



## Računalniške komunikacije in omrežja

# Ethernet-nadaljevanje

Program INFORMATIKA  
Višja strokovna šola Velenje  
- dislocirana enota Murska Sobota



## Kolizijski protokoli



- Pri kolizijskih protokolih ni faze rezervacije, zato se lahko zgodi, da začne hkrati oddajati več naprav. To situacijo imenujemo **TRK** (ang collision).
- Trk predstavlja neuspešen poskus komunikacije, saj se pri sočasnem oddajanju po istem prenosnem kanalu signali različnih naprav med seboj pomešajo do te mere, da jih naslovniki ne morejo razpoznati.
- Razlikujemo dva osnovna kolizijska protokola:
  - **ALOHA**
  - **CSMA/CD**



# ALOHA



- Najpreprostejši (danes že zgodovinski) kolizijski protokol je protokol ALOHA.
  - Prvič so ga preizkusili leta 1970, ko so na isti radijski frekvenci povezali računalnike na različnih otokih havajskega otočja (od tod tudi ime).
- Oddajnik odda svoj okvir neglede na situacijo v omrežju. Med oddajanjem vsaka naprava hkrati tudi sprejema signale. Po koncu oddaje se primerjata oddani in sprejeti okvir.
  - Če sta enaka, potem sklepamo, da so podatki uspešno prišli do naslovnika.
  - Če pa nista enaka, potem je prišlo do trka in naslovnik verjetno ni pravilno sprejel podatkov. V tem primeru po preteku naključnega časa okvir ponovno oddamo.
- Prednost: je preprost, cena izvedbe je nizka.
- Slabost: slaba izkoriščenost prenosnega kanala.

9.2.2010

RKO I

3

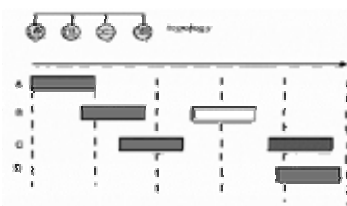


# Razsekana ALOHA

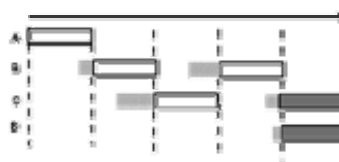


- ALOHA (ang. pure ALOHA):
- RAZSEKANA (tudi REŽNA) ALOHA (ang. slotted ALOHA):  
Učinkovitost ALOHE izboljšamo, če uvedemo določen takt pri oddaji, naprave torej smejo oddajati le v točno določenih časovnih razmikih, ki zagotavljajo, da je okvir, ki se je srečno začel prenašati, do konca varen pred trkom.
  - Osnovni problem pri razsekani ALOHI je, kako vzdrževati usklajen takt na vseh napravah.

## PURE ALOHA:



## SLOTTED ALOHA:



9.2.2010

RKO I

4



# CSMA



- Če naprave pred oddajo svojega okvirja preverijo, ali je prenosni kanal prost, dobimo protokol CSMA (ang. Carrier Sense Multiple Access), ki ga smiselno poimenujemo kot večtočkovni dostop z zaznavanjem zasedenosti prenosnega kanala.
- Razlikujemo:
  - **VZTRAJNI CSMA** (ang. persistent CSMA). Oddajnik pred začetkom oddajanja preveri, ali je prenosni kanal prost. Če ni, potem čaka, da se bo sprostil. Okvir odda takoj, ko zazna, da je prenosni kanal prost.
  - **NEVZTRAJNI CSMA** (ang. nonpersistent CSMA). Oddajnik v primeru, da zazna zaseden prenosni kanal, ne spremlja njegove zasedenosti neprestano, ampak najprej počaka nek čas in potem ponovno preveri kanal.
- Kljub temu, da se pri CSMA vse naprave trudijo izogibati trkom, do teh vseeno pride zaradi zakasnitve širjenja signalov.
  - Do trkov pa lahko pride le v omejenem času takoj po začetku oddajanja. Ko se signali razširijo čez celotni prenosni kanal, je okvir varen pred trki.

