

Računalniške komunikacije

2020/21

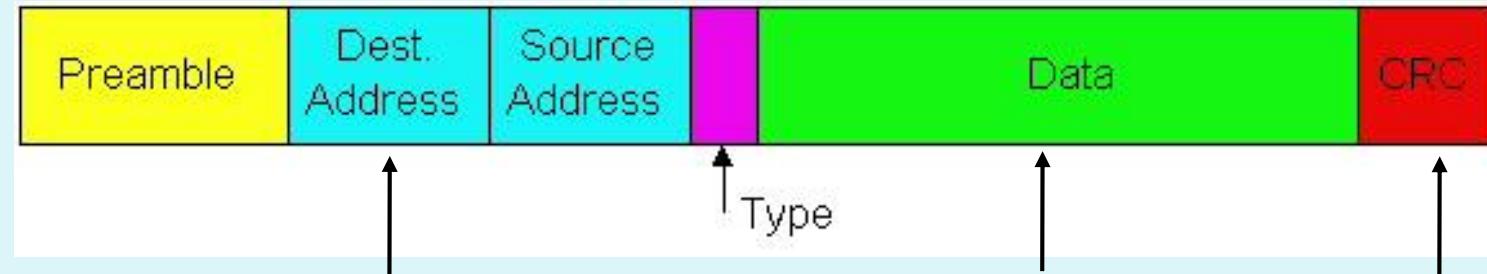
povezavna plast
PPP, ARP, stikala, VLAN

Pridobljeno znanje s prejšnjih predavanj

- protokola za izmenični dostop:
 - poizvedovanje
 - obroč z žetonom
- sodobni protokoli za naključni dostop:
 - **CSMA**: poslušanje kanala pred pošiljanjem, kolizije zaradi propagacijske zakasnitve signala
 - **CSMA/CD**: uporaba: današnji Ethernet, dodatno zaznavanje kolizij in prekinitve pošiljanja ob koliziji
 - **CSMA/CA**: uporaba: 802.11 (WiFi), izogibanje kolizijam s sinhronizacijo pošiljanja (posebna okvirja RTS in CTS)
 - postavitev skritih terminalov, postavitev izpostavljenih terminalov
- **Ethernet**
 - konceptualna zasnova medija in dostopa do njega, različne tehnologije glede na hitrost in medij, storitve protokola
 - topologije: vodilo, zvezda (prednosti: ni enotne točke odpovedi, ločene kolizijske domene, izolacija prometa)
 - lastnosti protokola (eksponentno povečevanje časa čakanja, motilni signal, učinkovitost)
 - struktura okvirja Ethernet (preamble, naslovi, tip, podatki, CRC)
- **PPP (point-to-point protocol)**
 - struktura okvirja, vrivanje podatkov

Okvir Ethernet

- Preamble: 7×10101010 in 1×10101011
 - namenjena sinhronizaciji ur oddajnika in prejemnika (in hitrosti)
 - znamenje: "pozor, sedaj prihajajo pomembni podatki"



6B: Če se ujema s
prejemnikovim
naslovom ali če je
broadcast, ga
posreduje omrežni
plasti, sicer ga zavrže.

2B:
Omrežni
protokol
(IP, ARP,
Novell...)

Podatki – datagram
dolžine
46 – 1500B.
MTU = 1500

4B: Če ni
ok,
prejemnik
okvir
zavrže

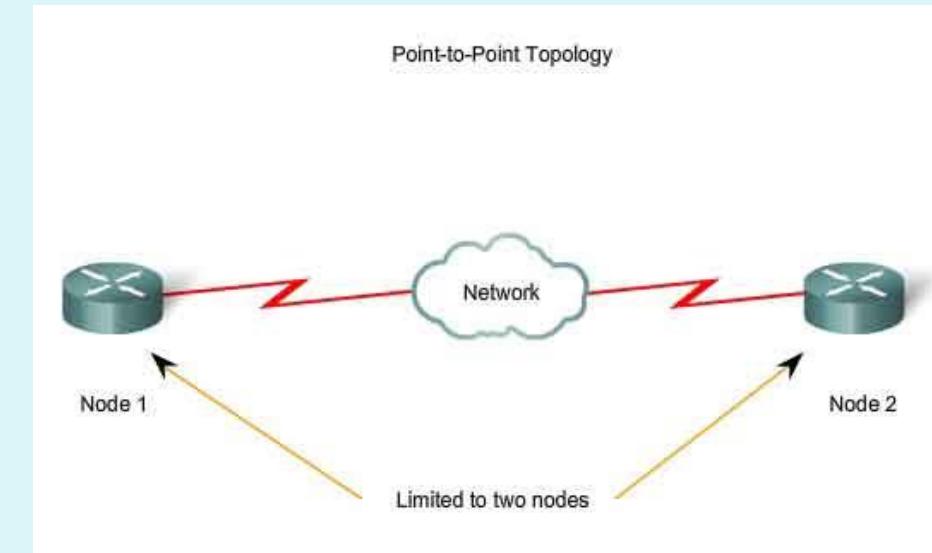
Kaj ponuja Ethernet?

- **nepovezavna** storitev (ni rokovanja, vmesnik pošlje brez faze vzpostavljanja)
- **nezanesljiva** storitev
 - kontrola pravilnosti se izvaja s CRC
 - potrjevanje in ponovno pošiljanje se ne uporablja!
 - omrežna in transportna plast skrbita za vrstni red in prenos vseh podatkov
- **Ethernet uporablja CSMA/CD:** posluša pred oddajo, v primeru trka preneha
 - uporablja se *eksponentno povečevanje čakanja na naslednjo oddajo* (angl. *exponential backoff*):
 1. ob prvi koliziji pošlje po čakanju 0-1 okvirja
 2. ob drugi koliziji pošlje po čakanju 0-3 okvirje
 3. ob tretji koliziji pošlje po čakanju 0-7 okvirjev ...
 - pri koliziji uporablja t. i. **jam signal (motilni signal)** za oznanitev kolizije drugim (okvarimo CRC v drugih okvirjih, da dosežemo, da ostala vozlišča okvirje zavričejo)
 - **učinkovitost rabe medija 85 – 100 %!**

