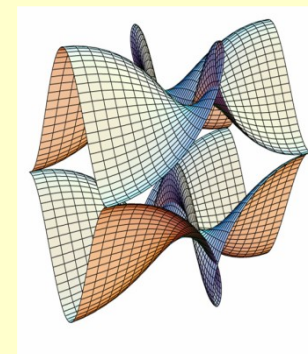




Sveučilište u Zagrebu  
PMF – Matematički odsjek

MREŽE RAČUNALA  
Predavanja 2022/2023



# Poglavlje 20: Usmjeravanje u Internetu

Sastavili: Luka Grubišić i Robert Manger  
15.12.2014

# Uvod

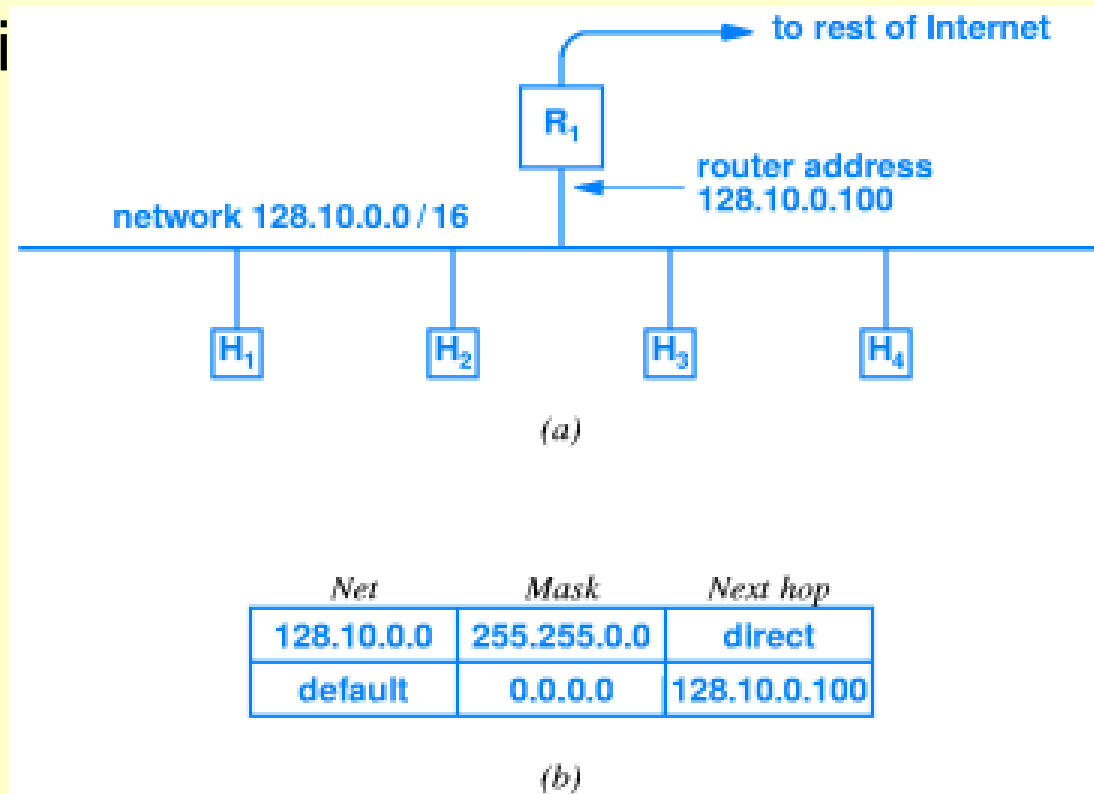
- U prethodnim poglavljima objasnili smo da se datagrami šalju kroz Internet korištenjem usmjernika i njihovih tablica usmjeravanja.
- Postavlja se pitanje: kako se same tablice usmjeravanja stvaraju i obnavljaju?
- Odgovor na to pitanje daju **protokoli usmjeravanja**. Oni omogućuju da se informacije važne za usmjeravanje šire kroz mrežu.
- U ovom poglavlju opisat ćemo način na koji rade osnovni protokoli usmjeravanja.

