

Uvod u RAČUNARSKE MREŽE

Lekcija 6: Internet sloj – IP adresiranje (II)

leto 2019/2020

Prof. dr Branimir M. Trenkić

Fakultet za kompjuterske nauke – FKN
Megatrend Univerzitet

Besklasno IP adresiranje

- Upotreba klasnog adresiranja ***stvorila je mnoge probleme***
- Do sredine 90-tih, adrese iz klasa A, B i C su bile ***praktično iscrpljene***
- ***Najmanji broj adresa*** dodeljivan organizacijama bio je **256** (klasa C), a ***najveći 16.777.216*** (klasa A)
- Za organizacije čije su ***potrebe*** bile ***između*** ovih granica, koristile su se adrese ***iz klase B*** ili ***više blokova iz klase B***

Besklasno IP adresiranje

- Broj dodeljenih adresa mogao je biti samo **umnožak od 256**
- Veliki broj adresa dodeljenih tipičnoj organizaciji ostajao je **neiskorišćen**
- ***Zbog prirode klasnog adresiranja*** nisu mogle biti ***“ustupljene”*** nekoj drugoj organizaciji
- Sa širenjem Interneta - adrese su postale potrebne i malim firmama (čije potrebe ***ne prelaze više od 16 adresa***)

Besklasno IP adresiranje

- Tokom 90-tih godina - pojavili su se provajderi Internet usluga (*ISP - Internet Service Provider*)
- Organizacija koja **svojim korisnicima:**
 - **obezbeđuje pristup** Internetu i
 - **nudi servise** kao što je elektronska pošta
 - **Korisnici usluga:** pojedinci, manje firme i organizacije srednje veličine
- ISP poseduje **veći opseg IP adresa**, koje deli na grupe adresa (od po 2, 4, 16 itd) i dodeljuje ih korisnicima shodno njihovim potrebama

Besklasno IP adresiranje

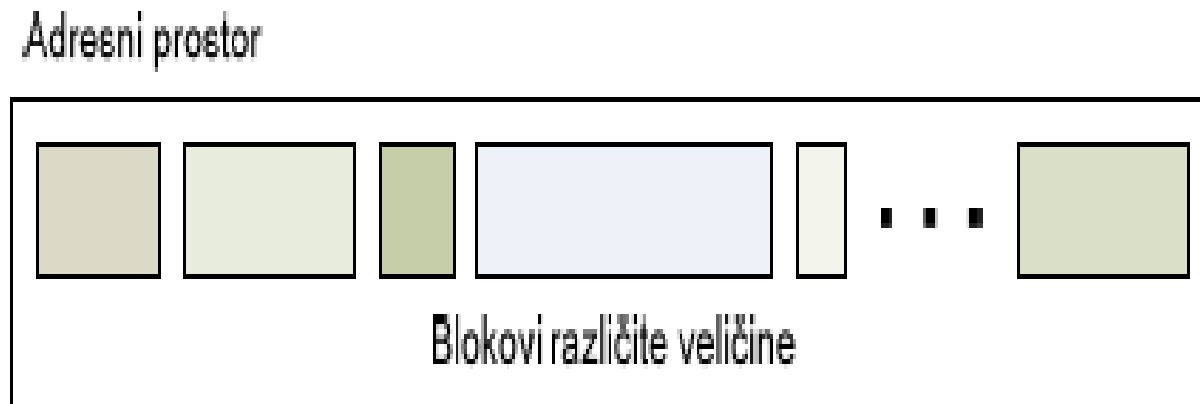
- Internet je **postepeno evoluirao**
 - Od globalne **mreže velikih mreža** -> globalnu mrežu **ogromnog broja razuđenih mreža** (različitih veličina)
 1. U cilju **pospešivanja ovakvog trenda** razvoja i
 2. Prevazilaženja nedostataka **klasnog** adresiranja
- => **1996. godine** uvedeno je **besklasno adresiranje**
- U međuvremenu gotovo u potpunosti potisnulo klasično, klasno adresiranje

Besklasno IP adresiranje

- Kod besklasnog adresiranja **opsezi adresa** koji se **dodeljuju organizacijama** su **blokovi promenljive dužine** koji ne pripadaju klasama
- Blokovi mogu imati **2** adrese, **4** adresa, **128** adresa itd.
- Kod besklasnog adresiranja, **adresni prostor** (2^{32} adresa) je **podeljen na blokove različitih veličina**
- Organizaciji se **dodeljuje** blok veličine koja **najbolje odgovara** njenim potrebama

Besklasno IP adresiranje

- Blokovi promenljive dužine:



Besklasno IP adresiranje

- Ograničenja

- Besklasno adresiranje ***rešava mnoge probleme***
- Da bi šema mogla biti ***upotrebljiva*** (mogućnost lakog rutiranja datagrama, implementacija u ruterima i sl.)
- ***Neophodno*** je prilikom definisanja blokova ***poštovati izvesna pravila***
- ***Pravila*** se odnose na (I) ***veličinu bloka*** i (II) ***prvu adresu u bloku***

Besklasno IP adresiranje

- Ograničenja – Broj adresa u bloku
 - Veličina bloka mora biti stepen dvojke (2, 4, 8, 16, .)
 - Na primer:
 - *Rezidencijalnom korisniku* se može dodeliti ***blok od 2***
 - Nekoj *manjoj firmi* ***blok od 16***
 - Nekoj *velikoj firmi* ***blok od 1024*** (2^{10}) adresa

Besklasno IP adresiranje*

- Ograničenja – Prva adresa u bloku
 - Prva adresa u bloku mora biti deljiva sa brojem adresa u bloku - bez ostatka
 - Na primer:
 - Ako blok *sadrži 4 adrese* - *prva adresa* mora biti *deljiva sa 4*
 - Ako blok *sadrži 16 adresa* - *prva adresa* mora biti *deljiva sa 16*
 -

Besklasno IP adresiranje*

- Ograničenja – Prva adresa u bloku
 - Prva adresa u bloku mora biti deljiva sa brojem adresa u bloku - bez ostatka
 - **Praktična pravila provere:**
 1. Ako blok ima **256 (2^8) ili manje adresa**, dovoljno je **proveriti samo krajnji desni bajt**
 2. Ako blok ima **65536 (2^{16}) ili manje adresa** - dovoljno je proveriti **dva krajnja desna bajta**

Besklasno IP adresiranje

- Maska

- **Kod klasnog adresiranja**

- Maska je **podrazumevana**
- Maska za blok iz klase A je **255.0.0.0 (/8)**
- Maska za blok iz klase B je **255.255.0.0 (/16)**
- Maska za blok iz klase C **255.255.255.0 (/24)**

- **Za datu IP adresu**

1. Možemo **odrediti** njenu **klasu**
2. Primenom odgovarajuće maske možemo **odrediti** i početnu **adresu bloka** (tj. **mrežnu adresu**)

Besklasno IP adresiranje

- Maska
- **Kod besklasnog adresiranja**
 - Na osnovu date IP adrese nismo u mogućnosti da odredimo blok kojem adresa pripada
 - **Neophodo** je poznavati i masku
 - **Adresa** i **maska** uvek idu u paru
 - Adresa se obično zapisuje **u CIDR notaciji**, kao:

x.y.z.t/n

Besklasno IP adresiranje

- Maska

$x.y.z.t/n$

- Broj **n** nakon kose crte, ukazuje na **broj bita koji su isti u svim adresama iz bloka**
- Ako je **$n = 20$** , tada su dvadest početnih (levih) bita isti u svim adresama odgovarajućeg bloka, dok se ***preostalih 12 razlikuju***
- Na osnovu ove informacije lako možemo naći
 - ***broj adresa*** u bloku i
 - ***poslednju adresu*** bloka