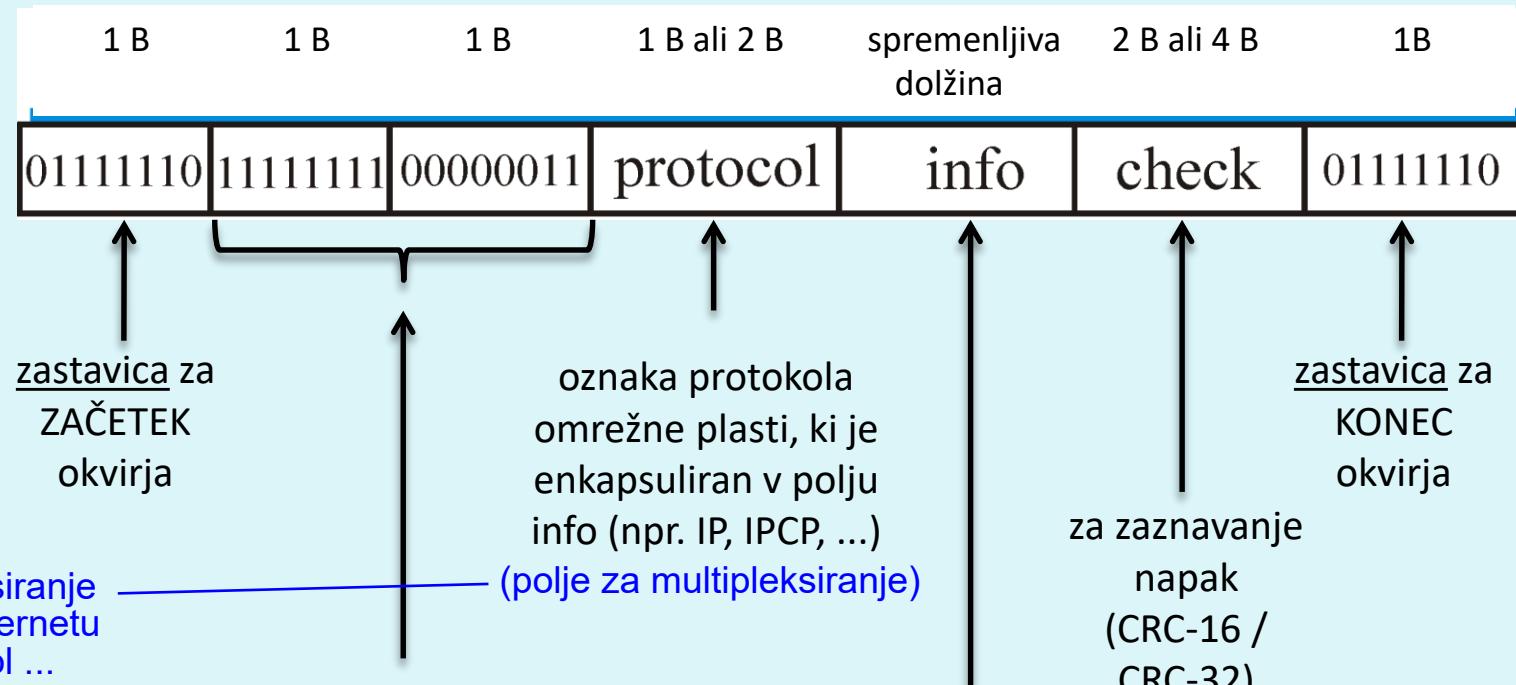
Protokol PPP

=/= P2P

- drugi povezavni protokol, poglejmo si alternativo
- PPP: Point-to-Point Protocol
- se ne uporablja na oddajnih (*broadcast*) povezavah, temveč na povezavah med dvema točkama (point-to-point)
- imamo enega pošiljatelja in enega prejemnika
- ni potrebe po protokolu za dostop do medija in MAC naslovih
- primer uporabe za: klicni dostop, ISDN, SONET/SDH, X.25



Okvir PPP



ko so izdelovali protokole,
je vsak polju za multipleksiranje
dal svoje ime, npr. pri Ethernetu
je type, pri PPP je protocol ...

ADDRESS in CONTROL:
polji s fiksнимi
vrednostmi, namenjeni
za kasnejše razširitve (ki
niso nikoli bile
definirane)

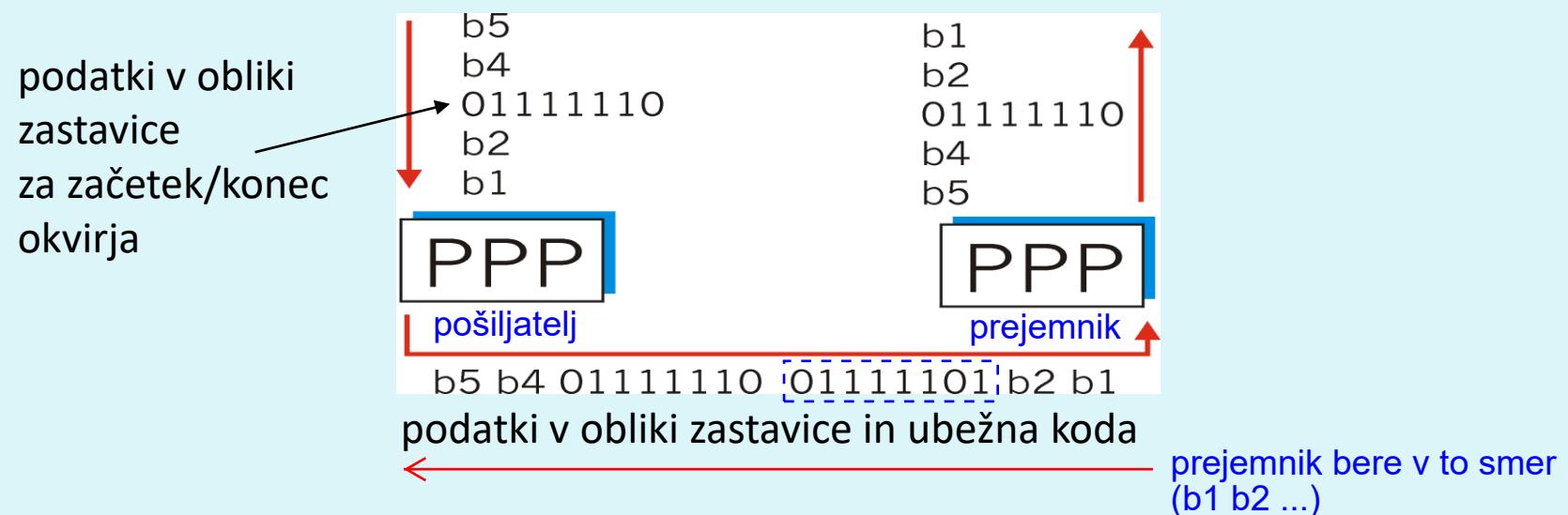
INFO: enkapsulirani
podatki omrežne
plasti, privzeta
največja dolžina je
1500 B, možno
spremeniti
isti namen kot DATA pri Ethernetu

zastavici za začetek
in konec sta fiksni
01111110

PPP: transparentnost podatkov

- želimo, da so podatki v okvirju PPP lahko poljubne oblike
 - kaj pa, če podatki vsebujejo niz 01111110, ki pomeni začetek/konec okvirja???
 - rešitev: uporabimo vrivanje (angl. *stuffing*) (kontrolna zaporedja)
 - postopek: pošiljatelj pred 01111110 vrine ubežno kodo (angl. escape sequence) 01111101, ki opozori prejemnika, da zaporedje, ki sledi, ni zastavica za začetek/konec okvirja; prejemnik ubežno kodo odstrani pri sprejemu

ta koda je fiksno
določena tako
kot zastavice



Naslavljanje naprav na povezavni plasti

MAC protokoli: CSMA/CD, ALOHA ...
To ni isto kot MAC tukaj!

- Naprave imajo naslove, ki so sestavljeni iz **48 bitov = 6 B** (fizični naslov ali **MAC**^[Media Access Control] naslov):
 - naslov zapišemo z 12 HEX znaki, npr.: **5C-66-AB-90-75-B1**
 - možnih 2^{48} naslosov, prva polovica je ID proizvajalca, druga polovica ID adapterja (podjetje zakupuje pakete po 2^{24} naslosov)
 - MAC naslov je zapečen v adapterju (omrežni kartici) in je unikaten!

