

Vežba 1 – Mrežna infrastruktura

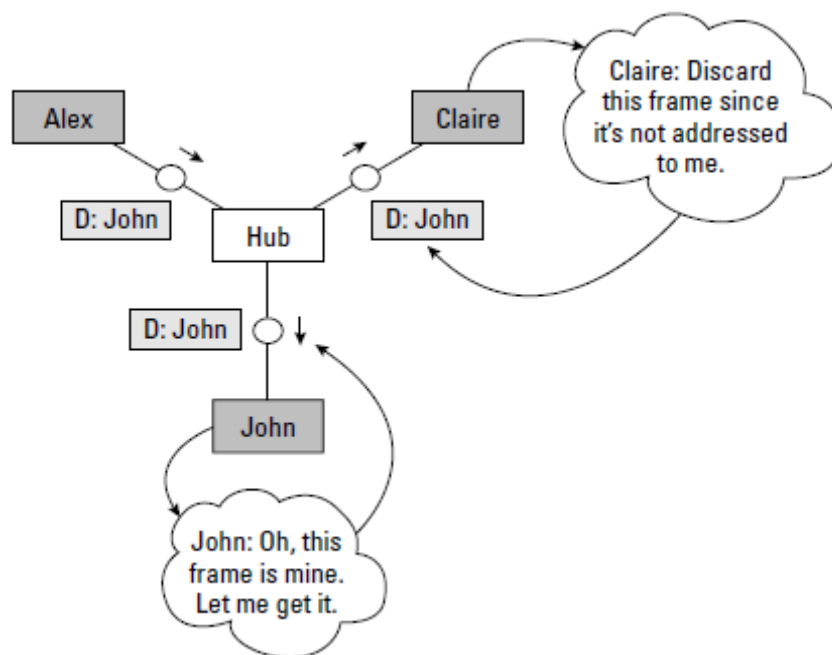
1. Hub (razvodnik)

Hub je mrežni uređaj fizičkog nivoa koji omogućava povezivanje računara u lokalnoj mreži. Hub prosleđuje primljeni frejm na sve portove osim porta na kom je frejm primljen.



Slika 1. Hub

Svi uređaji koji su povezani sa hub-om se nalaze u istom **kolizionom domenu**, što znači da dele propusni opseg medijuma i da može doći do sudaranja frejmova ukoliko više uređaja istovremeno pošalje frejmove. Ethernet koristi **CSMA/CD** da bi kontrolisao koliziju između frejmova podataka.



Slika 2. Slanje paketa između računara povezanih hub-om

2. Switch (komutator)

Switch je mrežni uređaj 2. nivoa (nivoa veze) koji omogućava povezivanje računara u lokalnoj mreži. Za razliku, od hub-a, frejm se prosleđuje samo na izlazni port na kome se nalazi odredište frejma, čime se kreira jedan kolizijski domen po portu.

Portovi modernih switch-eva su konfigurisani u **full-duplex** režimu, što znači da postoji mogućnost istovremenog slanja i prijema podataka. U half-duplex režimu samo jedna strana može istovremeno slati podatke.

Za baferovanje frejmova može se koristiti pojedinačna memorija po portu ili deljena memorija za sve portove. Kada se bafer napuni, novo pristigli frejmovi se odbacuju.

Switch-evi ne limitiraju **broadcast domene**, što znači da će poruka poslata sa broadcast MAC adresom odredišta biti prosleđena ka svim izlaznim portovima. Preveliki broj broadcast paketa negativno utiče na performanse mreže.