Besklasno IP adresiranje

- Prefiks i dužina prefiksa
- Pojmovi prefiks i dužina prefiksa se često koriste u kontekstu besklasnog adresiranja
- Prefiks je drugo ime za ***zajednički deo svih adresa iz bloka*** (slično kao *netid*)
- Dužina prefiksa je broj bita u zajedničkom delu (tj. *n*)

Besklasno IP adresiranje

- Sufiks i dužina sufiksa
- Sufiks je ***promenljivi deo u adresama*** nekog bloka (slično kao *hostid*)
- Dužina sufiksa je broj bita u promenljivom delu adrese (tj. **$32 - n$**)

Besklasno IP adresiranje

- **Određivanje bloka**

- Na osnovu besklasne adrese (adresa oblika ***x.y.z.t/n***) lako možemo odrediti:

1.prvu adresu bloka i

2.veličinu bloka

Besklasno IP adresiranje

- Određivanje prve adrese
- Prva adresa bloka se koristi kao mrežna adresa
 - *Ne može se dodeliti hostu* (slično kao i prva adresa bloka kod klasnog adresiranja)
- Prva adresa bloka kojem data besklasna adresa pripada - određuje se primenom **AND operacije na adresu i masku**
 - **Prvih n bita** se zadrže kakvi jesu, a preostalih 32-n se postave na 0

Besklasno IP adresiranje*

- Određivanje broja adresa u bloku
- ***Veličina (ukupan broj adresa u bloku)*** iznosi 2^{32-n}

Besklasno IP adresiranje*

- Određivanje poslednje adrese u bloku
- **Poslednja adresa** u bloku je specijalna adresa, koja se koristi kao **direktna opšta adresa**
- Poslednju adresu u bloku možemo odrediti na dva načina:
 1. Poslednja adresa bloka jednaka je **zbiru prve adrese bloka i veličine bloka umanjene za 1**
 2. Poslednja adresa bloka jednaka je **zbiru prve adrese bloka i jediničnog komplementa maske**

Beklasno IP adresiranje

- Podmrežavanje
- Beklasno adresiranje podržava **podmrežavanje**
- **Organizacija** kojoj je dodeljen blok adresa, **može kreirati podmreže** shodno svojim potrebama
- Administrator mreže, za svaku podmrežu, **određuje odgovarajuću masku**
- Maska podmreže imaće **veću dužinu prefiksa** (n) od maske koja važi na nivou dodeljenog bloka

Besklasno IP adresiranje

- Određivanje maske podmreže
- **Prefiks podmreže određen je *brojem uvedenih podmreža***
- Ako je ***broj podmreža*** s , tada je **broj dodatnih** 1-ca u dužini prefiksa jednak $\log_2 s$
- Uočimo da ako želimo da **sve podmreže budu iste veličine** (tj. da imaju isti broj adresa), **broj podmreža mora biti stepen dvojke**

Beklasno IP adresiranje

- Određivanje adresa u podmreži
- Ako je *maska podmreže poznata*, lako je odrediti *opseg adresa u svakoj podmreži*

Besklasno IP adresiranje*

- Podmreže promenljive veličine
- ***Podmrežavanje nije ograničeno*** samo na ***podmreže iste veličine***, odnosno podmreže sa istom maskom (n)
- Mrežu je moguće podeliti i na podmreže različite veličine, koje će koristiti ***maske promenljive dužine prefiksa***
- To omogućava da organizacije raspodeljuju svoje adrese ***shodno potrebama*** podmreža
- Postupak kreiranja podmreža je identičan kao u slučaju podmreža istih veličina

Adresiranje

- Dodela adresa
- Dodela IP adresa na globalnom nivou je pod kontrolom ***međunarodne neprofitne organizacije*** koja se zove **ICANN** (*Internet Corporation for Assigned Names and Numbers*)

Adresiranje

- Dodela adresa

<https://new.icann.org/>

“**ICANN** is a not-for-profit public-benefit corporation with participants from all over the world dedicated to keeping the Internet secure, stable and interoperable. It promotes competition and develops policy on the Internet's unique identifiers. Through its coordination role of the Internet's naming system, it does have an important impact on the expansion and evolution of the Internet.”

Adresiranje

- Dodela adresa
- ICANN, po pravilu, se ***ne bavi dodelom adresa pojedinačnim organizacijama*** - već ***blokove adresa dodeljuje ISP-ovim***
- Svaki ISP zatim deli svoj blok adresa na manje blokove i raspodeljuje ih svojim korisnicima
- Ovakav pristup se naziva **agregacijom adresa**, jer se ***veliki broj manjih blokova*** adresa objedinjuje **u jedan veliki blok** koji je dodeljen jednom ISP-u

Isporika, prosleđivanje i rutiranje IP datagrama

- **Isporuka**
 - **Način** kako se datagrami, **pod kontrolom mrežnog sloja**, tretiraju i prenose **unutar jedne mreže**
- **Prosleđivanje**
 - **Način** kako se datagrami **isporučuju sledećem ruteru**, kada datagram treba da prođe **kroz više mreža** da bi stigao do svog odredišta

Isporika, prosleđivanje i rutiranje IP datagrama

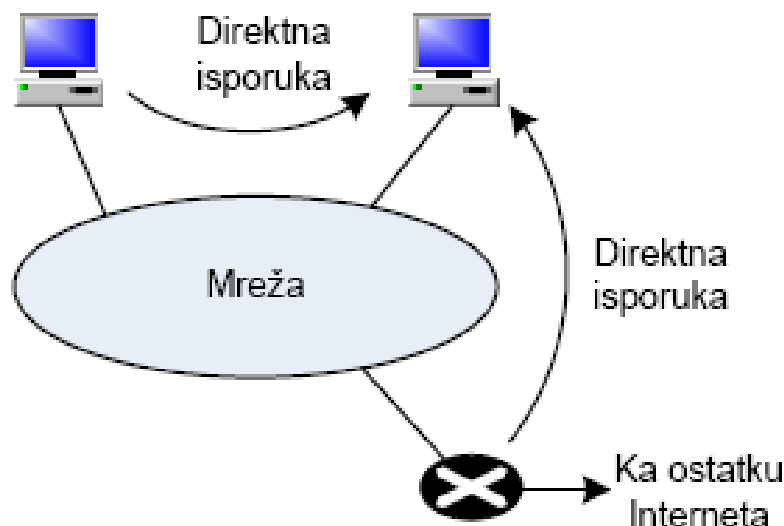
- **Rutiranje**
 - ***Način*** kako se **kreiraju tabele rutiranja** koje ruteri ***koriste kada donose odluke o prosleđivanju i isporuci*** datagrama

Isporuka

- *Isporuku datagrama* možemo podeliti na **dve** ne tako stroge **kategorije**: **direktna** i **indirektna** isporuka
- *Direktna isporuka* se odnosi na prenos datagrama **sa jednog hosta jedne fizičke mreže na drugi host** te iste mreže
- *Indirektna isporuka* se događa kada se izvor i odredište **ne nalaze u istoj mreži**, zbog čega izvor mora da **preda datagram ruteru** da bi ga ovaj dalje preneo

Isporuka

- Direktna isporuka
- Kod direktne isporuke, *konačno odredište* datagrama je *host povezan* na istu fizičku mrežu kao i *pošiljalac* (izvor) datagrama
 - Možemo uočiti *dva slučaja* direktne isporuke



