

Univerza v Ljubljani



Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za elektrotehniko

# Komunikacije v avtomatiki

Dostop do prenosnega sredstva

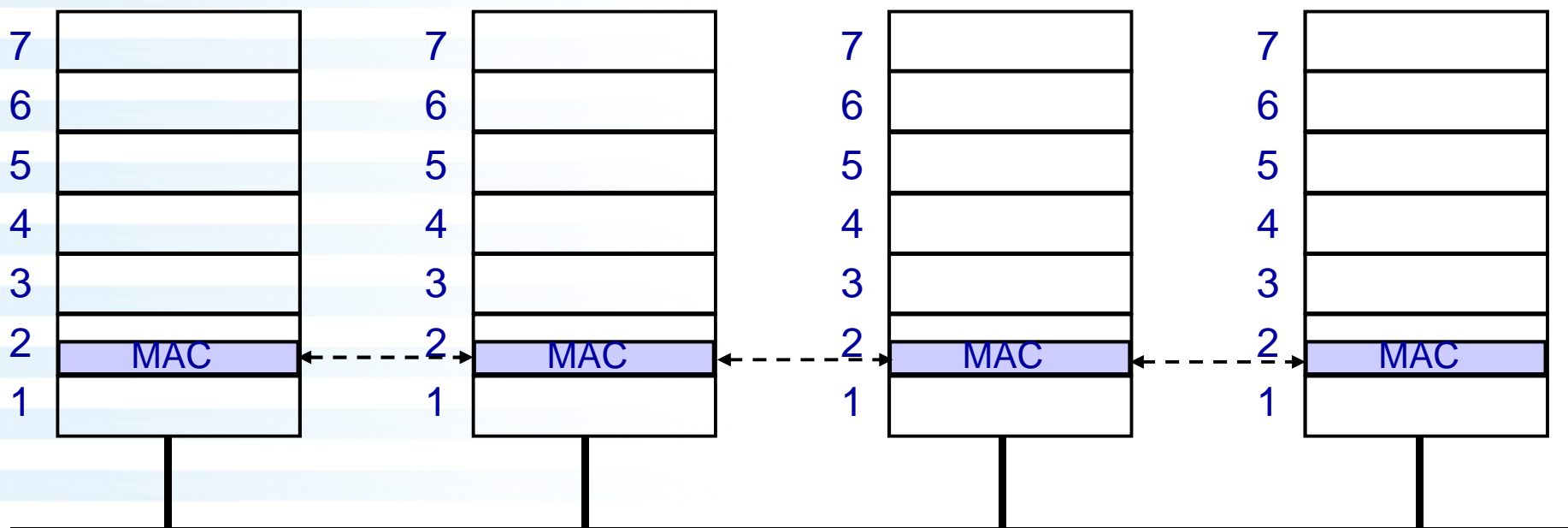
Stanislav Kovačič



<http://vision.fe.uni-lj.si>

2013/2014

# MAC in ISO OSI



**MAC - Media Access Control**

**Dostop do prenosnega sredstva:**

**na kakšen način, kdaj, za koliko časa  
dano vozlišče zaseže kom. kanal**

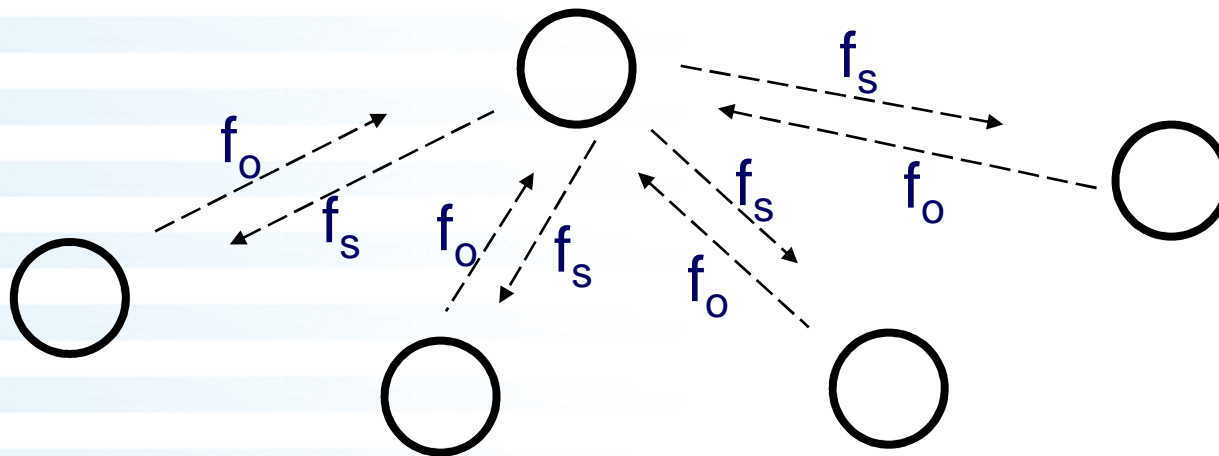
## Iz vsebine

- ALOHA
- CSMA
- CSMA/CD in Ethernet, stikala/most, ARP
- CSMA/CA in WiFi
- Obroč z žetonom (Angl. Token Ring)
- Vodilo z žetonom (Angl. Token Bus)

# ALOHA

( 1 / 5 )

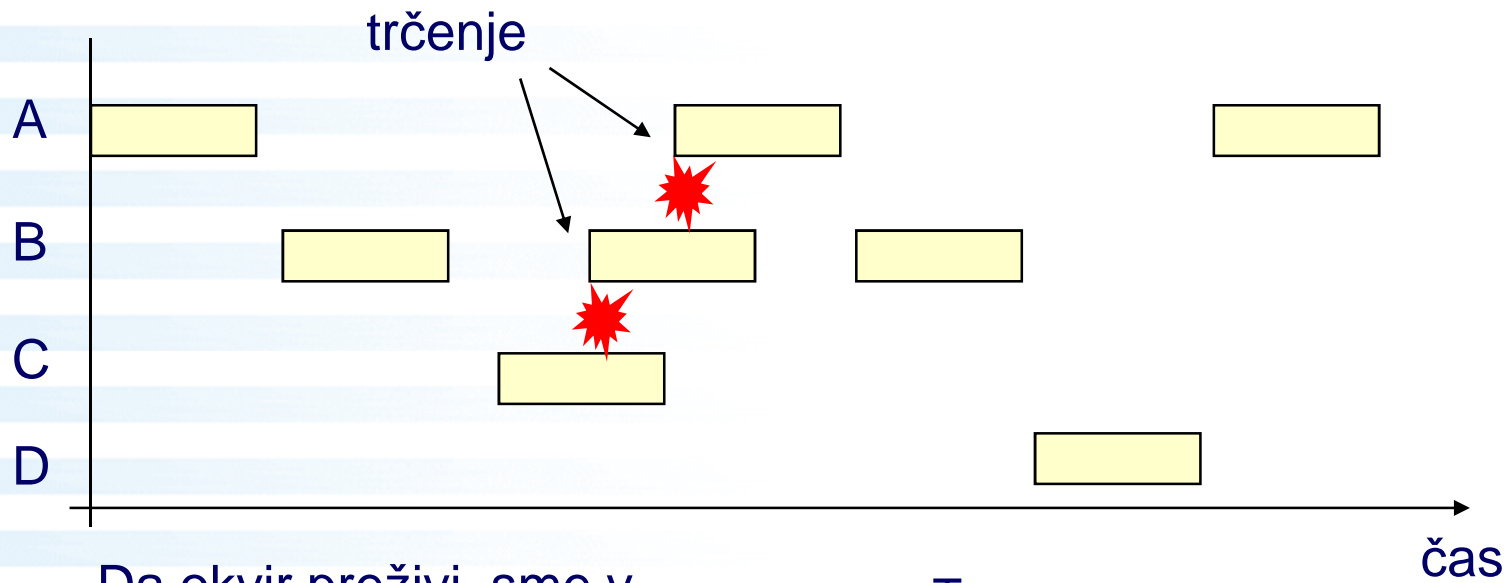
- Norman Abramson, University of Hawaii, ~ 1970
- Brežično paketno omrežje, 9600 b/s



