



Diplomski studij

Informacijska i
komunikacijska tehnologija:

Obradba informacija
Telekomunikacije i informatika

Višemedijske komunikacije

11.

Uvođenje kvalitete usluge u
Internet

Pojam kvalitete usluge (Quality of Service – QoS) (1/2)



Zavod za
telekomunikacije

- kvaliteta usluge u najširem smislu je *stupanj zadovoljstva korisnika usluge* (ITU-T E.800)
- može se izraziti na tri razine:
 - aplikacija
 - sustav
 - mreža
- 1. kvaliteta na razini aplikacije (“korisnik” je čovjek)
 - uglavnom kvalitativni parametri
 - percepcijska kvaliteta pojedinog medija
 - odnos među pojedinim medijima, kvaliteta međusobne usklađenosti

Pojam kvalitete usluge (Quality of Service – QoS) (2/2)



Zavod za
telekomunikacije

- 2. kvaliteta na razini sustava (“korisnik” je aplikacija)
 - kvalitativni i kvantitativni parametri
 - propusnost
 - vrijeme odziva
 - sustav posluživanja
 - raspoređivanje
- 3. kvaliteta na razini mreže (“korisnik” je sustav)
 - izražava se preko mjerljivih, kvantitativnih i kvalitativnih parametara kvalitete usluge
 - propusnost
 - kašnjenje
 - kolebanje kašnjenja
 - gubici
 - raspoloživost
 - blokiranje

Iskustvena kvaliteta (Quality of Experience - QoE)

- Definicija [ITU-T P.10, 2007]:
 - Iskustvena kvaliteta je sveukupna prihvatljivost aplikacije ili usluge, subjektivno percipirana od strane krajnjeg korisnika
 - Pojam iskustvene kvalitete obuhvaća sve učinke sustava s kraja na kraj (klijent, terminal, mreža, itd.). Korisnikova očekivanja i kontekst mogu također utjecati na ukupnu prihvatljivost aplikacije ili usluge.

Iskustvena kvaliteta je vezana uz subjektivnu percepciju kvalitete

Osnovne razlike: QoS i QoE



Zavod za
telekomunikacije

Karakteristike	QoS	QoE
Područje primjene	Uglavnom telekomunikacijske usluge	Šira primjena (nisu nužno u pitanju samo uslugu u mrežnom okruženju)
Fokus	Tehničke performanse sustava (mehanizmi kao npr. Diffserv)	ICT usluge ili aplikacije
Metode mjerenja	Tehnološki orijentirane; empirijska ili simulacijska mjerenja	Multi-disciplinaran pristup (razna subjektivna i objektivna mjerenja)

izvor: Qualinet White Paper on definitions of QoE, 2012

- Tri uloge:
 - rezervacija i dodjela resursa od izvora do odredišta za vrijeme višemedijskog poziva/sjednice
 - održavanje resursa prema specifikaciji zatražene kvalitete usluge
 - prilagodba promjenama koje nastaju tijekom poziva

- usluge u Internetu koriste **“best-effort” model**
Best-effort model: mreža će nastojati zadovoljiti korisnikove zahtjeve, ali bez ikakvih garancija da će tražena kvaliteta zaista biti pružena
- “best-effort” usluga nije prihvatljiva za primjene u stvarnom vremenu i višemedijske primjene

“Best-effort” model



Zavod za
telekomunikacije

- posljedica datagramskog načina rada
 - komutacija paketa!
 - svaki paket usmjerava se neovisno o ostalima
 - različito kašnjenje i gubici po različitim putevima
- kašnjenje
 - propagacijsko kašnjenje (neizbježno!)
 - vrijeme čekanja u usmjeriteljima (varira, uglavnom proporcionalno duljini repa čekanja, neovisno o vrsti prometa)
 - transmisijsko kašnjenje
- kolebanje kašnjenja - razlike u kašnjenju pojedinih paketa
- gubici kod zagušenja
 - u svakom usmjeritelju datagram ulazi na kraj repa čekanja s FIFO sustavom posluživanja
 - kad se rep čekanja napuni, odbacuju se paketi s kraja repa

Datagramski način rada

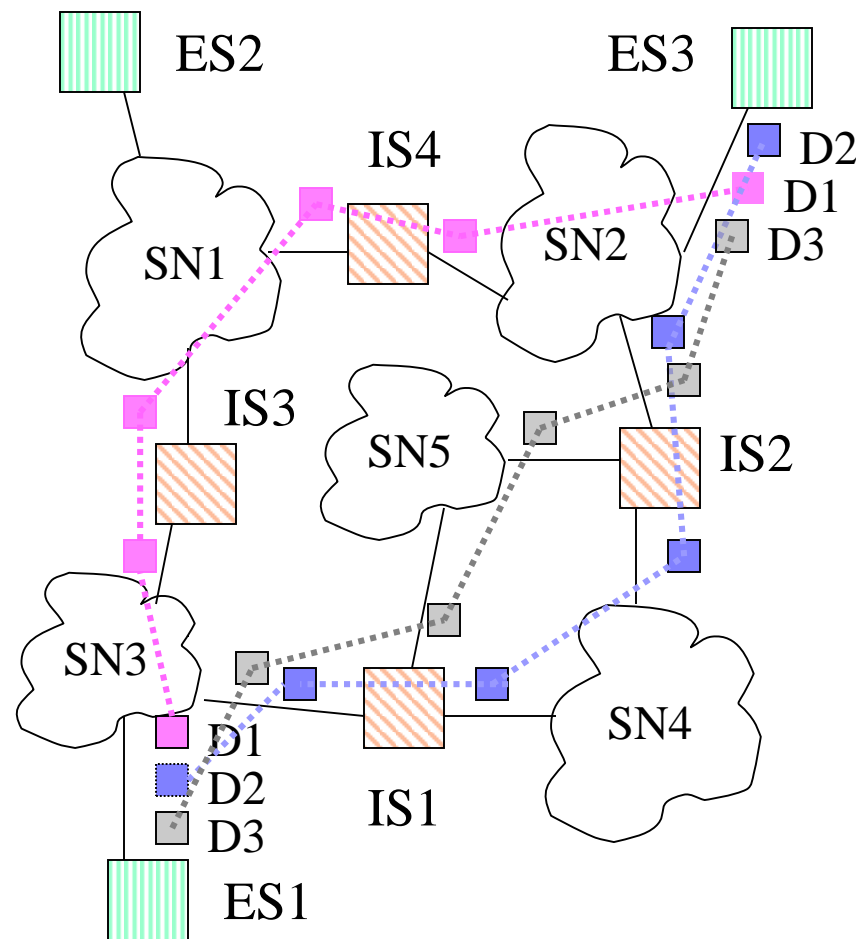


Zavod za
telekomunikacije

- nema uspostave veze s kraja na kraj
- usmjeravanje datagrama se vrši za svaki datagram pojedinačno, na temelju odredišne adrese u zaglavlju
- svaki datagram putuje kroz niz mreža
- nema garancije, mreža daje “best effort” uslugu

Primjer

- ES1 šalje ES3: D1, D2, D3
- datagrami putuju raznim stazama i uz različita kašnjenja i gubitke



Komponente kašnjenja

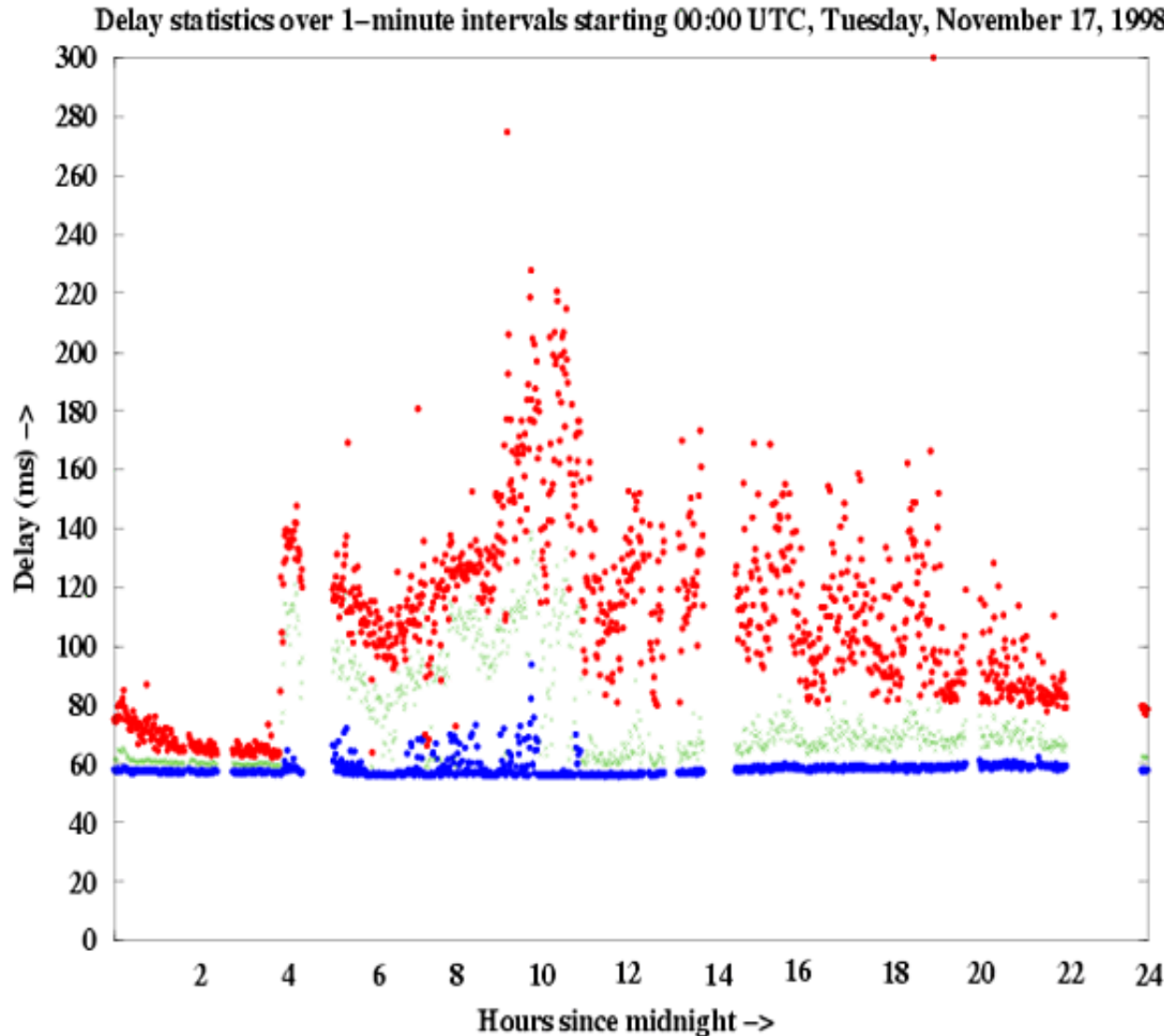


Zavod za
telekomunikacije

- transmisijsko kašnjenje - vrijeme potrebno za slanje paketa na mrežnom sučelju
 - relativno malo u modernim sustavima (red veličine μs)
 - npr. poznati rezultati za ispitne pakete duljine 40-bytea na T3 sučelju (44.736 Mbit/s) transmisijsko kašnjenje oko 7 μs ; isto na T1 sučelju (1.544 Mbit/s) oko 220 μs
- propagacijsko kašnjenje - fizikalno ograničenje, zbog konačne brzine prostiranja signala
 - u LAN-ovima zanemarivo, ispod 1 ms
 - u WAN-ovima više desetaka ms, ovisno o udaljenosti
 - npr. ako se uzme propagacija kroz optičko vlakno približno 200 000 km/s, link preko sjevernoameričkog kontinenta (SAD) ima propagacijsko kašnjenje oko 20 ms
- kašnjenje zbog čekanja u repu - čekanje na obradu u usmjeriteljima

Mjerenje na vezi SAD - Nizozemska, studeni 1998

- minimum delay
- 50th percentile delay
- 90th percentile delay



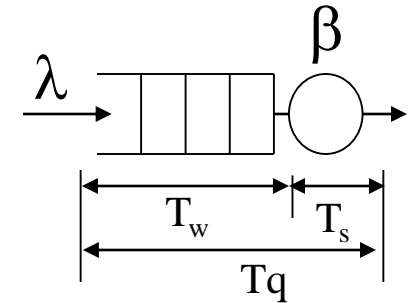
The blue dots represent the minimums during each one minute interval, the green dots represent 50th percentile values, and the red dots represent 90th percentile values. When the 90th percentile is infinite (more than 10 percent packet loss), it is plotted as a red dot at the top of the graph. Gaps in the graph represent a period of no measurement activity. When the path is uncongested, the minimum observed delay in the given minute (blue) will be close to the propagation delay. We have found that even in a congested path, it is likely that at least one of the test packets will not experience congestion. So the blue points will still be the same and stay close to the propagation delay. So changes in the value of the blue points, typically, indicates a change in the path or an extreme case of congestion. The green and red points are indicators of congestion. When the path is uncongested, they are also close to the propagation delay and hence are close to the blue points. During periods of congestion, the green and red points differ from the blue points considerably. The distance between them is a measure of variance, and hence congestion.