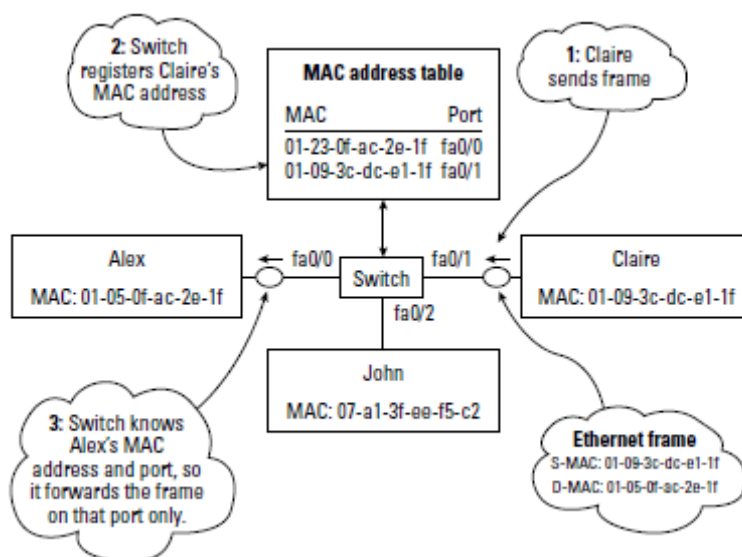


Slika 3. Switch sa 50 portova

Rukovanje primljenim frejmovima zasnovano je na korišćenju **CAM tabele** (eng. *Content Addresable Memory*) u koju se smeštaju redovi od koji svaki sadrži MAC adrese uređaja i port sa kojim je uređaj povezan na switch.

Algoritam procesiranja:

- **Učenje adresa** (eng. *Address Learning*) - Switch proverava svaki frejm koji pristigne na ulazni port. Ukoliko se MAC adresa pošiljaoca ne nalazi u tabeli, unosi se broj porta zajedno sa MAC adresom pošiljaoca u tabelu.
- **Donošenje odluke** - Switch pretražuje da li se MAC adresa primaoca nalazi u tabeli MAC adresa, kako bi odredio na koji port je potrebno poslati frejm.
- **Fitriranje** (eng. *Filtering*) - Ukoliko se adresa primaoca i pošiljaoca povezane na isti switch port, frejm se odbacuje.
- **Prosleđivanje** (eng. *Forwarding*) - U slučaju da se MAC adresa primaoca nalazi u tabeli, switch prosleđuje frejm na odgovarajući izlazni port iz tabele.
- **Preplavljivanje** (eng. *Flooding*) - Ukoliko MAC adresa primaoca nije prethodno sačuvana u tabeli, frejm se prosleđuje na sve izlazne portove.



Slika 4. Primer prosleđivanja frejma na odgovarajući izlazni port switch-a

Ethernet frejm nikada ne zastareva, što može da uzrokuje da frejm poslat sa nepoznatom adresom neograničeno luta po mreži. To se najčešće dešava u slučaju kada su sa dva linka povezana dva switch u mreži od koji nijednom nije poznata adresa odredišta. Za rešavanje ovog problema može da se koristi **Spanning Tree Protocol**, koji bi u ovom slučaju jedan od linkova što spaja switch-eve proglasio redundantnim.

Metodi prosleđivanja:

1. Metod "**Sačuvaj pa prosledi**" (eng. *Store and Forward*) - spor, ali pouzdan metod.

- Switch smešta čitav frejm u svoj bafer.
- Proverava se validnost frejma pomodu FCS (Frame Check Sequence).
- Frejm koji prođe validaciju prosleđuje se na odgovarajući port. Nevalidni frejmovi se odbacuju.

2. Metod "**Prolaska**" (eng. *Cut through*) – brz, ali nepuzdan metod.

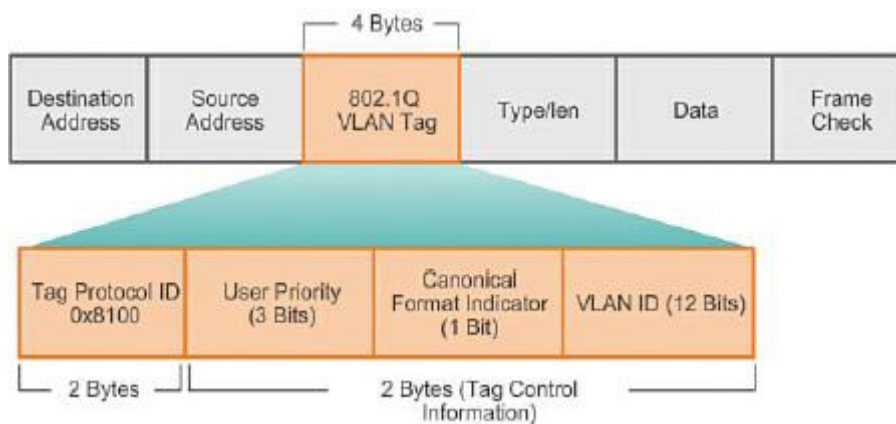
- Switch analizira samo preambulu, tj. prvih 7 bajta ethernet frejma, kako bi doznao MAC adresu odredišta.
- Zbog toga ne postoji proces validacije, već se prosleđuju svi pristigli frejmovi.
- Bajtovi frejma se prosleđuju direktno na izlazni port i pre nego što pristigne kompletan frejm, odnosno svi bajtovi podataka.

