



## Računalniške komunikacije in omrežja

# Sloj podatkovne povezave

Program INFORMATIKA  
Višja strokovna šola Velenje  
- dislocirana enota Murska Sobota



## Sloj podatkovne povezave



- Na sloju podatkovne povezave obravnavamo:
  - tehnologije za prenos podatkov (npr. ISDN, DSL, ATM),
  - zagotavljanje zanesljivosti prenosa od točke do točke:
    - tvorjenje okvirjev,
    - identifikacija oddajnika in sprejemnika,
    - odkrivanje napak pri prenosu,
    - številčenje okvirjev,
    - potrjevanje pravilnosti sprejema,
    - oddajna in sprejemna vrsta, časovniki in ponovna oddaja,
    - kontrola pretoka
- PDU sloja podatkovne povezave je okvir (ang. frame).



## Tehnologije za prenos podatkov



- Za prenos podatkov so se izoblikovale kompleksne tehnologije, ki vključujejo mehanizme prvih dveh in celo tretjega sloja referenčnega modela OSI:
  - V svetu telekomunikacij so znane tehnologije **ISDN**, **DSL**, **SONET**, **SDH** in **ATM**.
  - Neodvisno od njih se je razvil standard **DOCSIS** za prenos preko kabelskih televizijskih omrežij **CATV**.
  - Iz sveta računalništva pa prihaja tehnologija **ETHERNET**.



## ISDN



- Tehnologija ISDN je namenjena digitalnemu prenosu preko sukanih paric.
- Do posameznega končnega uporabnika je speljan priključek **BRI ISDN**, ki vsebuje:
  - dva podatkovna kanala B s kapaciteto **64kbit/s** in
  - en kontrolni kanal D (namenjen predvsem signalizaciji) s kapaciteto **16 kbit/s**.
- Do skupinskih uporabnikov pa je speljan priključek **PRI ISDN**, ki v Evropi vsebuje:
  - 30 kanalov B in
  - en kanal D.
- Poznamo tudi nadgradnjo ISDN-ja imenovano širokopasovni ISDN ali **B-ISDN**, pri katerem je kapaciteta osnovnega kanala **155,52 Mbit/s**, zgrajen pa je na osnovi tehnologije **ATM**.



# DSL



- Tehnologija DSL je prav tako namenjena prenosu preko sukanih paric.
- Izkorišča različen in mnogo večji frekvenčni pas kot ISDN. Posledično omogoča tudi mnogo višje kapacitete.
- Poznamo več vrst DSL:
  - **ADSL** uporablja OFDM in omogoča kapaciteto:
    - proti uporabniku (ang. downstream) **512 kbit/s - 5 Mbit/s**,
    - od uporabnika (ang. upstream) pa **128 kbit/s - 1 Mbit/s**.
  - **VDSL** uporablja QAM in omogoča kapaciteto:
    - proti uporabniku do **52 Mbit/s**,
    - od uporabnika pa do **12 Mbit/s**.



# SONET in SDH



- Za prenos preko optičnega vlakna uporabljamo drugačne tehnologije.
- Najpogosteje se uporablja sinhroni prenos, pri katerem sta oddajnik in sprejemnik zelo natančno časovno usklajena. Tako delujeta danes najbolj znana sistema za prenos preko optičnih vlaken, **SONET** v Ameriki in **SDH** v Evropi.
- Pri sistemu **SONET** pošiljamo 8000 okvirjev v sekundi, osnovna velikost okvirja pa je 810 zlogov. Osnovna kapaciteta kanala pri sistemu **SONET 51,84 Mbit/s**.
- Sistem **SDH** je podoben, osnovna velikost okvirja pa je 2430 zlogov, ima pa trikrat višjo osnovno kapaciteto in sicer **155,52 Mbit/s**.
- Prehod iz SONET omrežja v SDH omrežje (in obratno) obvladujejo relativno preproste omrežne naprave.