Gubici zbog zagušenja



Zavod za
telekomunikacije

- detaljno obrađeno u teoriji sustava posluživanja (Informacijske mreže, IV godina)
- zagušenje je neizbježno kada je $\lambda > \beta$
(λ - intenzitet nailazaka; β - intenzitet posluživanja)
iz Littleove formule $L_w = \lambda T_w$ mogu se izračunati parametri sustava posluživanja; vrijedi neovisno o vrsti ili granicama sustava, broju poslužitelja, svojstvima dolaznog toka, karakteristikama vremena posluživanja, disciplini posluživanja ili raspoređivanja, ALI NE VRIJEDI za sustav s gubicima!
- preusmjeravanje nije rješenje!
- neizvedivi “načini” izbjegavanja zagušenja:
 - savršena koordinacija
 - beskonačni međuspremnici
- izvedivi načini: ograničenje λ na ulazu u sustav, tj. kontrola prihvata



Utjecaj transmisijских pogrešaka



Zavod za
telekomunikacije

- Shannonova formula daje kapacitet **C** frekvencijski ograničenog kanala s aditivnim bijelim šumom (teorijski maksimum, nema grešaka)

$$C = B * \log_2 (1+S/N) \text{ [bit/s]}$$

C = kapacitet kanala [bit/s], B = pojasna širina [Hz], S/N = odnos signal - šum

- utjecaj šuma -> pogreške na razini bita (BER, bit error rate), tipično 10^{-12} za optičko vlakno do 10^{-2} za svemirske komunikacije
- kod paketske komunikacije, pogreška na razini bita “uništava” paket
 - pogreške se kompenziraju uvođenjem redundancije (kodovi za detekciju i korekciju pogrešaka) ili retransmisijom (primjer: TCP)

Primjer (M/M/1)



Zavod za
telekomunikacije

IP usmjeritelj šalje pakete kroz 64 kbit/s link. Duljina paketa, sa svim zaglavljima, je eksponencijalna slučajna varijabla sa srednjom vrijednošću 400 byte. Međudolazni interval je eksponencijalna slučajna varijabla sa srednjom vrijednošću od 15 paketa u sekundi (pps). Kada se novi paket usmjerava kroz taj link, sljedeći nailazeći paket se sprema u FIFO rep.

Izračunajmo duljinu repa u usmjeritelju u paketima i prosječno vrijeme od kada paket naiđe do trenutka kad je poslat zadnji bit tog paketa.

$$\lambda = 15 \text{ pps}$$

$$\beta = 64000 / (400 \cdot 8) = 20 \text{ pps}$$

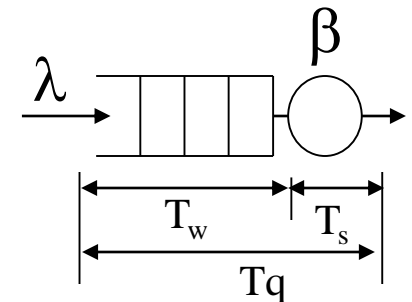
$$\text{opterećenje } \rho = \lambda / \beta = 15 / 20 = 0,75$$

$$\text{srednji broj paketa u sustavu } L_q = \rho / (1 - \rho) = 0,75 / 0,25 = 3$$

$$\text{srednje vrijeme zadržavanja } T_q = L_q / \lambda = 3 / 15 = 0,2 \text{ s}$$

$$\text{srednje vrijeme čekanja } T_w = T_q - T_s = T_q - 1 / \beta = 0,2 - 1/20 = 0,15 \text{ s}$$

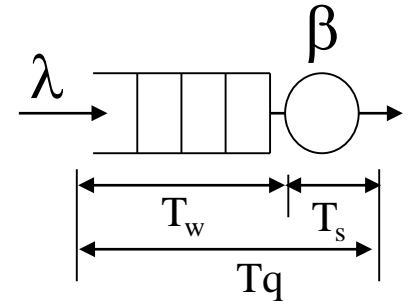
$$\text{srednji broj paketa u repu čekanja } L_w = \lambda T_w = 15 \cdot 0,15 = 2,25$$



Primjer (M/M/1) - nastavak

Ponovimo račun za $\lambda = 19$ pps.

Ostavimo $\beta = 20$ pps.



opterećenje $\rho = \lambda / \beta = 19 / 20 = 0,95$

srednji broj paketa u sustavu $Lq = \rho / (1 - \rho) = 0,95 / 0,05 = 19$

srednje vrijeme zadržavanja $Tq = Lq / \lambda = 19 / 19 = 1$ s

srednje vrijeme čekanja $Tw = Tq - Ts = Tq - 1 / \beta = 1 - 1/20 = 0,95$ s

srednji broj paketa u repu čekanja $Lw = \lambda Tw = 19 * 0,95 = 18,05$

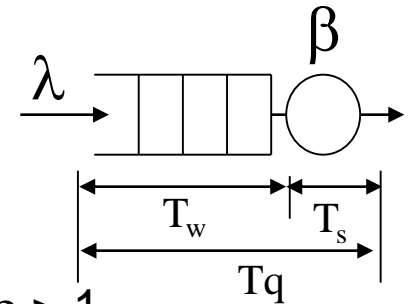
Primjer (M/M/1) - nastavak



Zavod za
telekomunikacije

Ponovimo račun za $\lambda = 25$ pps.

Ostavimo $\beta = 20$ pps.



... više nema smisla opterećenje $\rho = \lambda / \beta$ jer bismo dobili $\rho > 1$

... više ne vrijedi model M/M/1 jer dobivamo opterećenje $\rho > 1$ i dolazi do gubitaka paketa

Kada se ulazni međuspremnik napuni, usmjernik će početi odbacivati pakete brzinom od $25 - 20 = 5$ pps.

Stvarni gubici u Internetu

Regions	Number	Entire day	Worst quarter of the day	Worst hour of the day
ALL PATHS	1084	1.06%	1.44%	4.88%
US-US	1060	1.04%	1.40%	4.79%
US-EUROPE	12	1.39%	1.52%	5.71%
US-NZ	10	2.58%	4.04%	11.15%
EUROPE-NZ	2	0.58%	1.51%	6.97%

Izvor:

<http://telesto.advanced.org/~kalidindi/papers/INET/inet99.html>

Sunil Kalidindi, Matthew J. Zekauskas

Advanced Network & Services, USA, June, 1999

Surveyor: An Infrastructure for Internet Performance Measurements

Stvarni gubici u Internetu – ovisnost o veličini paketa



Zavod za
telekomunikacije

IPv4 packet size	all lost	10/10 received	9/10 received	8/10 received	1/10-7/10 received	number of probes
100	1.0%	95.6%	2.2%	0.6%	0.6%	3627
700	1.4%	95.0%	2.5%	0.7%	0.5%	3629
1000	1.4%	95.1%	2.2%	0.7%	0.6%	3626
1400	2.1%	96.0%	1.2%	0.4%	0.4%	3611
1401	2.4%	93.1%	3.2%	0.7%	0.7%	3616
1454	2.4%	92.6%	3.6%	0.6%	0.8%	3625
1455	2.5%	90.2%	5.3%	1.2%	0.8%	3626
1460	2.6%	92.9%	3.3%	0.5%	0.6%	3614
1461	2.8%	90.0%	5.8%	0.9%	0.6%	3624
1480	2.9%	89.1%	6.2%	1.0%	0.8%	3629
1481	3.0%	88.2%	7.3%	0.8%	0.7%	3631
1488	3.0%	88.9%	6.7%	0.9%	0.5%	3619
1489	3.1%	88.5%	6.8%	0.9%	0.7%	3624
1492	3.1%	88.2%	7.1%	0.9%	0.7%	3624
1493	5.1%	71.3%	20.2%	2.8%	0.7%	3619
1500	5.2%	71.0%	20.8%	2.3%	0.6%	3618
1501	9.9%	85.3%	2.7%	0.6%	1.5%	3620
1502	9.9%	84.8%	2.4%	1.0%	1.9%	3620
1600	9.8%	84.9%	2.7%	1.0%	1.5%	3626

Izvor:

<https://labs.ripe.net/Members/emileaben/ripe-atlas-packet-size-matters>

Emile Aben, Philip Homburg, 02 Oct 2013

Podaci iz literature za “podnošljive” vrijednosti kašnjenja i gubitaka za višemedijske primjene

	Video telefonija	JPEG video transmisija
Prosječno kašnjenje	0.25 s	0.2 s
Kolebanje kašnjenja	10 ms	5 ms
Max. BER	0.01	0.1
Max. PER	0.001	0.01

Oznake:

BER - Bit Error Rate

PER - Packet Error Rate

Pregled mehanizama koji omogućuju uvođenje QoS-a u Internet

Načela uvođenja QoS

QoS za umrežene aplikacije

kontrola prihvata

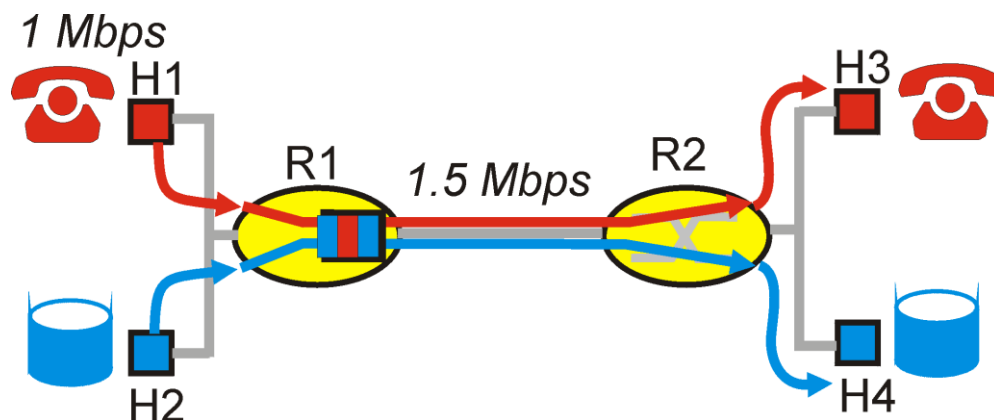
dobra iskorištenost
mrežnih resursa

odvajanje, raspo-
ređivanje i redarstvo

klasifikacija i
označavanje paketa

Načelo 1: klasifikacija i označavanje paketa

- Primjer: 1 Mbps “IP telefon” i FTP dijele 1,5 Mbps link.
 - usnopljeni FTP može zagušiti usmjeritelj i uzrokovati gubitak govornih podataka
 - ideja je dati prednost govoru pred FTP-om