3. Metod "**Dužine frejma**" (eng. *Fragment free*) - metod kompromisa.

- Koristi prednosti prethodna dva metoda.
- Frejm se prosleđuje nakon prijema prva 64 bajta, bez validacije.
- Rizik prosleđivanja nevalidnih frejmova se smanjuje sa činjenicom da su nevalidni frejmovi najčešće kraći od 64 bajta i oni se odbacuju.

3. VLAN

Virtual Local Area Network (VLAN) omogućava podelu lokalne mreže na logičke (virtuelne) domene koristeći postojeću fizičku infrastrukturu mreže. Svaki VLAN čini poseban **broadcast domen**, što znači da se broadcast poruke mogu slati samo u okviru istog VLAN-a. Na ovaj način smanjuje se nepotreban saobraćaj u lokalnoj mreži i povećava se bezbednost. Za obeležavanje paketa koristi se VLAN tagovi (standard IEEE 802.1q) dužine 4 bajta koji se dodaju na ethernet frejm.

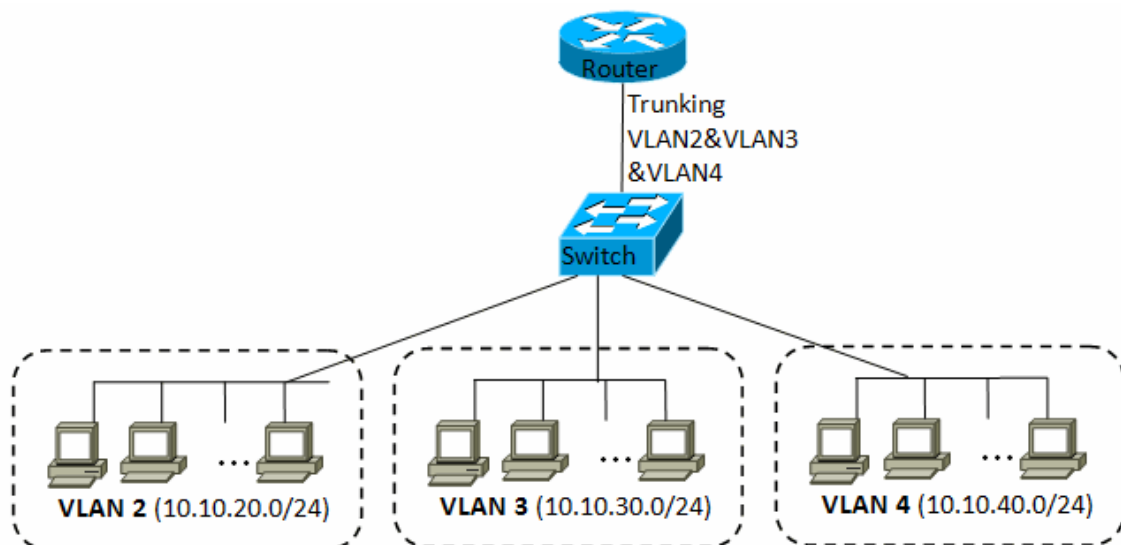


Slika 5. VLAN tag

Postoje dve mogućnosti definisanja članstva VLAN-a na switch-u:

- Statičko članstvo - Za svaki port se definiše kom VLAN-u pripada. Ukoliko nije drugačije specificirano svi portovi pripadaju VLAN 1.
- Dinamičko članstvo - Čuva se tabela MAC adresa svih uređaja koji su povezani sa switch-em i svaka adresa vezuje se za zaseban VLAN. Ukoliko nije drugačije specificirano sve adrese pripadaju VLAN 1.

Za povezivanje različitih VLAN-ova najčešće se koristi ruter.



Slika 6. Virtual Local Area Network

4. Ruter (mrežni usmerivač)

Ruter je uređaj 3. nivoa (nivoa mreže) koji omogućava povezivanje različitih računarskih mreža. Njegov osnovni zadatak je da odredi optimalnu putanju (rutu) kojom bi paket podataka trebalo da putuje do odredišta i da prosledi paket sledećem uređaju u nizu. Za razliku od switch-eva, ruteri limitiraju broadcast domene, nepropuštajući broadcast poruke između različitih mreža.

U malim lokalnim mrežama ruter se obično postavlja da bude veza između same mreže i Interneta. Tako, na primer, ADSL ruter služi kao veza između kućne mreže i mreže Internet provajdera do koje ruter dolazi preko ADSL veze.