ID proizvajalca

v nastavitevah računalnika lahko nastavimo drugačen MAC, ali pa spoofamo MAC naslov itd.



```
C:\WINDOWS\System32\cmd.exe
Windows IP Configuration

Host Name . . . . . : pb
Primary Dns Suffix . . . . . : helpdesk2.umd.edu
Node Type . . . . . : Unknown
IP Routing Enabled. . . . . : No
WINS Proxy Enabled. . . . . : No
DNS Suffix Search List. . . . . : helpdesk2.umd.edu
                                         umd.edu

Ethernet adapter Local Area Connection:

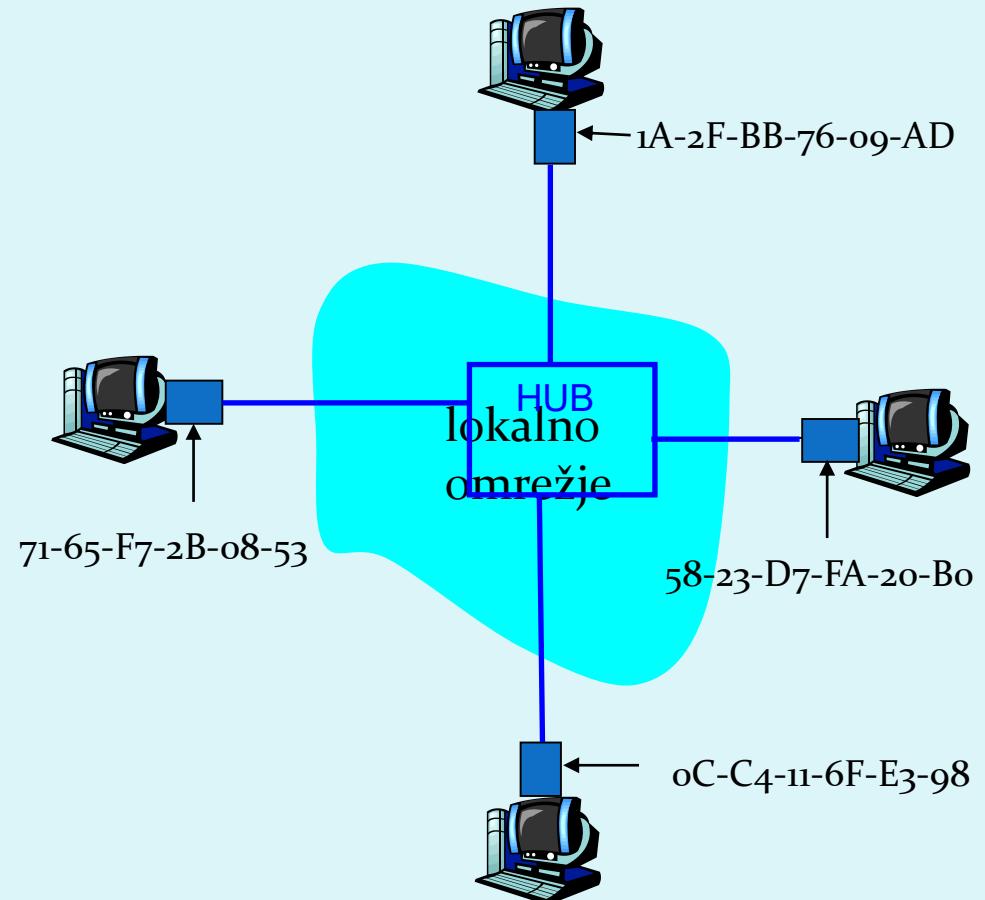
  Connection-specific DNS Suffix . . . . . : 3Com 3C920 Integrated Fast Ethernet
  Description . . . . . : 3Com 3C920 Integrated Fast Ethernet
  Controller <3C905C-TX Compatible> . . . . . :
  Physical Address . . . . . : 00-B0-D0-86-BB-F7
  Dhcp Enabled. . . . . : No
  IP Address . . . . . : 129.2.5.98
  Subnet Mask . . . . . : 255.255.254.0
  Default Gateway . . . . . : 129.2.4.1
  DNS Servers . . . . . : 128.8.74.2
                                         128.8.76.2

C:\Documents and Settings\Paul>
```



Uporaba nasloovov MAC

- naprave morajo razpoznati, ali je okvir na mediju namenjen njim
- namen naslova: naprave opazujejo okvirje na mediju in sprejmejo le tiste, ki so naslovljene na njih
- vsaka naprava ima unikaten naslov
- naslov FF-FF-FF-FF-FF-FF je poseben, pomeni "broadcast" (prejemniki so vse naprave)

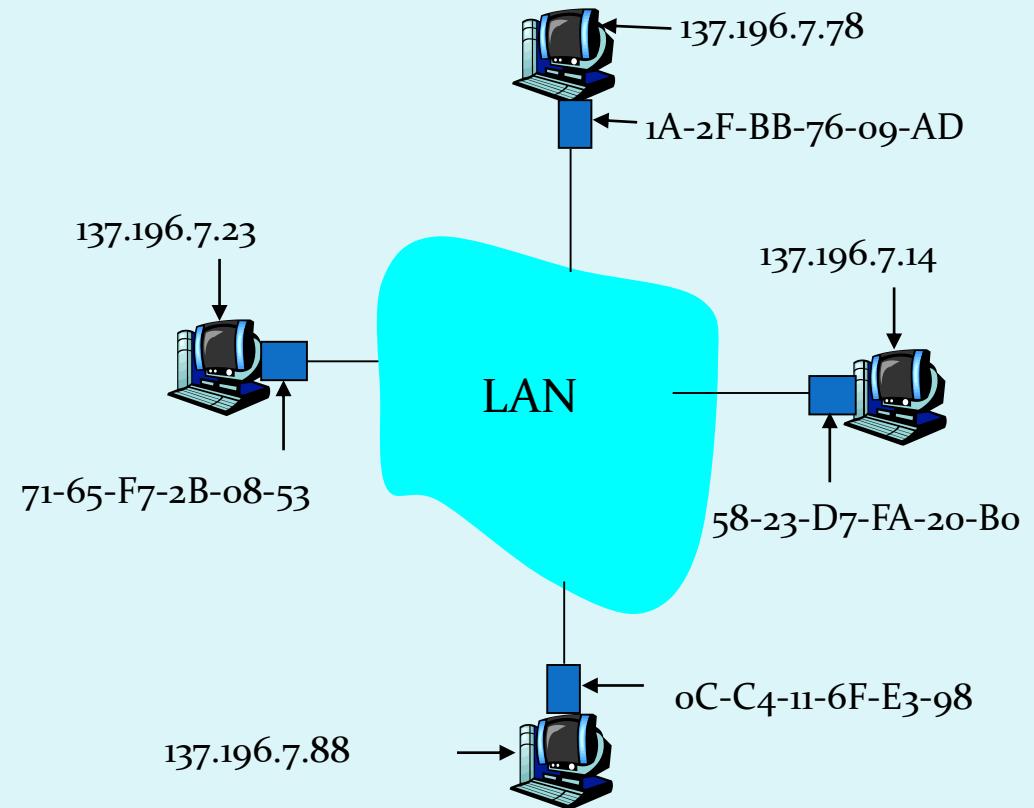


Vendar pa ...

- (tega uradno še ne vemo...) naslavljanje računalnikov v Internetu poteka z uporabo **IP naslovov** (in ne MAC!), ki so na *omrežni plasti*:
 - **MAC naslovi** so **fizični** in **stalni** za napravo (podobno kot je EMŠO stalen),
 - **IP naslovi** so **logični** in **zamenljivi** oziroma odvisni od lokacije priklopa (podobno kot je poštni naslov spremenljiv) IP naslovi = omrežna plast
- **primer:** naprava A želi poslati podatke napravi B. Za pošiljanje jo naslovi z naslovom IP naprave B in pred datagram povezavni plasti, ki je zadolžena, da jo dostavi. Povezavna plast mora napravo B naslovit z naslovom MAC. Kako priti do njega?
 - Potrebujemo ARP: *Address Resolution Protocol!*

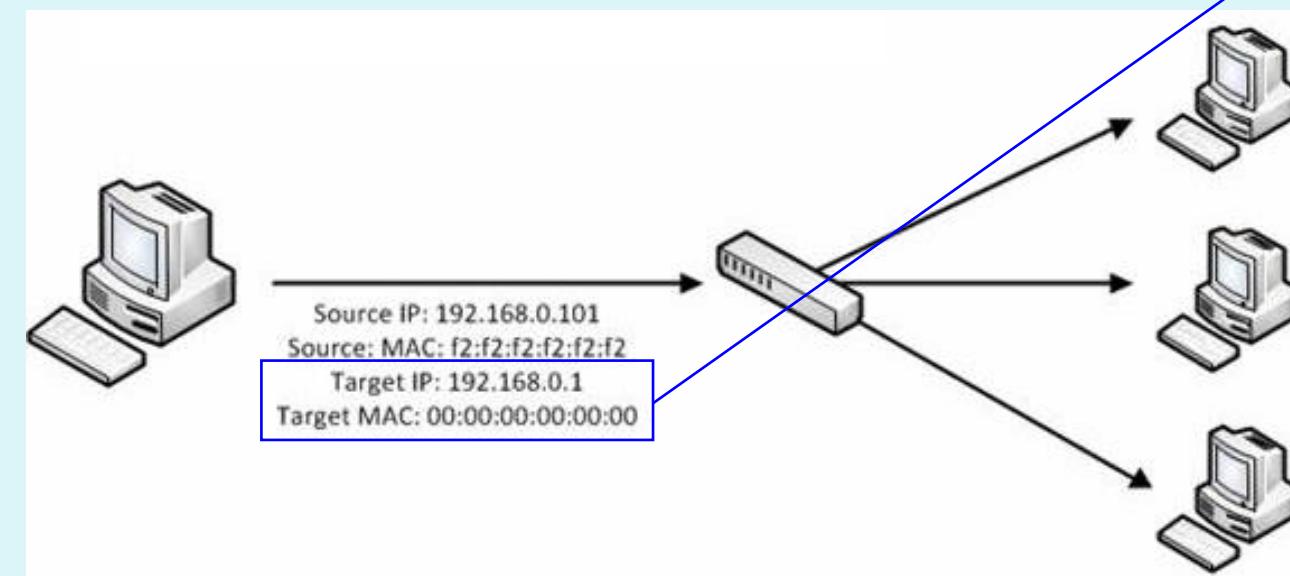
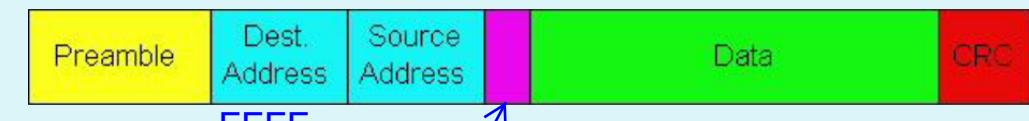
ARP: Address Resolution Protocol