Isporuka

- Direktna isporuka
- A)** Od izvornog do odredišnog hosta koji su locirani na istoj fizičkoj mreži - prenos datagrama **bez učešća rutera**, a izvorni host ***direktno isporučuje datagram*** odredišnom hostu

Isporuka

- Direktna isporuka

B) Od poslednjeg rutera do odredišnog hosta

- Ovo je slučaj koji **odgovara poslednjem koraku** u prenosu datagrama kada se izvor i odredište **ne nalaze u istoj mreži**
- **Poslednji ruter** na putanji između izvora i odredišta datagrama **priključen je direktno na istu fizičku mrežu kao i odredište**
- Poslednji ruter će preneti datagram koristeći direktnu isporuku

Isporuka

- Osnovno pitanje
- **Kako** će pošiljalac **znati** da li se odredište nalazi u mreži na koju je on direktno priključen?
- Odgovor se krije u jednostavnom testu
 - Pošiljalac analizira odredišnu IP adresu uzetu iz zaglavlja datagrama;
 - Iz nje izdvaja mrežnu adresu i upoređuje je sa adresama mreža na koje je priključen
 - Ako pronađe podudarnost, datagram može biti direktno isporučen

Isporuka

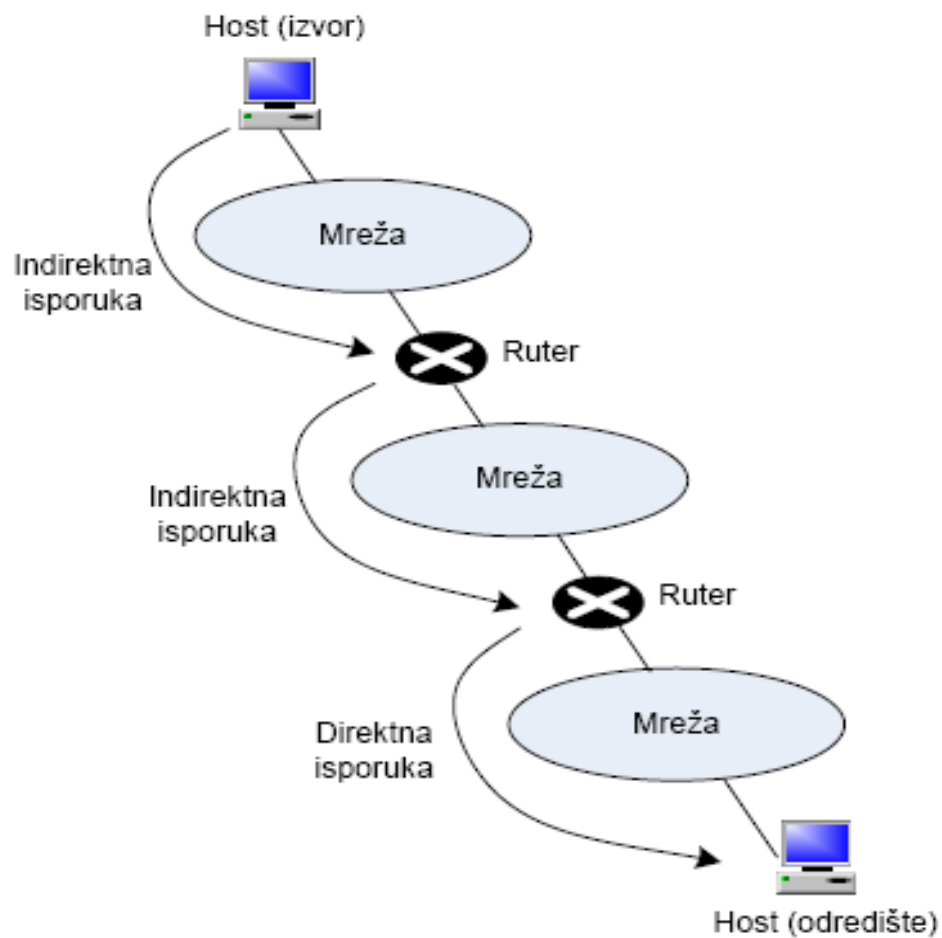
- Dalje
- Da bi datagram i **fizički bio prenet**, pošiljalac dodatno treba da **na osnovu odredišne IP** adrese **pronađe fizičku adresu** odredišnog hosta
- Za ovu namenu (preslikavanje IP adresa na fizičke adrese) **koristi se ARP protokol**
- **Sa fizičkom adresom** na raspolaganju, **IP softver** predaje datagram **sloju veze** koji ga enkapsulira u okvir i posredstvom fizičkog sloja šalje na liniju

Isporuka

- Indirektna isporuka
- Ukoliko se **odredišni host** **ne nalazi u istoj mreži** gde i **izvorni host**, datagram se isporučuje indirektno
- Datagram se prenosi od rutera do rutera sve dok ne stigne do rutera koji je povezan na istu fizičku mrežu u kojoj se nalazi konačno odredište – indirektna isporuka
- Isporuka uvek uključuje jednu direktnu isporuku i ni jednu, jednu ili više indirektnih isporuka - **poslednja isporuka je uvek direktna**

Isporuka

- Indirektna isporuka



Isporuka

- Indirektna isporuka
- Indirektni prenos je **složeniji od direktnog**
- **Pošiljalac** (izvorni host, odnosno među-ruter) mora da identifikuje IP adresu sledećeg rutera kojem treba da pošalje datagram
- Ovaj izbor se vrši na osnovu **odredišne IP adrese** datagrama i **tabela rutiranja**
- Kada je IP adresa sledećeg rutera poznata, **pošiljalac koristi ARP** da bi pronašao njegovu **fizičku adresu**

Prosleđivanje

- Proslediti datagram - ***uputiti ga jedan korak dalje*** duž putanje do njegovog krajnjeg odredišta
- Prosleđivanje podrazumeva da hostovi i ruteri poseduju ***tabele rutiranja***
- Host kada želi da pošalje datagram (ili ruter koji treba da pošalje primljeni datagram), ***iz tabele rutiranja***, a ***na osnovu odredišne IP adrese***, dobija informaciju ***kome*** treba da proslediti datagram

Prosleđivanje

- **Glavni problem** u vezi *sa tabelama rutiranja* tiče se njihove **veličine**
- *Rešenje* kod koga bi *tabela rutiranja sadržala posebnu stavku* sa **kompletnom putanjom** *za svaku moguću odredišnu IP adresu*
- **Praktično neizvodljivo** - zbog impresivne veličine današnjeg Interneta

Prosleđivanje

- Tehnike prosleđivanja - Metod sledećeg skoka
- Kod ove tehnike, ***tabela rutiranja sadrži samo informaciju o adresi sledećeg skoka*** (koraka), umesto informacije o kompletnoj putanji
- Korišćenjem ove tehnike - tabele rutiranja se mogu pojednostaviti

Prosleđivanje

- Tehnike prosleđivanja - Metod sledećeg skoka

Tabela rutiranja hosta A

Odredište	Putanja
Host B	R1, R2, Host B

Tabela rutiranja rutera R1

Odredište	Putanja
Host B	R2, Host B

Tabela rutiranja rutera R2

Odredište	Putanja
Host B	Host B

(a)