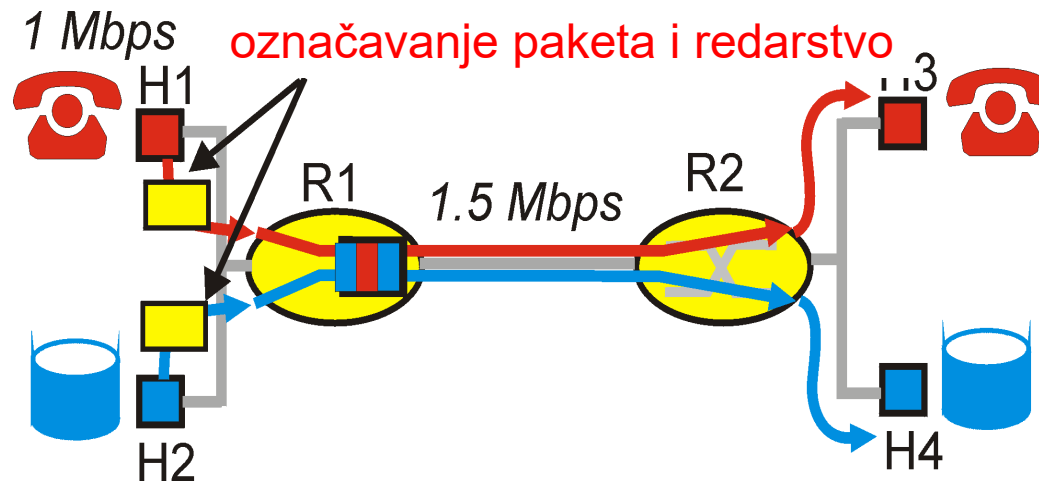


Načelo 1

treba klasificirati, odnosno označiti pakete kako bi usmjeritelj mogao razlikovati pakete koji pripadaju različitim klasama te prilagoditi ponašanje usmjeritelja prema paketima koji zahtijevaju drugačije rukovanje

Načelo 2: odvajanje, raspoređivanje, redarstvo

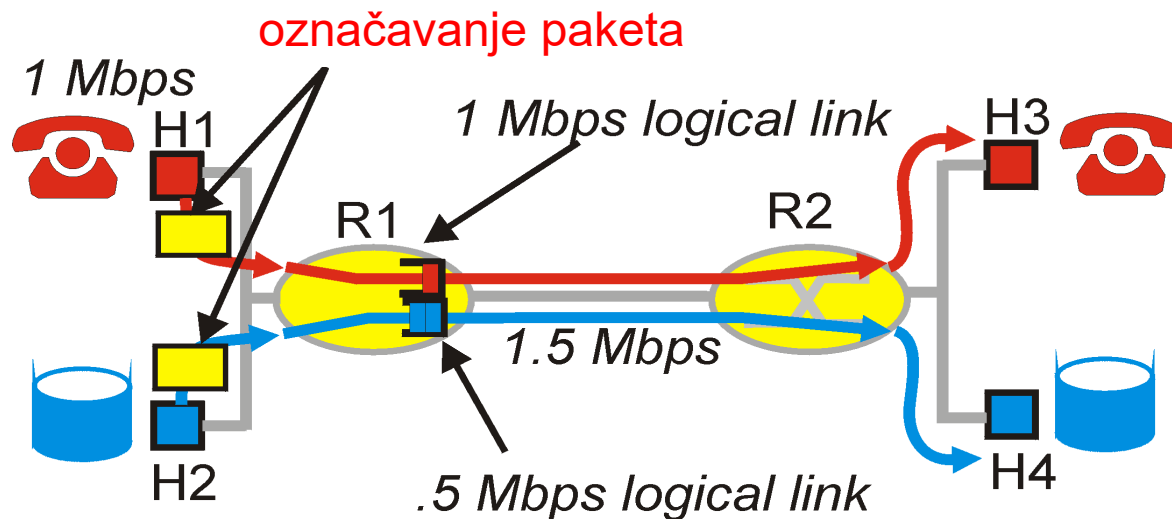
- pitanje: što ako aplikacije “varaju” šaljući većom brzinom od dogovorene/dodijeljene?
 - redarstvo (“policija”, engl. policing): prisiljava izvor da se ponaša u skladu s dodijeljenim kapacitetom
- označavanje i redarstvo na rubu mreže



Načelo 2 —
osigurati zaštitu (odvajanje, izolaciju) jedne klase od ostalih

Načelo 3: dobra iskorištenost mrežnih resursa

- pitanje: kako riješiti neučinkovito korištenje kapaciteta ako tokovi zapravo ne koriste dodijeljene im resurse (slučaj dodjele fiksnih (nedjeljivih) kapaciteta pojedinom toku)?

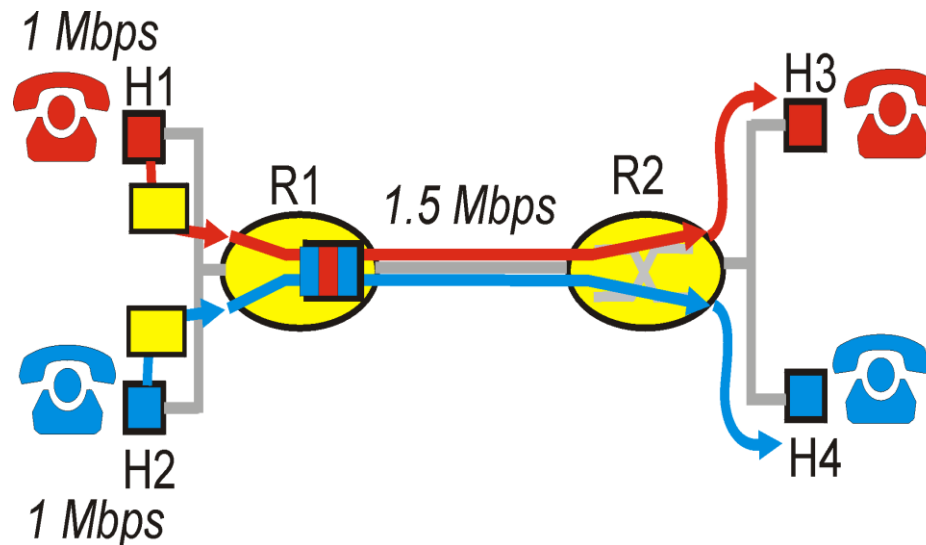


Načelo 3

uz odvajanje, poželjno je što bolje iskorištavanje mrežnih resursa

Načelo 4: kontrola prihvata

- Poštovati fizičko ograničenje: ne može se udovoljiti zahtjevima većim od kapaciteta (ne smije biti $\lambda > \beta$)!

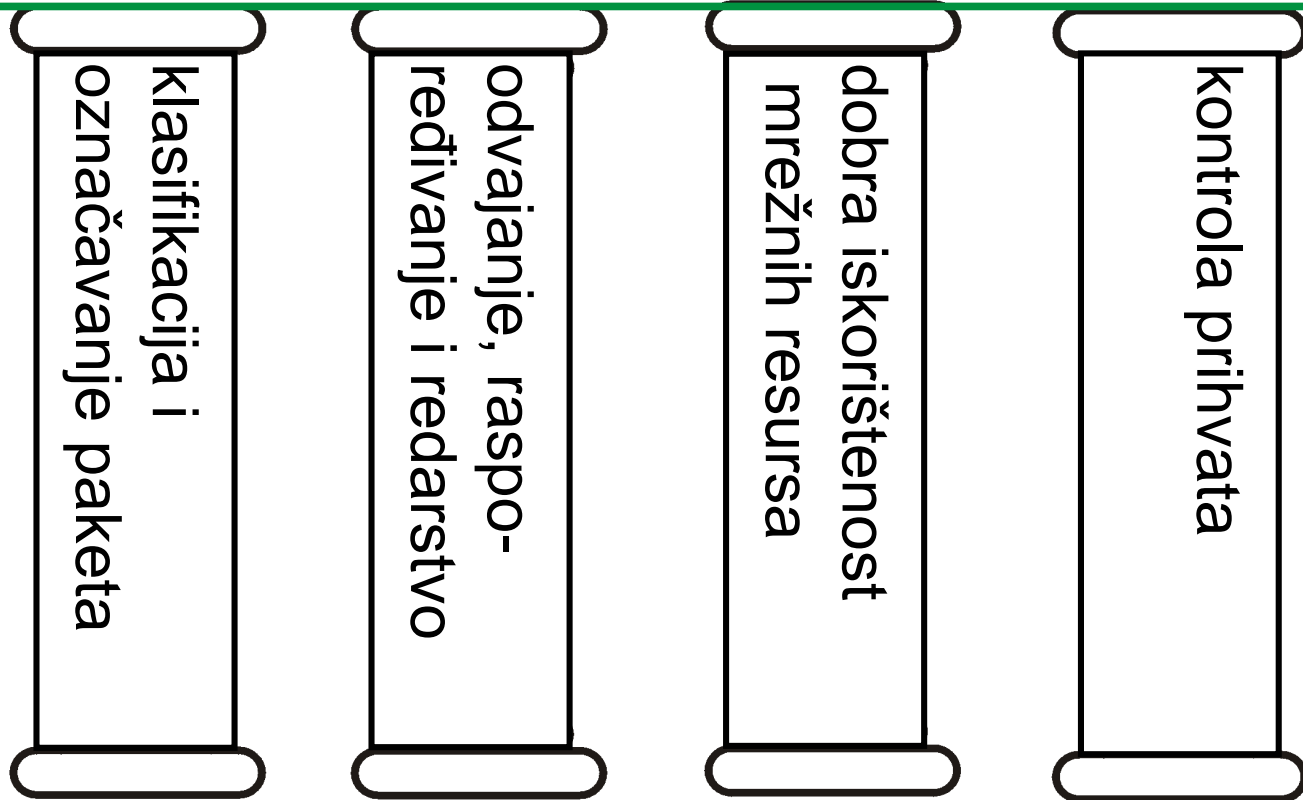


Načelo 4

kontrola prihvata: tok objavljuje svoj prometni zahtjev, a mreža može blokirati poziv ako ga ne može poslužiti