# ATM



- Tehnologija ATM je poseben pristop k prenosu podatkov, pogosto izveden kot nadgradnja sistema SDH, ki omogoča oddajanje podatkov v poljubnih časovnih trenutkih.
- Pomembna lastnost sistemov ATM je, da uporabnikom zagotavljajo neko minimalno kapaciteto in zato pri njihovi uporabi lahko zagotovimo določeno kakovost storitev.
- Danes se ATM uporablja pri večini daljših povezav kot so npr. povezave preko oceanov.
- Podatki so pri ATM grupirani v celice fiksne dolžine 53 zlogov, od česar je 48 zlogov namenjeno uporabniškemu podatku.
- Osnovna kapaciteta kanala je v kombinaciji s tehnologijo SDH enaka **155,52 Mbit/s**, obstajajo pa razne vrste sistemov ATM, ki imajo kanale s kapaciteto od **2Mbit/s** pa vse do **622 Mbit/s** in več.

9.2.2010

RKO I

7



# DOCSIS



- DOCSIS je ameriški standard kabljskega omrežja, ki ga v Evropi poznamo pod imenom Euro DOCSIS.
- Prenos podatkov poteka po optičnih povezavah in koaksialnih kabljih.
- Hitrosti prenosa dosežajo tudi do 450 Mbit/s.
- Razpoložljiv frekvenčni prostor 860 MHz je razdeljen na kanale.
- Najhitrejša različica DOCSIS 3.0 temelji na združevanju kanalov širine 8MHz za zagotavljanje večjih hitrosti.

9.2.2010

RKO I

8



# Ethernet



- Za razliko od dosedaj naštetih, tehnologija ethernet izvira iz računalniškega sveta.
- Razvita je bila za tvorjenje lokalnih računalniških omrežij. Danes omogoča tudi gradnjo večjih omrežij. Omrežja z ethernetom so bistveno cenejša od telekomunikacijskih omrežij, zato se hitro širijo.
- Poznamo več vrst etherneteta, obstajajo različice, ki delujejo preko sukanih paric, koaksialnih kablov, optičnih vlaken in radijskih valov.
- Kapacitete kanalov v ethernetu so od 10 Mbit/s do 1 Gbit/s preko sukanih paric, ter 10 Gbit/s in več preko optičnih vlaken.



# Zanesljiv prenos od točke do točke



- Problem:
  - na prenosnem sredstvu se občasno pojavljajo napake,
  - pojavljajo se zakasnitve zaradi končne hitrosti širjenja signalov.
- Rešitev: PROTOKOLI OD TOČKE DO TOČKE
  - zagotavljajo zanesljiv in učinkovit prenos med dvema povezanima napravama.
- Razširjena protokola od točke do točke sta:
  - protokol **HDLC** (ang. High-Level Data Link Control) in
  - protokol **PPP** (ang. Point-to-Point Protocol).Imata številne izpeljanke.



## Prenos podatkov



- Prenos podatkov je lahko:
  - paralelni.
  - serijski. Podatki se prenašajo po eni in isti podatkovni liniji bit za bitom.
- Pri serijskem prenosu je potreben pogoj za uspešno komunikacijo sinhronizacija med oddajnikom in sprejemnikom.
- Sinhronizacija je časovna uskladitev sprejemnika in oddajnika, ki vključuje:
  - trenutek začetka prenosa
  - takt v času branja bitov.
- Za daljša zaporedja podatkov se uporablja sinhroni prenos, za krajša pa asinhroni prenos.
- Pri asinhronem prenosu se sprejemnik "zbudi", ko zazna startni bit.

9.2.2010

RKO I

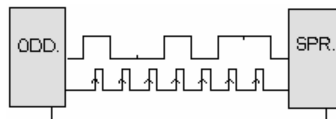
11



## Sinhroni prenos



- Sinhronizacijo lahko izvedeno z uporabo dodatne linije, po kateri oddajnik pošilja sprejemniku svoj takt.
  - Ko oddajnik nima podatkov tudi ta signal miruje.