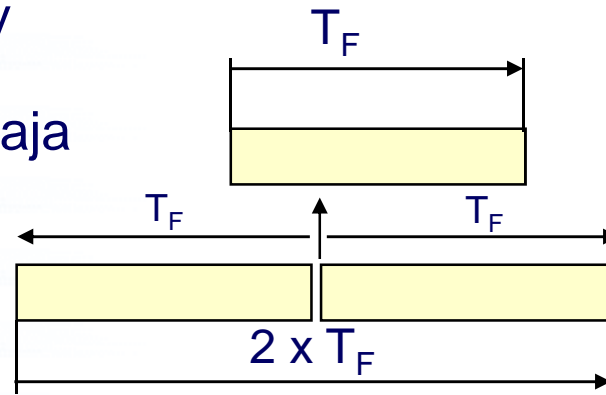
- Popolnoma naključni dostop do kanala
- Posledica: sočasnost oddaje – **trčenje** (angl. Collision)
- Z obremenitvijo omrežja prepustnost hitro pade

# ALOHA

(2/5)



Da okvir preživi, sme v času  $2 \times T_F$  začeti z oddajo samo ena postaja



# Izkoristek ALOHA

( 3 / 5 )

Število oddaj na časovno enoto –  $k$  (št. oddaj na čas trajanja okvirja) obravnavamo kot **naključno spremenljivko**, s Poissonovim porazdelitvenim zakonom,

$\lambda$  je povprečno število oddaj na časovno enoto (na okvir).

$$p_k = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!} \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

$$p_k = \frac{(2\lambda)^k e^{-2\lambda}}{k!} \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

$$p_1 = (2\lambda)e^{-2\lambda}$$

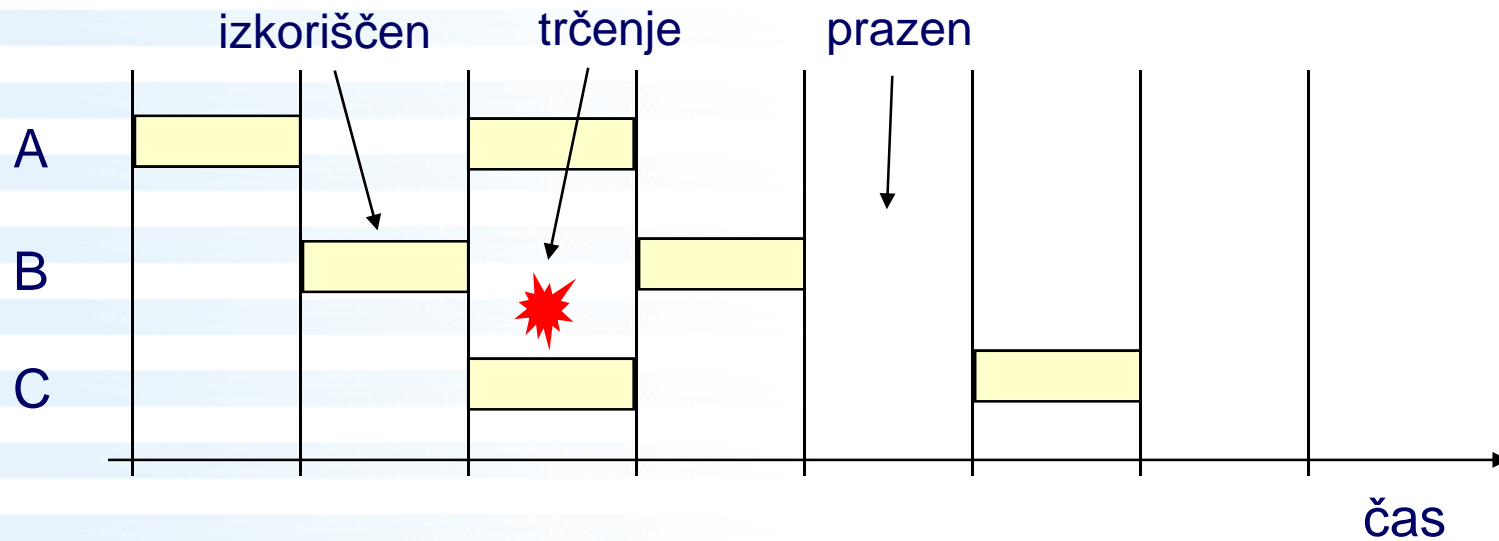
$$\frac{dp_1}{d\lambda} = 2e^{-2\lambda} + 2\lambda e^{-2\lambda}(-2) = 0 \Rightarrow \lambda_{opt} = \frac{1}{2}, \quad p_{1opt} = e^{-1}$$

$$E_{ALOHA(opt)} = \frac{p_{1opt} T_F}{2T_F} = \frac{1}{2e} \approx 0.18$$

**čisti ALOHA**

# Predalčni ALOHA

( 4 / 5 )



Da okvir preživi, sme v predalu (času  $T_F$ ) oddajati samo ena postaja

$$p_1 = \lambda e^{-\lambda} \quad \lambda_{opt} = 1 \quad p_{1opt} = e^{-1}$$

$$E_{S-ALOHA(opt)} = \frac{p_{1opt} T_F}{T_F} = \frac{1}{e} \approx 0.37 \quad \text{predalčni ALOHA}$$

# Čakalni čas ALOHA

(5/5)

Denimo, da ima neka postaja pripravljen okvir za oddajo.  
Koliko časa mora (v povprečju) čakati na oddajo?

$$\bar{T} = T_F \sum_k k (1 - e^{-\lambda})^k e^{-\lambda} = T_F (e^{\lambda} - 1)$$

Eksponentno raste  
z bremenom

Število trčenj

Verjetnost, da postaja ne trči  
(da nihče drug ne začne z oddajo)