- vsako vozlišče ima tabelo ARP (preslikovalna tabela naslovov IP v naslove MAC), ki vsebuje 3 podatke:
<naslov IP | naslov MAC | TTL (20 min)> **TTL = time to live**
- ARP deluje samo na lokalnem podomrežju in ne v celiem internetu
- Kako se tabela ARP napolni?
 - uporaba paketov ARP query (ARP poizvedba)



ARP: nastanek tabele ARP

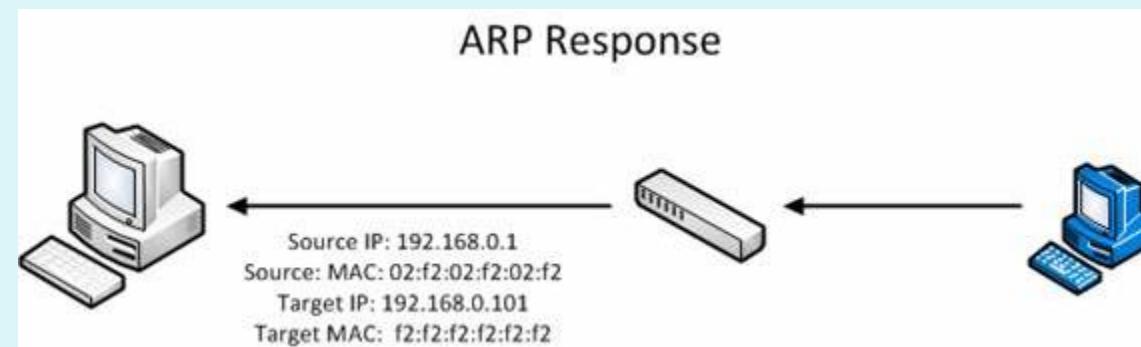
- A želi poslati datagram vozlišču B, od katerega naslova MAC še nima v tabeli ARP. A naredi naslednje:
 1. A pošlje paket za **ARP poizvedbo** (ARP request/query), ki ga naslovi na vse vmesnike (broadcast, FF-FF-FF-FF-FF-FF) in ki vsebuje naslov IP vozlišča B
"Kakšen je MAC naslov za napravo z naslovom IPxxx?"
 2. ARP poizvedbo prejmejo vsa vozlišča, priključena na medij
(... nadaljevanje...)



ARP: nastanek tabele ARP

3. iz naslova IP v poizvedbi vmesnik B zazna, da paket sprašuje po njem
4. B odgovori vmesniku A z **odgovorom ARP** (*ARP response*), v katerem pošlje svoj naslov MAC (pri tem naslovi samo vozlišče A).
5. A shrani novi podatek v svojo tabelo

→ unicast



- tabela ARP nastaja torej po principu plug&play
- Analogija: Profesor zavpije v predavalnici:
"Kakšen je EMŠO študenta, ki sedi na tretjem sedežu v drugi vrsti?"



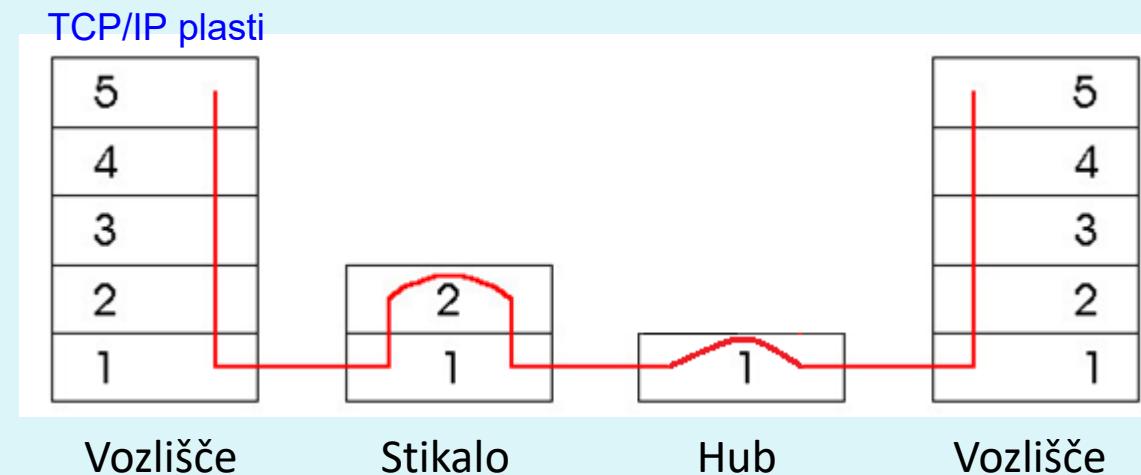
Aktivna oprema (naprave)

- za povezovanje omrežne opreme se uporabljo:
 - repeater**: ponavljalec (ojačevalec) signala na fizični plasti
 - hub**: razdelilec/zvezdišče, ponavlja signal na vseh ostalih vratih (ista hitrost), ne shranjuje okvirjev, ista kolizijska domena
 - switch**: omrežno stikalo, *preklaplja* med priključenimi segmenti, shranjuje okvirje in aktivno ukrepa na podlagi vsebine načeloma na 2. plasti, router na 3. plasti, repeater in hub pa na 1. plasti
 - transparentni uporabiku, plug-and-play
 - opravlja **posredovanje, poplavljjanje in filtriranje**
forwarding flooding filtering
(ni isto kot broadcasting)



Primerjava

	Hub	Stikalo
Izolacija prometa	Ne	Da
Potrebna konfiguracija?	Ne	Ne

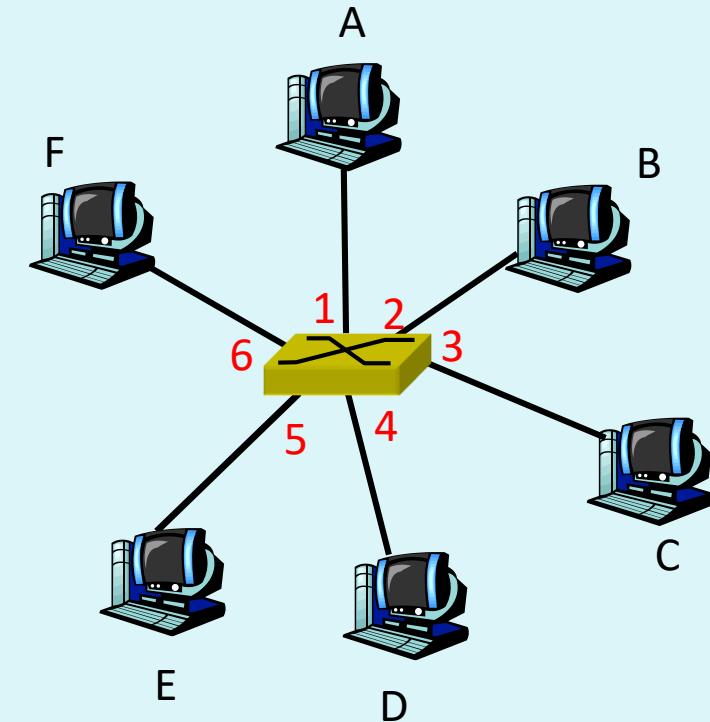


Stikalo

omogoča implementacijo topologije zvezde
boljša od huba

- dopušča več **hkratnih** povezav (npr. A-F in B-C) in **dvosmerno** (full duplex) povezavo z vozlišči
- stikalo uporablja stikalno tabelo (**switch table**, **CAM table**, **FIB**), da se odloči, na katera vrata poslati okvir:
CAM = Content Addressable Memory
FIB = Forwarding Information Base
 - < naslov MAC | vrata do vmesnika | čas >