- Sinhronizacija je lahko izvedena tudi v samem podatkovnem signalu. Signal sam vsebuje informacijo o začetku in koncu sporočila.

9.2.2010

RKO I

12



## Tvorjenje okvirjev



- Oddajnik mora ustrezno označiti začetek in konec okvirja.
- Možne rešitve:
  - označevanje s časovnimi premori: ni primerno,
  - posebna oznaka za začetek in konec okvirja:
    - ZNAKOVNO ORIENTIRAN PRENOS: podatki v okvirju so znaki
    - BITNO ORIENTIRAN PRENOS: podatki v okvirju so biti

9.2.2010

RKO I

13



## Tvorjenje okvirjev ZNAKOVNO ORIENTIRAN PRENOS



- Rezerviramo en znak in mu damo poseben pomen. V praksi se npr. uporablja način, pri katerem ta poseben znak imenujemo **DLE**.
- Velja:
  - Oddajnik:
    1. Kombinacija znakov **DLE-STX** pomeni začetek okvirja.
    2. Kombinacija **DLE-ETX** pomeni konec okvirja.
    3. Če se znak **DLE** pojavi v vsebini okvirja, pred njega vrinemo še en **DLE**.
  - Sprejemnik:
    1. Zaporedje znakov **DLE-STX** obravnava kot značko začetka.
    2. Zaporedje znakov **DLE-ETX** obravnava kot značko konca.
    3. Zaporedje znakov **DLE-DLE** obravnava kot en znak **DLE**, ki je del vsebine okvirja.
    - Znak **DLE**, ki mu sledi kaj drugega od naštetih možnosti, pa se seveda ob pravilnem prenosu ne sme pojaviti.

9.2.2010

RKO I

14







# Odkrivanje napak pri prenosu

## Pariteta



- Pri prenosu okvirja po prenosnem mediju se lahko dogajajo napake: enica se med prenosom spremeni v ničlo ali nasprotno. Če se to zgodi, so podatki pokvarjeni.
- Potrebujemo mehanizem, s katerim sprejemnik ugotovi, ali so se podatki okvarili (in jih popravi?).
- Preprost mehanizem: **PARITETNI BIT**. Oddajnik prešteje število enic v okvirju in po potrebi doda enico ali ničlo tako, da bo skupno število enic sodo ali pa liho število - to imenujemo **SODA OZ. LIHA PARITETA**.
- Primer (soda pariteta):  
oddajnik: 10111001 PB: 1 odda: 101110011  
sprejemnik: 001011011 PB: 0 → napaka!

9.2.2010

RKO I

17



# Odkrivanje napak pri prenosu

## Pariteta



- Izboljšava: več paritetnih bitov.  
Več blokov bitov združimo in obravnavamo skupaj.

- Primer:

Oddajnik:

```
1011 | 1
0010 | 1
1100 | 0
0110 | 0
0011
```

Sprejemnik:

```
1011 | 1
0110 | 0
1100 | 0
0110 | 0
0111
```

Napako smo zaznali in popravili!

9.2.2010

RKO I

18



## CRC



- Slabost paritete je, da v primeru dveh okvarjenih bitov napaka ne bo zaznana. V praksi pa se pogosto okvari več bitov zapored, kar imenujemo **sveženj napak**.
- Za odkrivanje napak uporabljamo bolj napredno metodo, pri kateri na osnovi vsebine okvirja oddajnik po posebnem algoritmu izračuna eno celo število, ki ima ponavadi 16 ali pa 32 bitov. To metodo imenujemo **CIKLIČNA REDUNDANTNA KONTROLA** (ang. Cyclic Redundancy Checksum), izračunano število pa koda **CRC**. Koda CRC se pošlje poleg okvirja in sprejemnik po prejemu okvirja preveri njeno ustreznost.
- Temelji na polinomski aritmetiki.