Verjetnost trčenja

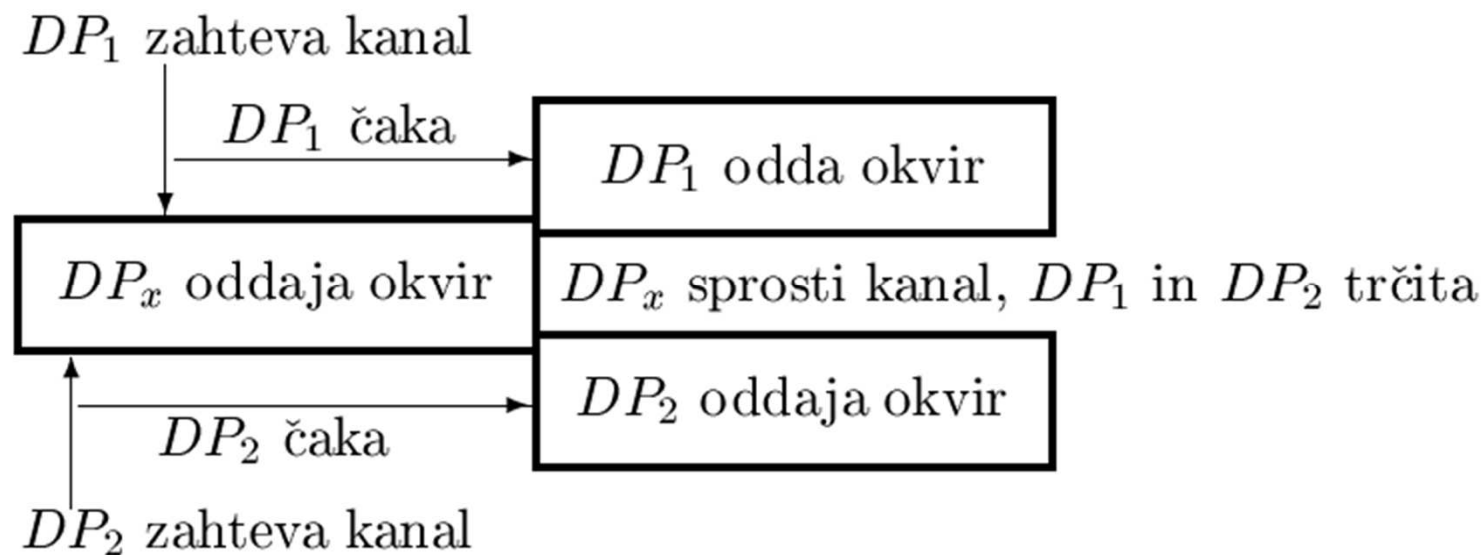


# CSMA–poslušaj predno govoriš (1/5)

- CSMA – Carrier Sense Multiple Access
  - 1-perzistenten
    - če je kanal prost, začni z oddajo (takoj)
    - če trčiš, poskusi ponovno po naključnem času
    - če kanal ni prost, čakaj z oddajo, da bo kanal prost*
  - Neperzistenten
    - če je kanal prost, začni z oddajo
    - če trčiš, poskusi ponovno po naključnem času
    - če kanal ni prost, počakaj z oddajo in poskusi ponovno po naključnem času*
  - p – perzistenten
    - če je kanal prost, začni z oddajo z verjetnotjo p
    - če trčiš, poskusi ponovno po naključnem času
    - če kanal ni prost, počakaj z oddajo*

## CSMA–poslušaj predno govoriš (2/5)

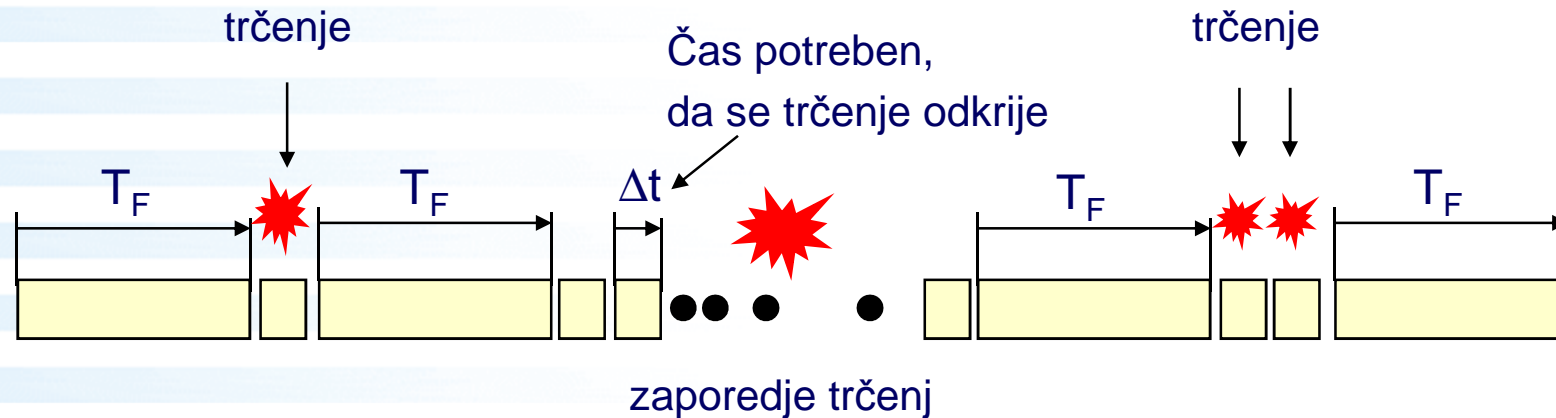
- 1-perzistenten CSMA



## CSMA/CD–poslušaj tudi kadar govoriš (3/5)

- CSMA - Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection
  - Če je kanal prost, začni z oddajo
  - Če trčiš, prekini z oddajo in poskusi ponovno po naključnem času
  - Če kanal ni prost, počakaj z oddajo
- Razlika med CSMA in CSMA/CD je torej v tem, da se z oddajo v primeru trčenja ne nadaljuje.
- Boljši izkoristek, ker se na ta način prej sprosti kanal.
- Izkoristek je odvisen od časa potrebnega, da se trčenje detektira.
- Na čas, ki je potreben, da se trčenje odkrije, vpliva predvsem čas širjenja signala.

## CSMA/CD–poslušaj tudi kadar govoriš (4/5)



- Število zaporednih trkov med dvema oddanima okvirjema je v splošnem poljubno in nepredvidljivo.
- CSMA/CD torej realizira naključen dostop do kanala – ne da se zagotovo napovedati, kdaj bo postaja prišla z oddajo na vrsto.
- To je v sistemih realnega časa nedopustno.

# Ethernet – CSMA/CD dostop

( 5 / 5 )

## Izkoristek E

Prepustnost = izkoristek x hitrost prenašanja

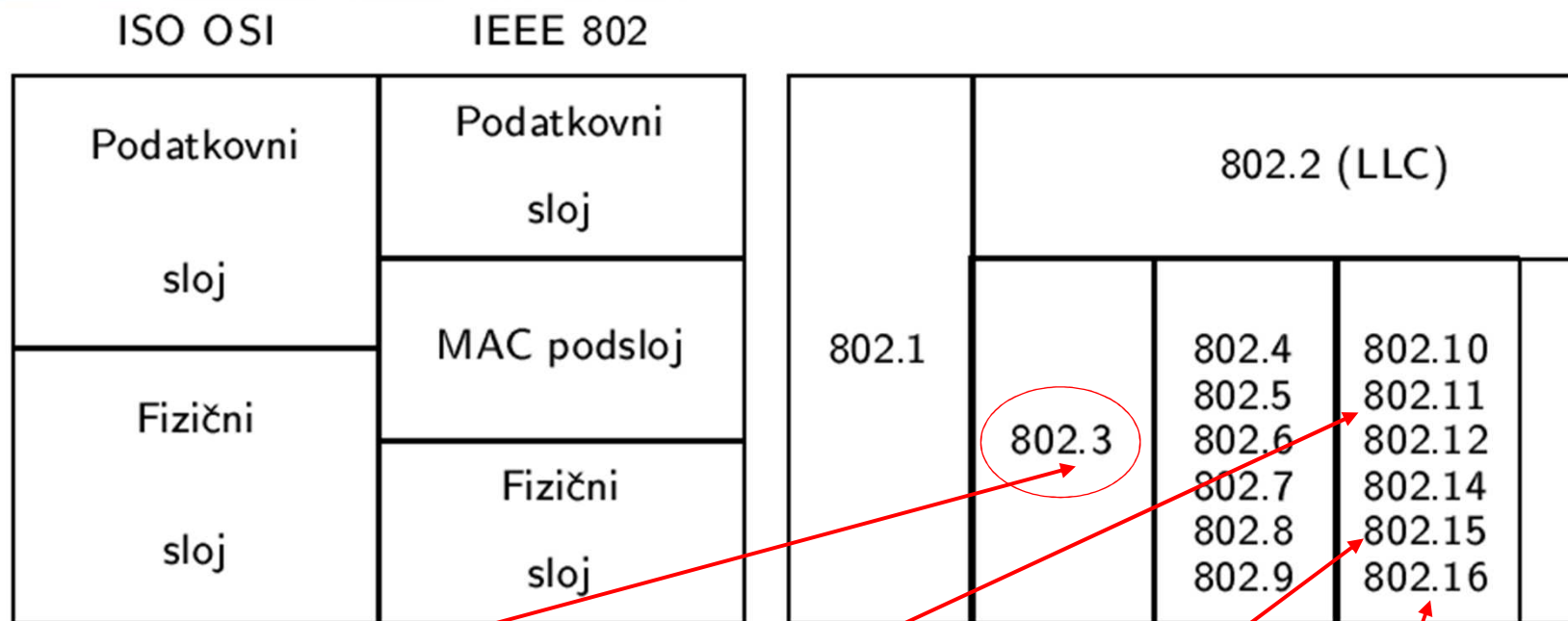
$$E_{CSMA/CD} = \frac{1}{1 + 3 \frac{\tau}{T_F}}$$

