno navdušiti



• prva kategorija storitev so govorne storitve

→ osnovna daljinska storitve v mobilnih omrežjih

• prenos govora preko TDM / CS omrežja (POTS, GSM, UMTS)

→ Nadgradije

- uporaba VoIP tehnologije čez PS omrežja (GPRS, UMTS, WLAN)
  - SKYPE, IM, Fling, Sipcall, iTalk, Fastchist
- integracija Push-to-Talk (PoC) s protokoli SIP/RTP (GPRS, UMTS, WLAN)
  - integracije v nekatere 3G terminale (tipka PTT)

→ Kletanje po telefonu:

- klasičen telefonski pogovor
- VoIP
- Push-to-Talk (PoC) - kot walkietalki (prej ustvarimo novo skupino, čisti IP prenos)

## • STANDARD VOICEXML

→ Značilnosti spletne aplikacije in govorne dostave vsebin

- ponudnikom klicnih centrov in povečanje zadovoljstva stank
- možnosti stvaranja novih oblik interaktivnih govornih aplikacij

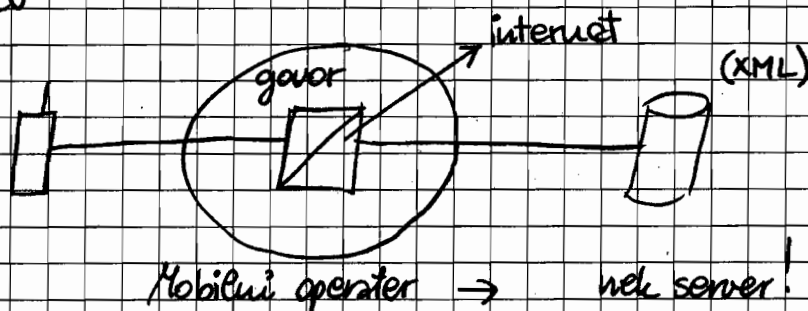
→ Prehod izjava aplikacijsko kodo, dobljeno s spletnega strežnika

- prenos se vrši z uporabo standardnega protokola HTTP
- prehod skodi za pravilno nastavljanje spletnih strežnikov
- prehod izjava zbiranje in posredovanje podatkovnih datotek (npr. WAV)

→ Razprava računalniškega in mobilnega sveta

→ sestavljeno iz 3 sklopov

- mobilni telefon in omrežje na drugi strani pa baza podatkov / serverji (operater mobilnega omrežja: telefon, Voicexml prehod ↔ HTTP ↔ ponudnik storitev: spletna stran ponudnika storitev)



## • SPOROČILNE STORITVE SMS IN MMS

→ Storitvena orodja operaterjev, primer: Mobilna M-vata

- primer odprte platforme za razvoj SMS storitev
  - sistemi za razvijalce aplikacij
  - lastna rešitev operaterja (www.m-vata.com)
- osnovni namen: dostop do SMS funkcionalnosti 3rd party ponudnikom
  - komunikacija temelji na izmenjavi XML sporočil
  - slika p.10. Mobilnost stran 23

→ Storitve

- SMS poštar: pošiljanje SMS sporočil uporabnikom
- SMS na zahtevo: sprejem SMS sporočil, postavljeni na ključno besedo

→ veliko SMS klubov

→ postavimo strežnik in pri operaterju povemo, da si želimo postati strežnik za SMS → postavi FRAMEWORK → sporočila bo šlo preko serverja http in ga pretvorilo v SMS