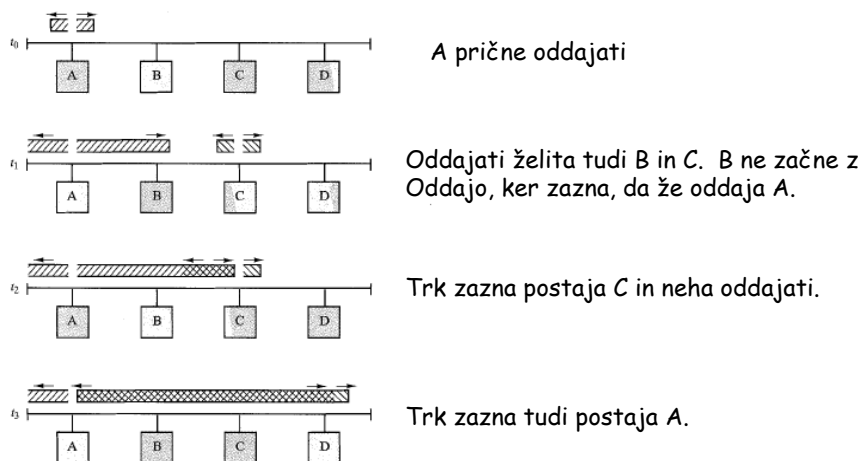
9.2.2010

RKO I

5



# CSMA / CD



9.2.2010

RKO I

6



## CSMA in CSMA/CD



- Pri CSMA govorimo o dveh fazah pri prenosu:
  - faza boja za kanal in
  - faza prenosa.
- V primeru trka naprave pred ponovno oddajo počakajo nek naključni čas (različen na vseh napravah).
- Učinkovitost protokola CSMA izboljšamo, če oddajniku omogočimo takojšnje zaznavanje trkov. V tem primeru oddajnik v primeru trka ne odda celotnega okvirja, ampak oddajanje takoj po trku prekine. To imenujemo protokol **CSMA/CD** (ang. Collision Detection), torej zaznavanje trkov.
  - različico protokola CSMA/CD je standardizirana pod oznako **IEEE 802.3**. Lokalna omrežja, ki ta standard uporabljajo, pa se je uveljavilo ime **ETHERNET**, kakor se je imenovalo prvo delujoče omrežje s protokolom CSMA/CD.

9.2.2010

RKO I

7



## IEEE 802.3



1. Oddajnik, ki ima podatke za oddajo, preveri zasedenost prenosnega kanala.
2. Če je prenosni kanal prost, počaka vsaj tako dolgo, da mine čas imenovan "čas med okvirji", nato pa začne oddajati.
3. Če je prenosni kanal zaseden, oddajnik čaka, da se ta sprosti in potem začne oddajati.
4. Med oddajanjem naprava zaznava trke. Če pride do trka se oddajanje takoj prekine. Oddajnik potem, ko zazna trk, odda poseben signal imenovan "zastojni signal" (ang. jam signal), ki je dolg 32 bitov in je sestavljen izmenično iz ničel in enic.
5. Naprave, ki so sodelovale pri trku, počakajo naključni čas, ki se izračuna po algoritmu IEEE Backoff in nato začnejo znova oddajati svoj okvir.

9.2.2010

RKO I

8



## IEEE Backoff



### Algoritem:

- Glede na hitrost prenosa v omrežju, je določen režni čas (pri 10 Mbit/s znaša 51,2 mikrosekund, kar ustreza prenosu 512 bitov).
- Vsaj oddajnik šteje, kolikokrat je že prišlo do trka pri poskusu prenosa nekega okvirja.
- Oddajnik v primeru trka izbere naključno število  $N$  med 0 in  $2^K - 1$  kjer je  $K$  število trkov pri prenosu trenutnega okvirja.
- Oddajnik izračuna čas čakanja kot produkt števila  $N$  in režnega časa.

