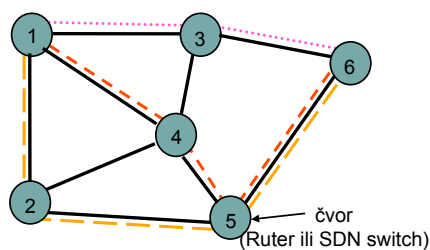


Usmjeravanje paketa (rutiranje)



Rutiranje u mrežama sa komutacijom paketa



- Tri moguće rute (bez petlje) od 1 do 6:
 - 1-3-6, 1-4-5-6, 1-2-5-6
- Koja je “najbolja”?
 - Minimalno kašnjenje? Minimalan broj hopova?
 - Maksimalna brzina prenosa? Minimalna cijena?
 - Maksimalna pouzdanost?

Kreiranje tabele rutiranja



- Potrebne su informacije o stanju linkova
 - Aktivni/pasivni; zagušeni; veliko kašnjenje ili druga metrika
- Potrebno je distribuirati informaciju o linku korišćenjem protokola rutiranja
 - Koja informacija se razmjenjuje? Koliko često?
 - Razmjena sa susjedima; Broadcast ili “poplava”
- Potrebno je izračunati rute na bazi informacija:
 - Jedna ili više metrika
 - Jedna ili alternativne rute

Algoritmi rutiranja: Zahtjevi



- Brzi odgovor na promjene
 - Promjene topologije ili saobraćajnog opterećenja, zagušenje
 - Brza konvergencije rutera prema konzistentnom skupu ruta
 - Nema petlji
- Optimalnost
 - Iskorišćenje resursa, broj skokova
- Robusnost
 - Nastavak funkcionisanja pri velikom opterećenju, zagušenju, greškama, otkazima, pogrešnim konfiguracijama
- Jednostavnost
 - Efikasna implementacija softvera, razumna obrada

Centralizovano ili distribuirano rutiranje



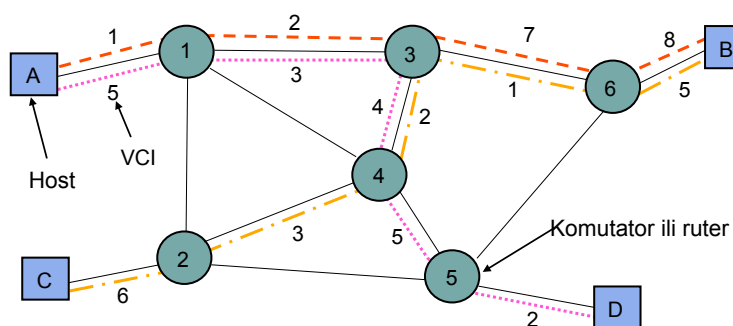
- Centralizovano rutiranje
 - Sve rute određuje centralni čvor
 - Sve informacije se šalju centralnom čvoru
 - Problemi prilikom česte promjene topologije
 - Nije skalabilno
 - SDN ponovo aktuelizuje ovaj koncept!!!!
- Distribuirano rutiranje
 - Rute određuju ruter korišćenjem distribuiranih algoritama
 - Informacije o razmjenjuju između rutera
 - Adaptira se na promjene topologije i druge promjene
 - Bolja skalabilnost

Statičko ili dinamičko rutiranje



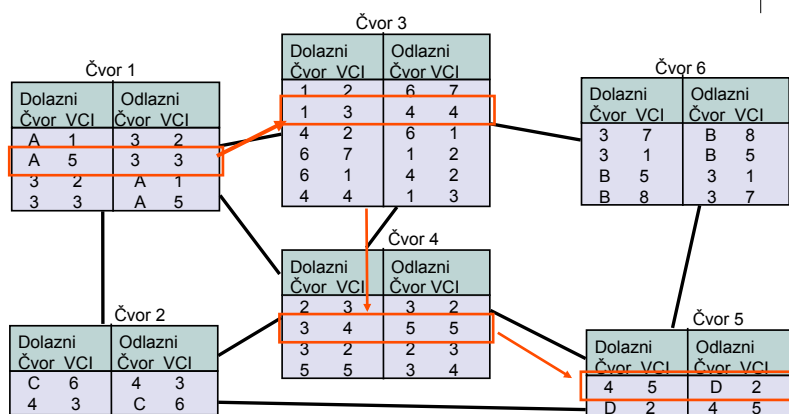
- Statičko rutiranje
 - Setuje se ručno, nema promjene, potrebna administracija
 - Kada se saobraćaj može predvidjeti i kada je mreža jednostavna
 - Koristi se za izmjene dinamičkih ruta
 - Koristi se za definisanje default rutera
- Dinamičko rutiranje
 - Adaptira se na promjene u mreži
 - Automatizovano
 - Izračunava rute na bazi ažurne informacije o stanju mreže