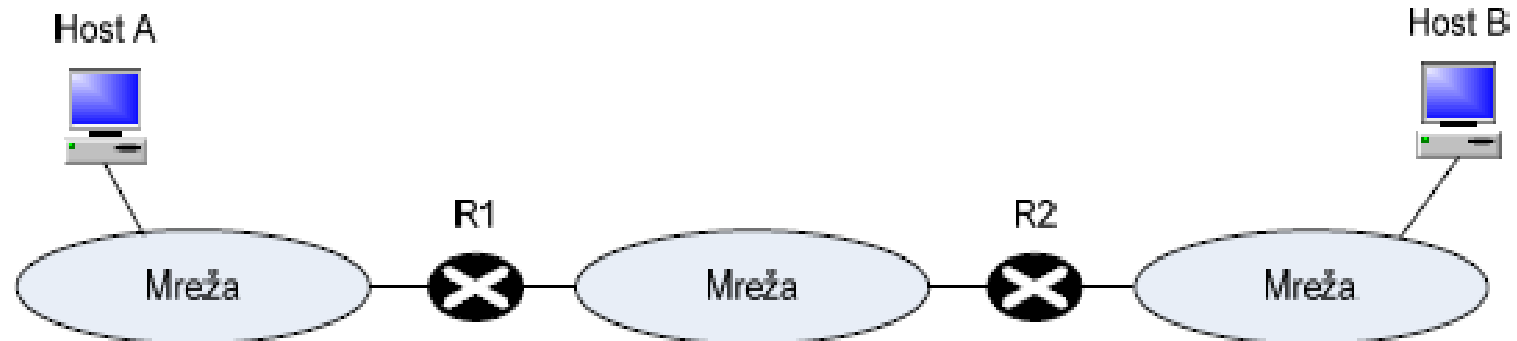


Tabela rutiranja hosta A

Odredište	Sledeći skok
Host B	R1

Tabela rutiranja rutera R1

Odredište	Sledeći skok
Host B	R2

Tabela rutiranja rutera R2

Odredište	Sledeći skok
Host B	-

Prosleđivanje

- Tehnike prosleđivanja - Mežno-specifični metod
- **Umesto** da tabele **sadrže posebnu stavku** za svaki odredišni host povezan na neku fizičku mrežu na Internetu - one sadrže **stavke koje definišu odredišne mreže**
 - **Svi hostovi** povezani na istu mrežu tretiraju se **kao jedan entitet**
 - Na primer, ako je na nekoj mreži prisutno 1000 hostova, u tabeli rutiranja će postojati samo jedna stavka, a ne 1000

Prosleđivanje

- Tehnike prosleđivanja - Mežno-specifični metod

Datagrami koji se šalju hostovima iz mreže N2 uvek se prosleđuju ruteru R1



Prosleđivanje

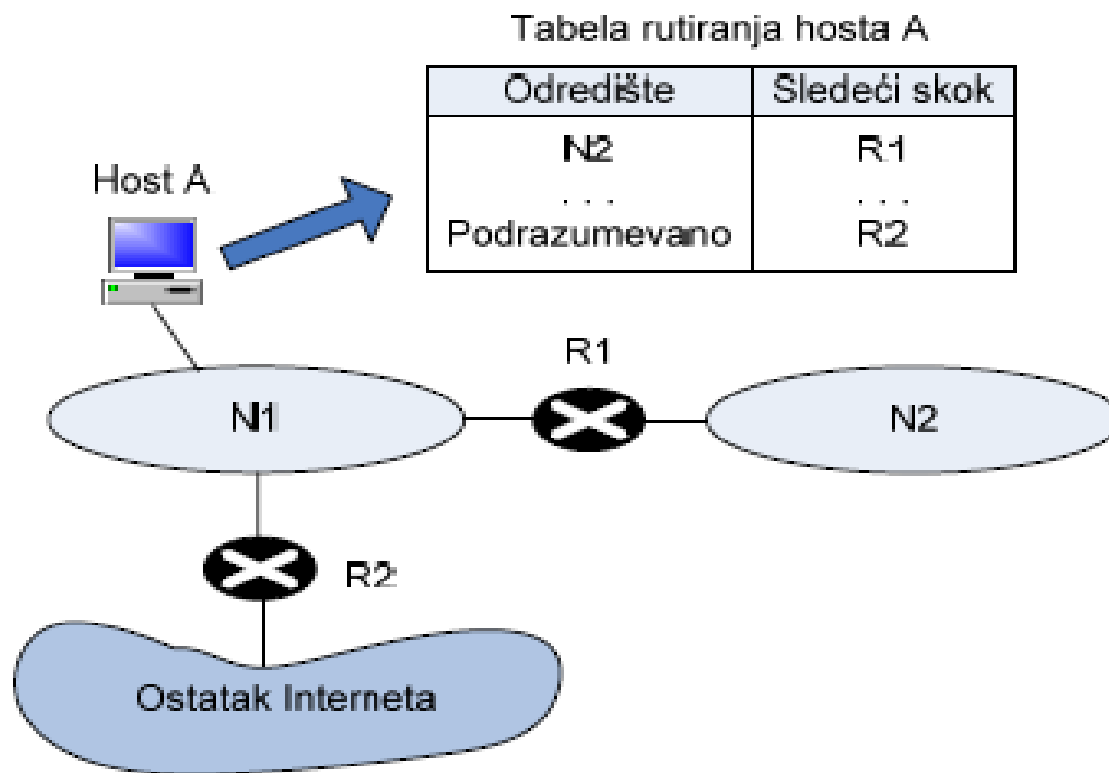
- Tehnike prosleđivanja - Metod podrazumevanog rutera
- **Host A** je povezan na mrežu koja ima dva rutera
 - Ruter R1 se koristi za isporuku datagrama hostovima iz mreže N2
 - Ruter R2 koristi se za ostatak Interneta

Prosleđivanje

- Tehnike prosleđivanja - Metod podrazumevanog rutera
- Posledice na tabelu rutiranja
- ***Umesto da su*** u tabeli rutiranja hosta A ***eksplicitno navedu sve mreže*** na Internetu, ***navedena je samo jedna tzv. podrazumevana*** stavka (u delu za odredište ove stavke normalno je navedena mrežna adresa)

Prosleđivanje

- Tehnike prosleđivanja - Metod podrazumevanog rutera



Prosleđivanje

- Prosleđivanje kod klasnog adresiranja
- Klasna šema adresiranja poseduje niz nedostataka koji su ***posledica fiksiranih veličina blokova***
- Upravo ***ova osobina***, koja se ogleda i kroz postojanje podrazumevanih maski, čini proces prosleđivanja ***jednostavnim***
- ***Postupci prosleđivanja*** datagrama za slučaj klasnog adresiranja u mrežnim konfiguracijama ***bez i sa podmrežavanjem***

Prosleđivanje

- Prosleđivanje bez podmrežavanja
- ***Većina rutera*** na Internetu ***nisu opterećeni*** podmrežavanjem
- Podmrežavanje se javlja samo unutar radnih organizacija
- Struktura modula za prosleđivanje, za slučaju klasnog adresiranja bez podmrežavanja
- Modul sadrži tri tabele rutiranja, po jednu za svaku klasu A, B i C (Ako ruter podržava *multicast* komunikaciju, postojaće još jedna tabela ***za adrese iz klase D***)

Prosleđivanje

- Prosleđivanje bez podmrežavanja
- Svaka tabela ima **tri kolone**:
 - 1) **Mrežna adresa odredišne mreže** - ukazuje na mrežu u kojoj je odredišni host lociran (**mrežno-specifično prosleđivanje**)
 - 2) **Adresa sledećeg skoka** - ukazuje **kom ruteru** treba isporučiti datagram (**za slučaj indirektne isporuke!!**)
 - U slučaju **direktne isporuke**, ova kolona je **prazna**