Primer: 1100101 pomeni  $x^6 + x^5 + x^2 + 1$

in binarnem operatorju XOR



## Zaporedne številke okvirjev



- S kodo CRC lahko zaznamo le, da so se okvirji okvarili, ne pomaga pa pri zaznavanju, ali se je kakšen okvir vmes izgubil.
- Da bi lahko sledili toku okvirjev, dodamo v okvir zaporedno številko.
- Oddajnik in sprejemnik se morata na začetku dogovoriti, pri kateri zaporedni številki bosta začela in koliko različnih številk bosta uporabljala.
- Izkaže se, da pri najpreprostejši strategiji pošiljanja podatkov potrebujemo le dve različni številki, s katerima izmenično označimo oddane okvirje.
  - če sprejemnik dobi okvir, ki ima različno številko od prejšnjega, potem je v redu,
  - če pa dobi zaporedoma dva okvirja z isto številko, potem se je vmes en okvir izgubil.



## Potrjevanje pravilnosti sprejema



- Zanesljiva komunikacija zahteva obveščanje oddajnika o tem, da je bil okvir pravilno prenesen do sprejemnika.
- Razlikujemo:
  - **SPROTNO POTRJEVANJE**: oddajnik za vsak prejeti okvir čaka potrditev in šele po prejeti potrditvi pošlje naslednji okvir.
  - **TEKOČE POŠILJANJE**: oddajnik ne čaka na sprotne potrditve
- Razlikujemo:
  - **NEPOSREDNO POTRJEVANJE**: Sprejemnik ob vsakem pravilno sprejetem okvirju odgovori s kratkim potrditvenim okvirjem, ki vsebuje sporočilo **ACK** in ob nepravilno sprejetem okvirju s sporočilom **NACK**.
  - **POSREDNO POTRJEVANJE**: Če okvir ni pravilen, sprejemnik ne pošlje nič.
- Potrditve seveda potujejo po enakem prenosnem mediju kot podatkovni okvirji, zato se lahko tudi okvarijo ali pa izgubijo.

9.2.2010

RKO I

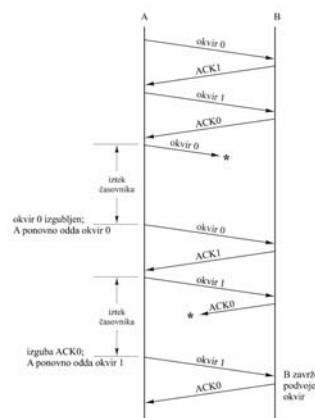
21



## Sprotno potrjevanje



- Pri sprotnem potrjevanju lahko oddajnik odda en okvir in nato čaka, da dobi potrditve za njega. Tež strategiji pravimo tudi strategija **POŠLJI IN ČAKAJ** (ang. stop and wait)
- Primer:
  - ACK1** – potrditev okvirja 0, pripravljen na sprejem okvirja 1
  - ACK0** – potrditev okvirja 1, pripravljen na sprejem okvirja 0



9.2.2010

RKO I

22



# Tekoče pošiljanje



- Pri tekočem pošiljanju lahko oddajnik nadaljuje s pošiljanjem novih okvirjev še preden dobi potrditev za prej oddani okvir. Primer je **PROTOKOL Z DRSEČIM OKNOM** (ang. sliding window).
- Kontrolo pretoka vpeljemo tako, da postavimo omejitve, koliko okvirjev je lahko v nekem trenutku vprašljivih (še nepotrjenih). Temu pravimo velikost **DRSEČEGA OKNA**.