Načela uvođenja QoS

QoS za umrežene aplikacije

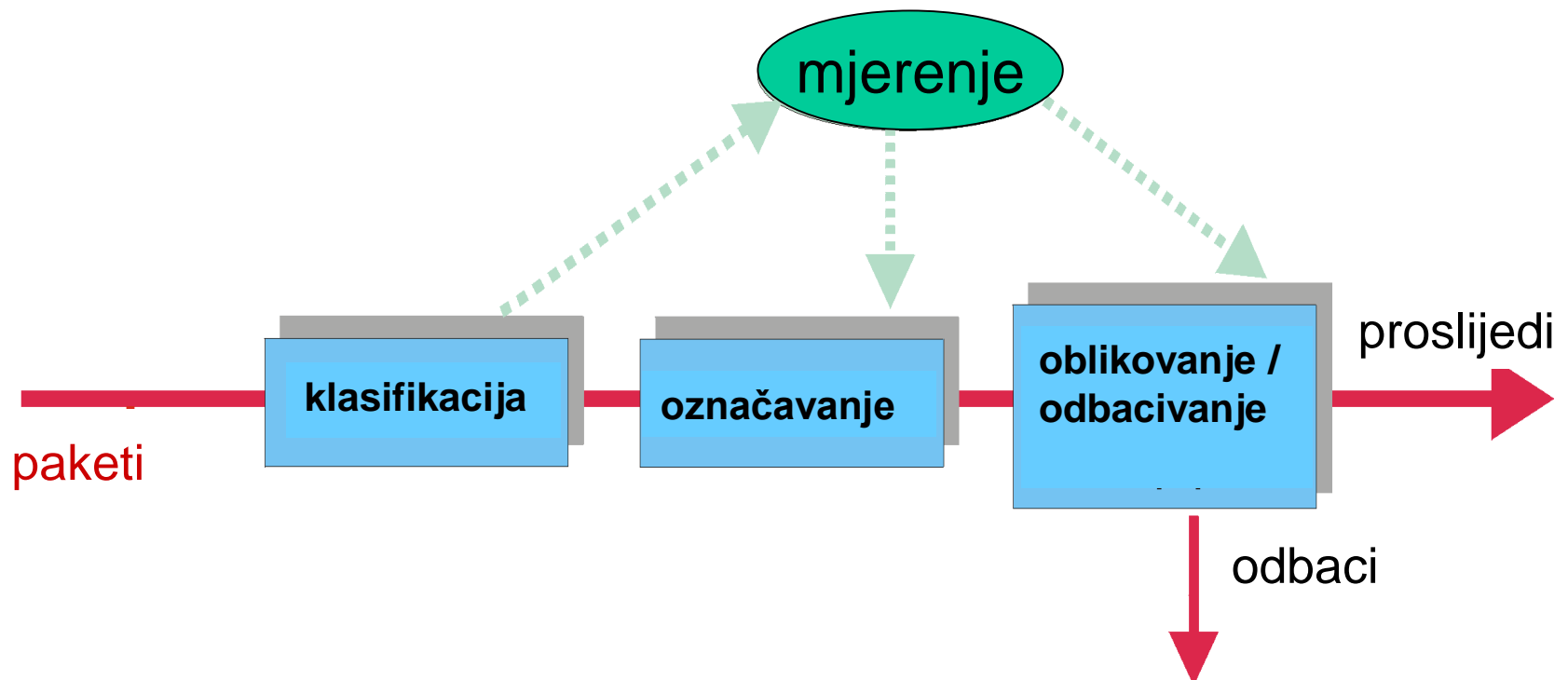


...slijedi pregled mehanizama koji to omogućuju...

Klasifikacija i oblikovanje

ponekad je potrebno ograničiti ulazni promet za neke klase:

- korisnik deklarira profil prometa (npr. brzina, usnopljenost)
- promet se mjeri i preoblikuje ili odbacuje ako ne odgovara deklaraciji

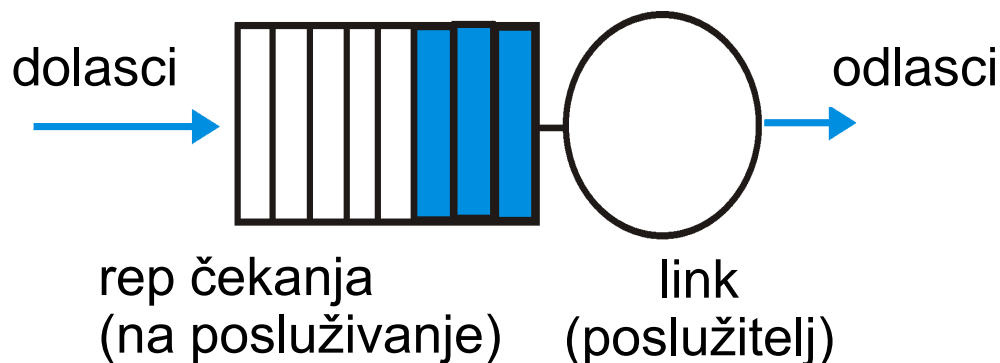


Mehanizmi raspoređivanja i nadgledanja



Zavod za
telekomunikacije

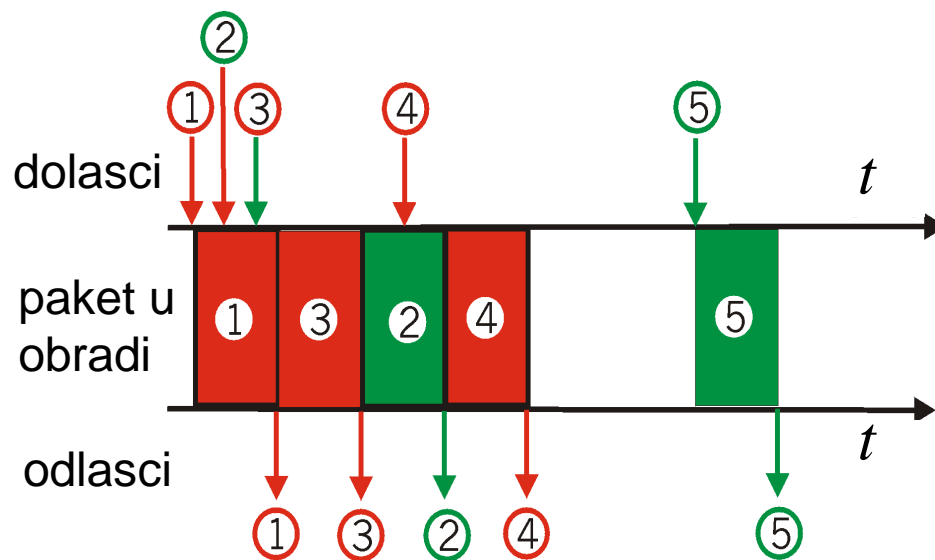
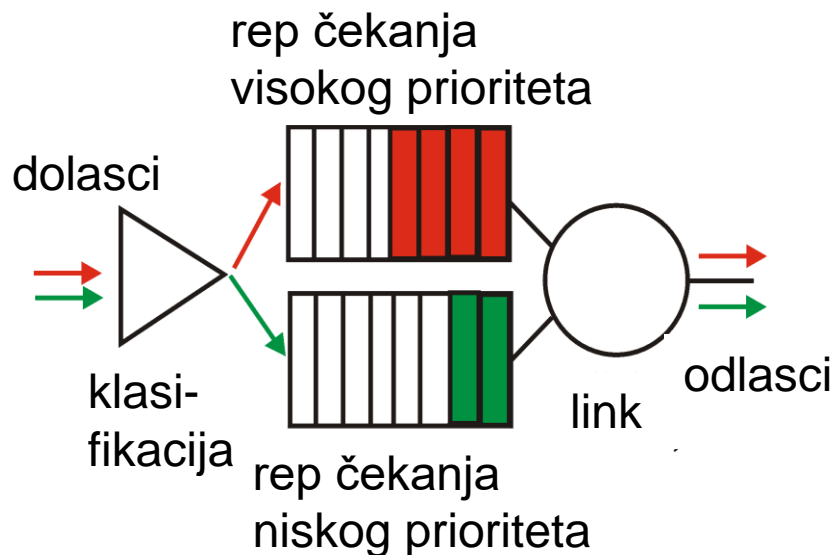
- **raspoređivanje**: određivanje sljedećeg paketa kojeg će se poslati na izlazno sučelje
- **FIFO (first in first out) raspoređivanje**: slanje u redosljedu dolazaka, odn. ulaska u rep čekanja
 - **politika odbacivanja**: ako paket dolazi u već puni rep – kojeg odbaciti?
 - odbacivanje zadnjeg (engl. *tail drop*): odbaci novopridošli paket
 - prioritet: odbaci/obriši na osnovi prioriteta
 - slučajno: odbaci/obriši slučajnim odabirom



Raspoređivanje po prioritetima

Prioritetno raspoređivanje: šalje se onaj paket iz repa čekanja koji ima najviši prioritet

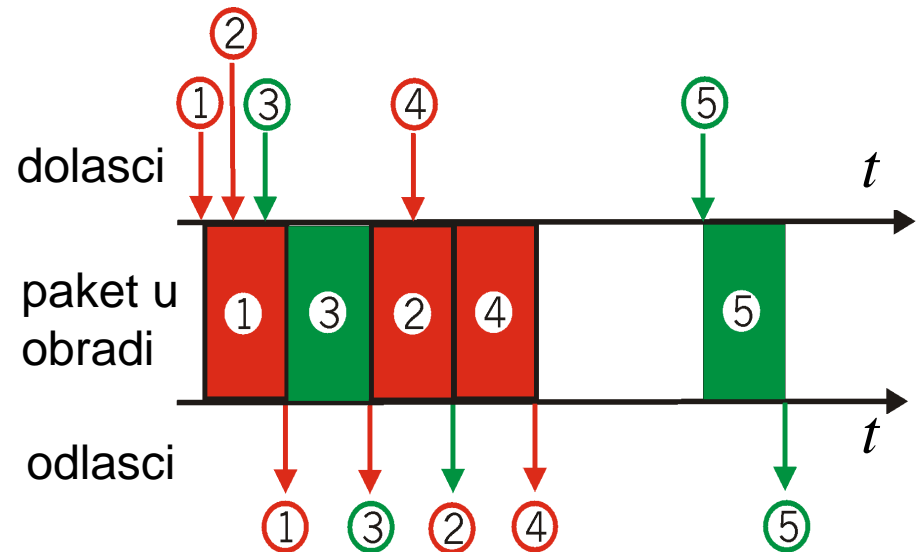
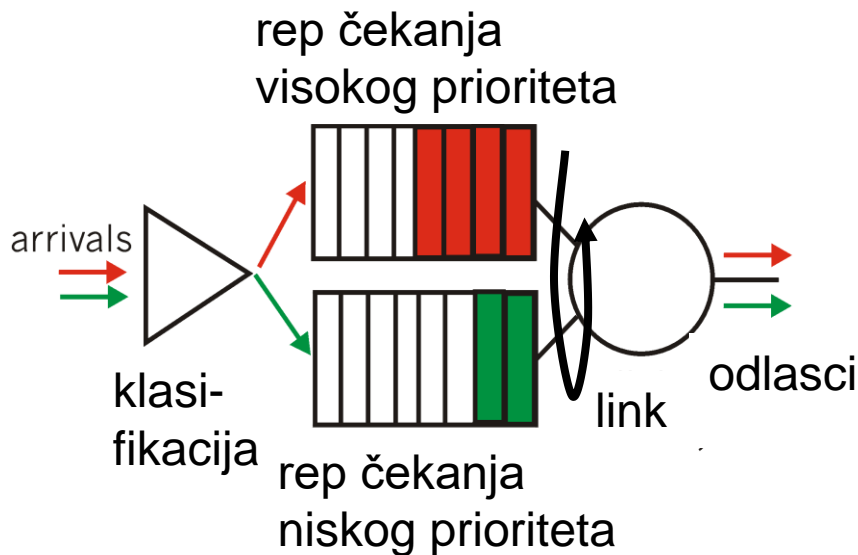
- više *klasa*, s različitim prioritetima
 - klasa može ovisiti o oznaci u paketu ili drugim podacima u zaglavlju paketa (npr. IP izvorišna i odredišna adresa i portovi i sl.)