### Razen:

- Število ponovnih oddaj je omejeno, po dosegu zgornje meje, ki je v ethernetu 16, oddajnik obupa nad prenosom in sporoči napako.
- V ethernetu od vključno 10. trka naprej oddajnik izbere naključno število med 0 in 1023 in ne uporablja več prej zapisane formule.



## CSMA/CA



- Za primere, v katerih zaznavanje trka ni možno (npr. WLAN), obstaja še ena različica protokola CSMA z imenom CSMA/CA (Collision Avoidance), torej izogibanje trkom.
- Pri tej različici naprave pred vsako oddajo podatkov najprej oddajo poseben signal RTS (ang. **Request to Send**) in počakajo, da se ta signal razširi čez celotno omrežje.
- Če oddajnik med oddajo podatkov sprejme ta signal, preneha oddajati, nekaj časa počaka in potem začne ponovno oddajo.



## Zgodovina in razvoj etherneta



- Nastanek etherneta je tesno povezan z raziskovalnim centrom Xerox v Palo Alto. V tem podjetju so prvo eksperimentalno omrežje ethernet postavili okoli leta 1973. Njihov ethernet je imel hitrost 2,94 Mbit/s in se je originalno imenoval **Alto Aloha Network**.
- Pozneje sta se razvoju pridružila še podjetji DEC in Intel in nastal je projekt **DIX**:
  - leta 1980 so predstavili specifikacijo DIX Ethernet v1.0,
  - leta 1982 pa DIX Ethernet v2.0.
- Potem, ko so se eksperimentalna omrežja izkazala kot dobra, so se standardizacije teh idej lotili tudi pri združenju IEEE in leta 1983 je bil sprejet standard **IEEE 802.3**, ki funkcije 2. sloja deli na dva podsloja:
  - MAC (ang. Media Access Control)
  - LLC (ang. Logical Link Control)



## Ethernet



- Standard IEEE 802.3 je bil podlaga za številne različice.
- Pri IEEE so si za označevanje različic ethernetov izmislili posebne kode, sestavljene iz dveh delov:
  1. prvi del: številka, ki pomeni **hitrost prenosa podatkov v Mbit/s**,
  2. drugi del: oznaka, ki označuje **prenosni medij, topologijo omrežja oz. dolžino segmenta**.

Primeri:

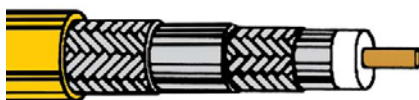
- 10BASE2: hitrost:10Mb/s, dolžina segmenta 200m
- 100BASE-T2: hitrost 100Mb/s, prenosni medij: kabel z dvema sukanima paricama
- 1000BASE-SX: hitrost 1000Mb/s, prenosni medij: optična vlakna



# 10BASE5



- 10BASE5 in 10BASE2 sta prvi vrsti etherneteta (danes zgodovinski), namenjena ožičenim lokalnim omrežjem.
- 10BASE5 kot prenosni medij uporablja koaksialni kabel, ki je po priporočilu vedno rumene barve. Zaradi dokaj debelega koaksialnega kabla imenujemo to vrsto etherneteta tudi "**debeli ethernet**".



- Na enem segmentu tega etherneteta je lahko največ 100 vozlišč, skrajni dve sta lahko narazen največ 500 metrov.
- Hitrost prenosa je 10Mbps.

9.2.2010

RKO I

13



# 10BASE2



- Čez nekaj časa se je pojavil ethernet 10BASE2, pri katerem je prenosni medij tanjši koaksialni kabel in ga zato imenujemo "**tanki ethernet**".
- Na enem segmentu tankega etherneteta je lahko največ 30 vozlišč, skrajni dve pa sta lahko narazen največ 185 metrov.
- Za priključitev na tanki ethernet je dovolj majhna vezje, ki ga imenujemo ethernet kartica in ga priključimo neposredno na eno od notranjih vodil računalnika. Za fizično priključitev na vodilo se uporabljajo pasivni priključki BNC, posamezno ali pa v obliki T-členov.