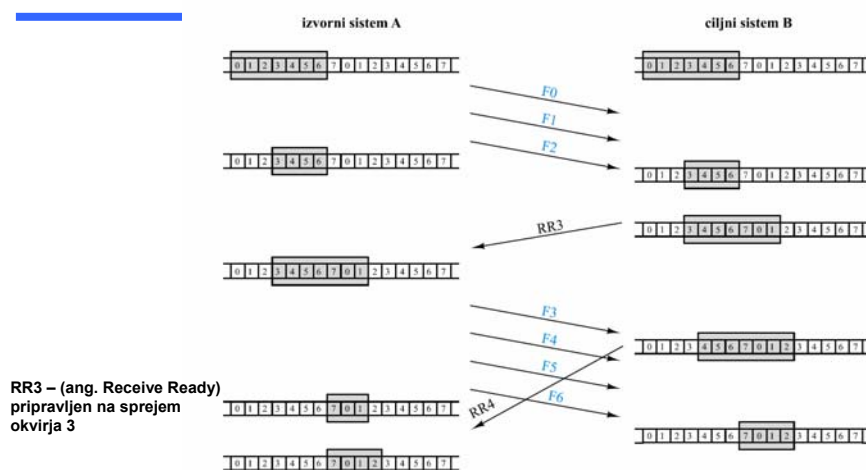
9.2.2010

RKO I

23



# Protokol z drsečim oknom



9.2.2010

RKO I

24



# Protokol z drsečim oknom



- V primeru ponovne oddaje razlikujemo:
  - Selektivno ponovno oddajo: Če oddajnik dobi NACK za neki okvir ali ACK, ki je izven pričakovanega vrstnega reda, ponovno odda samo okvir, za katerega sklepa, da se je pokvaril.
  - Strategija Vrni se za N (ang. Go back N)



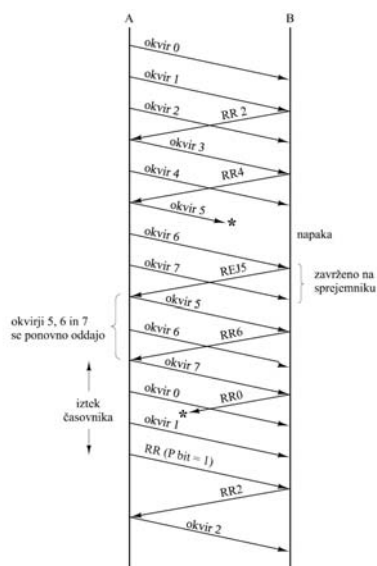
# Vrni se za N



**RR2** – (ang. Receive Ready) pripravljen na sprejem okvirja 2

**REJ5**– (ang. REject) (=NACK5) negativna potrditev okvirja 5

**RR(P bit=1)** – oddajnik zahteva, da sprejemnik sporoči, kateri okvir pričakuje



## Oddajna in sprejemna vrsta in časovnik



- **ČASOVNIK:** Oddajnik po oddaji okvirja pričakuje potrditev. Seveda pa ne čaka v nedogled, ampak le določen čas. Da bi vedel, ali je že dovolj dolgo čakal na potrditev, potrebujemo mehanizem časovnikov. Če v predpisanem času potrditev ne prispe, oddajnik sklepa, da se je okvir izgubil.
- **ODDAJNA VRSTA:** Če oddajnik ugotovi, da oddan okvir ni pravilno prispel do sprejemnika, enak okvir odda še enkrat. To pa lahko stori le takrat, če si je njegovo vsebino shranil. Za hranjenje oddanih okvirjev ima oddajnik poseben pomnilnik, ki ga imenujemo oddajna vrsta.
- **SPREJEMNA VRSTA:** Sprejemnik si sprejete okvirje shrani v pomnilniku, ki ga imenujemo sprejemna vrsta. Okvirji ostanejo v sprejemni vrsti tako dolgo, dokler niso obdelani.

9.2.2010

RKO I

27



## Ponovna oddaja



- Če si dve napravi izmenično pošiljata podatke, potem lahko uporabimo mehanizem **NATOVARJANJA POTRDITEV**. To pomeni, da potrdive ne pošiljamo kot samostojne okvirje ampak kot del podatkovnih paketov
- Če način komunikacije med sprejemnikom in oddajnikom dopušča, da pridejo okvirji do sprejemnika v pomešanem vrstnem redu, potem bodo tisti, ki so prišli prehitro, čakali bolj dolgo, ker se okvirji praviloma obdelujejo vedno v pravilnem vrstnem redu in ne pomešano.
- Lahko se zgodi, da okvir pride pravilno, izgubi pa se potrditev za njega. Oddajnik zato odda enak okvir še enkrat, kar pomeni, da bo sprejemnik isti okvir dobil dvakrat. Okvir, ki pride drugič do sprejemnika, imenujemo **dvojniki**.