Raspoređivanje unaokolo

Raspoređivanje unaokolo (engl. round robin):

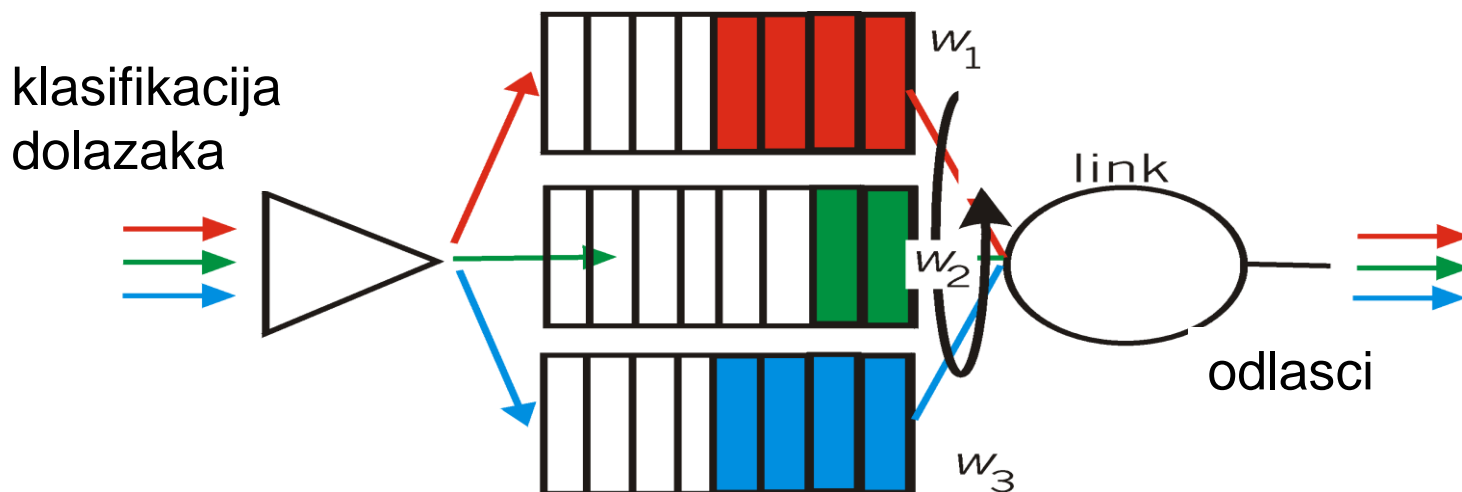
- više “klasa” (diffserv klase, tokovi, ...)
- ciklički obilazak repova po klasama, posluživanje po jednog paketa iz svake klase redom



Težinski pravedno raspoređivanje

Težinski pravedno raspoređivanje (Weighted Fair Queuing, WFQ):

- generalizacija posluživanja unaokolo
- svaka klasa dobiva težinski faktor i prema njemu primjerenu količinu posluživanja u svakom ciklusu



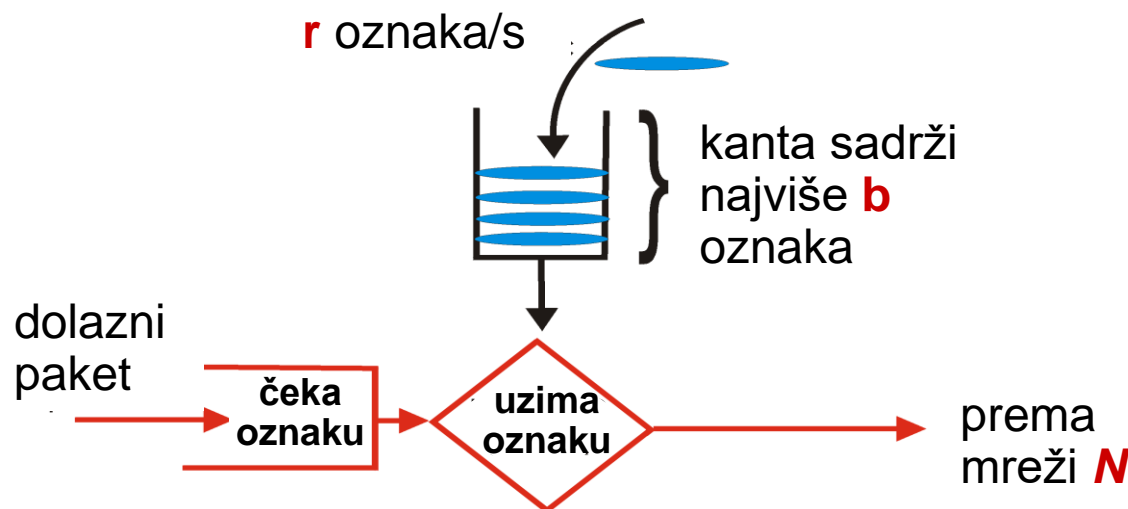
- Cilj: ograničiti promet kako ne bi prekoračio deklarirane parametre
- Tri često korištena kriterija:
 - **(Dugotrajna) srednja brzina**: koliko paketa se smije poslati u jedinici vremena (promatrano u dužem roku)
 - pitanje duljine intervala: 100 paketa u sekundi ili 6000 paketa u minuti imaju istu srednju vrijednost!
 - **Vršna brzina**: npr. 6000 paketa u minuti (ppm) srednja brzina, 15000 ppm vršna brzina
 - **Max. veličina snopa** (engl. *burst size*): max. broj paketa poslanih zaredom (bez razmaka)

Redarstveni mehanizmi: Token bucket



Zavod za
telekomunikacije

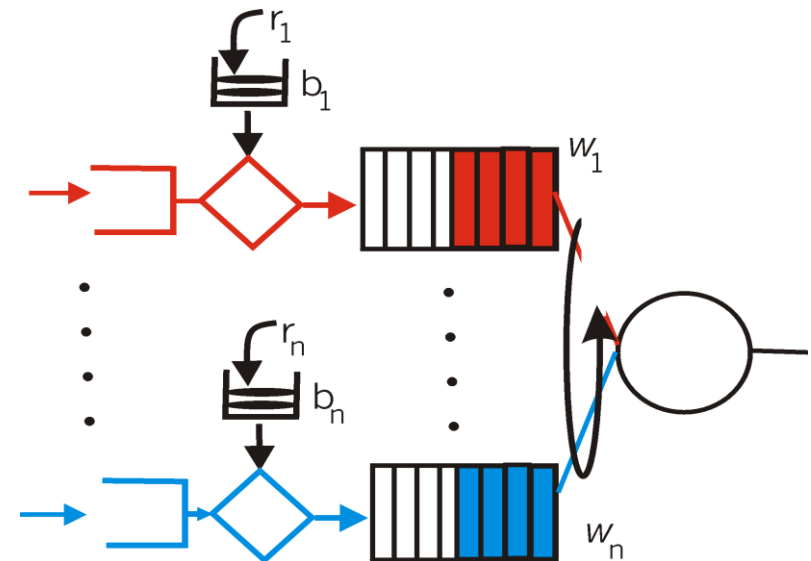
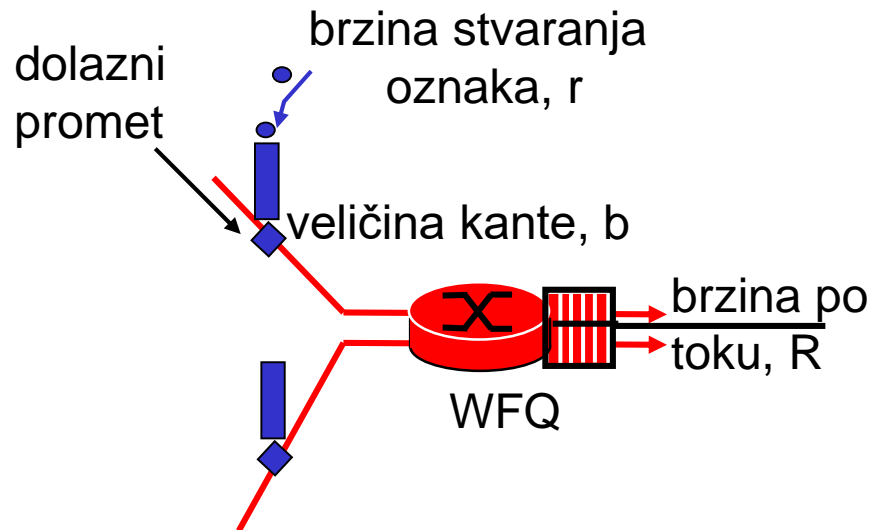
Kanta s oznakama (Token Bucket): ograničava ulaz na specificiranu veličinu snopa i srednju vrijednost



- ♦ "kanta" drži b oznaka
- ♦ oznake se generiraju brzinom r oznaka/s, osim ako je kanta puna
- ♦ u vremenskom intervalu duljine t , broj prihvaćenih paketa $N \leq (r t + b)$.

Postizanje garantiranog QoS-a

- token bucket* i WFQ u kombinaciji daju garantiranu gornju granicu kašnjenja, tj. **garantirani QoS!**



gornja granica kašnjenja:

$$D_{\max} = b/R$$

- Integrirane usluge
(Integrated Services, IntServ)
- Diferencirane usluge
(Differentiated Services, DiffServ)

- **Integrirane usluge**

- ideja: IP za podršku usluga u stvarnom vremenu (*real-time*) kao i dosadašnjih (*non-real-time*) usluga
- usmjeritelji pružaju uslugu za **tok** (*flow*), odn. niz paketa između aplikacija pošiljatelja i (jednog ili više) primatelja
- ključni pojam: *rezervacija* resursa

- **Diferencirane usluge**

- ideja: promatraju se **agregirani tokovi** ili **klase usluga**, a s paketima se u svakom usmjeritelju postupa prema obrascu *ponašanja za klasu* kojoj paketi pripadaju
- u odnosu na integrirane usluge, postiže se bolja prilagodljivost veličini jer se klasifikacija paketa provodi samo na “rubu mreže”
- ključni pojam: *prioritet* klase

Integrirane usluge

- definirane su dvije vrste usluga, usmjerene prema stvarno-vremenskim primjenama:
 - **usluga kontroliranog opterećenja** (*controlled load*)
 - tok podataka ima kvalitetu usluge kakvu bi imao pri malom opterećenju mreže u *best-effort* slučaju
 - **garantirana** (*guaranteed*)
 - garantirano kašnjenje (u matematički dokazivim granicama) zbog čekanja u usmjeriteljima i garantirana propusnost s kraja na kraj
- koristi se kontrola prihvata i rezervacija
- u pristupu integriranih usluga, za rezervaciju služi **Resource Reservation Protocol** (RSVP)

Resource Reservation Protocol



Zavod za
telekomunikacije

- RSVP je signalizacijski protokol koji vrši **rezervaciju resursa**, bez uspostave veze
- za promet koji zahtijeva uslugu, rezervacija se vrši za pojedinačni **tok** (*flow*)
- RSVP može raditi i s **IPv4** i **IPv6**, a primjenjiv je kako za pojedinačno, tako i za višeodredišno razašiljanje (*multicast*)
- resursi se rezerviraju za svaki tok za koji se zahtijeva QoS u svakom mrežnom elementu (svakom usmjeritelju) na putu od izvora do odredišta