Kasnilni čas omrežja ( $\Delta t = 2 \times \tau$ )

Čas trajanja okvirja

- Izkoristek pada z razsežnostjo omrežja
- Izkoristek pada s hitrostjo prenašanja
- Izkoristek pada z obremenitvijo omrežja ( $k = 3$  za optimalno breme)
- Naključno – nepredvidljivo dolgo čakanje
- Enakovredno - neprioritetno obravnavanje oddaje

# Ethernet in IEEE 802.3



Ethernet  
LAN

WiFi  
WLAN

BlueTooth  
ZigBee  
PAN

WiMax  
WMAN



# Razvoj, izvedbe Ethernet-a

Hitrost

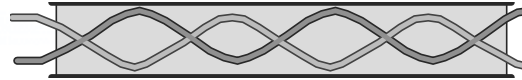
Frekvenčni pas

Oznaka	Segment	Opis
802.3		Manchester (bifazno) kodiranje signala
10BASE5	500 m	Debeli (10 mm) koaksialni kabel - osnovni Ethernet
10BASE2	185 m	Tanki (5mm) koaksialni kabel - tanki Ethernet
10BASE-T	100 m	Dve parici kategorije UTP 3 ali več
10BASE-F	2000 m	vlakno
802.3u		Hitri Ethernet, NRZ, 4B5B, 8B6T, ipd, kodiranje
100BASE-T	100 m	Skupno ime za "hitri" 100 MB/s Ethernet na parici
100BASE-TX	100 m	Polni duplex na dveh paricah kategorije UTP 5, 4B5B
100BASE-T4	100 m	Polduplex na štirih paricah UTP 3, 8B6T
100BASE-FX	2000 m	Polni duplex na dvopramenskem vlaknu, 4B5B
100BASE-SX	300 m	Kot FX, le z LED diodami namesto laserskih virov
802.3ab, 802.3z		Gigabitni Ethernet, NRZ, PAM5, 8B10B
1000BASE-T	100 m	Štiri parice (za obe smeri) kategorije UTP 5/5e/6
1000BASE-SX	550 m	8B10B NRZ, večrodovno vlakno
1000BASE-LX	5000 m	8B10B NRZ, enorodovno vlakno
802.3ae		10 gigabitni Ethernet na vlaknu
802.3an		10 gigabitni Ethernet na neoklopljeni (UTP) parici

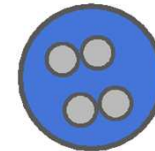
Prenosno sredstvo

# Prenosna sredstva

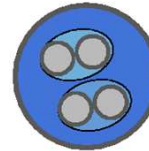
Parica (TP - Twisted Pair)



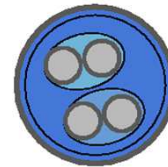
Neoklopljena parica (UTP - Unshielded TP)



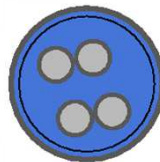
Oklopljena parica (STP – Shielded TP)



Dvojno oklopljena parica (SSTP)



Oklopljeni kabel (FTP)





# Prenosna sredstva (EIA/TIA 568A/B)

Kakovostni razredi 1,2,3,.....

UTP 3: standardna telefonska parica, do 16 MHz

UTP 4: podatkovna parica, do 20 MHz

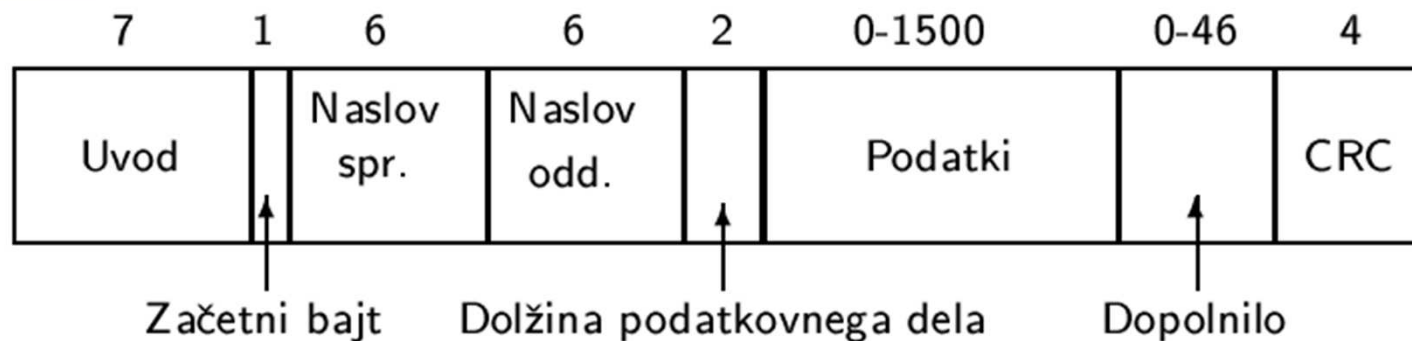
UTP 5: kakovostna podatkovna parica, do 100 MHz

**UTP 5e**: poboljšana podatkovna parica UTP 5 (nadomestila UTP 5)

UTP 6: kakovostna podatkovna parica, do 250 MHz

(UTP) 7: do 600 MHz

# Ethernet (802.3) okvir



Ethernet II ima namesto dolžine tip okvirja:

Na primer: 0x0800 – IP paket, 0x0806 – ARP poizvedba

Dolžina okvirja je navzdol omejena na 64 bajtov

Ethernet naslova sta 48 bitna,

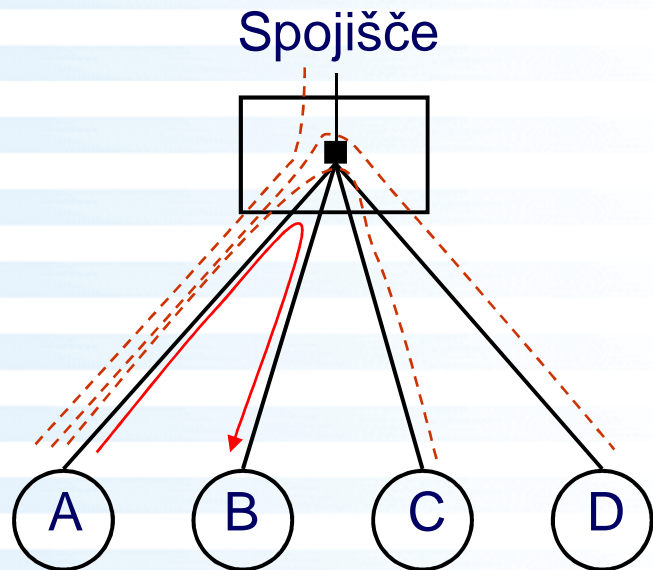
6 bajtov; e5:e4:e3:e2:e1:e0

802.3 okvir + 802.2 okvir (LLC)  $\approx$  Ethernet II

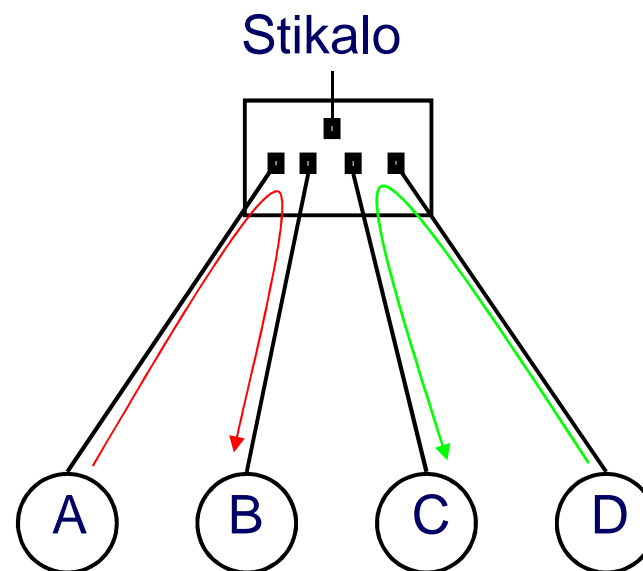
( Od l. 1997 je tudi Ethernet II privzet v IEEE 802.3 – 802.3x)