Slika 7. Ruter

Proces rutiranja zasniva se na korišćenju **tabele rutiranja** koju zasebno održava svaki ruter. U tabeli rutiranja nalaze se informacije na osnovu kojih ruter donosi odluku kuda treba poslati određeni paket:

1. Poznate mreže.
2. Interfejsi rutera preko kojih je ruter povezan sa tim mrežama.
3. Moguće putanje između rutera.
4. Troškovi slanja podataka duž tih putanja.

Pravljenje tabele rutiranja

Tabela rutiranja se popunjava na tri osnovna načina:

1. **Direktno rutiranje** - prilikom direktnog povezivanjem rutera sa određenom računarskom mrežom - isporuka paketa vrši se korišćenjem adresiranja protokola sloja veze, bez posredovanja mrežnih prolaza.
2. **Statičko rutiranje** - ručni unos ruta od strane administrator.
3. **Dinamičko rutiranje** - Dinamički protokoli za rutiranje obavljaju nekoliko aktivnosti:
 - a. *Otkrivanje mreža* - sposobnost protokola za rutiranje da deli informacije sa drugim ruterima koji takođe koriste isti protokol za rutiranje.
 - b. *Ažuriranje i održavanje tabela rutiranja* - održavanje informacije o mrežama u tabelama rutiranja. Ovi protokoli ne samo da donose odluku o najboljim putanjama već i u slučaju nedostupnosti te putanje ili promena u topologiji mreže određuju novi najbolji put.

Metrika

Metrika rute definiše prioritet određene rute u odnosu na ostale definisane rute kojima se može doći do odredišta. Njena vrednost može se zadati od strane administratora ili se može dinamički izračunati korišćenjem različitih parametara komunikacionih kanala:

1. **Broj skokova** (eng. *Hops*) - broj rutera koji posreduju u komunikaciji.
2. **Propusna moć** (eng. *Bandwidth*) *Primer: Većina ljudi za uporedive razdaljine preferira vožnju auto-putem zato što ima više traka i veća ograničenja brzine nego standardni putevi.*
3. **Opterećenost kanala.**
4. **Kašnjenje** - vreme koje je potrebno paketu da stigne do odredišta.
 - a. Vreme procesiranja - vreme koje je potrebno ruteru da pronađe u paketu adresu odredišta.
 - b. Vreme čekanja u redu - vreme koje paket provede čekajući u redu za ulazni ili izlazni port, pre nego što biva procesiran ili poslat narednom ruteru.
 - c. Vreme slanja - vreme koje je potrebno da se pošalje paket na vezu ka sledećem ruteru.
 - d. Vreme propagacije -vreme koje je potrebno signalu da se propagira kroz medijum mreže.
5. **Pouzdanost kanala.**
6. **Maximum transmission unit (MTU)** - najveća veličina paketa koja može biti poslata datom rutom.

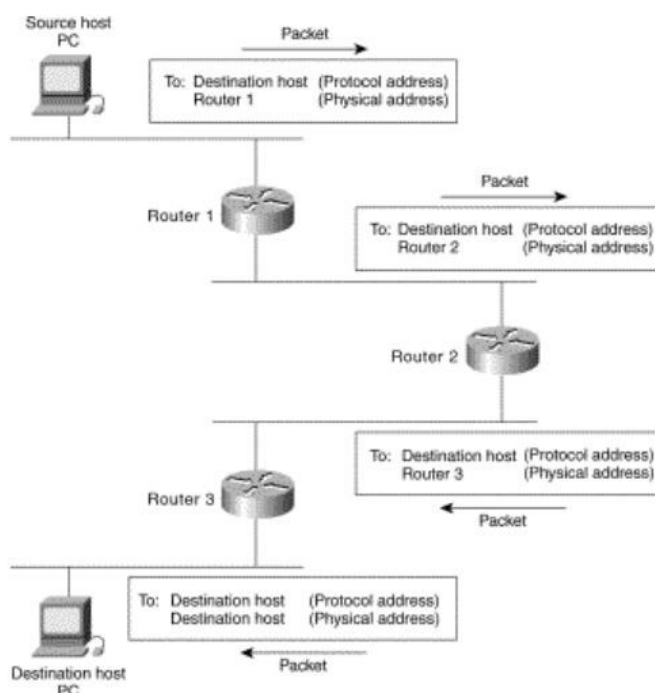
U slučaju da u tabeli za rutiranje postoje dve rute za istu mrežu naučene od različitih protokola za rutiranje, koristi se **administrativna distanca**, koja predstavlja pouzdanost protokola za rutiranje. Najmanja administrativna distanca je za rute koje se odnose na direktno povezane mreže. Manja vrednost administrativne distance indicira veću pouzdanost.