Postupak rezervacije



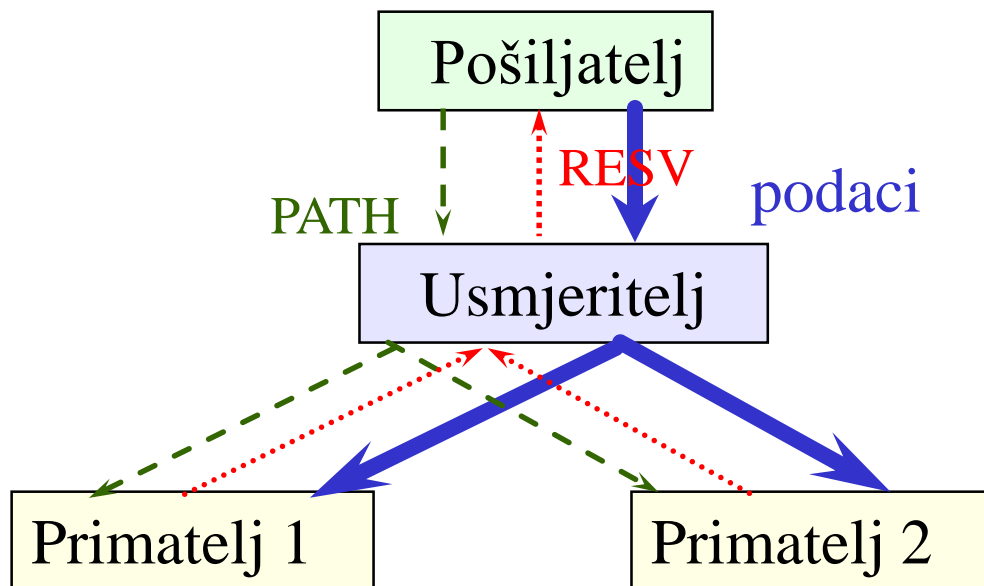
Zavod za
telekomunikacije

- pošiljatelj (izvor toka) opisuje svojstva prometa
- primatelj traži željeni QoS od mreže za tok(ove) od nekog izvora
- rezervacijske poruke uvijek putuju prema pošiljatelju, odn. izvoru toka
- zadaće svakog mrežnog elementa:
 - rezervacija potrebnih resursa
 - proslijeđivanje zahtjeva “uzvodno” (prema pošiljatelju)
- *soft state* - stanje rezervacija po putu se osvježuje periodičkim rezervacijskim porukama

- specifikacija toka (*flowspec*)
 - izbor usluge (*kontrolirano opterećenje* ili *garantirana*)
 - specifikacija prometa, **Tspec**, sadrži opis prometnih karakteristika
 - specifikacija zahtjeva, **Rspec**, sadrži željenu razinu kvalitete usluge za odabranu uslugu (po potrebi)
- specifikacija filtera (*filterspec*)
 - sadrži opis toka, odn. paketa za koje se traži rukovanje prema specifikaciji
 - razni načini, najjednostavniji: IP adresa i UDP/TCP port

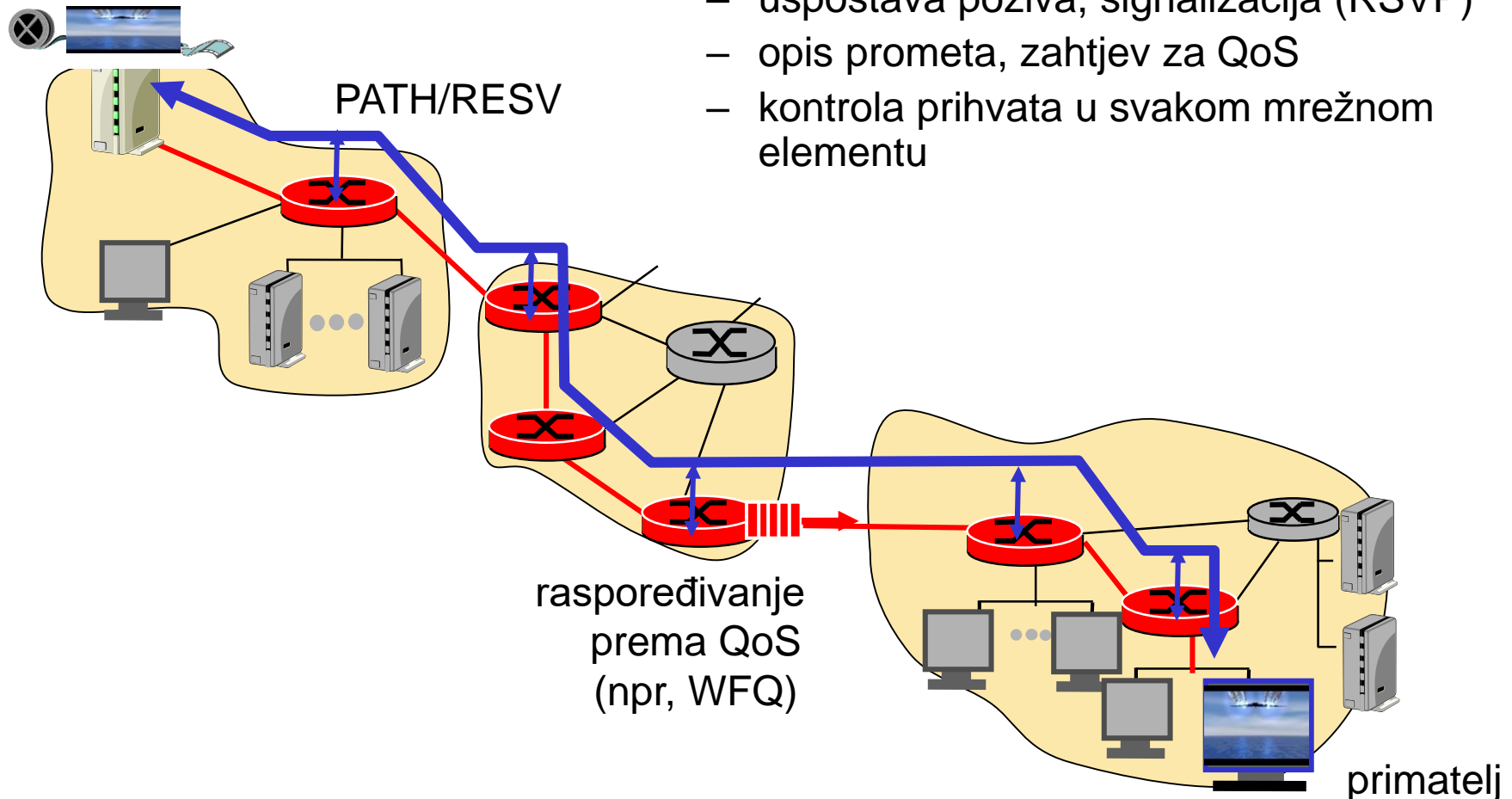
RSVP poruke

- ♦ RSVP koristi dvije vrste poruka:
 - **PATH** poruke, za uspostavu staze
 - **RESV** poruke, za rezervaciju duž staze

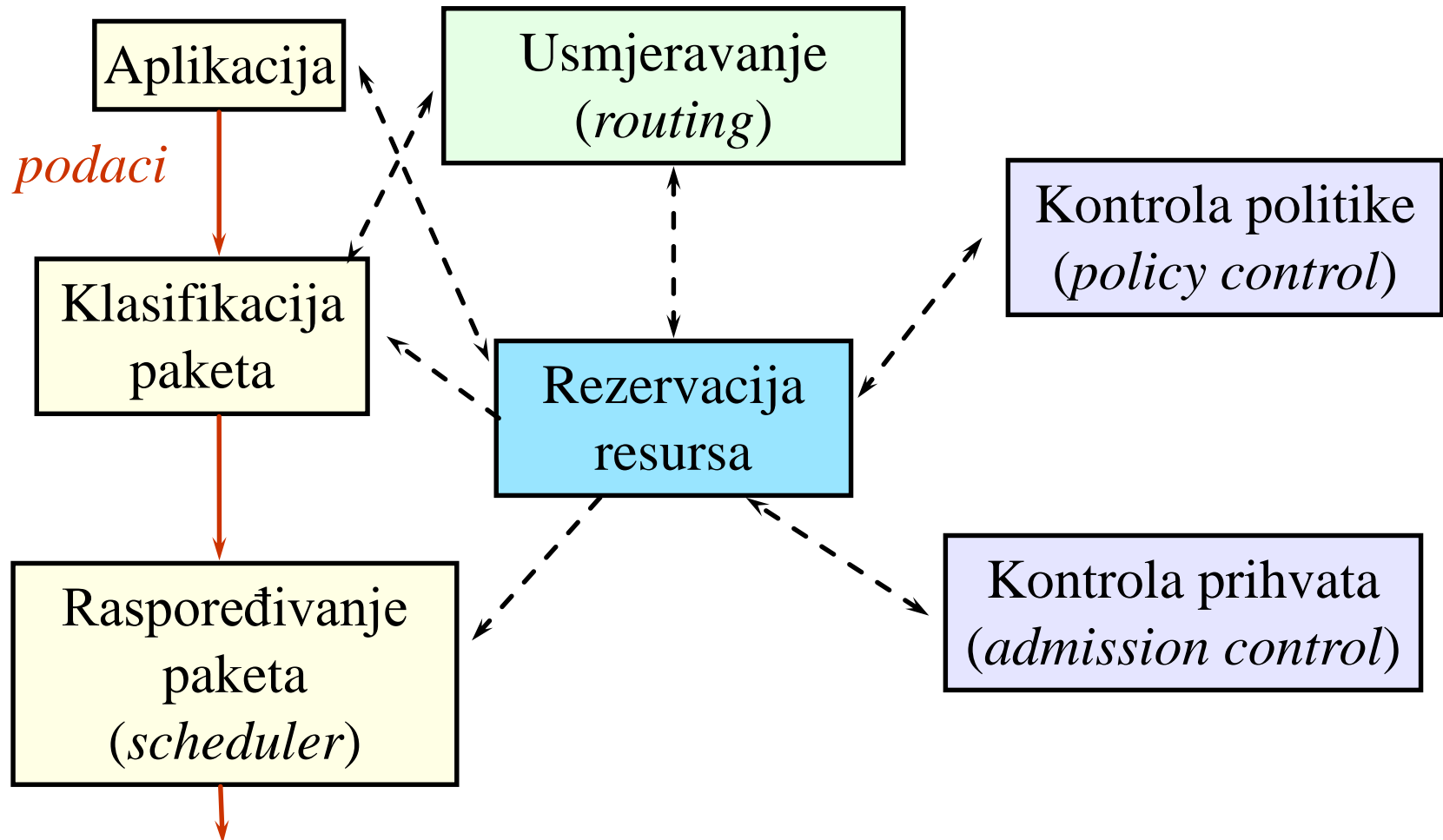


Postupak rezervacije

pošiljatelj (izvor)