Rutiranje u mrežama sa virtuelnim kolima



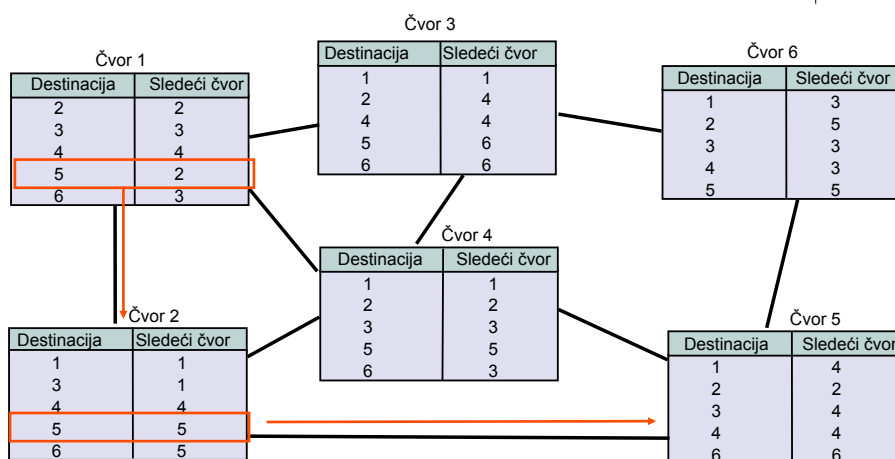
- Rute se određuju prilikom uspostavljanja
- Tabele prosleđivanja u komutatorima

Tabele rutiranja u mrežama sa virtuelnim kolima

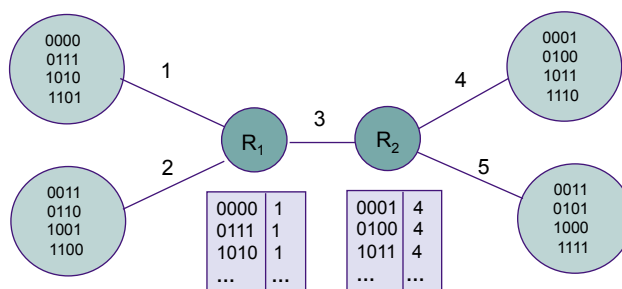


- Primjer: VCI od A do D
 - Od A & VCI 5 → 3 & VCI 3 → 4 & VCI 4
 - → 5 & VCI 5 → D & VCI 2

Tabele rutiranja u mrežama sa komutacijom paketa

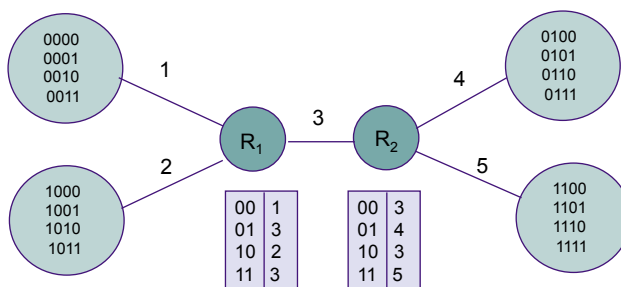


Nehijerarhijske adrese i rutiranje



- Nema povezanosti adresa i “udaljenosti”
- Tabele rutiranja zahtijevaju po 16 zapisa

Hijerarhijsko adresiranje i rutiranje



- Prefiks definiše mrežu kojoj host pripada
- Tabela rutiranja zahtijeva po četiri zapisa