# Statičko i dinamičko usmjeravanje

- Usmjeravanje u IP protokolu se dijeli u dvije grube kategorije: **statičko** i **dinamičko** usmjeravanje.
- **Statičke** tablice usmjeravanja se učitavaju kod pokretanja operacijskog sustava i ne mijenjaju se ukoliko se ne dogodi greška.
- **Algoritam dinamičkog usmjeravanja** počinje u trenutku pokretanja operacijskog sustava na isti način kao i algoritam statičkog usmjeravanja.
- Nakon toga ***route propagation software*** prilagođava lokalne tablice usmjeravanja u ovisnosti o informacijama koje dolaze s drugih čvorova.

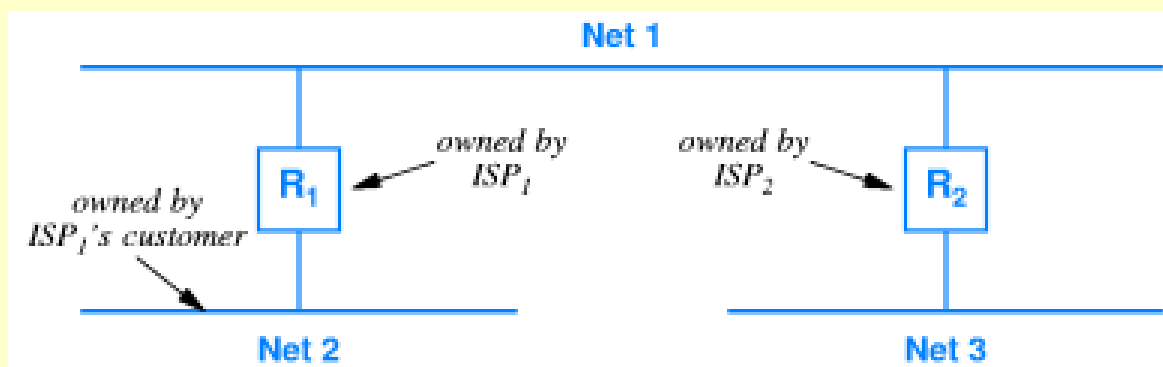
# Statičko usmjeravanje

- Nije potreban dodatni softver za usmjeravanje.
- Ne troši CPU vrijeme i ne opterećuje mrežu.
- Relativno nefleksibilno prema promjenama topologije mreže.
- Većina PC-a u Internetu koriste statičke tablice usmjeravanja.



# Dinamičko usmjeravanje

- Algoritam usmjeravanja koji koristi statičke tablice usmjeravanja i *default route* uglavnom nije dovoljan za korištenje na većini usmjernika.
- Kada se povežu mreže koje pripadaju dvama ISP-ovima nužno je izmjenjivanje informacije o usmjeravanju između dvije mreže.
- Inače usmjernik u mreži 2 ne može imati informacije o putovima u mreži 3.



# Dinamičko usmjeravanje (2)

- Na svakom usmjerniku postoji softver koji skuplja informacije o putovima prema čvorovima u drugim mrežama.
- Usmjernici informiraju “susjedne” usmjernike o putovima prema čvorovima koje oni mogu doseći.
- Na osnovi ovih informacija ažuriraju se lokalne tablice usmjeravanja.
- Postupak je sličan dinamičkom usmjeravanju za WAN-ove – vidi Poglavlje 10.
- Je li moguće proširiti ovu paradigmu na cijeli Internet?

# Usmjeravanje u Internetu

- Kada bi svaki usmjernik imao u lokalnoj tablici usmjeravanja put do svakog čvora u Internetu, protok informacija za održavanje takvih tablica usmjeravanja zagušio bi fizičku mrežu.
- Volumen prometa *routing* poruka se kontrolira uvođenjem **hijerarhije protokola usmjeravanja**. Usmjernici i mreže u Internetu su podjeljeni u grupe.
- Svi usmjernici u jednoj grupi izmjenjuju tablice usmjeravanja.
- Neki izabrani usmjernici iz dane grupe izmjenjuju *routing* informacije s usmjernikom iz druge grupe.