Prosleđivanje

- Prosleđivanje bez podmrežavanja

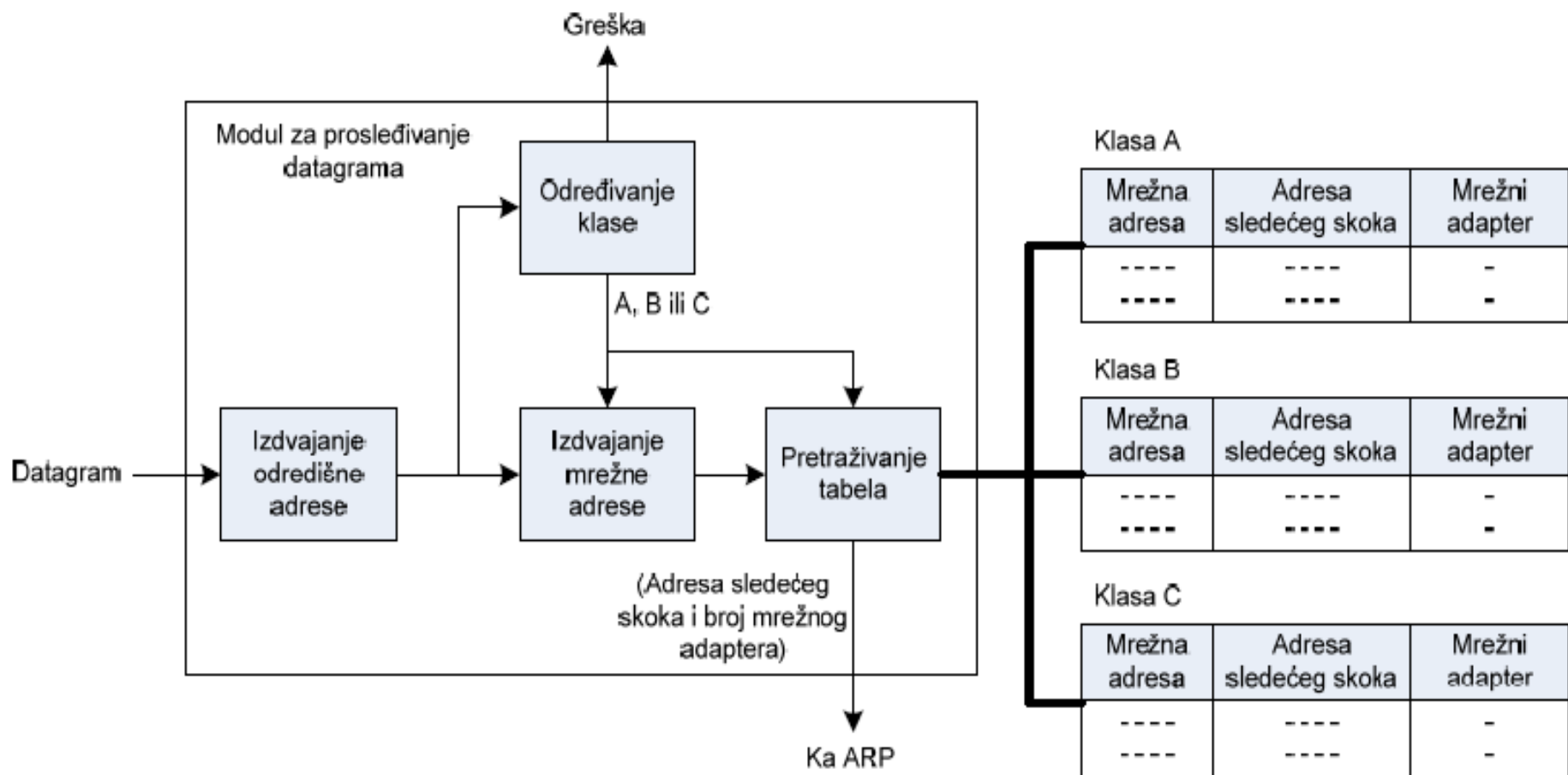
- Svaka tabela ima **tri kolone**:

3) Broj mrežnog adaptera - definiše **izlazni port** kroz koji treba poslati datagram

- **Ruter** je normalno priključen na **nekoliko mreža**
- **Svaki mrežni priključak** ima **različiti broj porta**, tj. broj mrežnog adaptera

Prosleđivanje

- Prosleđivanje bez podmrežavanja



Prosleđivanje*

- Prosleđivanje bez podmrežavanja
- Jedna stavka tabele se tumači na sledeći način:
- Datagram upućen hostu koji se nalazi u mreži čija je adresa navedena u prvoj koloni, treba isporučiti ruteru, čija je IP adresa navedena u drugoj koloni, a koji se nalazi u fizičkoj mreži koja je dostupna preko mrežnog adaptera čiji je broj naveden u trećoj koloni

Prosleđivanje

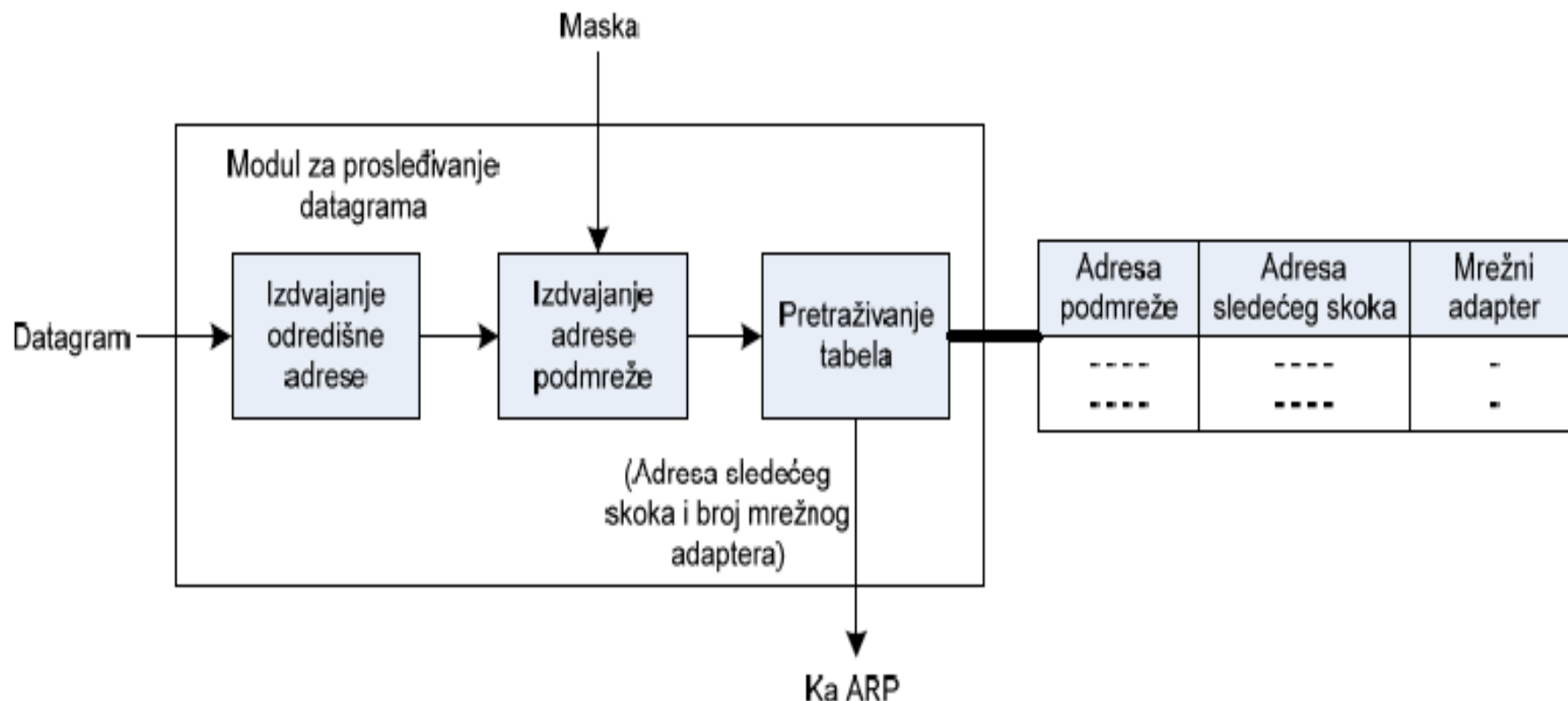
- Prosleđivanje sa podmrežavanjem
- Kod klasnog adresiranja, podmrežavanje postoji samo *unutar radnih organizacija*
- *Ruteri koji se bave podmrežavanjem* su ili na granicama organizacija ili unutar samih organizacija
- Modul za prosleđivanje obrađuje svaki datagram na sledeći način:
 1. *Izdvađa odredišnu adresu* iz datagrama