“Flat” ili Hijerarhijsko rutiranje



- “Flat” rutiranje
 - Svi ruteri su peer-ovi
 - Nije skalabilno
- Hijerarhijsko rutiranje
 - Dijeljenje mreže: domeni, autonomni sistemi, oblasti...
 - Neki ruteri su djelovi okosnice
 - Neki ruteri komuniciraju samo u jednoj oblasti
 - Efikasno jer se podešava uobičajenim oblicima saobraćajnih tokova
 - Skalabilno

Specijalizovano rutiranje



- “Flooding”
 - Korisno na početku uspostavljanja mreže
 - Pogodno za propagiranje informacije do svih čvorova
- “Deflection Routing”
 - Fiksno
 - Nema sinteze ruta

“Flooding”

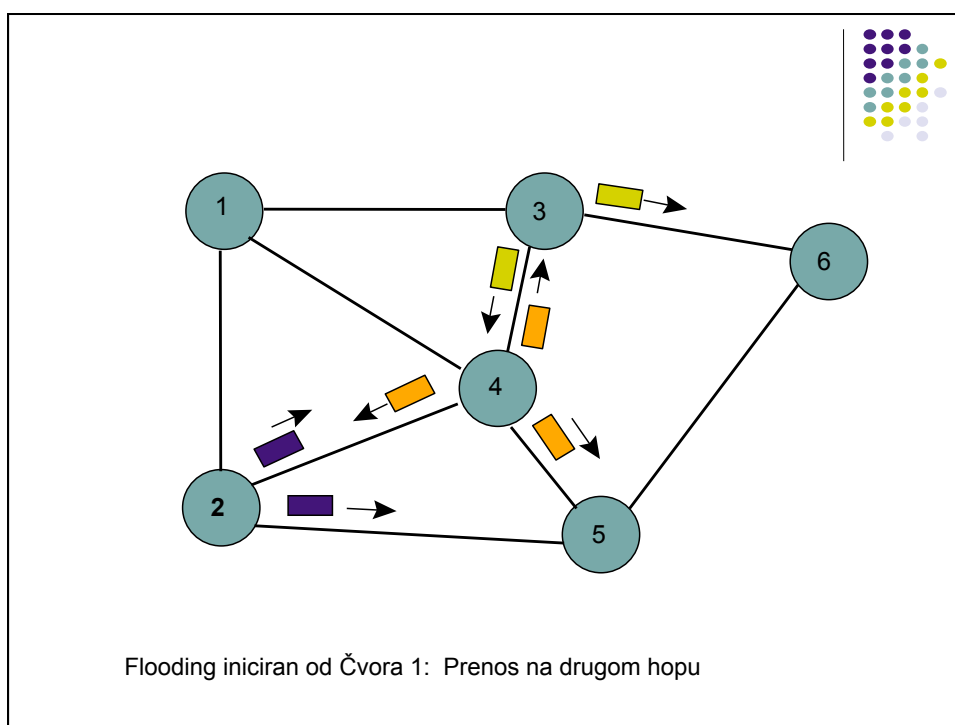
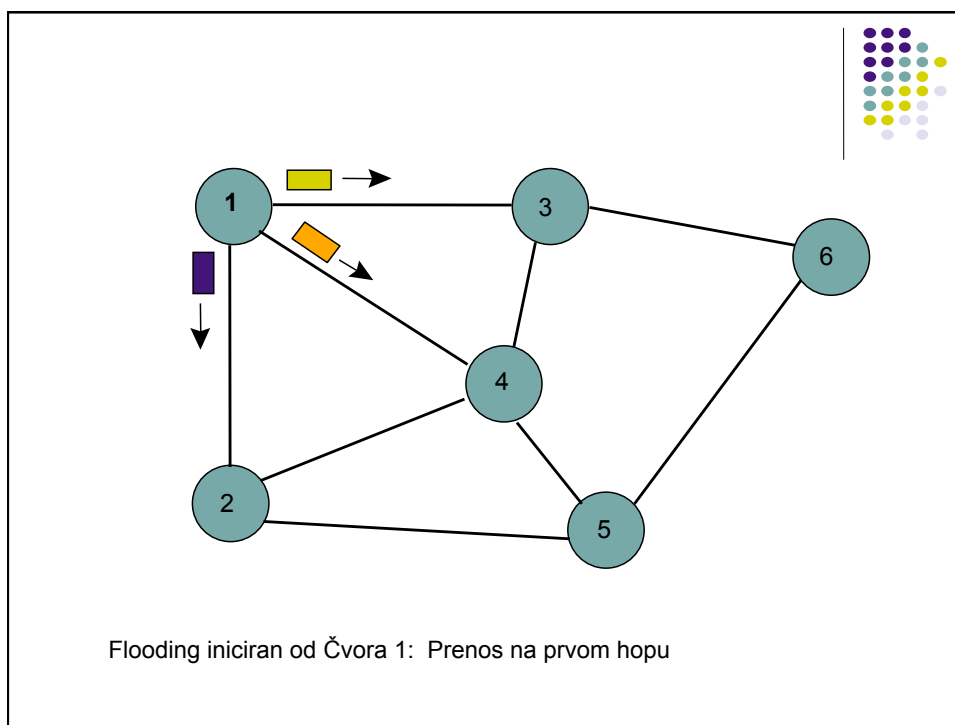