# Koncept autonomnog sustava (AS)

- Autonomni sustav je termin koji se koristi za opisivanje grupe usmjernika koji se nalaze pod kontrolom jednog “administratora” i koji izmjenjuju informacije o usmjeravanju.
- Informacije o rutama se **optimiziraju** prije nego se **prosljede drugim autonomnim grupama**.
- Semantika protokola je dovoljno fleksibilna da podnosi veliku lepezu različitih konfiguracija.
- Jedna organizacija može imati jedan ili više autonomnih sustava.
- Izbor veličine autonomnog sustava donosi se na osnovi ekonomskih, tehnoloških ili administrativnih razloga.



# Kategorije protokola za usmjeravanje u Internetu

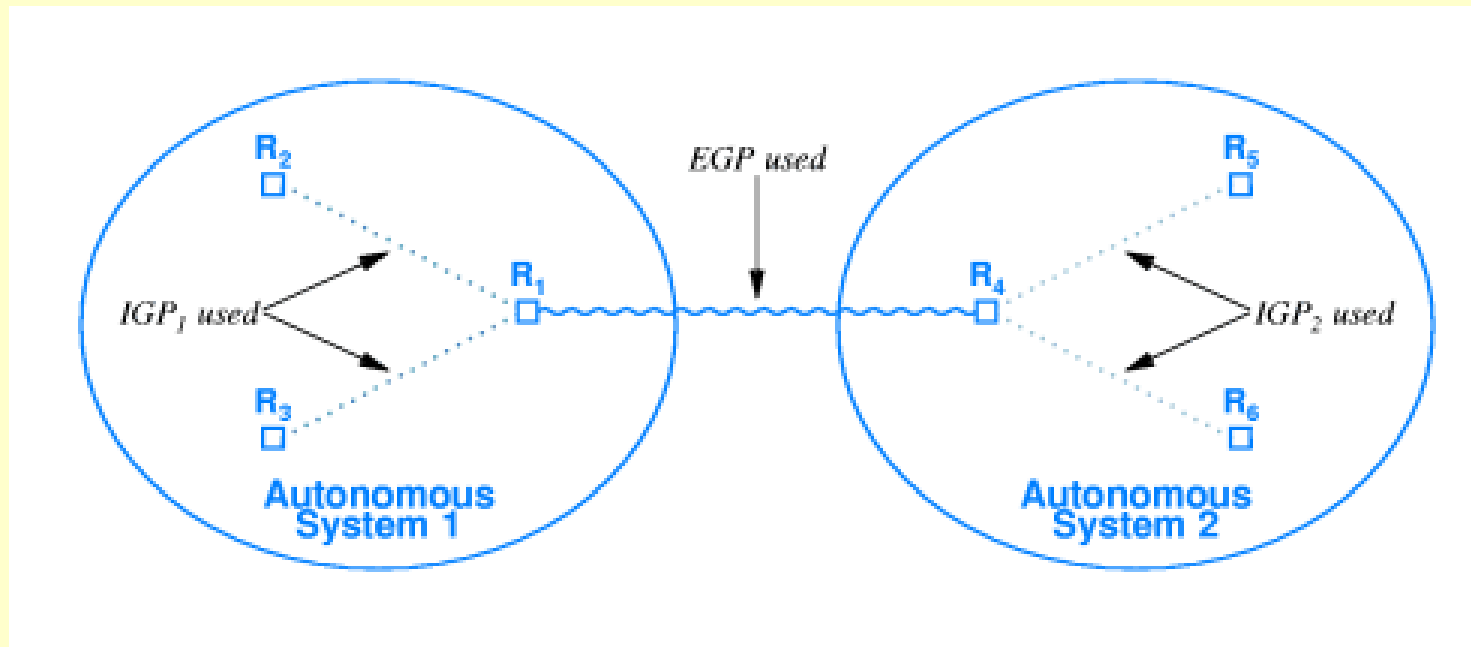
- Svi protokoli za usmjeravanje u Internetu se mogu podijeliti u dvije kategorije.
  1. Interior Gateway Protocols (IGP). Koriste ih usmjernici unutar jednog autonomnog sustava. Postoji nekoliko IGP-a i svaki autonomni sustav može izabrati svoj (jedan) IGP.
  2. Exterior Gateway Protocol (EGP). Usmjernik u jednom autonomnom sustavu koristi EGP za razmjenu informacija o rutama s usmjernikom u drugom autonomnom sustavu. EGP-i su fleksibilniji i uzrokuju manje opterećenje fizičke mreže.