Prosleđivanje

- Prosleđivanje sa podmrežavanjem
2. **Odredišna adresa** i **maska** se koriste za **određivanje adrese podmreže**
 3. **Adresa podmreže** se koristi za pretragu **tabele rutiranja** kako bi se pronašla **adresa sledećeg skoka** i **broj mrežnog adaptera**. Ako u tabeli na postoji odrednica za traženu adresu podmreže, koristi se odrednica za **podrazumevani ruter**
 4. Adresa sledećeg skoka i broj mrežnog adaptera se **predaju ARP-u**

Prosleđivanje

- Prosleđivanje sa podmrežavanjem



Prosleđivanje

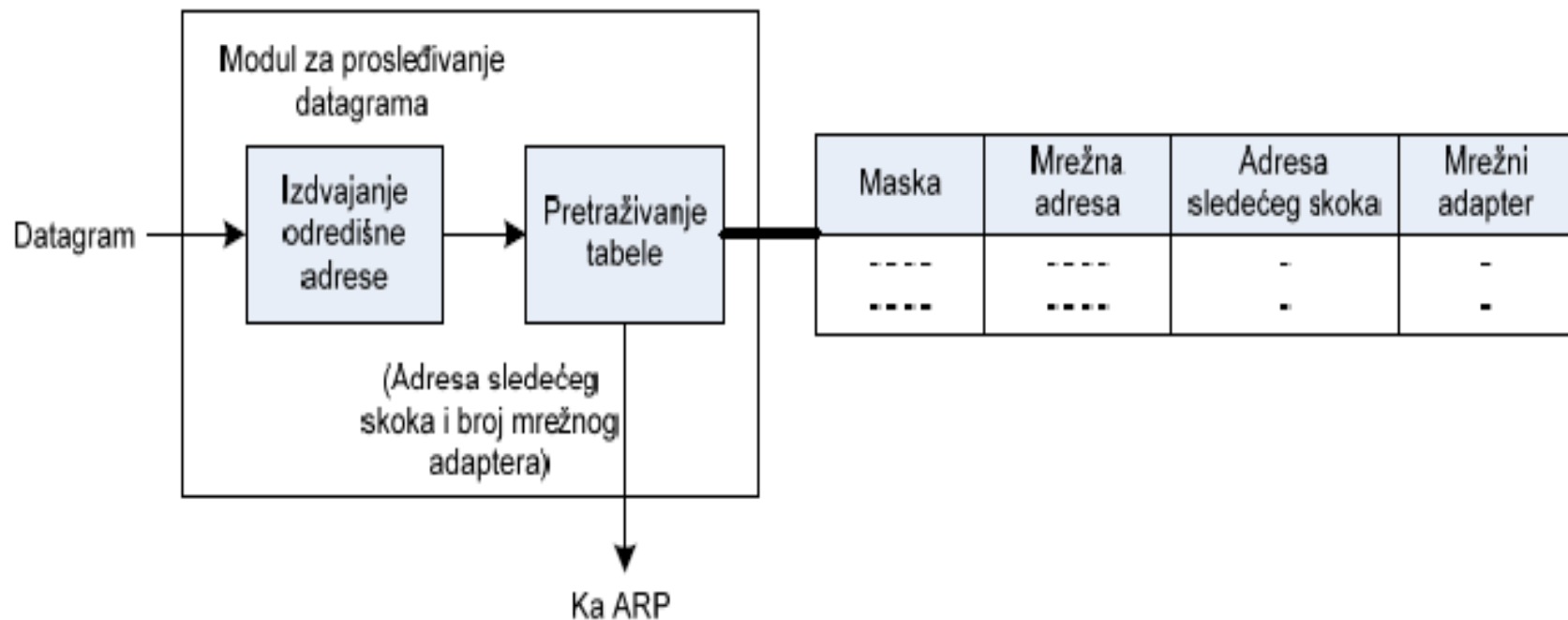
- Prosleđivanje kod besklasnog adresiranja
- Kod besklasnog adresiranja, celokupan adresni prostor se tretira kao jedinstvena celina - ***ne postoje klase***
- Adresni prostor se deli na blokove različitih veličina koji se dodeljuju radnim organizacijama
- To znači da u tabeli rutiranja za besklasno adresiranje ***mora postojati stavka za svaki poznati blok***

Prosleđivanje

- Prosleđivanje kod besklasnog adresiranja
- Stavka sadrži:
 - 1 i 2) **Masku ($/n$) i prvu (mrežnu) adresu bloka,**
koje zajedno definišu blok,
 - 3) **Adresu sledećeg skoka i**
 - 4) **Broj mrežnog adaptera**

Prosleđivanje

- Prosleđivanje kod besklasnog adresiranja



Prosleđivanje

- Prosleđivanje kod besklasnog adresiranja
- ***Klasno adresiranje*** - pripadnost odredišne adrese klasi i mrežna adresa utvrđuju na osnovu same odredišne adrese
- ***Besklasno adresiranje*** - za testiranje pripadnosti odredišne adrese bloku neophodno je ***koristiti masku***, koja je ***specifična za svaki blok***

Prosleđivanje*

- Prosleđivanje kod besklasnog adresiranja
- Pretraga tabele rutiranja za besklasno adresiranje složenija
- Zahteva da se mrežna adresa date **odredišne adrese** određuje za svaku stavku iz tabele posebno, korišćenjem **maske** sadržane u stavci

Prosleđivanje

- Agregacija adresa
- ***Glavna prednost*** besklasnog adresiranja - mogućnost ***podele adresnog prostora*** na veći broj ***blokova*** ***promenljive dužine***
- Tabele rutiranja za besklasno adresiranje ***veće*** od tabela za klasno adresiranje
- Povećan broj stavki u tabeli ne samo da zauzima veću količinu memorije, već i ***produžava vreme pretrage*** tabele
- Da bi se ovaj problem prevazišao, ili barem ublažio, primenjuje se ***tehnika adregacije adresa***