BNC:



Ethernet kartica:



9.2.2010

RKO I

14



# 10BASE2



9.2.2010

RKO I

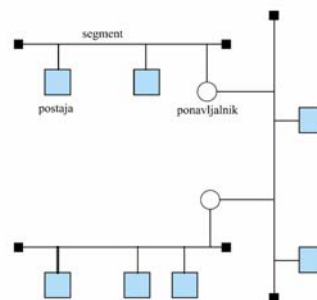
15



## Naprava v lokalnih omrežjih PONA VLJALNIK



- Na dolgih povezavah v omrežjih se lahko zgodi, da signali preveč oslabijo in zaradi tega prihaja do velikega števila napak.
- V tem primeru povezavo razdelimo na dva dela in vmes vstavimo posebno napravo imenovano **PONA VLJALNIK** (ang. **repeater**).
- Ponavljalnik deluje na 1. sloju, saj ne pozna pomena bitov.
- Ponavljalnik interpretira vrednost vhodnega signala (0 ali 1) in na izhodu generira novi "čisti" signal.
- Če bi ponavljalnik deloval le kot ojačevalnik, bi razen da ojača koristne signale, ojačal tudi šum.



9.2.2010

RKO I

16

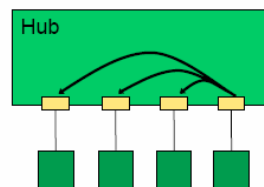
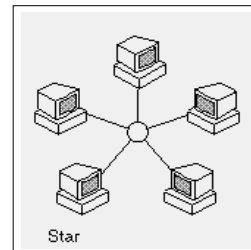




# 10BASE-T



- Pomemben mejnik pri razvoju etherneteta predstavlja prehod na zvezdno topologijo in različico etherneteta 10BASE-T.
- V središču zvezde mora biti posebna naprava, ki je bila originalno zelo preprosta in jo imenujemo ZVEZDIŠČE (ang. HUB).
- Naprave so na zvezdišče poveza ne z 2 paroma UTP in max. razdaljo 100.
- Zvezdišče deluje na 1. sloju, saj ne pozna pomena bitov.
- Zvezdišče signal, ki ga dobi na vhodni povezavi ene naprave odda na vse izhodne povezave drugih naprav.



9.2.2010

RKO I

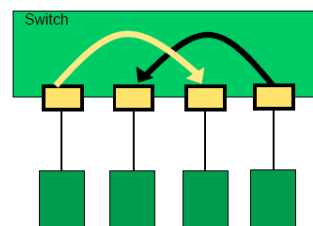
17



# STIKALO (SWITCH)



- Sčasoma so zvezdišča nadomestila zmogljivejše naprave imenovane STIKALO (ang. SWITCH), ki omogočajo dvosmerni prenos brez trkov med priključenimi napravami.
- Stikalo deluje na 2. sloju, saj interpretira čelo ethernet okvirja, v katerem je zapisan fizični naslov ciljne naprave.
- Stikalo ima vmesni pomnilnik, v katerem začasno hrani okvirje, če več naprav oddaja sočasno.



9.2.2010

RKO I

18



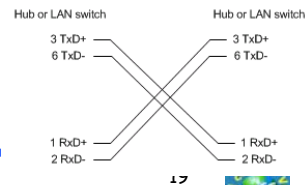
# 10BASE-T



- Prenosni medij v 10BASE-T omrežju so UTP kabli kategorije 5 s priključki RJ-45.
- Naprave so lahko od središča zvezde oddaljene 200 metrov, če uporabimo kable kategorije 5.
- V enem segmentu je lahko do 1024 vozlišč.
- Pri povezavi računalnika z zvezdiščem ali stikalom uporabimo straight-through kabel.
  - Računalnik oddaja podatke na pinih 1 in 2, in na pinih 3 in 6 podatke sprejema.
  - stikalo oddaja podatke na pinih 3 in 6, in jih na pinih 1 in 2 sprejema.



- Pri povezavi dveh stikal oz. zvezdišč uporabimo cross-over kabel.