# Kategorije protokola za usmjeravanje u Internetu (2)

- EGP protokoli omogućuju administratorima implementiranje *policy constraints*, tj. kontrolu nad informacijama koje se šalju u drugi autonomni sustav.
- IGP koristi *routing* metriku za nalaženje optimalnog puta.
- EGP nalazi put do svake destinacije. Ne može naći optimalni put jer ne može uspoređivati *routing* metrike u različitim IGP-ima.

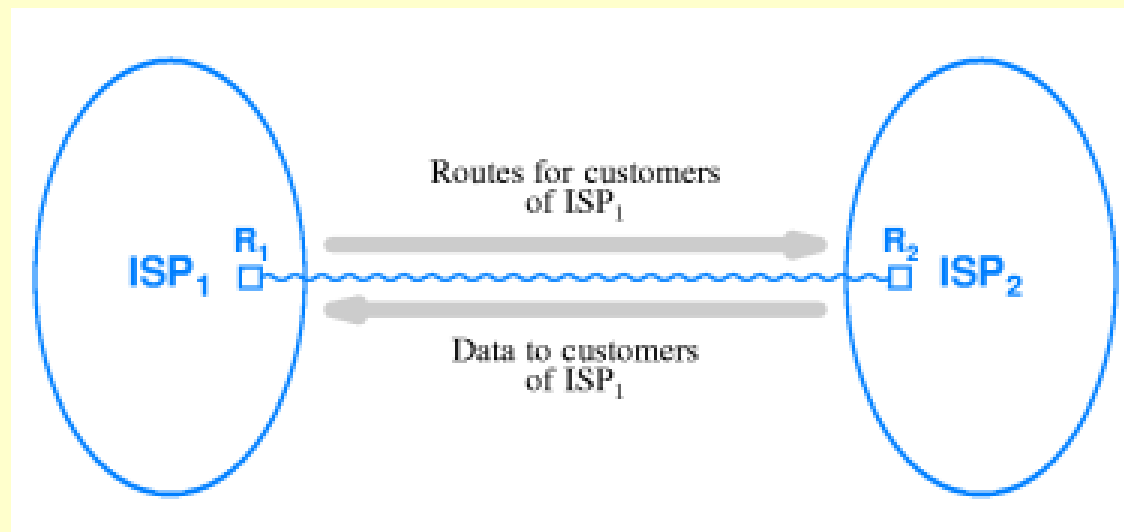
# Kategorije protokola za usmjeravanje u Internetu (3)

- Arhitektura usmjeravanja u Internetu, te uloga IGP odnosno EGP protokola vidljiva je na sljedećoj slici.



# Putevi i tok podataka

- Poznata uzrečica mrežnih administratora glasi: “Kao odgovor na objavu puta stižu podaci”.
- Promet podataka prema zadanom odredištu teče točno u suprotnom smjeru od poruka za usmjeravanje.



# Border Gateway Protocol - BGP

- BGP-4 je najpopularniji Exterior-Gateway-Protokol koji se koristi u Internetu.
- ISP-ovi koriste BGP-4 za izmjenu informacije o putovima s drugim ISP-ovima.
- Pouzdano usmjeravanje datagrama moguće je samo ako su globalne informacije o putovima konzistentne.
- U tu svrhu, organizacija RIPE (Resaux IP Europeens) održava registar informacija u odredištima u Internetu i o ISP-ovima koji posjeduju ta odredišta.