Prosleđivanje

- Agregacija adresa

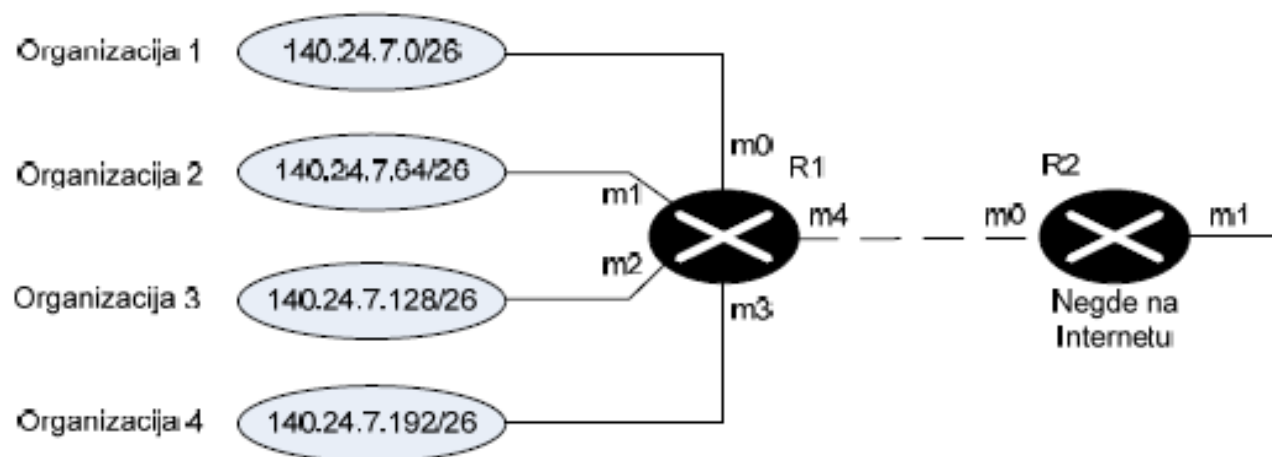


Tabela rutiranja rutera R1

Maska	Mrežna adresa	Adresa sledećeg skoka	Mrežni adapter
/26	140.24.7.0	---	m0
/26	140.24.7.64	---	m1
/26	140.24.7.128	---	m2
/26	140.24.7.192	---	m3
/0	0.0.0.0	Podraz. ruter	m4

Tabela rutiranja rutera R2

Maska	Mrežna adresa	Adresa sledećeg skoka	Mrežni adapter
/24	140.24.7.0	---	m0
/0	0.0.0.0	Podraz. ruter	m1

Prosleđivanje

- Agregacija adresa
- ***R1 je povezan sa ruterom R2*** koji se nalazi na nekoj udaljenoj lokaciji
- ***Tabele rutiranja*** rutera ***R1*** je **veća** od one kod rutera ***R2*** zato što **R1 mora svaki datagram direktno da usmeri** ka jednoj od četiri organizacije
- ***Tabela rutiranja*** rutera ***R2*** je **kraća** zato što on svaki datagram sa odredišnom adresom iz opsega ***140.24.7.0*** do ***140.24.7.255*** šalje kroz adapter ***m0*** ka ***ruteru R1***, bez obzira kojoj od četiri organizacije je namenjen

Prosleđivanje

- Agregacija adresa
- **R2** ne mora da sadrži posebnu stavku za svaku od četiri organizacije - četiri bloka objedinjena u jedan veći blok
- Agregacija adresa četiri organizacije je moguća zato što su njihovi ***blokovi adresa kontinualni***
- Agregacija adresa se može primenjivati ***hijerarhijski***
 - Na primer, možemo zamisliti ***ruter R3*** u kome je izvršena ***adregacija adresa rutera R2***

Prosleđivanje

- Hijerarhijsko rutiranje
- Savremeni Internet je najvećim delom organizovan na *hijerarhijski način*
- **Internet** je podeljen na *(I) međunarodne i (II) nacionalne ISP-ove*
- Nacionalni ISP-ovi su podeljeni na *regionalne (III)*, a regionalni na *lokalne ISP-ove (IV)*
- Ovakav način organizacije omogućava **smanjene veličine tabela rutiranja**

Prosleđivanje

- Hijerarhijsko rutiranje
- Razmotrimo slučaj lokalnog ISP-a
- Lokalnom ISP-u može biti **dodeljen jedan veći blok adresa** (određene dužine prefiksa)
- Lokalni ISP može **podeliti ovaj blok na manje blokove različitih dužina** i dodeliti ih pojedinačnim korisnicima i organizacijama
- Ako blok dodeljen lokalnom ISP-u počinje adresom ***a.b.c.d/n***, tada će dužina prefiksa ***maski svih podeljenih blokova biti duže od n***

Prosleđivanje

- Hijerarhijsko rutiranje
- Iako je blok razdeljen na veliki broj manjih blokova, ***ostatak Interneta nije svestan*** ove podele
- Za ostatak Interneta ***svi korisnici*** lokalnog ISP-a definisani su sa ***a.b.c.d/n***
- ***Svaki datagram*** upućen na neku adresu iz ovog velikog bloka, ***biće isporučen lokalnom ISP-u***, a u ***tabelama rutiranja*** svih rutera na Internetu postojaće samo ***jedna stavka*** za sve ove korisnike

Prosleđivanje

- Hijerarhijsko rutiranje
- Svi oni pripadaju *istoj grupi*
- *Ruter lokalnog ISP-a* mora *prepoznati podblokove* i usmeriti datagram ka odgovarajućem odredišnom korisniku

Rutiranje

- **Rutiranje** se odnosi na kreiranje i ažuriranje **tabela rutiranja**
- Ruter **usmerava datagrame** na **osnovu sadržaja tabele rutiranja**
- Za svako **odredište** ili **grupu odredišta** sadrži **jednu stavku**
- Tabele rutiranja:
 1. **Statičke** ili
 2. **Dinamičke**

Rutiranje

- Statičke tabele rutiranja
- ***Manuelno*** se popunjavaju - stavke u tabelu unosi ***administrator mreže***
- Nakon što je tabela kreirana - ona se **ne može automatski ažurirati** (zbog npr. promena nastalih na Internetu)
- Svaku promenu mora da unese administrator
- Statičke tabele se koriste u **malim mrežama**, čija se konfiguracija ne menja često

Rutiranje

- Dinamičke tabelle rutiranja
- Dinamičke tabelle rutiranja se automatski ažuriraju korišćenjem jednog od protokla za dinamičko rutiranje (**RIP**, **OSPF** ili **BGP**)
- Uvek kada se na Internet desi neka promena, kao što je prestanak rada nekog rutera ili prekid nekog linka - dinamički protokol za rutiranje je odgovoran za automatsko ažuriranje tabela svih rutera