naslov MAC	vrata	TTL



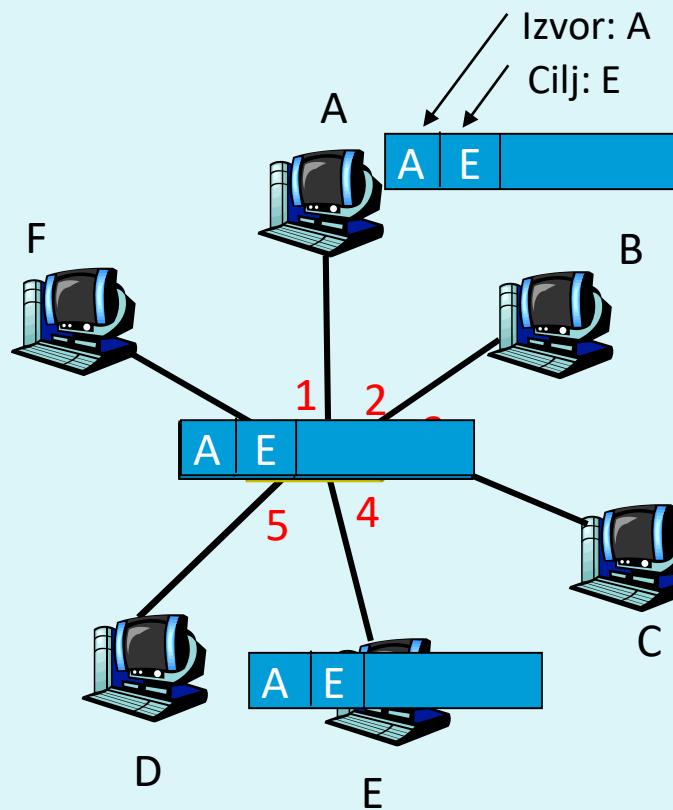
stikalo s 6 vmesniki

Uporaba stikalne tabele

- stikalo se po priklopu uči, kje je dosegljiv kateri vmesnik, in samo vnaša zapise v stikalno tabelo
- kadar stikalo sprejme okvir, si za nekaj časa zapomni **lokacijo pošiljatelja** okvirja (=učenje)
- različne akcije pri sprejemu okvirja:
 - **POPLAVLJANJE na VSA vrata** (flooding, če ne vemo, kje je prejemnik)
 - **POSREDOVANJE na IZBRANA vrata** (če vemo, kje je prejemnik)
 - **FILTRIRANJE** (okvir je namenjen istim vratom, zavrzemo ga)

Prvi sprejem okvirja

- stikalo **shrani lokacijo** pošiljatelja A
- ker stikalo ne ve, kje je cilj, **poplavi** (flood) okvir na vsa vrata

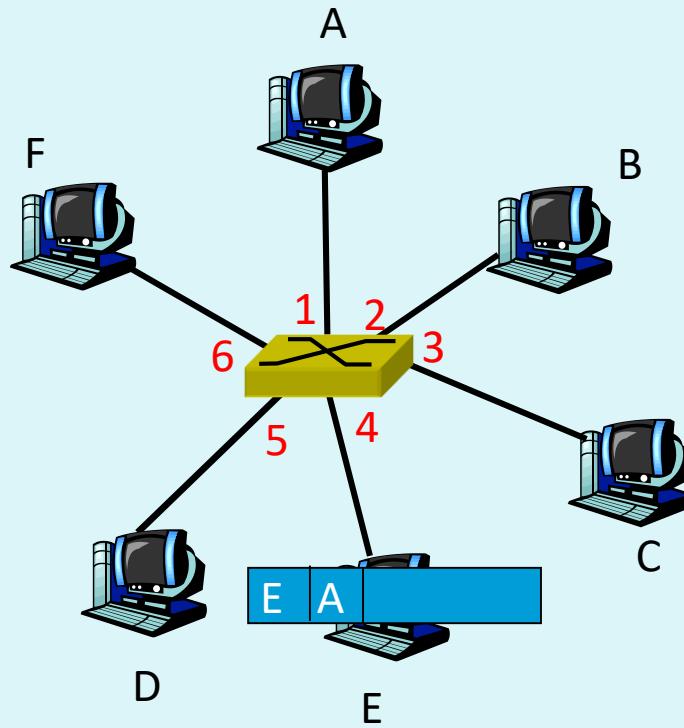


naslov MAC	vrata	TTL
A	1	60

E-ja ni v tabeli, zato okvir poplavi na vsa vrata (razen pošiljatelja)

Pošiljanje znanemu prejemniku

- stikalo prejme okvir za **znanega prejemnika (A)**
- ker stikalo ve, kje je cilj, **posreduje** okvir na prava vrata (1)