9.2.2010

RKO I



# Hitri ethernet



- Naslednja generacija etherneteta je bila prva, ki je omogočala večje hitrosti od originalnih 10Mbit/s in je zato dobila ime **hitri ethernet** (ang. "fast ethernet").
- Dovoljena je samo zvezdna topologija.
- Pravzaprav sta bili hkrati definirani dve različici etherneteta s hitrostjo 100 Mbit/s:
  - Ethernet **100BASE-T4** zahteva do vsake naprave povezavo iz 4 sukanih paric, ki pa so lahko dokaj nekvalitetne, zadostuje kategorija 3.
  - Nekoliko drugačna različica, ki se je mnogo bolj uveljavila, pa nosi oznako **100BASE-TX** in deluje s povezavami iz 2 sukanih paric kategorije 5.

9.2.2010

RKO I

20



## Gigabitni ethernet



- Pri gigabitnem ethernetu z oznako **1000BASE-T** so naprave povezane s 4 paricami kategorije 5, deklarirano hitrost pa dosežemo tako, da se podatki po vsaki parici prenašajo s hitrostjo 250 Mbit/s.
- Obstaja tudi gigabitni ethernet z oznako **1000BASE-CX**, ki kot prenosni medij porablja 2 oklopljeni sukani parici.
- **10GBASE-CX4** je 10 gigabitna različica po bakrenih žicah ("twin-axial" kabel- koaksialni kabel z dvema notranjima vodnikoma) in razdaljo 15m.
- Od leta 2006 obstajajo tudi 10 gigabitna različica **10GBASE-T** z neoklopljenimi ali oklopljenimi paricami in razdaljo do 100m.
- Od leta 2007 pa tudi **40G** in **100G** ethernet.



## Delovanje etherneteta



- Pri ethernetu imamo različne prenosne medije in pri vsakem od njih se podatki pošiljajo z ustrežno vrsto signalov.
- Pri ethernetih preko električnih vodnikov se uporablja kodiranje Manchester.
- Standard IEEE 802.3 celovito opisuje, kako naprave dostopajo do prenosnega medija.
- Po OSI modelu so v standardu IEEE 802.3 zajete:
  - vse funkcije fizičnega sloja in
  - del funkcij sloja podatkovne povezave. Ker niso zajeti vsi mehanizmi podatkovnega sloja, pravimo, da IEEE 802.3 definira podsloj v sloju podatkovne povezave. Ta podsloj ima tudi svoje ime, pravimo mu podsloj MAC (ang. Medium Access Control). Pravimo mu podsloj za krmiljenje dostopa do prenosnega medija.



## Okvir MAC



Okvirji MAC so pri ethernetu sestavljeni iz:

1. **preambule dolžine**, ki označuje začetek okvirja: 64 bitov
  2. **oznake naslovnika**: 48 bitov,
  3. **oznake oddajnika**: 48 bitov,
  4. **število veljavnih zlogov v podatkovnem delu okvirja**: 2 zloga
  5. **podatkovno polje**: najmanj 46 zlogov in največ 1500 zlogov,
  6. **kontrola vsota**, ki je izračunana kot koda CRC: 32 bitov
- Preambula je sestavljena iz 62 izmeničnih enic in ničel, ki jim sledita 2 enici.
  - Najmanjša dolžina okvirja pri ethernetu, če ne štejemo preambule, je 64 zlogov ( $6+6+2+46+4$ ), največja pa 1518 zlogov ( $6+6+2+1500+4$ ).
  - Najmanjša dolžina okvirja je predpisana zato, da oddajnik ne neha oddajati, še preden ga dosežejo signali od drugih naprav in tako gotovo zazna morebitni trk. Pri večjih hitrostih je potrebna višja meja za najmanjšo dovoljeno dolžino okvirja.