Rutiranje

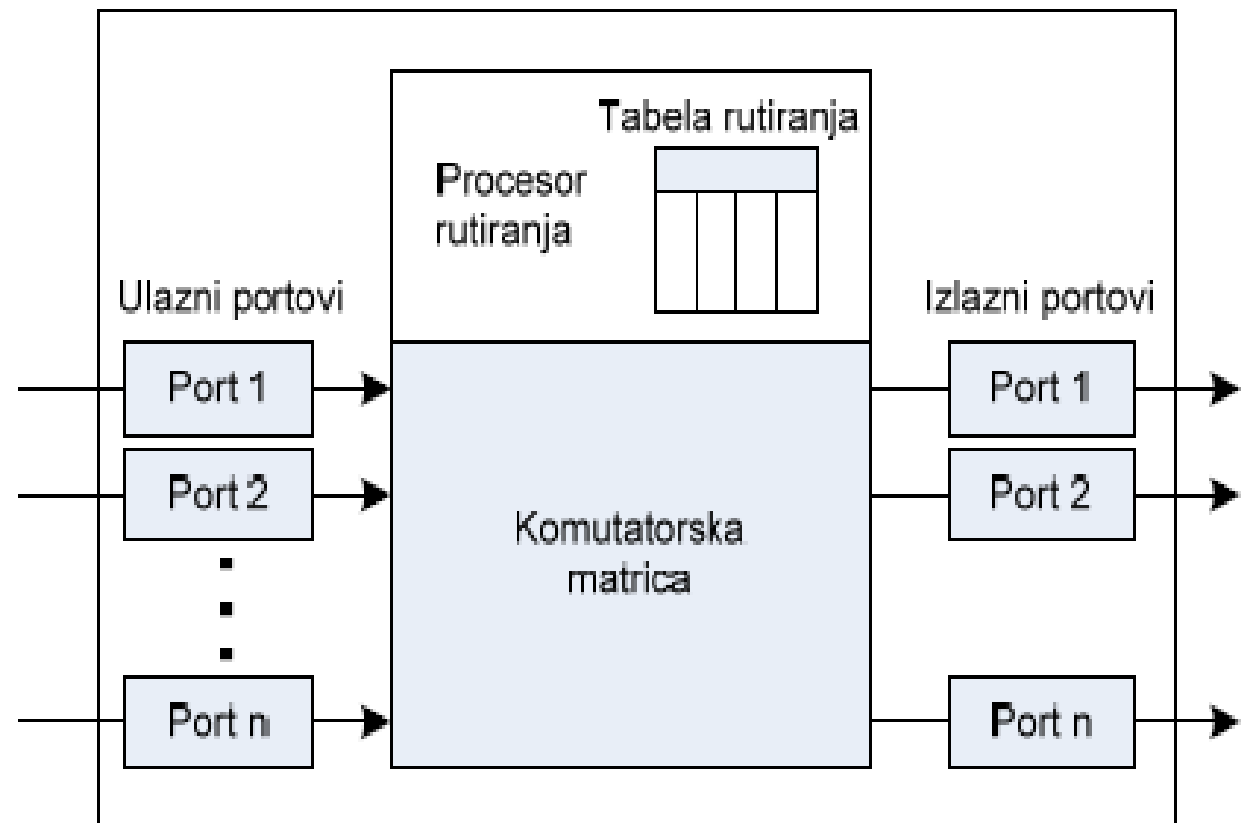
- Struktura rutera
- U dosadašnjim razmatranjima - ruter je uvek bio predstavljan kao crna kutija koja
 1. **Prihvata dolazne pakete** sa svojih ulaznih portova,
 2. **Koristi tabele rutiranja** da bi odredio izlazni port kroz koji treba isporučiti paket i
 3. Kroz izabrani izlazni port **šalje datagram** sledećem ruteru ili odredišnom hostu

Rutiranje

- Struktura rutera
- Razmotrićemo sa više detalja unutrašnju strukturu rutera
- Ruter čine četiri osnovne komponente:
 1. ***ulazni portovi,***
 2. ***izlazni portovi,***
 3. ***procesor rutiranja i***
 4. ***komutatorska matrica***

Rutiranje

- Struktura rutera

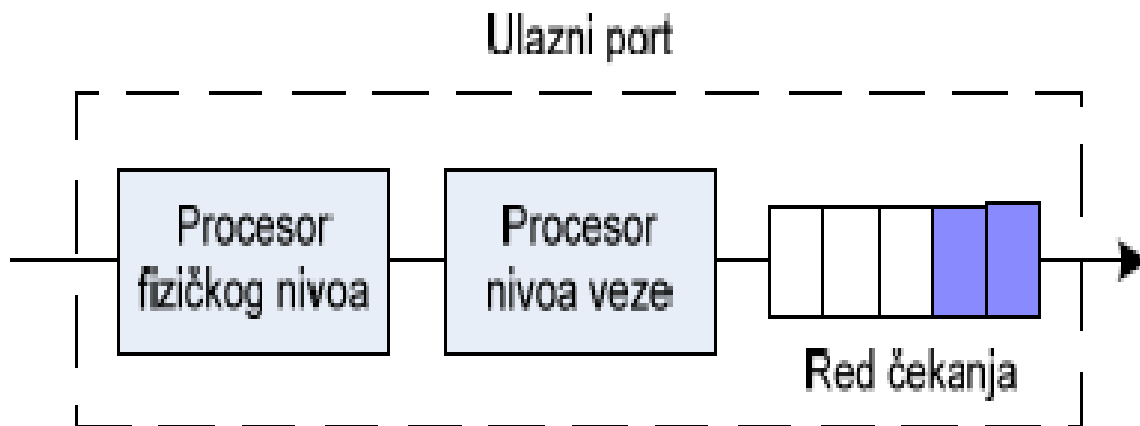


Rutiranje

- Ulazni portovi
- Ulazni port je zadužen za funkcije rutera koji se odnose na *fizički i sloja veze*
- Ulazni port (I) prima okvir sa linije, (II) detektuje greške u prenosu i (III) iz okvira izdvaja datagram
- Dodatno, *ulazni port sadrži bafer* (red čekanja) za čuvanje datagrama pre nego što ih usmeri ka *komutatorskoj matrici*

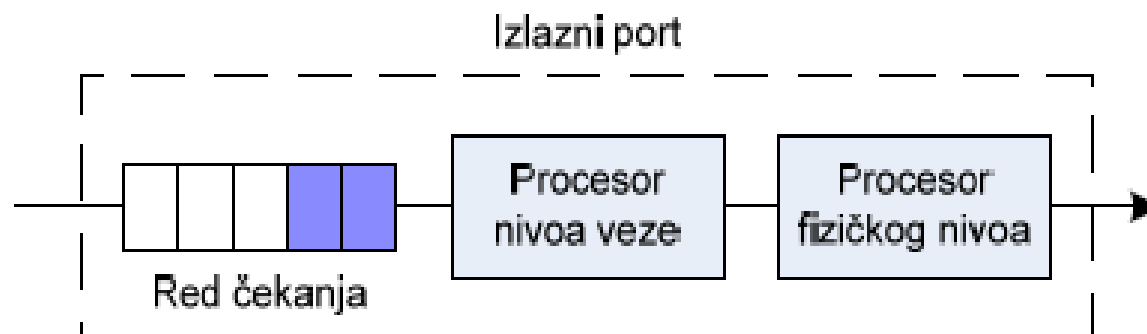
Rutiranje

- [Ulazni portovi](#)
- šematski dijagram ulaznog porta:



Rutiranje

- Izlazni portovi
- **Iste funkcije** kao ulazni port, samo u **obrnutom redosledu**
- Odlazni datagrami se smeštaju u red čekanja, pakuju se u okvire, a zatim se okvir konvertuje u signal koji se šalje na liniju



Rutiranje

- Procesor rutiranja
- Procesor rutiranja obavlja *funkciju mrežnog sloja*
- Ovaj blok *koristi odredišnu adresu datagrama* za pretragu tabele rutiranja *radi određivanja adrese sledećeg skoka* i broja mrežnog adaptera (tj. izlaznog porta)

Rutiranje

- Komutatorska matrica
- Najsloženija aktivnost koja se obavlja u ruteru je *prebacivanje datagrama iz ulaznih u izlazne redove čekanja*
- *Brzina* sa kojom može da se *obavi prebacivanje*, određuje *potrebnu veličinu* ulaznih i izlaznih *bafera*, kako i *ukupno kašnjenje datagrama* kroz ruter

Rutiranje

- Komutatorska matrica
- Komutatorska matrica treba da omogući **prenos** datagrama **iz** bilo kog **ulaznog bafera** u bilo koji **izlazni bafer** i da pri tome bude u stanju da **istovremeno** obavlja prenos više od jednog datagrama