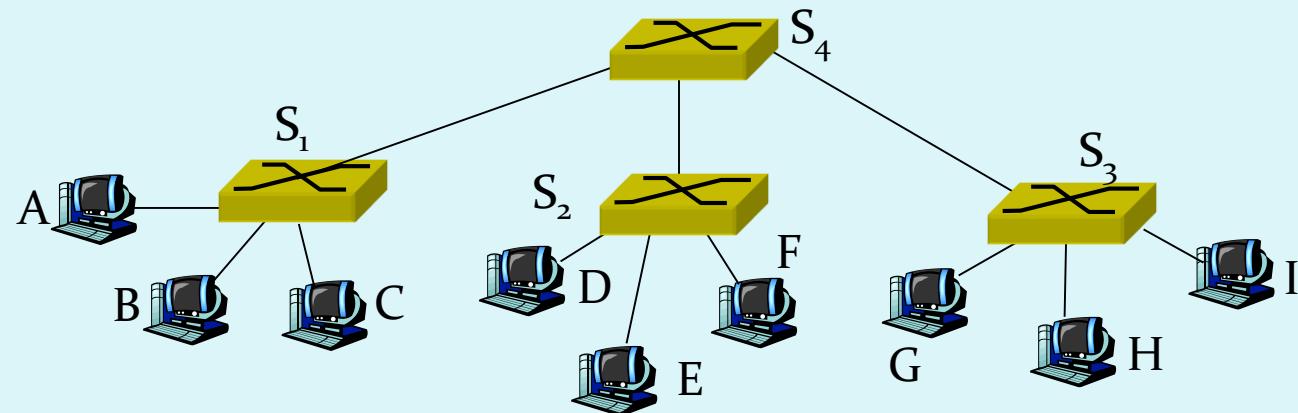


naslov MAC	vrata	TTL
A	1	60
E	4	60

okvir pride nazaj od E-ja, zato lahko stikalo dopolni svojo tabelo

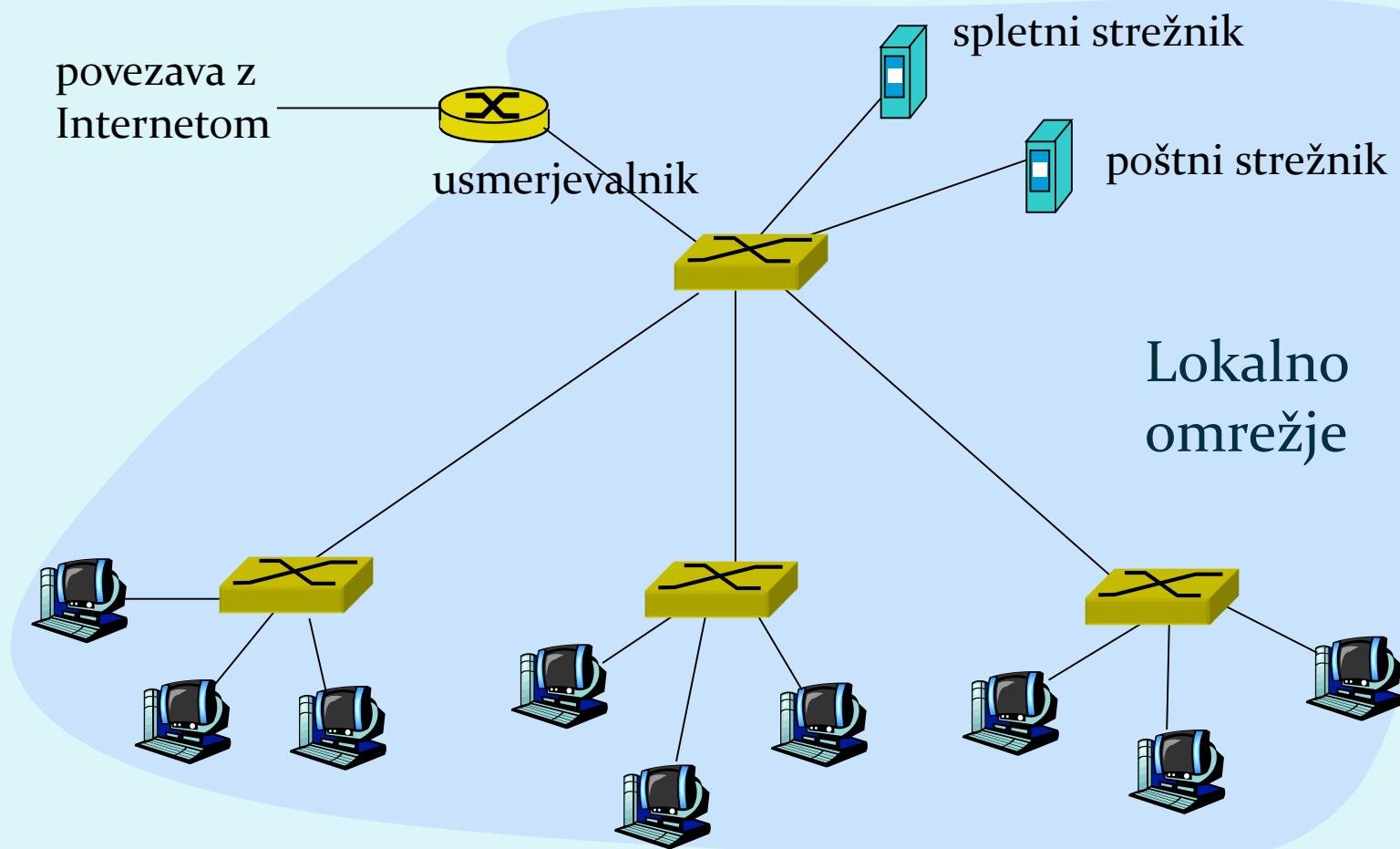
Povezovanje stikal

- stikala lahko medsebojno povežemo
- pravilnega posredovanja se naučimo z učenjem stikalnih tabel



- **FILTRIRANJE:** stikalo S_4 bo zavrglo okvir, ki ga npr. A pošlje C, ker je na istih vratih (če ima stikalo S_4 v stikalni tabeli zapis za C)

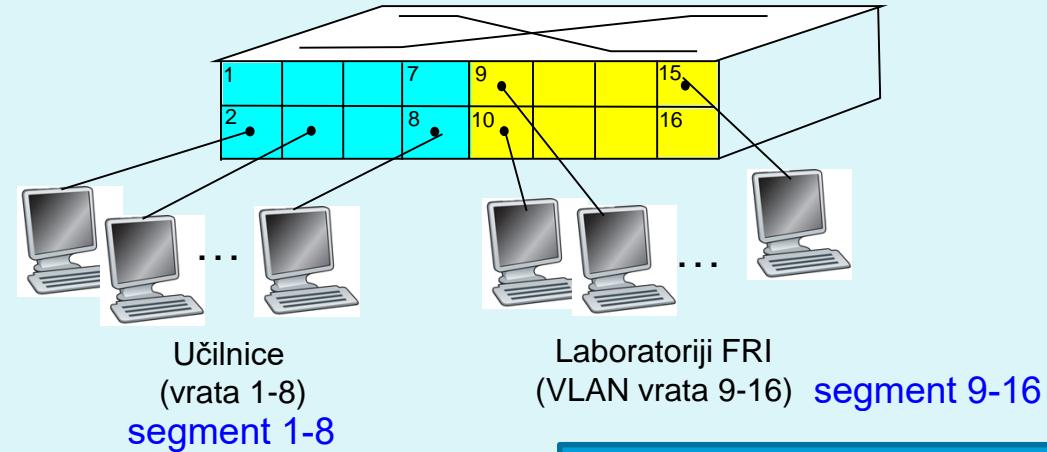
Primer uporabe stikal



Virtualna lokalna omrežja (VLAN)

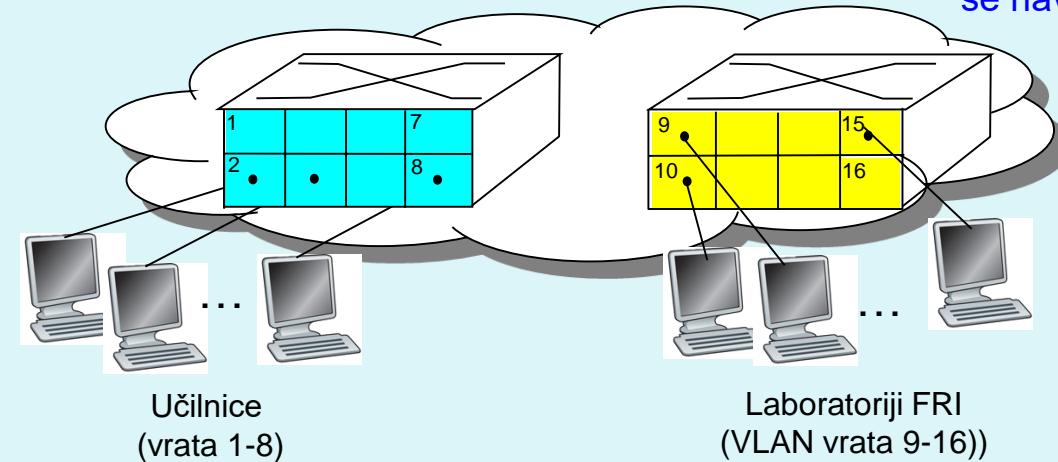
- Uporaba stikal znotraj podjetja ima naslednje slabosti:
 - uporaba enega samega stikala kliče k pomanjkanju izolacije prometa (zmanjšanje broadcast prometa lahko izboljša performanse, varnostni/zasebnostni razlogi)
 - uporaba več stikal je cenovno draga rešitev
 - premik uporabnika na drugo lokacijo zahteva fizično vzpostavitev povezave
- Rešitev: uporaba virtualnih lokalnih omrežij (Virtual Local Area Network). Stikalo, ki podpira VLANe **omogoča uporabo različnih navideznih lokalnih omrežij na isti fizični omrežni infrastrukturi** (= delitev omrežja na več navideznih podomrežij)

Virtualna lokalna omrežja (VLAN)



zgornje deluje enako kot več posameznih stikal

VLAN tagging (označujejo se navidezna stikala)