ISO/IEC 8802-3 (ISO Ethernet standard)

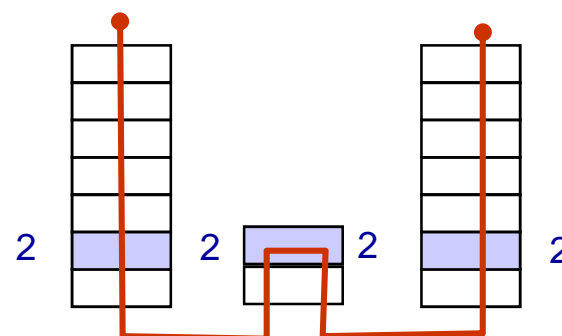
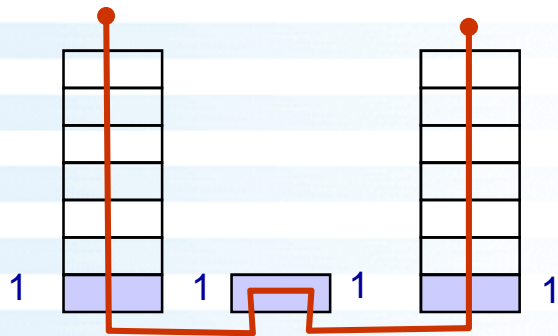
# Spojišče in stikalo



Signal se neomejeno širi povsod



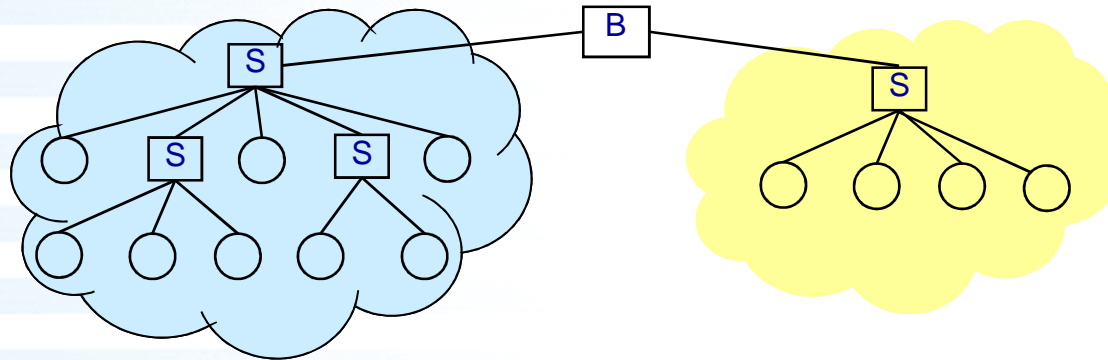
Stikalo omejuje širjenje okvirjev



# Stikalo, most

S - stikalo

B - most



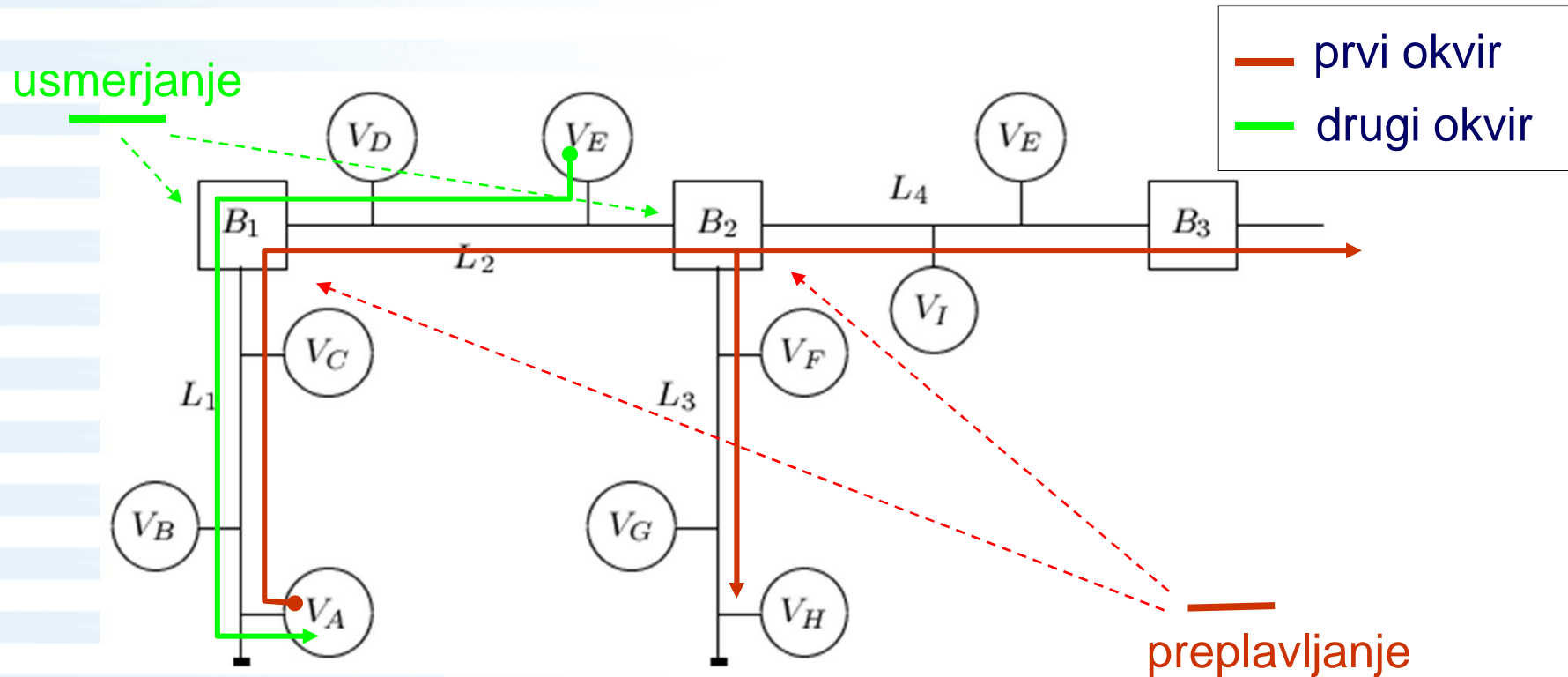
Oba sta napravi linijskega sloja

Oba filtrirata okvirje, v načelu delujeta podobno

Most je starejši kot stikalo

Most se uporablja za 'premoščanje', lahko različnih omrežij.