9.2.2010

RKO I

28



# Kontrola pretoka



- S kontrolo pretoka zagotovimo, da oddajnik ne pošilja podatkov hitreje, kot jih je sprejemnik sposoben sprejeti.
- Preprost mehanizem za kontrolo pretoka se imenuje **X-ON/X-OFF**.
  - Sprejemnik v primeru, da ne more več sprejemati novih okvirjev, oddajniku pošlje posebno sporočilo X-OFF.
  - Oddajnik potem neha oddajati, dokler od sprejemnika ne dobi sporočilo X-ON.
  - Sprejemnik mora X-OFF oddati še preden je njegova sprejemna vrsta polna, kajti oddajnik lahko odda še določeno število okvirjev, preden sporočilo X-OFF pride do njega.
  - Sprejemnik po oddaji X-OFF obdeluje okvirje in ko se njegova sprejemna vrsta sprazni pošlje X-ON.
  - Spet pa je boljše, da pošlje X-ON še preden obdela vse sprejete okvirje, kajti drugače bo moral po nepotrebnem čakati na nove okvirje.
- Protokol z drsečim oknom že vsebuje kontrolo pretoka!

9.2.2010

RKO I

29



## Računalniške komunikacije in omrežja

# Ethernet

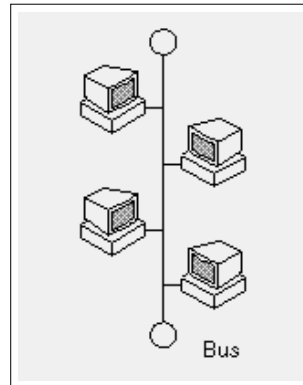
Program INFORMATIKA  
Višja strokovna šola Velenje  
- dislocirana enota Murska Sobota



## Topologija s skupnim vodilom



- Osnovna lastnost topologije s **SKUPNIM VODILOM** je, da različne naprave oddajajo okvirje po istem prenosnem kanalu.
- To se zgodi:
  1. ko so vse priključene na isti električni vodnik.
  2. še bolj značilen primer pa je brezžična komunikacija na isti frekvenci.
- Poseben primer topologije s skupim vodilom je **OBROČ**.
- Topologija s skupnim vodilom je zelo primerna za **lokalna omrežja**. Standardi za lokalna omrežja nastajajo pod oznako **IEEE 802** (družina standardov IEEE 802).



9.2.2010

RKO I

31



## LAN in funkcije 2. sloja



- Protokoli sloja podatkovne povezave (2. sloja) se navezujejo na fizikalne lastnosti omrežja. Njihove osnovne funkcije so:
  - **Arbitraža** (oz. dostop do prenosnega kanala): določa kdaj oddajnik lahko uporabi prenosni medij.
  - **Naslavljanje**: ker je več enot je neposredno vezanih na isti prenosni medij, je treba določiti kdo je naslovnik okvirja.
  - **Zaznavanje napak**: PDU 2. sloja vsebuje polje namenjeno odkrivanju napak.
  - **Identifikacija** tipa podatkovnega polja v okvirju. Posebno polje v okvirju določa tip protokola omrežnega sloja, ki so mu namenjeni podatki.

9.2.2010

RKO I

32

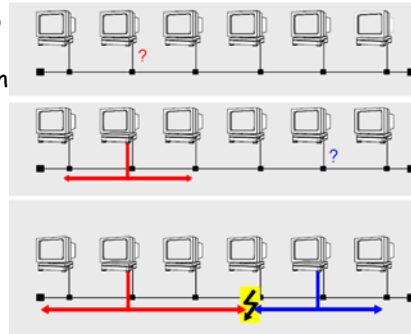




## Dostop do prenosnega kanala



- Pri topologiji s skupnim vodilom imamo problem z dostopom do prenosnega kanala: naprave se med seboj motijo in se morajo nekako uskladiti, da naenkrat oddaja le ena.
- Poznamo dve različni obliki rešitve tega problema:
  - protokole brez trkov. Imenujemo jih **NEKOLIZIJSKI PROTOKOLI**.
  - protokole s trki. Imenujemo jih **KOLIZIJSKI PROTOKOLI**.