# Border Gateway Protocol (2)

1. Usmjeravanje među AS. Put kroz Internet opisuje se na višoj razini, kao niz autonomnih sustava kroz koje treba proći.
2. Policy-constraints. BGP dopušta i pošiljatelju i primatelju ograničavanje skupa putova koji se prosljeđuju.
3. “Tranzitno” usmjeravanje. BGP klasificira svaki AS kao **tranzitni sustav** ukoliko taj AS dopušta prosljeđivanje podataka susjednim AS-ovima ili kao **sustav umetak** (*stub*) ukoliko ne dopušta.
4. Pouzdan transport. BGP koristi TCP protokol za komunikaciju usmjernika u jednom AS s usmjernikom u drugom AS.

# Routing Information Protocol - RIP

- Jedan od dva najpopularnija Interior-Gateway-Protokola.
  - Implementiran na većini UNIX sistema kroz program *routed*.
1. Usmjeravanje unutar AS-a. Prosljeđuje informacije između usmjernika unutar istog AS.
  2. Metrika Hop-Count (origin-one-counting). Duljina puta mjeri se kao broj skokova između različitih mreža unutar istog AS, počevši s 1.
  3. Nepouzdana transport. Koristi UDP protokol za sve poruke.

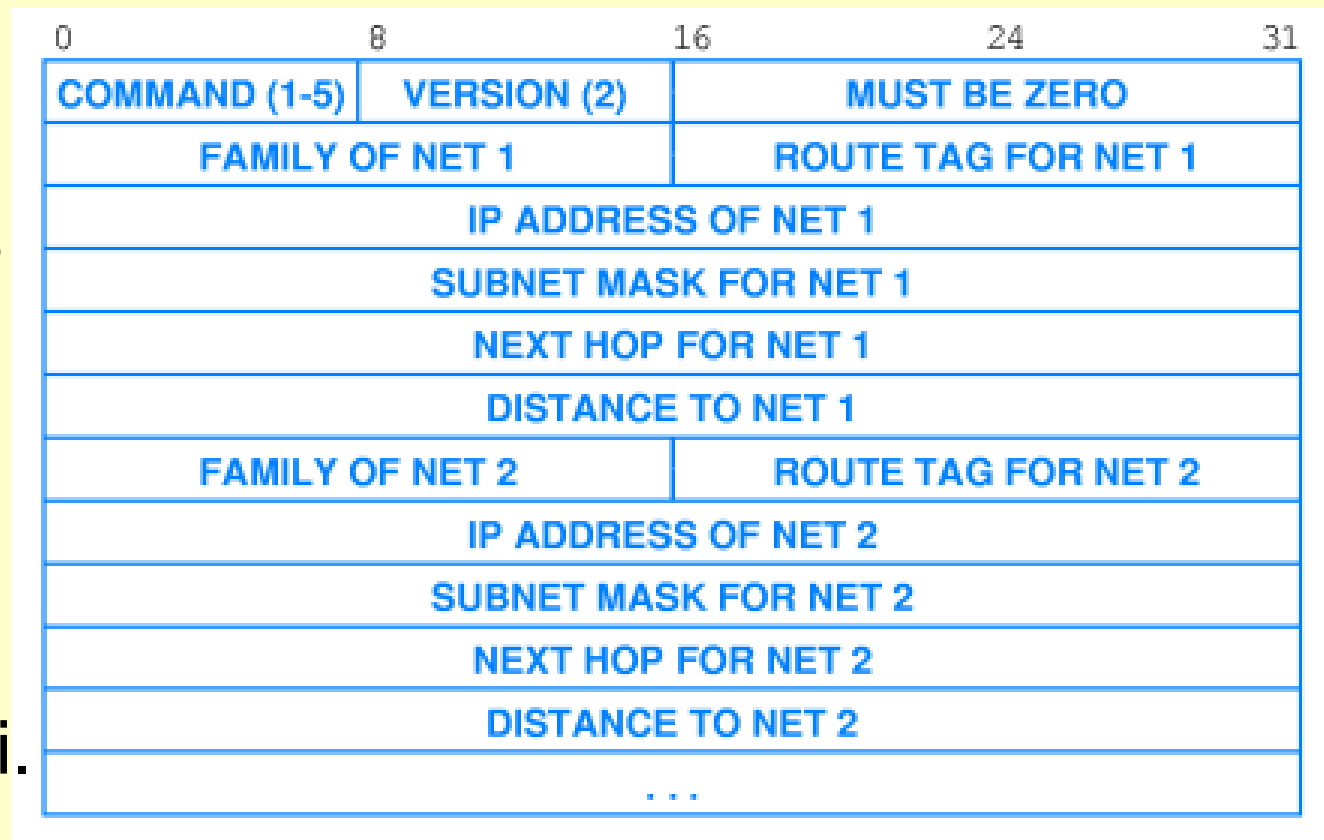
# Routing Information Protocol (2)