9.2.2010

RKO I

23



## Standard DIX



- V standardu **DIX** je namesto števila veljavnih zlogov v podatkovnem delu okvirja, v polju dolžine 2 zloga zapisano, kateremu omrežnemu protokolu so namenjeni podatki v podatkovnem polju.
- Ker je v praksi veliko naprav tudi po sprejetju standarda IEEE 802.3 to polje uporabljalo tako, kot piše v standardu **DIX**, je združenje IEEE pozneje to odobrilo na ta način, da če je številka manjša od 1500 pomeni število veljavnih zlogov, drugače pa gre za oznako omrežnega sloja.

9.2.2010

RKO I

24



## Naslovi MAC



- Oznake naprav imenujemo tudi naslovi MAC.
- Vsak **naslov MAC je dolg 48 bitov** in ga ponavadi zapišemo kot zaporedje šestih zlogov.
- Vse naprave v istem omrežju ethernet morajo imeti različni naslov MAC. Oznaka naslovnika je prvi podatek v okvirju.
- Če naprava priklopljena v ethernet zazna, da je kot naslovnik naveden njen naslov, nadaljuje s sprejemanjem okvirja. Če naprava ni naslovnik okvirja, pa okvirja ne sprejema ampak čaka, dokler spet ne zazna preambule novega okvirja.
- Naslov MAC sestavljen iz 48 enic ima poseben pomen. Imenujemo ga naslov broadcast in se uporablja za razpršeno oddajo. Če je kot naslovnik podan naslov broadcast, sprejmejo okvir vse naprave, do katerih ta okvir pride.



## Podatkovno polje



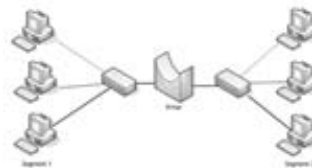
- Podatkovno polje v ethernetu lahko vsebuje poljubne podatke.
- Podatki se prenesejo od oddajnika do naslovnika, ne da bi se vsebina kakorkoli dekodirala. Zato podatki tudi v ničemer ne vplivajo na sam prenos.
- Če npr. v lokalnem omrežju z ethernetom prenašamo internetne paketke, je celotni internetni paket vključno z IP številko oddajnika in IP številko naslovnika, shranjen v podatkovnem polju ethernet okvirja in zato IP številka naslovnika ne vpliva neposredno na to, katera naprava v lokalnem omrežju bo ethernet okvir sprejela.



# MOST



- Dva ali več različnih segmentov v povezovalnem sloju povežemo tako, da med njih postavimo napravo, ki pozna naslove naprav v vseh segmentih. Tako napravo imenujemo **MOST** (ang bridge).
- Do trkov lahko prihaja samo znotraj segmenta, zato most omogoča boljšo razporeditev in delovanje omrežja.
- Z mostom pridobimo tudi na varnosti, saj lahko z mostom določen del omrežja izoliramo tako, da se promet od tam ne prenaša čez celotno omrežje.
- Pomembna funkcija mostov pa je tudi ta, da nam omogočajo povezavo med različnimi tipi lokalnih omrežij, npr med brezžičnim in ožičenim lokalnim omrežjem.



9.2.2010

RKO I

27



# MOST



- Most ima **POSREDOVALNO TABELO**, kjer je za vsakega od naslovov določeno, v katerem od priključenih segmentov se nahaja.
- Če most zazna okvir od naprave v enem segmentu, ki je namenjena napravi v drugem segmentu, potem ta okvir posreduje naprej, vendar le, ko je segment prost. Če je segment zaseden, počaka, da se sprost.
- Most naj bi bil transparenten, kar pomeni, da napravam v omrežju ni potrebno spreminjati svojega obnašanja, ko ga dodamo v omrežje.
- Zaželeno je tudi, da most ne potrebuje posebne administracije, ampak ga le vključimo v omrežje in že deluje. Torej se mora posredovalna tabela tvoriti avtomatično.