## Nekolizijski protokoli



- **Protokol z REZERVACIJSKIM OKVIRJEM** (ang. reservation protocol).  
Komunikacija poteka v dveh fazah, ki se med seboj izmenjujeta:
  1. V **FAZI REZERVACIJE** prenosnega kanala po omrežju potuje rezervacijski okvir in z njegovo pomočjo vse naprave, ki želijo oddajati, svojo namero sporočijo ostalim.
  2. Sledi **FAZA PRENOSA**, v kateri po nekem predpisanem algoritmu vsaka naprava, ki se je prijavila, določen čas oddaja svoje okvirje.

## Nekolizijski protokoli



- Zanimiv nekolizijski protokol je **PROTOKOL Z ŽETONOM**.
- Žeton (ang. token) je poseben okvir ( zaporednje bitov), ki potuje po omrežju od ene naprave do druge.
- Vsaka naprava sme žeton zadržati le omejen čas. V nekem trenutku lahko okvirje s podatki oddaja le tista postaja, ki ima žeton.
- Pri združenju IEEE so standardizirali dve različici takega protokola:
  - standard **IEEE 802.4**, ki opisuje uporabo žetona pri nesklenjenem skupnem vodilu (ang. **token bus**)
  - standard **IEEE 802.5**, ki opisuje uporabo žetona v obroču (ang **token ring**).

9.2.2010

RKO I

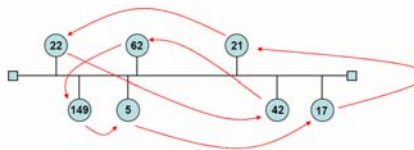
35



## Žeton pri nesklenjenem skupnem vodilu (ang. token bus)



- Pri topologiji z nesklenjenim vodilom moramo enote logično urediti v zaporedje. Pri tem se običajno upoštevajo fizični naslovi naprav.



- Žeton
 

ID	nextID
----	--------
- Podat. okvir:
 

ID	Data
----	------
- Promet na vodilu:
 
$$T_{5,17} \rightarrow M_{17} \rightarrow T_{17,21} \rightarrow M_{21} \rightarrow T_{21,22} \rightarrow T_{22,42} \rightarrow T_{42,63} \rightarrow M_{63} \rightarrow T_{63,149} \rightarrow T_{149,5}$$

$$\rightarrow M_5 \rightarrow T_{5,17} \rightarrow \dots$$
- Pomanjkljivost: slaba izkoriščenost

9.2.2010

RKO I

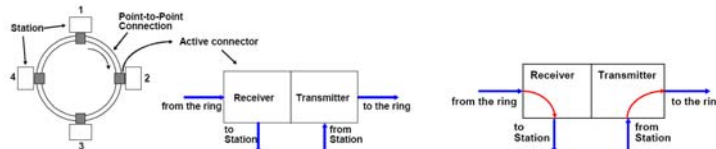
36



## Žeton v obroču (ang. token ring)



- Žeton je velikosti en bit!
- Podatke, ki prispejo po obroču, vsaka naprava ovrednoti preden jih spet odda v obroč.