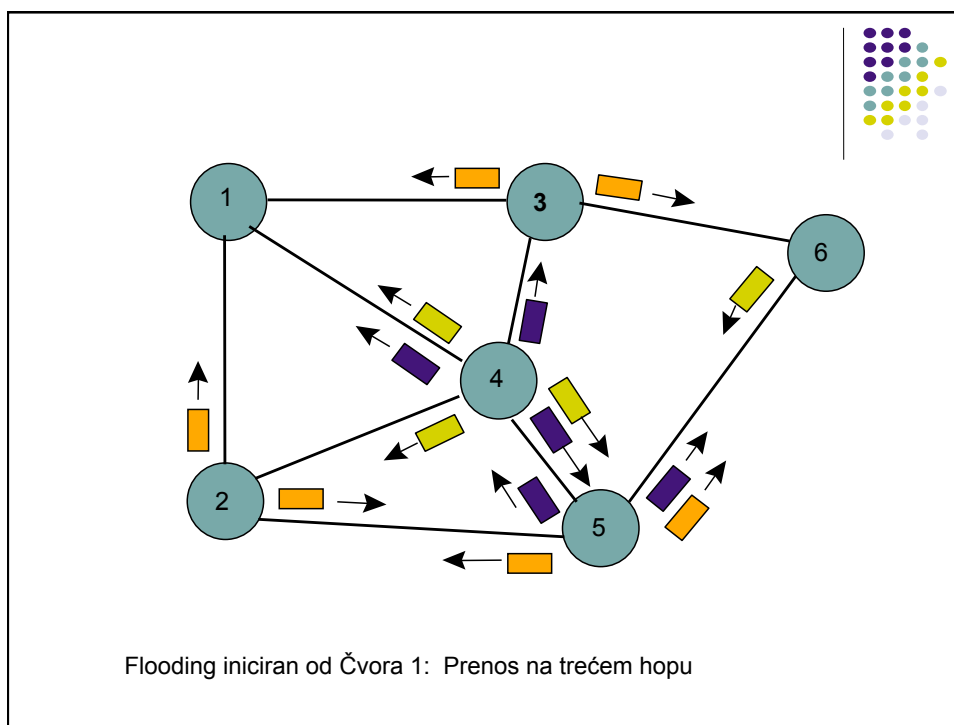
Šalje paket svim čvorovima u mreži

- Nema tabele rutiranja
- Kada treba odraditi broadcast neke informacije npr. stanje linka

Pristup

- Slanje paketa na sve portove osim na onaj sa kog je stigao
- Eksplozivni rast broja prosleđivanja paketa