9.2.2010

RKO I

28



## Posredovalna tabela



- Posredovalna tabela se polni z metodo **VZVRATNEGA UČENJA**:
  1. Ko most vključimo, je njegova posredovalna tabela prazna.
  2. Takoj nato pa začne most sprejemati vse okvirje, ki potujejo po omrežju. Za vsak okvir si zapomni, kdo je njegov oddajnik in v katerem segmentu se nahaja. Na ta način si zgradi posredovalno tabelo.
  3. Dokler naslovnika nima v posredovalni tabeli, promet namenjen njemu posreduje vsem segmentom. To imenujemo **PREPLAVLJANJE**.
- Dinamičen način tvorjenja posredovalne tabele ima veliko prednost v tem, da se most, če naprave priklapljamo in odklapijamo, hitro prilagodi spremembam. V ta namen si most pri vsakem zapisu zapomni tudi čas, kdaj se je naprava nazadnje oglasila iz določenega segmenta. Če zapis dolgo ni osvežen, se ga zbriše iz posredovalne tabele.

9.2.2010

RKO I

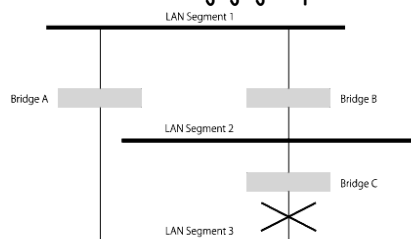
29



## CIKLI V OMREŽJU



- Če v omrežju postavimo več mostov, se lahko pojavijo cikli, ki jih v ethernetu ne sme biti. Ta problem rešimo tako, da se mostovi v omrežju med seboj dogovorijo, katere povezave bodo uporabljali.
- Standarda IEEE 802.1d in njegov naslednik IEEE 802.1w opisujeta algoritem za takšno dogovarjanje, ki je znan pod imenom **ISKANJE NAJMANJŠEGA VPETEGA DREVESA**. Deluje tako, da si mostovi izmenjujejo sporočila BPDU.



9.2.2010

RKO I

30



# STIKALO



- Z združevanje funkcij zvezdišča in mostu so se razvile naprave, ki jih imenujemo STIKALA (ang. switch), ki ga danes srečujemo v središču večine lokalnih omrežij.
- Stikalo ima tako kot most posredovalno tabelo, ki jo avtomatsko tvori in obnavlja.
  1. Ko stikalo dobi okvir po enem priključku dekodira njegov začetek in ugotovi naslovnika.
  2. Nato pogleda v tabelo, na katerem priključku se nahaja naslovnik in okvir posreduje le po tistem priključku.
  3. Če naslovnika ne najde v posredovalni tabeli, uporabi preplavljanje.
- Ethernet, v katerem so naprave priključene neposredno na stikalo, imenujemo PREKLAPLJANI ETHERNET.
- Današnja stikala so zelo napredne naprave, ki omogočajo omrežja brez trkov in dvosmerni prenos med vsemi priključenimi napravami.

9.2.2010

RKO I

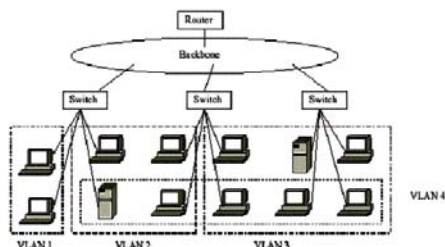
31



# VLAN



- Stikala omogočajo združevanje naprav v omrežju v skupine, ki so drugačne od njihove fizične razporeditve. Tako združevanje imenujemo navidezna lokalna omrežja (VLAN).
- Za lažje tvorjenje VLANov je bil sprejet standard IEEE 802.1q, ki omogoča, da se okvirjem v ethernetu doda posebno polje, v katerem je zapisana oznaka tistega VLANa, ki mu ta okvir pripada.



9.2.2010

RKO I

32





## Ethernet preko optičnih vlaken



- Vzporedno z različicami etherneteta preko električnih vodnikov, so pri združenju IEEE standardizirali tudi nekaj različic, ki delujejo preko optičnih vlaken.
- Za nje je značilno, da med seboj vedno povezujejo dve napravi, torej gre za **povezave od točke do točke**.
- Prva različica etherneteta preko optičnih vlaken je dobila oznako **10BASE-F**. S tako povezavo lahko povežemo napravi, ki sta med seboj oddaljeni do 2000 metrov.
- Za hitri ethernet je bila sprejeta različica z oznako **100BASE-FX**, ki je prav tako omogočala povezave z dolžino do 2000 metrov.