4. Koristi broadcast i multicast. Projektiran za korištenje s Ethernet tehnologijom.
5. Podrška za korištenje standardnog puta. (default route propagation). Dovoljno je konfigurirati jedan usmjernik da ima *default* put prema ISP-u. RIP tada prosljeđuje informaciju o *default* putu svim ostalim usmjernicima u AS-u.
6. Koristi algoritam zasnovan na vektorima udaljenosti (Poglavlje 10). Uz informaciju o svim čvorovima koji se mogu dosegnuti šalje se i informacija o duljini puta.
7. Pasivna verzija za host-ove. Samo usmjernik može slati informacije o putovima. Host-ovi mogu pasivno ažurirati svoje tablice putova.



# Format RIP paketa

- Jedna RIP poruka sastoji se od liste odredišta i pripadnih udaljenosti.



- Kao podrška za CIDR, uz IP adresu svakog odredišta navodi se i pripadna adresna maska.

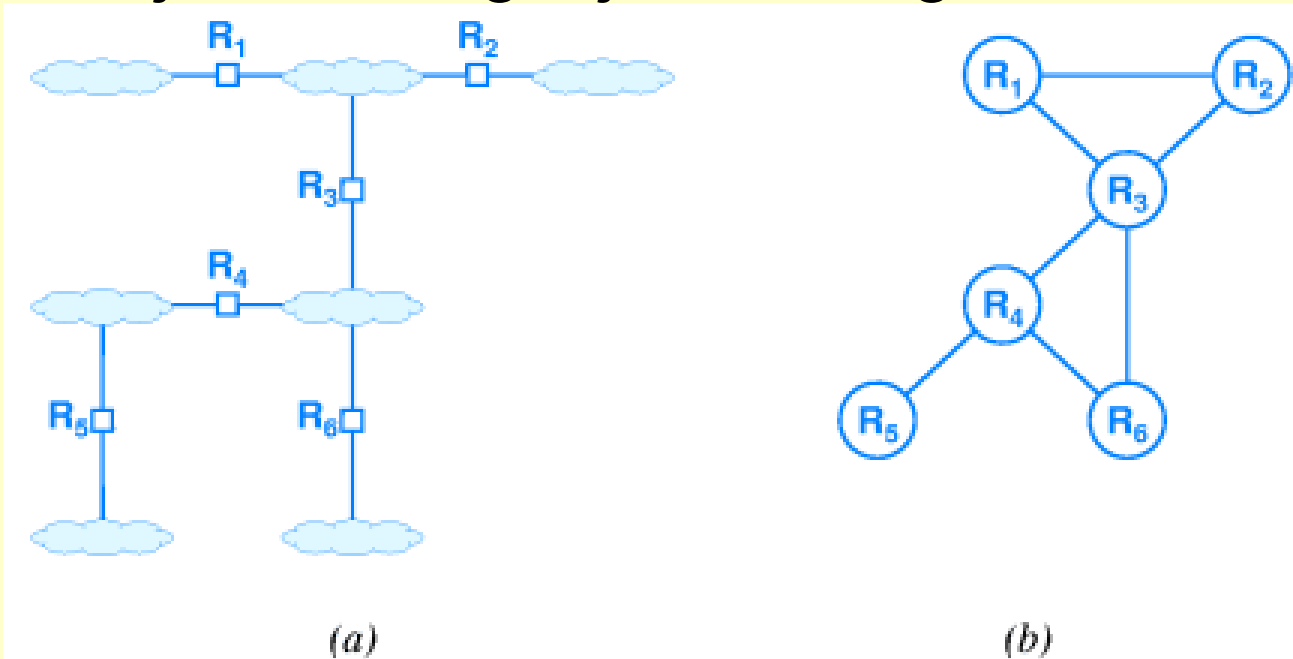
# Open Shortest Path First Protocol

## - OSPF

- Distance-Vector-Protocol unutar RIP zahtijeva glomazne poruke i nije dovoljno skalabilan.
- Zato se kasnije pojavio i drugi IGP protokol: OSPF koji je stabilan u velikim i u malim AS.
- OSPF koristi **link-status** algoritam za ažuriranje tablica usmjeravanja.
  - Svaki usmjernik unutar AS periodički provjerava veze sa susjednim usmjernicima i zatim šalje na *broadcast* svoj *link-status* (stanje veza prema drugima).
  - Svaki usmjernik na osnovu takvih broadcasta samostalno rekonstruira graf cijelog AS te koristi **Dijkstrin algoritam** (najkraći putovi među čvorovima) za računanje svoje nove tablice usmjeravanja.

# OSPF protokol (2)

- Za *Link-state* usmjeravanje AS se apstrahira kao graf čiji čvorovi su usmjernici, a bridovi veze između usmjernika (tj. mreže).
- OSPF dopušta definiranje hijerarhije unutar AS-a. Zbog toga se OSPF koncept može bolje prenijeti na konfiguraciju u kojoj se nalazi veliki broj usmjernika nego ijedan drugi IGP.