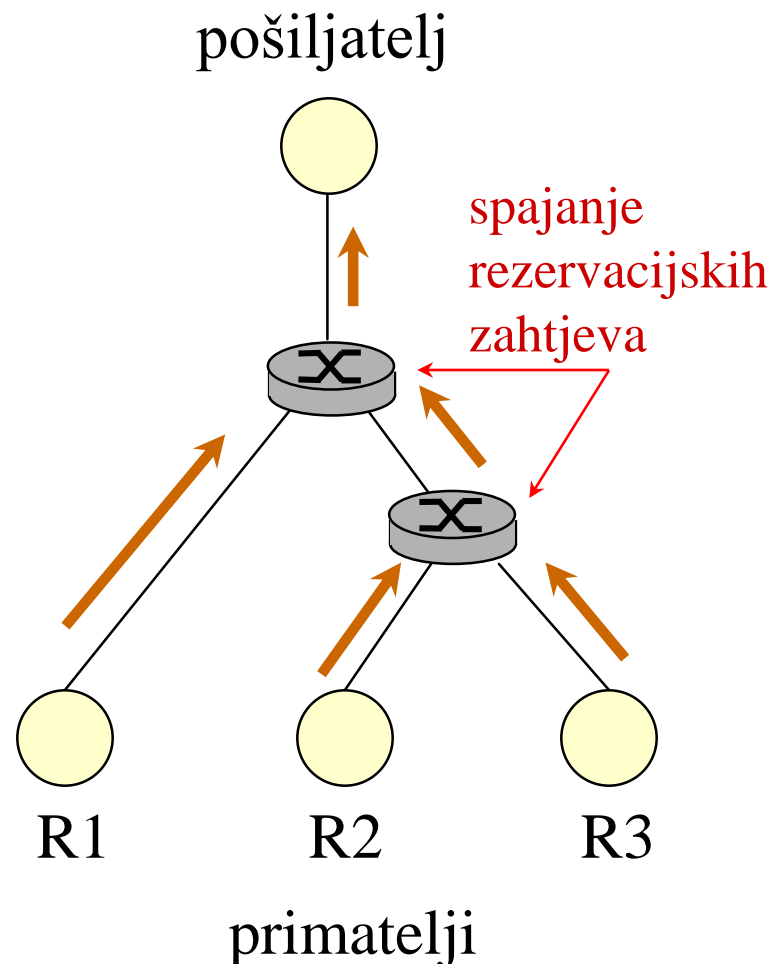


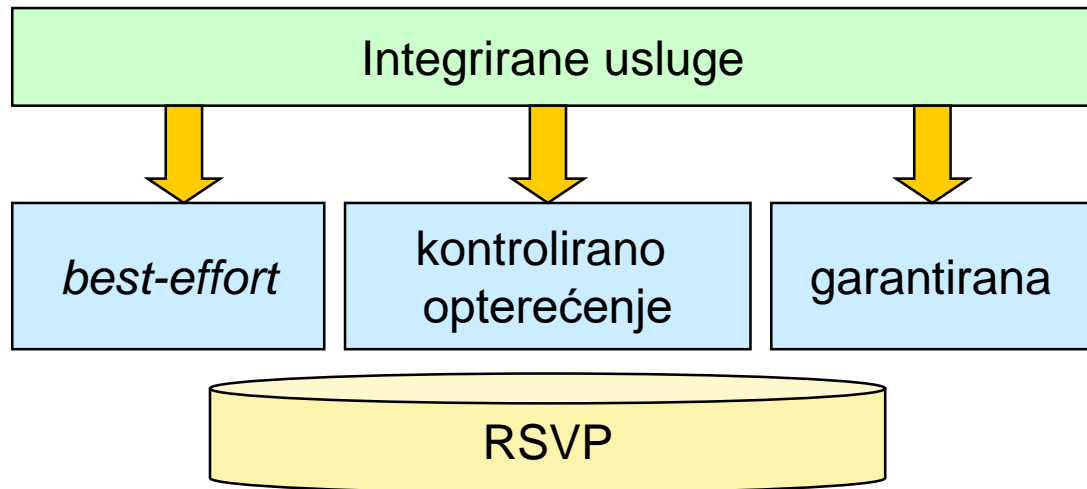
Izvedba mrežnog elementa



RSVP i višeodredišno razašiljanje

- slučaj s više odredišta - svaki primatelj šalje svoje rezervacijske zahtjeve
- rezervacijski zahtjevi se spajaju kako putuju uz stablo višeodredišnog usmjeravanja
- rezervacija temeljena na primatelju (*receiver-based reservation*) dobro se prilagođuje različitoj veličini skupine (scalability)





- pristup zasnovan na **rezervaciji**
- aplikacije signaliziraju mreži svoje zahtjeve na QoS koristeći Resource Reservation Protocol (**RSVP**)
- svaki mrežni element (usmjeritelj) na putu od izvora do odredišta određuje može li prihvatiti zahtjev ili ne, i, ako mreža prihvati novi tok (promatrane aplikacije), mrežni resursi se **rezerviraju za taj tok** po cijeloj stazi s kraja na kraj

- + najveća prednost su rezervacije “po mjeri”,
odn. prema prometnim svojstvima toka
- + ostale prednosti:
 - pouzdanost rezervacije
 - prilagodljivost rezervacije
 - moguća dinamička promjena puta kojim tok putuje
i promjena rezervacije
 - pogodan za višeodredišne, heterogene skupine
- - najvažniji nedostatak je složenost i
overhead zbog obrade u svakom usmjeritelju
i za svaki tok pojedinačno

Diferencirane usluge

Diferencirane usluge



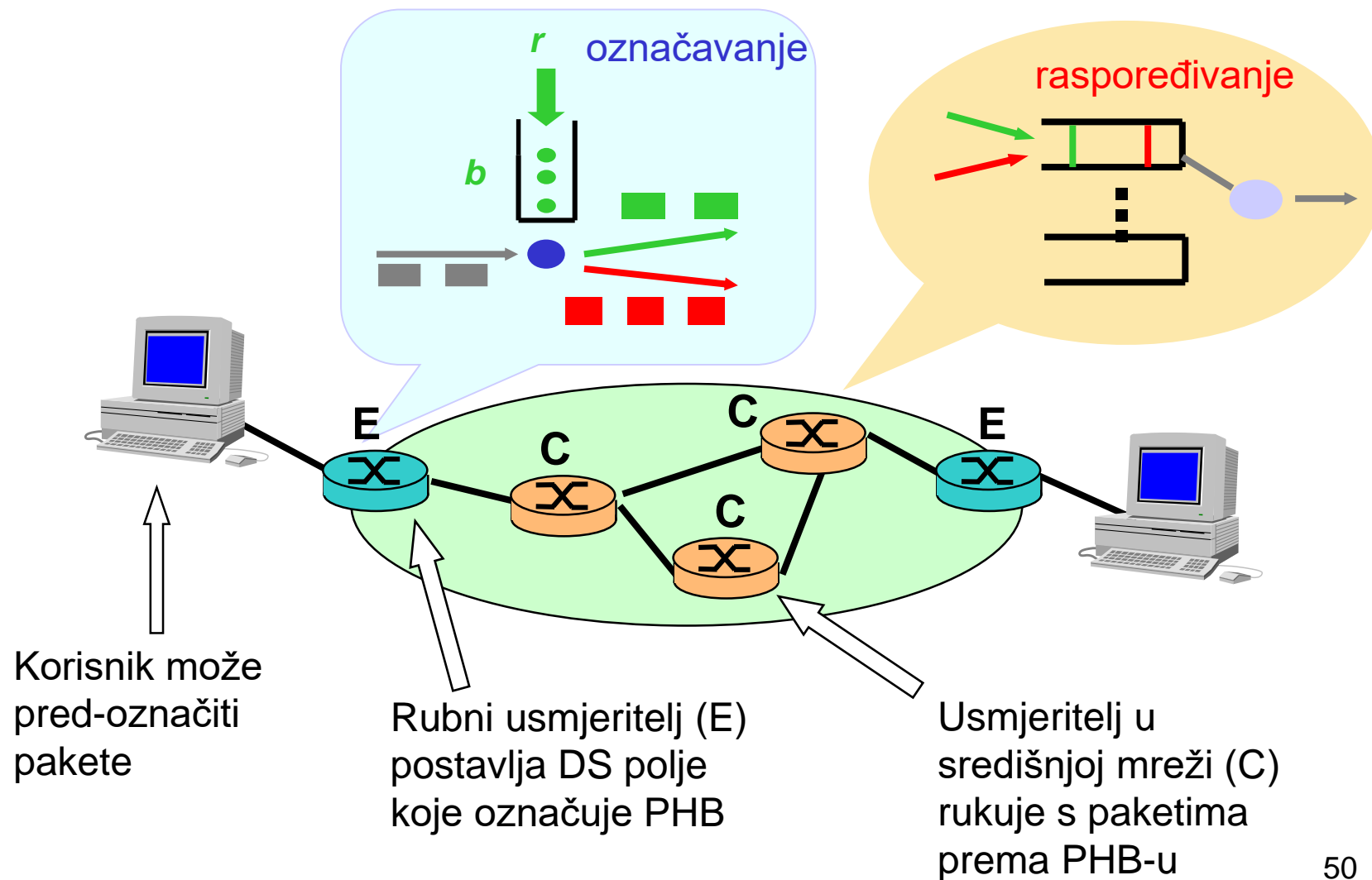
Zavod za
telekomunikacije

- klasificiraju se agregatni (objedinjeni) tokovi
- usmjeritelj na rubu mreže klasificira ulazni promet
- ponašanje unutar mreže propisuje se za klase prometa s različitim **prioritetima**
- u svakom usmjeritelju, s paketima se postupa prema zadanom ponašanju za klasu kojoj pripadaju ("per-hop behavior", **PHB**).
- nema obrade po toku, tj. svakog paketa u svakom usmjeritelju
- politika korištenja usluge i prometni profil uključeni su u ugovor o razini usluge (Service Level Agreement)

Arhitektura DiffServ mreže



Zavod za
telekomunikacije

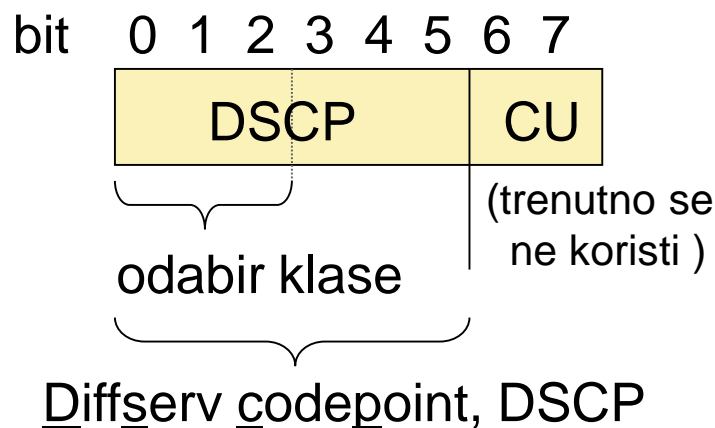


Označavanje paketa (1)



Zavod za
telekomunikacije

- oznaka u paketu (DSCP) definira postupak s paketom u usmjeritelju (*per-hop-behavior, PHB*)
- u svakom usmjeritelju, s paketima se postupa prema zadanom ponašanju za klasu kojoj pripadaju ("*per-hop behavior*", *PHB*).
- dva definirana PHB su:
 - ubrzano prosljeđivanje (*Expedited Forwarding*)
 - osigurano prosljeđivanje (*Assured Forwarding*)



"best-effort" koristi
DSCP 000000

Označavanje paketa (2)



Zavod za
telekomunikacije

- za IPv4 koristi se *Type of Service (TOS)* polje u zaglavlju IP datagrama
- ♦ za IPv6 koristi se *Traffic Class* polje u zaglavlju IPv6 datagrama

0		8		16		24	
Ver.	Len.	TOS		total length			
identification				flag	fragment offset		
TTL		protocol		checksum			
source IP address							
destination IP address							

0	8	16	24
Ver.	traffic class	flow label	
payload length		next Hdr.	hop limit
source IP address			
destination IP address			

Ubrzano prosljeđivanje (*Expedited Forwarding*)



Zavod za
telekomunikacije

- jedinstvena oznaka (*codepoint*)
 - preporučena vrijednost 101110
- osigurava EF paketima nisko kašnjenje i kolebanje kašnjenja i male gubitke
- suma brzina primljenih paketa na ulazu u čvor ne smije biti veća od minimalne brzine transmisije na izlazu → nema gomilanja!
- usluga garantira minimalnu vrijednost propusnosti za AF pakete
- promet koji se ne drži profila se pred-označava kao best effort