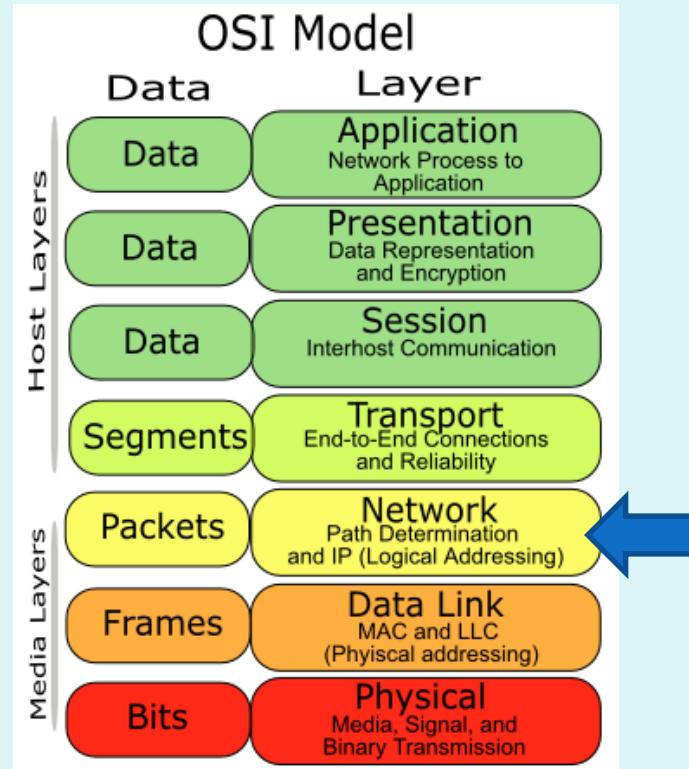


Računalniške komunikacije

2020/21

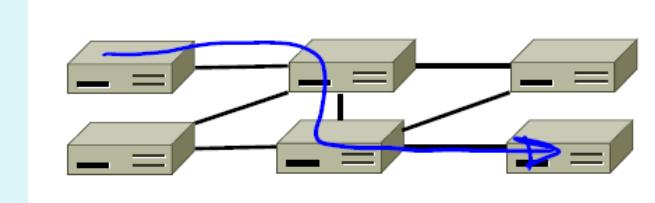
omrežna plast
storitve omrežne plastti, usmerjevalniki

Omrežna plast



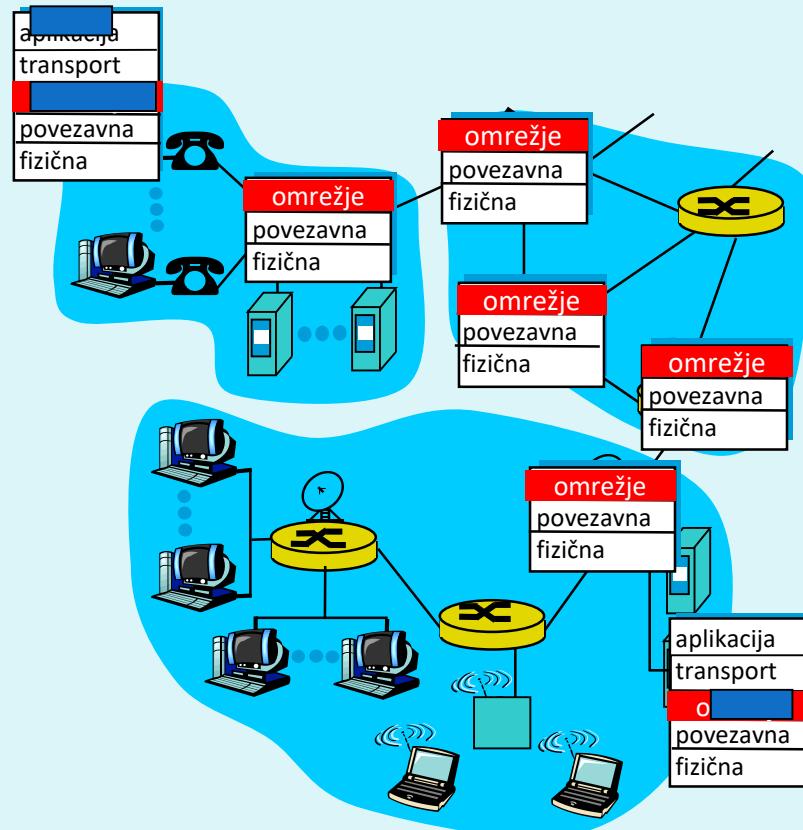
Naloge omrežne plasti:

- transport segmenta od **KONČNEGA** pošiljatelja do prejemnika
- enkapsulacija segmentov transportne plasti v **pakete** na strani pošiljatelja
- prisotna v vseh omrežnih napravah in v jedru omrežja (=usmerjevalnikih)