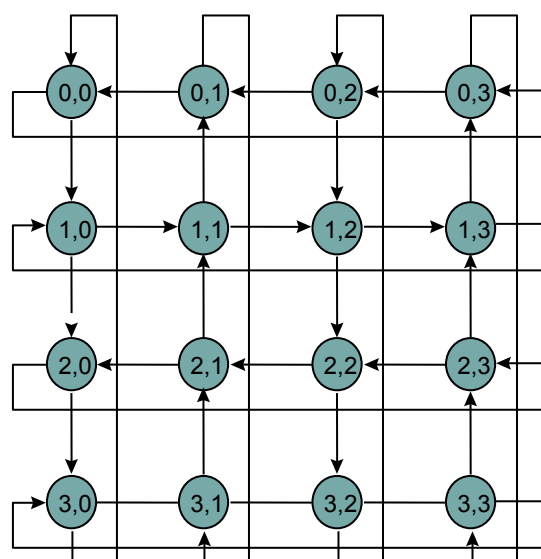
Ograničeni Flooding

- Time-to-Live polje u svakom paketu se limitira na najmanji broj hopova koji odgovara određenom diametru
- Svaki komutator dodaje svoj ID prije flooding-a; odbacuje ponavljanja
- Izvor postavlja broj u sekvenci u svakom paketu; komutatori evidentiraju izvorišne adrese i broj u sekvenci i odbacuju ponavljanja

“Deflection” rutiranje



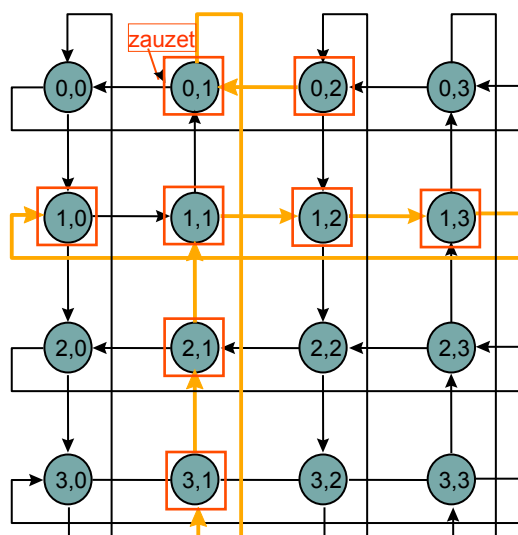
- Mrežni čvorovi prosleđuju pakete na “poželjni” port
- Ako je “poželjni” port zauzet, skreće paket na drugi port
- Dobro za regularne topologije
 - Ulice u Menhetnu
 - Pravougaona matrica čvorova
 - Čvorovi (i,j)
 - Vrste su jednosmjerne ulice
 - Kolone su jednosmjerne avenije
- Moguć rad bez bafera
 - Mreže saoptičkom komutacijom
 - Optičko baferovanje nije skalabilno



Tunel od
poslednje do
prve kolone i
obratno



Primjer: Čvor $(0,2) \rightarrow (1,0)$



Najkraći putevi i rutiranje

- Mnogo mogućih putanja povezuju dati izvor i bilo koju destinaciju
- Rutiranje uključuje izbor putanje koja odgovara potrebnom prenosu
- Tipično je moguće dodijeliti težinski faktor ili rastojanje linku koji povezuje dva čvora
- Rutiranje se može posmatrati kao problem najkraćeg puta

Metrike rutiranja



Mjere prihvatljivosti jedne putanje

- Težinski faktor putanje= suma težinskih faktora linkova
- Moguće metrike
 - Brojanje hopova: grubo mjerenje iskorišćenih resursa
 - Pouzdanost: dostupnost linka; BER
 - Kašnjenje: suma kašnjenja duž putanje; kompleksno & dinamično
 - Opseg: “dostupan kapacitet” na putanji
 - Opterećenje: Iskorišćenje linka i rutera na putanji
 - Cijena: €€€€

Najkraći put: pristupi



Distance Vector

- Susjedi razmjenjuju listu udaljenosti do destinacija
- Određuje se najbolji next-hop za svaku destinaciju
Best next-hop deter
- Ford-Fulkerson (distribuirani) shortest path algoritam

Link State

- Informacija o stanju linka se prenosi svim ruterima
- Ruteri imaju informaciju o kompletnoj topologij
- Izračunava se najkraći put (i tako naredni hop)
- Dijkstra (centralizovani) shortest path algoritam