## Ethernet preko optičnih vlaken



- Za gigabitni ethernet preko optičnih vlaken sta bili standardizirani dve različici:
  - ethernet **1000BASE-SX** uporablja večrodovna optična vlakna in lahko povezuje napravi, ki sta narazen do 550 metrov.
  - ethernet **1000BASE-LX** pa lahko uporablja večrodovna ali enorodovna optična vlakna. Pri večrodovnih vlaknih je lahko povezava dolga največ 550 metrov, pri enorodovnih vlaknih pa do 10 km.
- Novejši je 10-gigabitni ethernet, ki je bil standardiziran leta 2002. Obstaja več različic, na splošno pa velja, da lahko večrodovna vlakna uporabimo za razdalje do nekaj 100 metrov, enorodovna vlakna pa nam omogočajo povezave dolžine 10 in več kilometrov.



## Brezžični ethernet



- Brezžični ethernet (WLAN) ne uporablja mehanizmov iz ožičenega etherneteta, za njega je bil sprejet poseben standard z oznako **IEEE 802.11**, ki pa je navzven skladen z IEEE 802.3.
- Poseben standard je bil potreben zato, ker so zaradi mobilnosti naprav problemi bistveno drugačni kot pri klasičnem ožičenem ethernetetu. Potrebno je bilo rešiti:
  - problem zaznavanja trkov,
  - problem večkratnega sprejema zaradi odboja signala,
  - problem prehajanja naprav iz ene celice v drugo,
  - poskrbeti pa je bilo potrebno tudi za netehnične podrobnosti povezane z izbiro ustreznega frekvenčnega pasu, z zagotavljanjem zasebnosti uporabnikov itd.

9.2.2010

RKO I

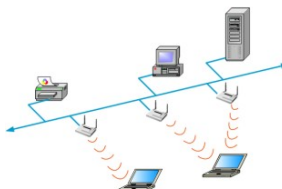
35



## Brezžični ethernet



- Brezžični ethernet je znan pod komercialnim imenom **WiFi**. Originalni IEEE 802.11 omogoča hitrosti do 2 Mbit/s, v praksi pa so zaživele naslednje različice:
  1. **IEEE 802.11a**, ki deluje s hitrostjo do 54 Mbit/s v frekvenčnem pasu okoli 5 GHz,
  2. **IEEE 802.11b**, ki deluje s hitrostjo do 11 Mbit/s v frekvenčnem pasu okoli 2,4 GHz,
  3. **IEEE 802.11g**, ki deluje s hitrostjo do 54 Mbit/s v frekvenčnem pasu okoli 2,4 GHz.



9.2.2010

RKO I

36



# BLUETOOTH



- Standard **IEEE 802.15** je znan pod komercialnim imenom **BLUETOOTH** in deluje s pomočjo radijskih valov. Njegovo delovanje je bistveno drugačno od do sedaj naštetih standardov.
- Glavna lastnost Bluetootha so majhni sprejemniki in oddajniki in majhne oddajne moči, seveda pa je zaradi tega majhen tudi doseg signala.
- Omrežja Bluetooth uvrščamo med osebna omrežja (PAN).



9.2.2010

RKO I

37



# WiMAX



- Standard **IEEE 802.16** ima komercialno ime **WiMAX** (wireless MAN). Pri **WiMAX**-u je ideja ravno obratna, signal naj bi dosegel čim širše območje, npr. celotno mesto.
- Standard predvideva doseg 50km in hitrost 70 Mbit/s. V evropskem prostoru se podobna tehnologija imenuje **HIPERMAN**.
- Obe tehnologiji sta obetali konkurenco brezžičnim omrežjem tretje generacije (GPRS, UMTS, HSDPA ipd.).

9.2.2010

RKO I

38