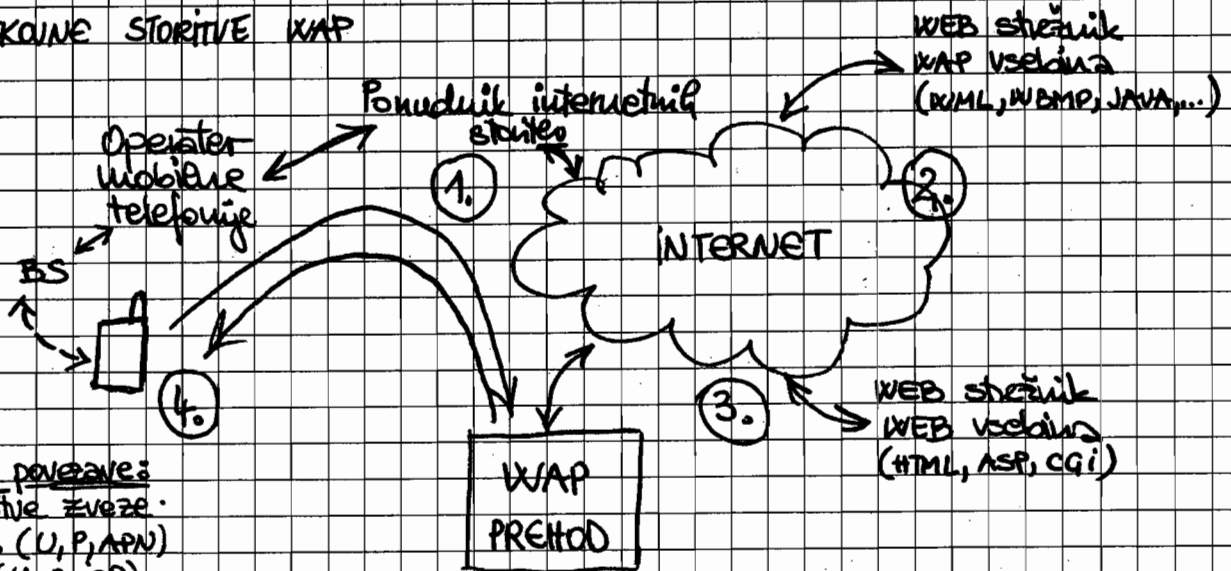
→ SMS poštar: naročeni na novice

→ SMS na zahtevo: v odgovor pošljemo plačilo / zahtovaj odgovor

→ SMS aplikacije

- SMS info: novice, Romkop, ...
- Kviz in glasovanje: mobilni milijonar, RTV, RPTV
- SMS klepet
- Info storitve: obveščanje o nakazilih ss, obveščanje zaposlenih, poslane ponudke trgovin
- Kombinacija z SMS na zahtevo

• PODATKOVNE STORITVE WAP



Parametri povezave:

Nastavitve zveze:

- GPRS (U, P, APN)
- CSD (U, P, ISP)

Izhodišča WAP strani

→ p. 10. Mobilnost str. 25

→ preduslov za prenos MMS

→ na črno-belih telefonih pa dostop do prijavitelj vsebin

→ vzpostavljamo povezavo in se pogovarjamo z WMB gateway, ki hodi dora po strežnikih in bazah podatkov → strežnik pošlje nazaj vsebino in WAP prehod skripi v nekaj neprekinjenega

• RAZPOZNAVANJE UPORABNIŠKEGA AGENTA

→ Programerski pristop

• WURFL - Wireless Universal Resource File

- hierarhično sestavljena baza vseh klientov

- razpočetljivi APIji za več pristopov: podpora za PHP, Java, ASP, NET...

- <http://wurfl.sourceforge.net/>

• UAprof

- dosegljivo iz parametrov iz glave protokola HTTP

urn HTTP\_X\_WAP\_PROFILE

urn HTTP\_PROFILE

- odgovor podaja naslov XML specifikacije

upr. <http://nds1.nds.unicode.com/uaprof/N6120c-1r100-3q.xml>

→ mobilni terminali so zelo različni in podpirajo zelo različne storitve

→ uporabljajo se profici, ki ko se povežemo na internet pove specifikacijo kaj znače (server)

## LOKACIJSKE STORITVE V MOBILNIH OMREŽJIH (p. 10. Mobilnost stran 27)

→ Globalna identiteta celice s parametrom zakasnitve

- CGI, CID = Cell Global Identity
- TA = Timing Advance
- Zdravljivo z vsemi terminali brez nadzora
- 100% penetracija med naročniki

→ Delovanje metode CGI+TA

- CGI identificira celico, kjer se nahaja MS
- TA da oceno razdalje MS od BTS (korak znaša 550 metrov)

→ Natančnost metode

- Lokacija je ocenjena s pasom negotovosti
- natančnostcca. 500m

→ s strani operaterjev zelo nezadovoljni

→ sledimo lahko na nekaj metrov natančno

→ ko imamo vzpostavljeno povezavo, mobilno omrežje ve na 500m v katerem tokratu se nahajamo



→ fina premika: odziva, koliko smo od bazne postaje odmaknjeni

→ če se premikamo po več baznih postajah, nas lahko določijo do 5 km natančno

## STORITVE Google MyLocation

→ Uporaba parametrov in razporeditve mobilnega omrežja

- telefon sprejema signale najmočnejše bazne postaje
  - opazuje pa tudi dogajanje v sosednjih celicah
  - zgradi si vzorec: MCC-MNC-LAC-CID
  - vzorec razvrsti po jakosti signala
  - primerjava s shranjenimi posnetki omrežja
  - dinamično dogajanje odditov omrežja
- Funkcija "Netmonitor" starih telefonov Nokia