Metode rutiranja

1. **Vektor udaljenosti** (eng. *Distance Vector Routing Protocols*) - Ruteri razmenjuju informacije kojima saznaju udaljenost (broj skokova) i pravac (interfejs ili ruter) ka nekoj od udaljenih mreža, pri čemu nemaju informaciju o samom putu do određene mreže. Razmenjivanje informacija se vrši tako što svaki od rutera periodično prosleđuje celu tabelu rutiranja susednim ruterima.
 - *Routing Information Protocol (RIP)*
 - *Interior Gateway Routing Protocol (IGRP)*
2. **Stanje linka** (eng. *Link-State Routing Protocols*) - Ruteri samostalno popunjavaju tabele rutiranja na osnovu informacija o rutama koje dobiju od svojih suseda. Update informacije se šalju samo u slučajevima promena ruta i sadrže informacije samo za rutu koja se promenila.
 - *Open Short Path First (OSPF)*
3. **Hibridno rutiranje** - Imaju karakteristike metoda vektora udaljenosti i stanja linka. Za metriku koriste udaljenost, propusnu moć, kašnjenje, pouzdanost, opterećenje i MTU.
 - *Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)*

Slanje paketa izvan mreže

Kada pošiljaoc želi da pošalje paket izvan lokalne mreže, on paket adresira sa MAC adresom rutera i ip adresom primaoca paketa i šalje paket ruteru. Nakon procesiranja paketa, ruter menja fizičku adresu odredišta u adresu narednog skoka i šalje paket. Naredni skok može biti destinacioni host ili naredni ruter u nizu. Dok paket putuje kroz mreže menjaju se fizičke adrese, ali logičke ostaju iste, kao što je prikazano na sledećoj slici.



Slika 8. Rutiranje paketa između različitih mreža

Pregled IP tabele rutiranja na lokalnom računaru

IP tabelu rutiranja koja se nalazi na lokalnom računaru moguće je prikazati korišćenjem komande `netstat -r` na Windows OS-u tj. `route -n` na Raspbian OS-u.

- *Network Destination* - izlistane su sve dostupne mreže na koje je moguće poslati poruku;
- *Netmask* - data je lista subnet maski koje definišu koji deo adrese pripada mreži a koji računaru
- *Gateway* – lista adresa koju lokalni računar koristi da bi mogao poslati poruku na njeno odredište. “On-link” vrednost u koloni označava da je odredište direktno dostupno.
- *Interface* – Logička adresa mrežne kartice koja se koristi da bi se poslao paket ka gateway-u.
- *Metric* – koliko „košta” korišćenje date putanje. Veća vrednost metrike ukazuje na lošiju putanju za slanje poruka (sporiju brzinu slanja, nebezbednost, ...)

```
Active Routes:
Network Destination    Netmask          Gateway          Interface        Metric
0.0.0.0                0.0.0.0          10.10.1.1        10.10.1.100      20
0.0.0.0                0.0.0.0          10.15.100.1      10.15.101.96     25
10.10.1.0              255.255.255.0    10.10.1.100     10.10.1.100     20
10.10.1.100           255.255.255.255  127.0.0.1       127.0.0.1       20
10.10.2.0              255.255.255.0    10.10.1.1       10.10.1.100     1
10.10.3.0              255.255.255.0    10.10.1.1       10.10.1.100     1
10.10.4.0              255.255.255.0    10.10.1.1       10.10.1.100     1
10.15.0.0              255.255.0.0      10.15.101.96    10.15.101.96     25
10.15.101.96          255.255.255.255  127.0.0.1       127.0.0.1       25
10.255.255.255         255.255.255.255  10.10.1.100     10.10.1.100     20
10.255.255.255         255.255.255.255  10.15.101.96    10.15.101.96     25
127.0.0.0              255.0.0.0        127.0.0.1       127.0.0.1       1
224.0.0.0              240.0.0.0        10.10.1.100     10.10.1.100     20
224.0.0.0              240.0.0.0        10.15.101.96    10.15.101.96     25
255.255.255.255        255.255.255.255  10.10.1.100     10.10.1.100     1
255.255.255.255        255.255.255.255  10.15.101.96    10.15.101.96     1
Default Gateway:      10.15.100.1
```

Slika 9. Tabela rutiranja