- Naprava lahko zadrži žeton omejen čas.
- Podatkovna hitrost: 4Mb/s oz. 16 Mb/s

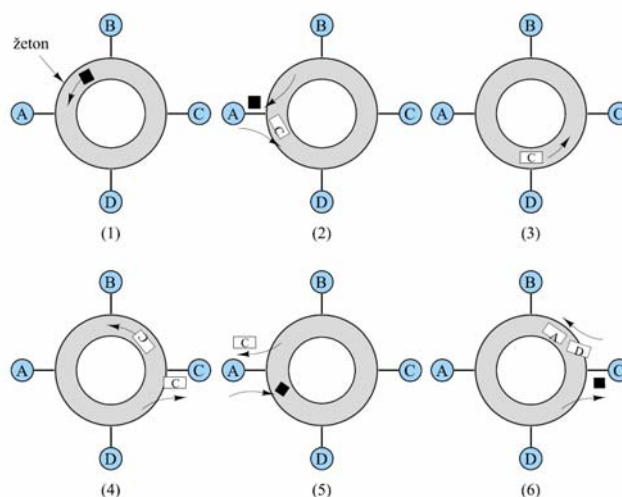
9.2.2010

RKO I

37



## Žeton v obroču (ang. token ring)



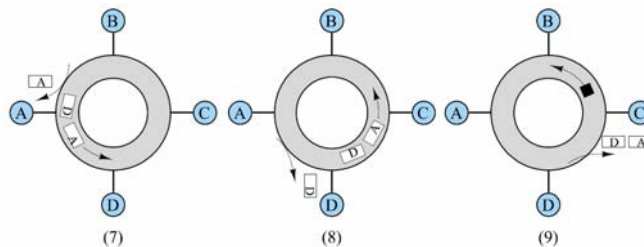
9.2.2010

RKO I

38



## Žeton v obroču (ang. token ring)



Pomanjkljivost: Naprava, ki oddaja, zadržuje žeton vse dokler se oddani okvir ne vrne do nje, s čimer dobi potrditev, da je bil uspešno prenešen.



## Protokol z žetonom FDDI (ang. Fiber Distributed Data Interface)



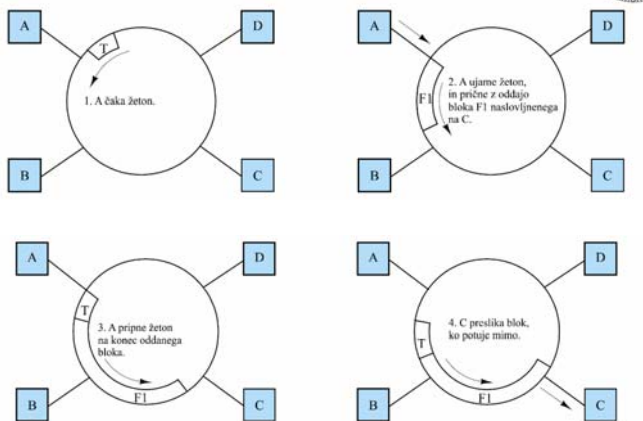
- FDDI (ang. Fiber Distributed Data Interface) je zelo zmogljiv protokol z žetonom v LAN omrežjih z optičnimi kabli.
- Omogoča povezave do 1000 naprav na razdalji do 10km.
- Običajno predstavlja hrbtenico manjših LAN-ov.



- Podatkovna hitrost: 1000Mb/s.



## Protokol z žetonom FDDI (ang. Fiber Distributed Data Interface)



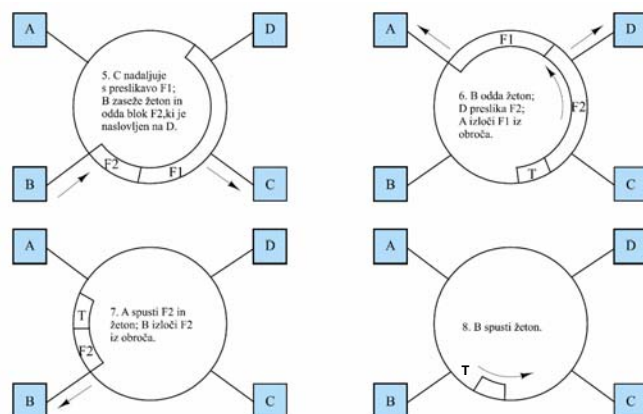
9.2.2010

RKO I

41



## Protokol z žetonom FDDI (ang. Fiber Distributed Data Interface)



9.2.2010

RKO I

42