# Stikalo (most), delovanje

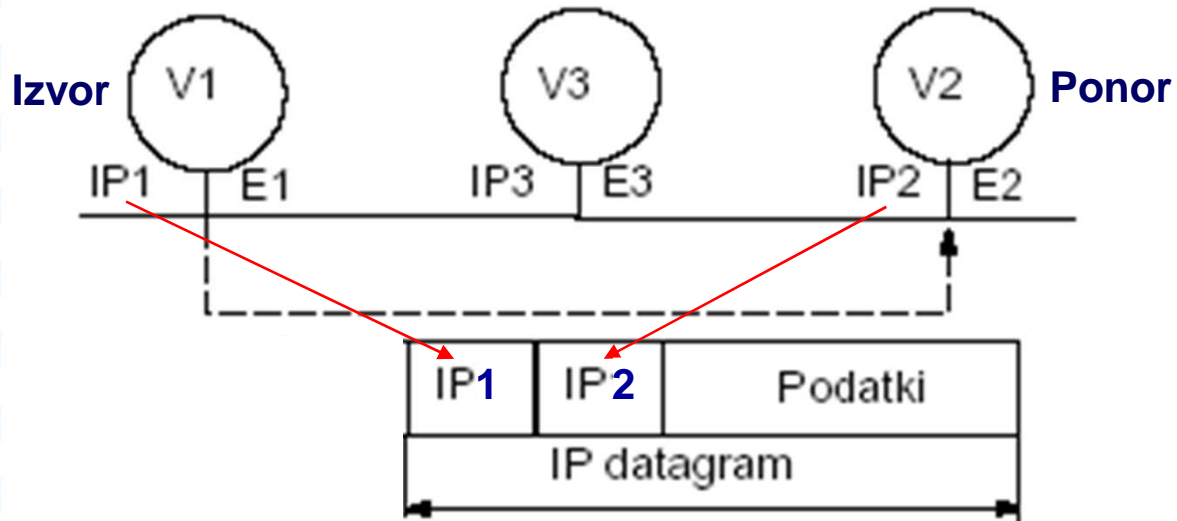


Transparentni most/stikalo - vzratno učenje (Backward Learning)

Najprej preplavljanje, potem filtriranje (usmerjanje)

Most/stikalo enostavno pošlje naprej, v predvideno smer, ali zavrže okvir

# IP, Ethernet, ARP



- Izvorno vozlišče (IP1) pošilja IP paket ponornemu vozlišču (IP2)
- IP paket se pošilja v Ethernet okvirju
- Izvorno vozlišče pozna IP naslov, Ethernet naslova (E2) pa ne pozna
- Kako naj potem pošlje ethernet okvir, v katerem je IP paket?

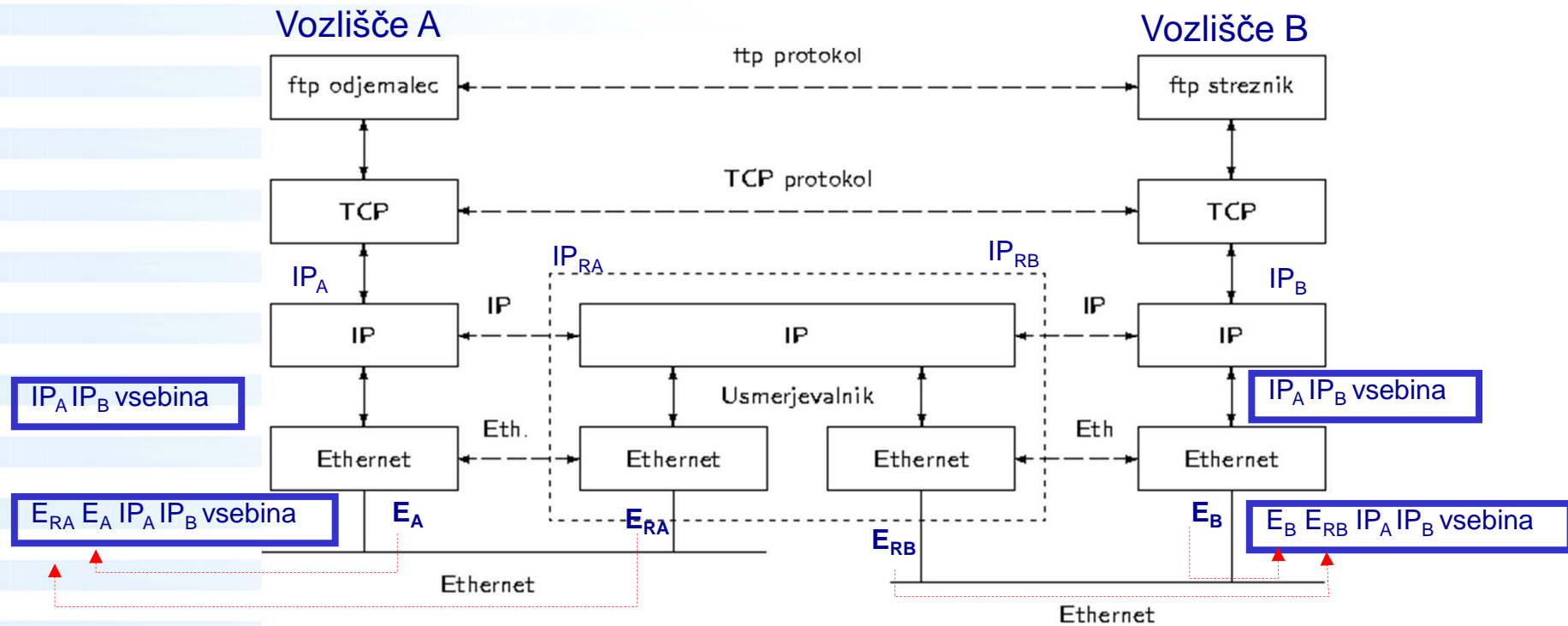
## ARP in RARP

- ARP: (Address Resolution Protocol) skrbi za preslikavo naslovov IP v naslove ethernet (MAC). RARP je Reverse ARP.
- Ko npr. vozlišče IP1 pošilja paket vozlišču IP2, formira IP paket, ta se 'ovije' v ethernet okvir.
  - Če vozlišče ne pozna ethernet naslova, pošlje poizvedovalni okvir na splošni (ethernet) naslov.
  - Iskano vozlišče se odzove s svojim ethernet naslovom. Sedaj izvorno vozlišče lahko formira ethernet okvir.
- Kaj če je ponorno vozlišče v drugem omrežju, ki ju povezuje usmerjevalnik?