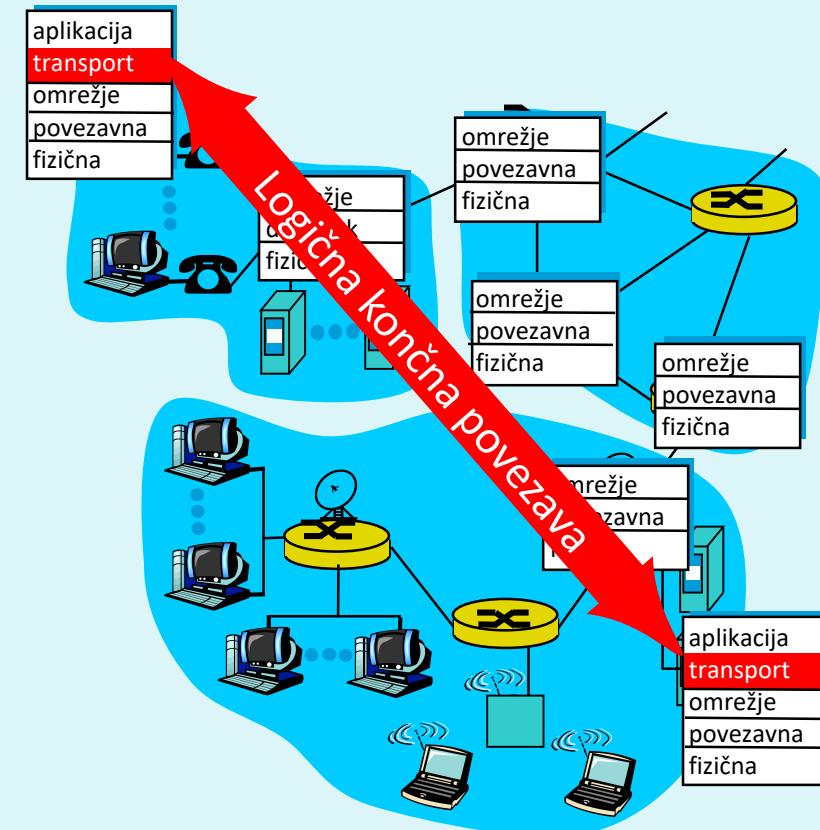


Naloga omrežne in transportne plasti

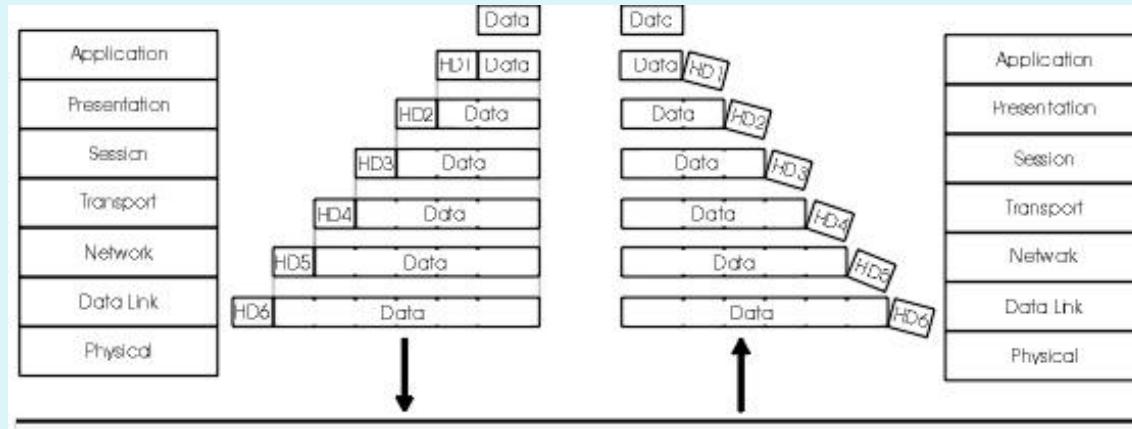
- Od računalnika do računalnika



- Od procesa do procesa

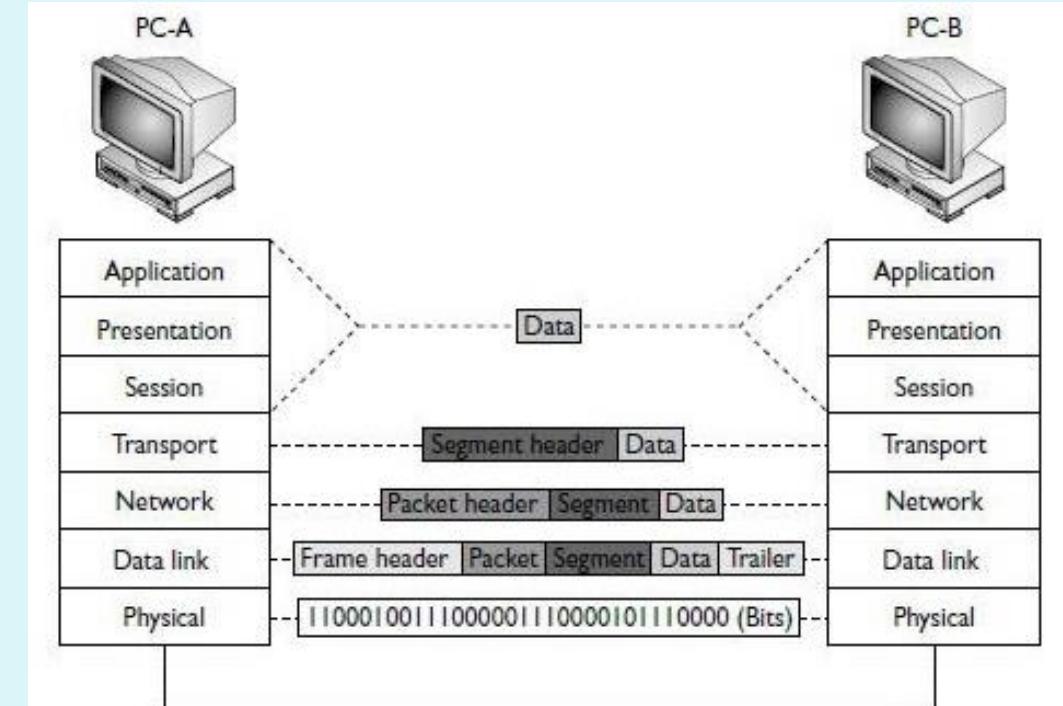


Enkapsulacija in dekapsulacija na omrežni plasti



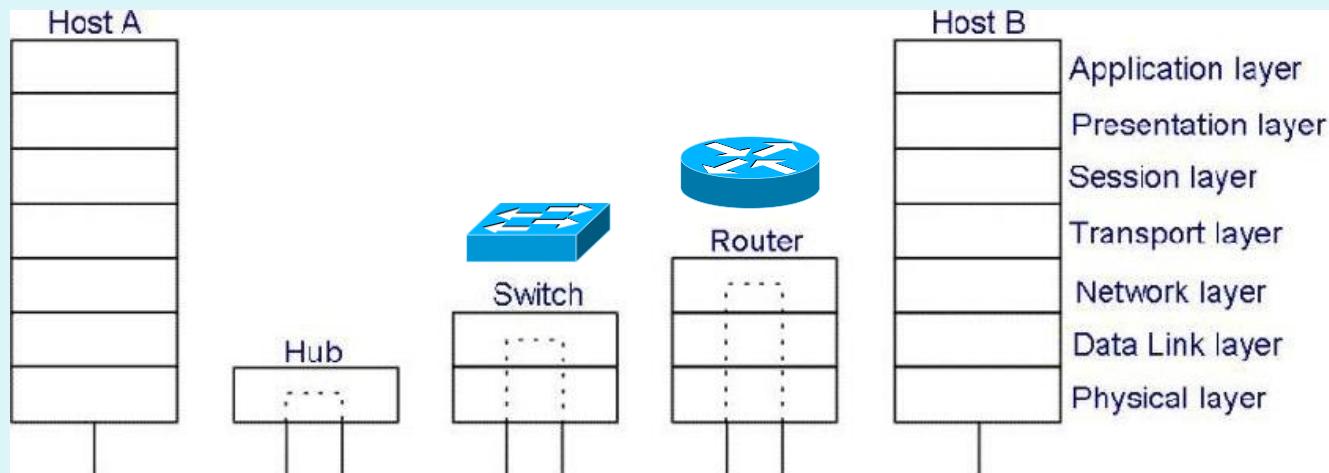
Podatki katere plasti se:

- enkapsulirajo?
- dekapsulirajo?



Usmerjevalnik

- naprava, ki deluje na omrežni plasti in skrbi za transport datagrama po jedru omrežja
 - povezave med različnimi mediji in protokoli
 - izvajajo **usmerjanje** in **posredovanje**

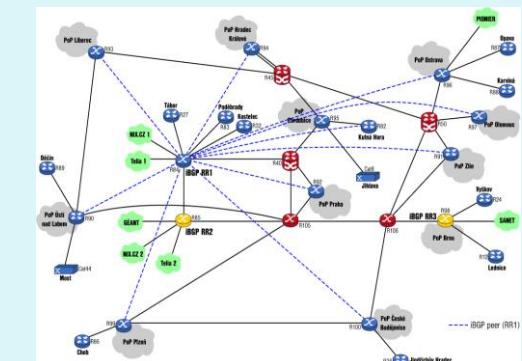
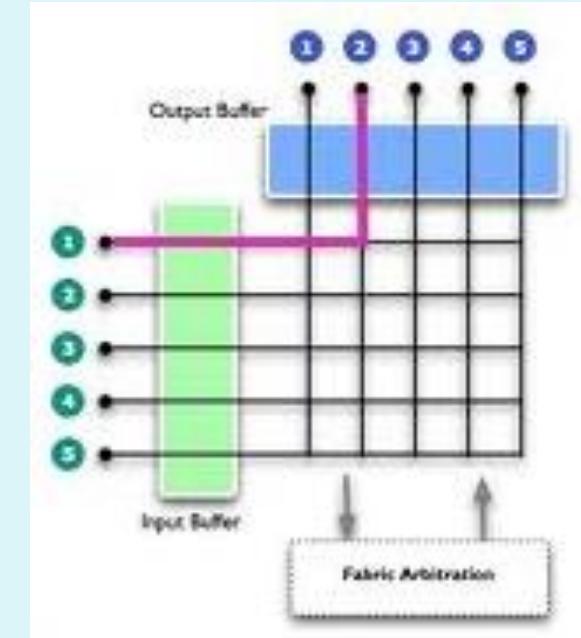


Application layer
Presentation layer
Session layer
Transport layer
Network layer
Data Link layer
Physical layer



Funkciji usmerjevalnika

- **posredovanje paketov (forwarding)**: prenos paketa iz vhodnega na izhodni vmesnik usmerjevalnika. Poteka znotraj posameznih usmerjevalnikov!
 - usmerjevalnik ima **posredovalno tabelo** (forwarding table) na podlagi katere določa, na katera izhodna vrata poslati paket
 - *analogija: določitev točke vstopa v posamezen kraj na poti in izstopa iz njega*
- **usmerjanje (routing)**: določitev poti paketov od izvora do cilja. Je "kolektivno delo" vseh omrežnih naprav na poti, ki izvajajo usmerjevalne algoritme (in protokole).
 - *analogija: planiranje poti od Loma pod Storžičem do Kopra*
 - izvajajo usmerjevalni protokoli



Storitve omrežne plasti

Omrežna plast *lahko omogoča* naslednje storitve:

1. **zagotovljena dostava** paketov
2. dostava paketov v **zagotovljenem času**
3. dostava paketov v **pravem zaporedju**
4. zagotovljena spodnja **meja pasovne širine**
5. največja dovoljena **varianca zakasnitve (jitter)**:

$$t_{\text{pošiljanja}}(P_2) - t_{\text{pošiljanja}}(P_1) \approx t_{\text{prejetja}}(P_2) - t_{\text{prejetja}}(P_1)$$

6. **varno komunikacijo** (zaupnost, integriteto podatkov, avtentifikacijo)



Storitve Interneta

- Katere od naštetih storitev zagotavlja Internet?

Prav nobene. ☺

(best-effort service)

"Best-effort service is a euphemism for no service at all"

Omrežje	Model	zagotovljene storitve				
		pas. širina	brez izgube	Vr. red	Čas	obv. o zamašitvi
Internet	best effort	ne	ne	ne	ne	ne (izguba)
ATM	CBR constant bit rate	konstantna	da	da	da	ni zamašitev
ATM	ABR available bit rate	minimalna	ne	da	ne	da

Naslednjič gremo naprej!

- omrežna plast!