MCC, MNC, LAC, CID → Baza podatkov "MyLocation" → Lat, Lon

→ Ugotovimo v katerem področju smo, katerem kanalu in v kateri celici smo. Zaveda se, kje je in pove Google → za pa sporoči našo lokacijo

## STORITVE PODROČJA M2M (p. 10. Mobilnost stran 29)

→ sistemi avtomatskega posredovanja podatkov (stroj-stroj)

- primeri: avtomati za prijavo, vodilni sistemi, števci energije (benzina v večini), avtomobilski sistemi (6% EU M2M trga v letu 2013)

→ množica avtomatov

→ preko GSM omrežja samo sporoča

→ miselni vzorec stran 29

## • APOSTAVLJANJE POVEZAV GSM/GPRS (p. 10, udeležnost stran 30)

→ književneje modema z ulasni AT (attn. attention)

- tipične povezavne hitrosti čez RS-232: 9,6 do 115,2 kbit/s
- tokokrogovne (CS) povezave (dial-out)
- paketne (PS) povezave (GPRS kontekst)
- sporočila SMS v tekstovni obliki

→ hiper terminali: terminalsko okolje s katerim se povežemo na napravo preko serijskih portov ATD

→ vsakič ko zazvoní telefon: izpiše ring ring  
AT+...? → povej številko ko me nekdo kličé

## \* MOBILNI TERMINALI

→ Proizvajalci udeležili terminalov

• leto 2010

- trg prodaje v tretjem četrtletju 2010 je porasel za 11,6% (vir: IDC)
  - Nokia ostaja vodilni proizvajalec s skoraj 1/3 deležem (1/3 vseh mobilnih telefonov na svetu)
  - iPhone se je uspel prvi prebiti med 5 največjih prodajalnih
  - BlackBerry (R.I.M.) je še vedno priljubljen, predvsem v ZDA
  - Sony Ericsson je zapustil lestvico 5 največjih
  - sledijo: Motorola, HTC, ZTE, Huawei in drugi

• glej p. 10 Udeležnost stran 32

→ Kriterij za zmogljiv terminal v letu 2010

• Dobar telefon naj premore

- 5 Mpx kamera z avtomatskim osterjenjem in dolgo bliskavico
- možnost zajemanja videa HDTV (1280x720)
- vsaj 1GHz procesor (npr. Snapdragon)
- vsaj 4" zaslon na dotik
- povezljivost HSPA in HSPA+
- povezljivost 802.11b/g/n WiFi in Bluetooth
- sprejemnik satelitov GPS
- združljivost z DNA (Digital Living Network Alliance)
- nov OS (npr. Android 2.2, WindowsPhone 7)
- množice senzorjev (pospehi, kompas, bližina, svetloba)
- zmogljivo baterijo vsaj 1500 mAh

• Dobra kamera; procesorji (okrog 1GHz); povezljivost; GPS;  
DNA → delitev omrežja z različnimi sprejemniki, TV, računalnikom, ...  
nov operacijski sistem; množica senzorjev

→ Pričakovanja za leto 2011

• Hiter razvoj tehnologij privede

- procesorje z dvojnimi jedrom s hitrostjo 1,3 - 1,5 GHz (Qualcomm CPU Snapdragon (MSM8960) bo 5x hitrejši od Desire HD, poraba se zmanjša za 1/4)
- hitrost prenosa navadno 12-25 Mbit/s HSPA+
- hitrost navadno 5 Mbit/s
- opremljenost z WLAN b/g/n
- hitri vmesnik Bluetooth 3.0 do 24 Mbit/s
- GPS s polno asistenco

- grafična zmogljivost kot PS3

→ Operacijski sistemi

- glej p. 10 Mobilnost stran 35<sup>o</sup>

→ Napovedi uporabe operacijskih sistemov do 2014

- NAPREDEK: - leta 2014-2015 bo prodaja Android OS dosegla Symbian  
- iOS (iPhone) in Windows bosta tržne deleže izgubljala
- glej tabele p. 10 Mobilnost stran 36

→ Dosegljivost aplikacij

- glej p. 10 Mobilnost stran 37<sup>o</sup>