Usmerjevalniki obravnavajo ARP okvirje drugače kot končna vozlišča

# Usmerjevalnik

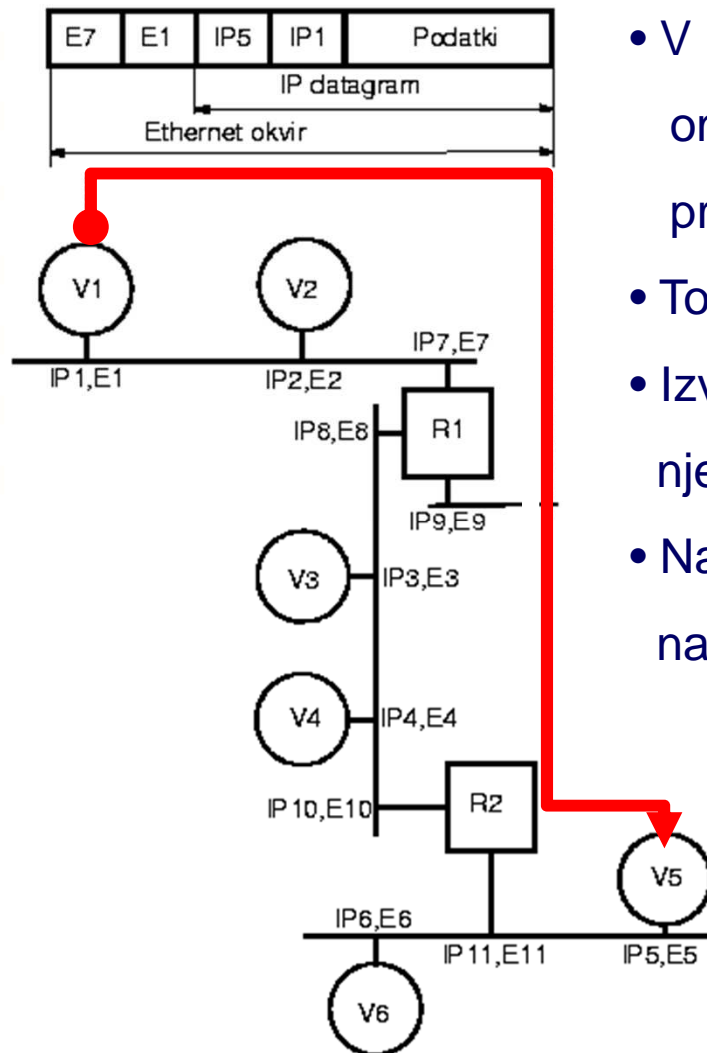
- Usmerjevalniki so naprave omrežnega sloja.



- V omrežju ethernet se IP paket “ovije” v ethernet okvir



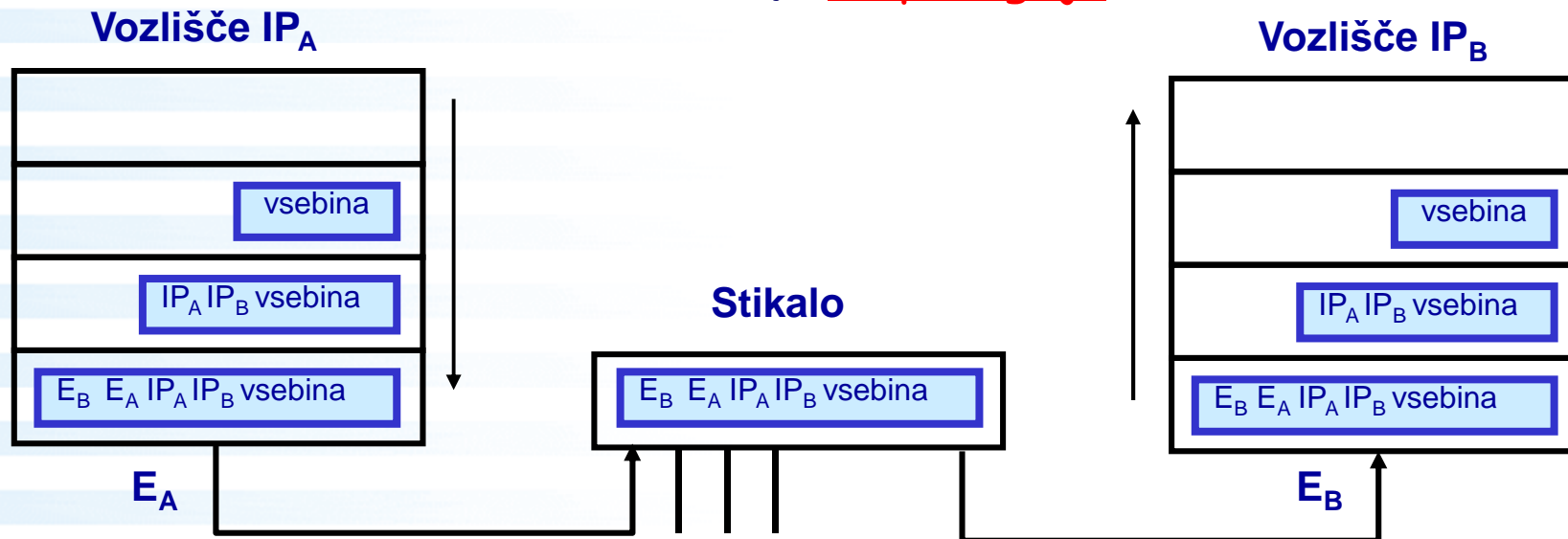
# ARP in usmerjevalniki



- V primeru, da je ponorno vozlišče (IP5) v drugem omrežju, se usmerjevalnik (R1) na poizvedbo ARP predstavi kot ponorno vozlišče.
  - To pomeni, da vrne svoj ethernet naslov.
  - Izvorno vozlišče sedaj pošlje ethernet okvir na njegov ethernet naslov.
  - Na 'drugi strani' postopek poizvedovanja nadaljuje usmerjevalnik R1, podobno R2, ...
- *OPOMBA:* druga možnost je, da končno vozlišče (iz svoje tabele) razbere, da je ponorno vozlišče v oddaljenem omrežju, razbere usmerjevalnik in poizveduje direktno po ethernet naslovu tega usmerjevalnika.

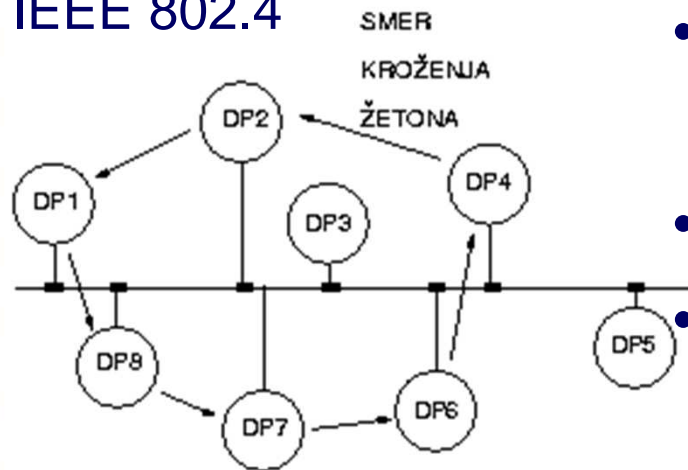
# ARP in mostovi, stikala

- Mostovi/stikala so za ARP “nevidni”.
- Okvir po potrebi zadržijo ali pošljejo naprej – v izbrano smer.
- V vsebino okvirja ne posegajo.



# Vodilo z žetonom

IEEE 802.4

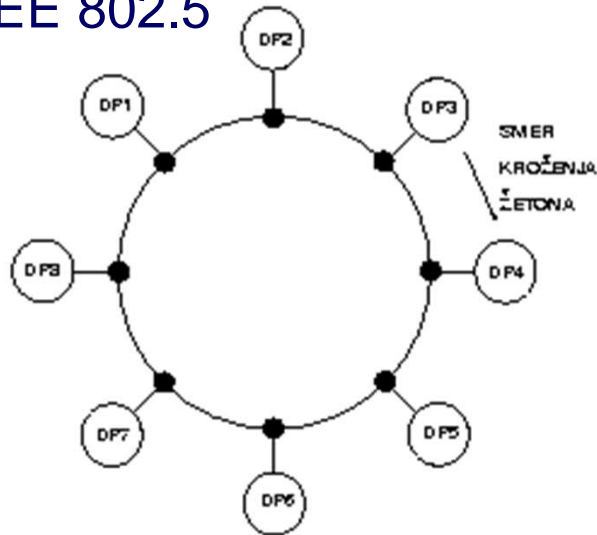


- Postaje so sicer na vodilu, vendar si podajajo žeton, tako nastane logični obroč.
- Žeton pomeni pravico do oddaje, ki 'kroži'.
- Žeton je kratek okvir z oznako – žeton.

- Determinističen dostop, do trčenja ne more priti.
- Mogoč je prioritetni način
- Parameter omrežja je držalni čas ali obhodni čas žetona
- Upravljanje obroča je precej zahtevno  
(vzpostavitev obroča, vstop, izstop, okvara, izgubljen, podvojen, žeton,...)  
in v resnici ne čisto deterministično.