# Usmjeravanje multicast poruka

- Do sada smo opisivali **unicast** usmjeravanje.
- Osnovna značajka unicast usmjeravanja statičnost adresa čvorova.
- **IP multicast grupe** se stvaraju dinamički. Dakle, aplikacija se može pridružiti grupi u proizvoljnom trenutku i napustiti je u svakom trenutku.
- IP multicast grupe su anonimne. Takva grupa određuje samo skup primatelja.
- Svaka aplikacija može poslati datagram IP multicast grupi.

# Usmjeravanje multicast poruka (2)

- Multicast se koristi za *teleconferencing* (*male grupe*), *webcasting* (*tipično velike grupe*), ...
- Problem usmjeravanja multicast poruka prilično je težak tako da ga za sada predloženi protokoli (Distance Vector Multicast Routing Protocol, M-OSFP,...) ne rješavaju na zadovoljavajući način.
- Internet Group Management Protocol (IGMP) predstavlja djelomično rješenje i koristi se za komunikaciju između host-a i usmjernika.
- Prema IGMP host je član grupe, a ne aplikacija. Host obavještava najbližeg usmjernika da on pristupa određenoj grupi ili je napušta.
- Host pristupa određenoj grupi onda kad neka njegova aplikacija pristupi toj grupi. Slično, host napušta grupu kad zadnja aplikacija napusti grupu.

# Sažetak

- Hostovi i usmjernici koriste IP tablice usmjeravanja koje je potrebno obnavljati.
- Hostovi često koriste statičko usmjeravanje, dok usmjernici uglavnom koriste dinamičko usmjeravanje.
- Internet se dijeli u skup AS-ova. Unutar AS-a se koristi IGP protokol, a između AS-a EGP.
- Unicast usmjeravanje je dobro rješeno: RIP i OSFP kao IGP, BGP kao EGP.
- Unatoč većem broju predloženih protokola za multicast usmjeravanje, za sada na Internetu ne postoji opće prihvaćena tehnologija za tu svrhu.