# Obroč z žetonom

IEEE 802.5

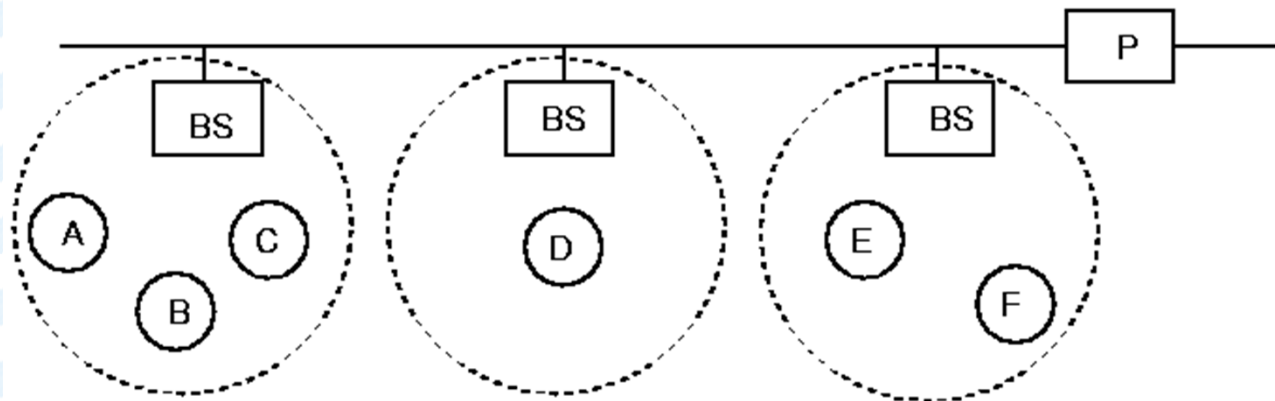


- V obroču kroži žeton
- Žeton je kratek okvir z oznako – žeton

- Determinističen dostop, do trčenja ne more priti
- Da se realizirati prioritetni sistem oddajanja
- Parameter obroča:
  - držalni čas žetona ali obhodni čas žetona

# WiFi, IEEE 802.11 (WLAN)

CSMA/CD v brezžičnem omrežju ni primeren

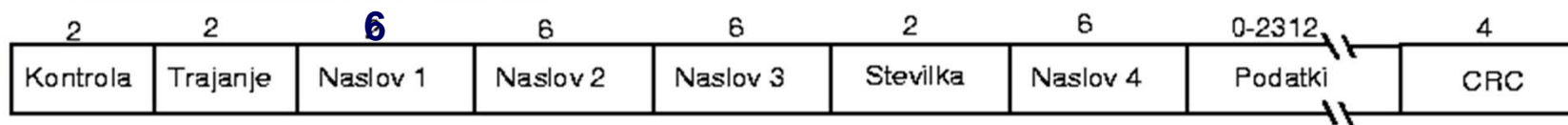


Namesto CSMA/CD → izogibanje trčenj: CSMA/CA

‘Navzgor’ proti višjim slojem podoben Ethernetu  
oziroma kompatibilnost z Ethernet omrežji

# Razvoj IEEE 802.11, izvedbe

Oznaka	Datum	Frekvenčni pas	Hitrost	Max. hitrost	Doseg
802.11	1997	2.4 - 2.5 GHz	1 Mb/s	2 Mb/s	
802.11a	1999	5.15-5.35 GHz 5.457-5.725 5.725-5.9875 GHz	25 Mb/s	54 Mb/s	50 m
802.11b	1999	2.4-2.5 GHz	6.5 Mb/s	11 Mb/s	100 m
802.11g	2003	2.4 GHz ali 5 GHz	11 Mb/s	54 Mb/s	100 m
<b>802.11n</b>	<b>2009</b>	<b>2.4 / 5GHz</b>		<b>600 Mb/s</b>	



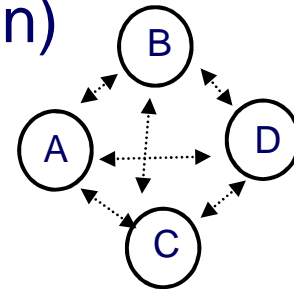
Naslova končnih vozlišč

Naslova baznih postaj

# IEEE 802.11 načini delovanja

- DCF način (Distributed Coordination Function)

- Omrežje brez bazne postaje 'ad-hoc omrežje'
  - klasični CSMA/CA dostop ali
  - virtualno zaznavanje kanala.

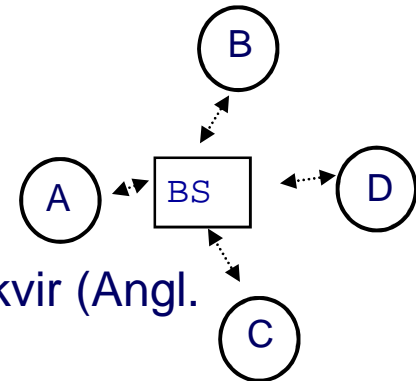


- PCF način (Point Coordination Function)

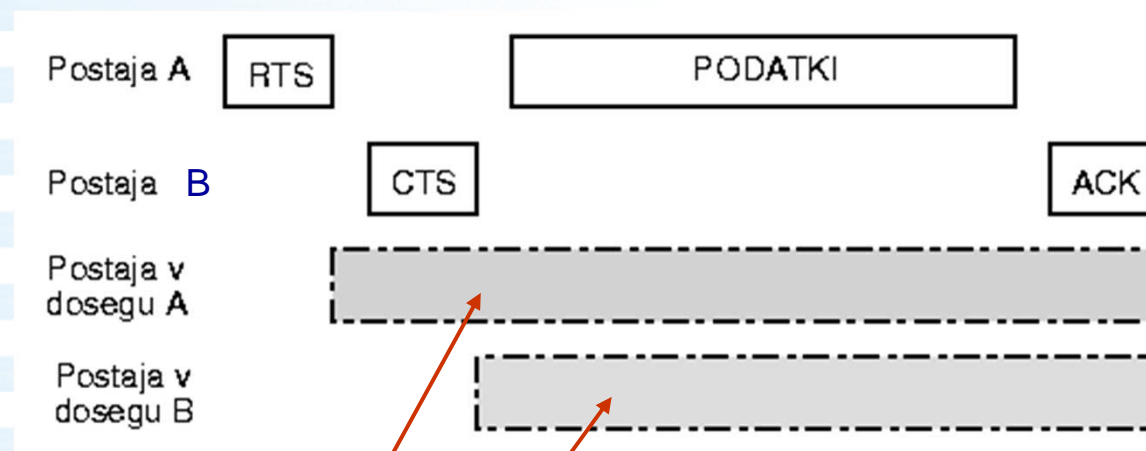
- Omrežje z bazno postajo

Bazna postaja (centralno) upravlja dostop – do trčenja ne more priti.

- Bazna postaja občasno (periodično) odda svarilni okvir (Angl. Beacon Frame).
- Bazna postaja skrbi za pozivanje končnih postaj, ...



# DCF način: MACA, MACAW



RTS - postaja A zahteva od postaje B naj sprejme okvir

CTS – postaja B pristane na sprejem okvirja

Virtualno zaznavanje kanala:

- Postaja v dosegu A zazna RTS, zato predvideva, da bo kanal zaseden ter počaka z eventualno oddajo do vključno ACK.
- Postaja v dosegu B zazna CTS, zato predvideva, da bo kanal zaseden ter počaka z morebitno oddajo do vključno ACK.



# Literatura

A.Tanenbaum, Computer Networks, 4th ed., Prentice Hall, 2003.

<http://www.ieee802.org/>

[http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802](http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802)