Osigurano prosljeđivanje (*Assured Forwarding*)



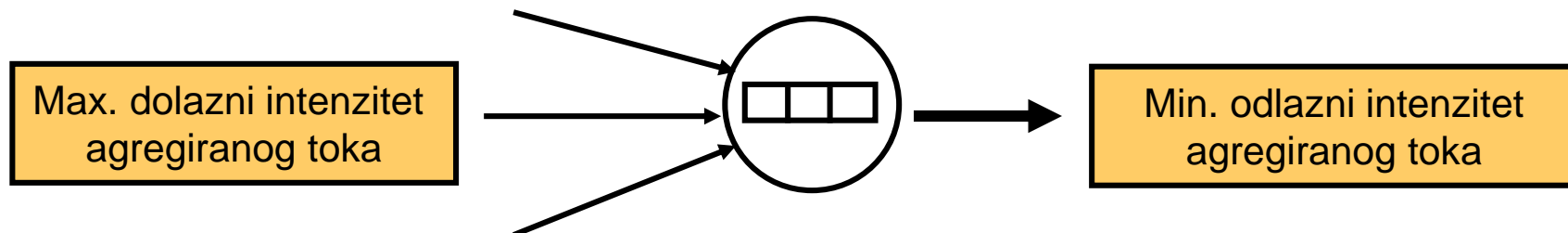
Zavod za
telekomunikacije

- četiri klase i tri prioriteta odbacivanja (dvanaest oznaka)
- promet koji se ne drži profila se prosljeđuje s nešto nižom vjerojatnošću od onoga koji se drži profila, ali se ne odbacuje

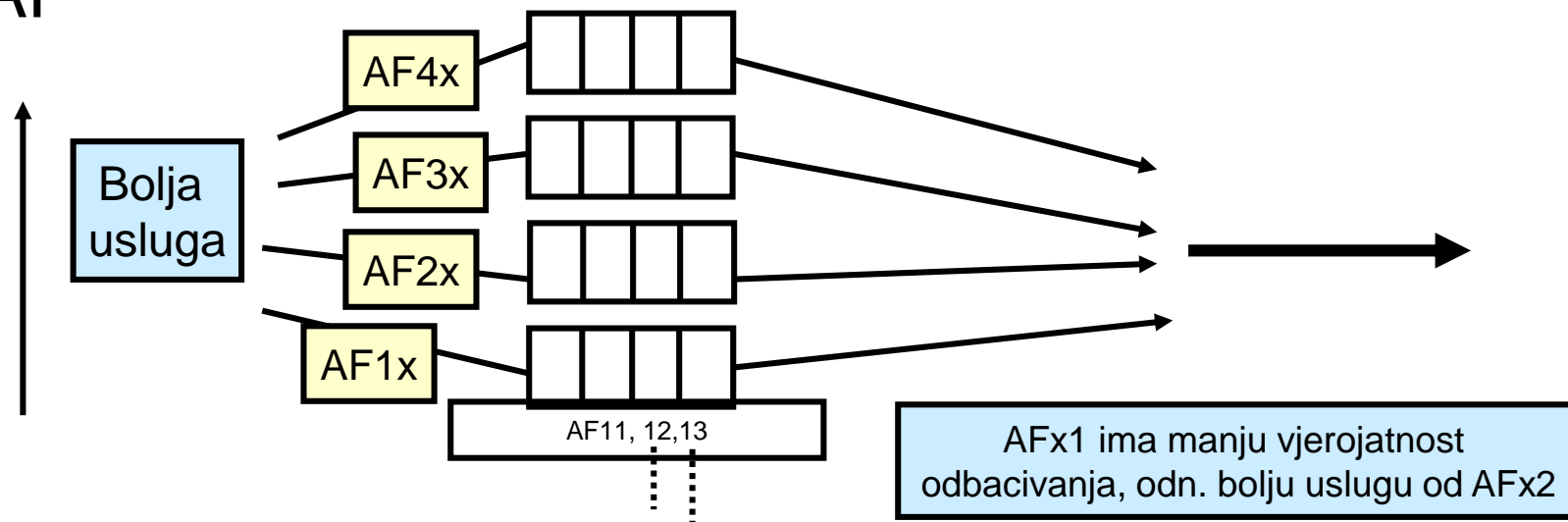
Klasa prosljeđivanja Prioritet odbacivanja	Klasa AF1	Klasa AF2	Klasa AF3	Klasa AF4
Nizak	001010	010010	011010	100010
Srednji	001100	010100	011100	100100
Visok	001110	010110	011110	100110

Ponašanje prema skoku

- EF

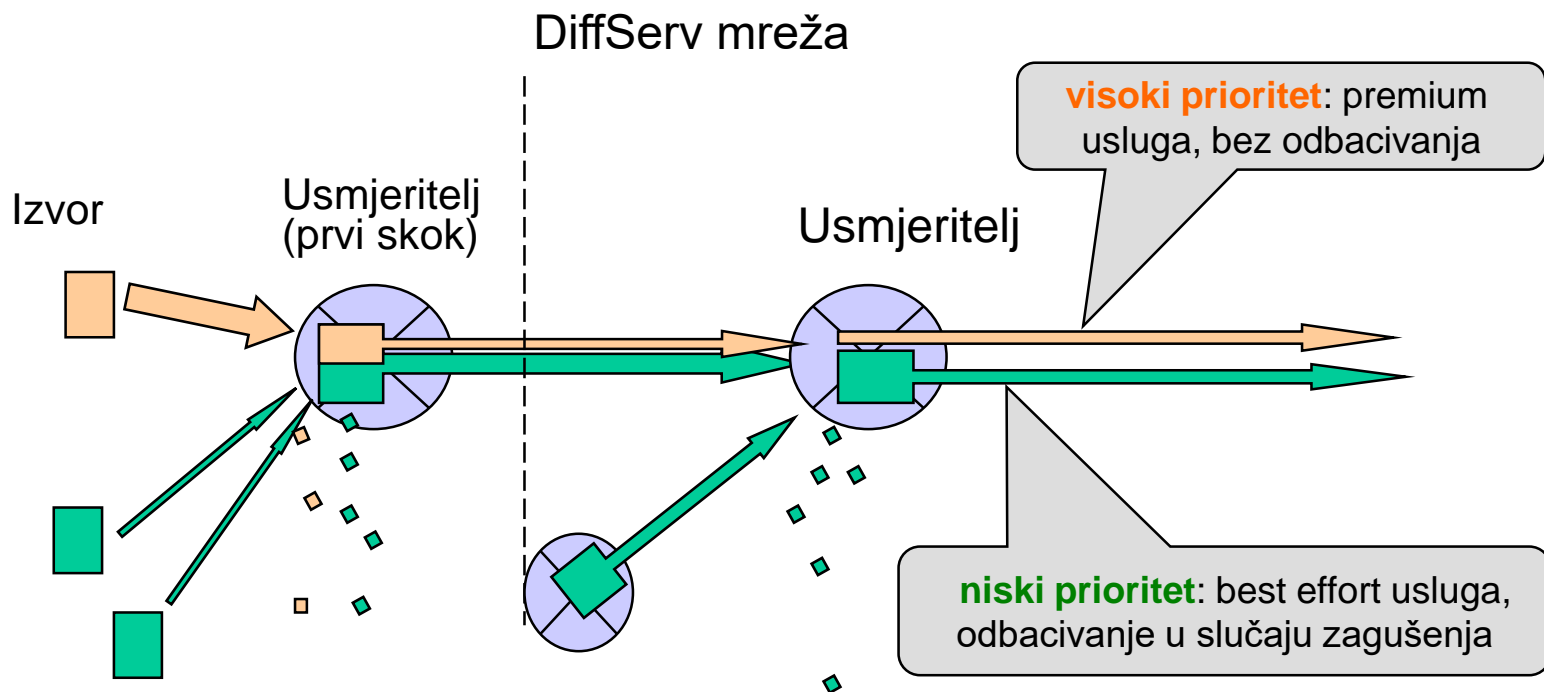


- ♦ AF



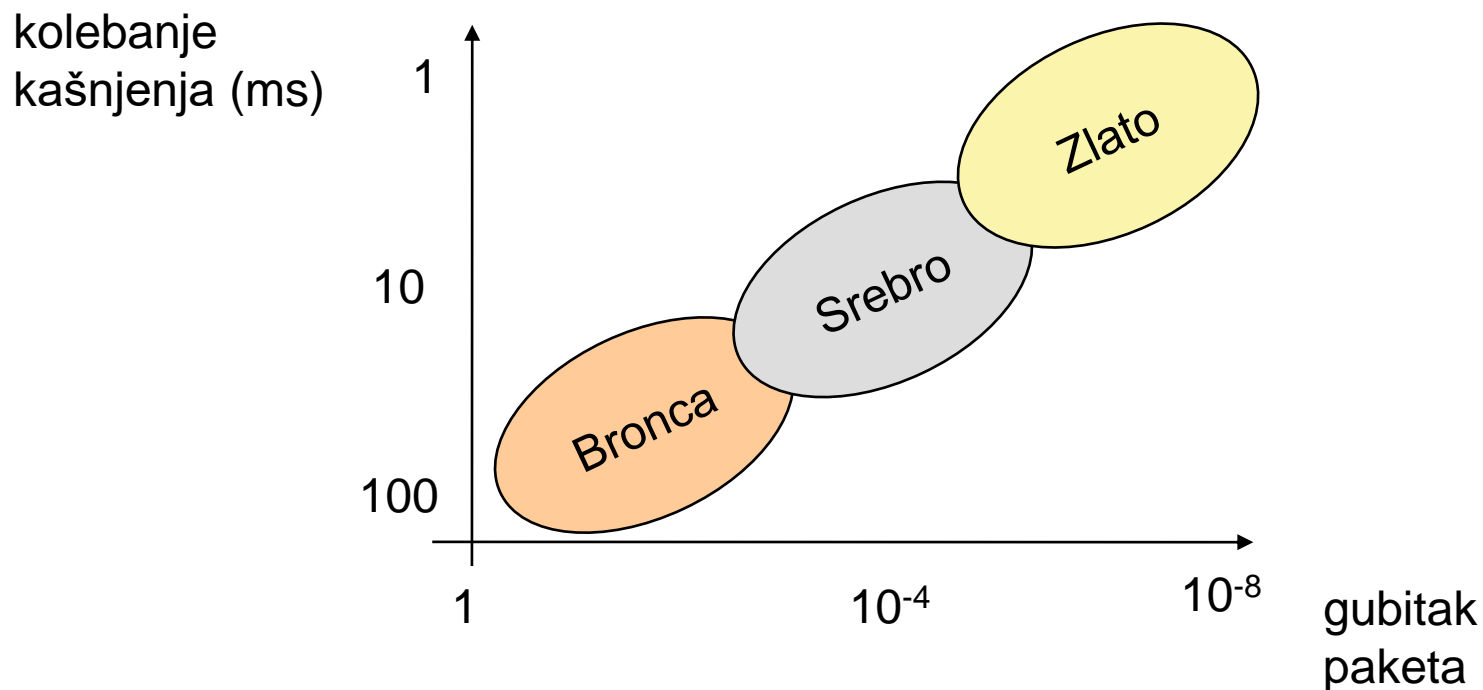
Primjeri usluga (1)

- Usluga virtualne iznajmljene linije
 - usluga virtualne iznajmljene linije, poznata i kao “Premium service”, kvantificira se vršnom propusnošću
 - može se izvesti pomoću **EF PHB**



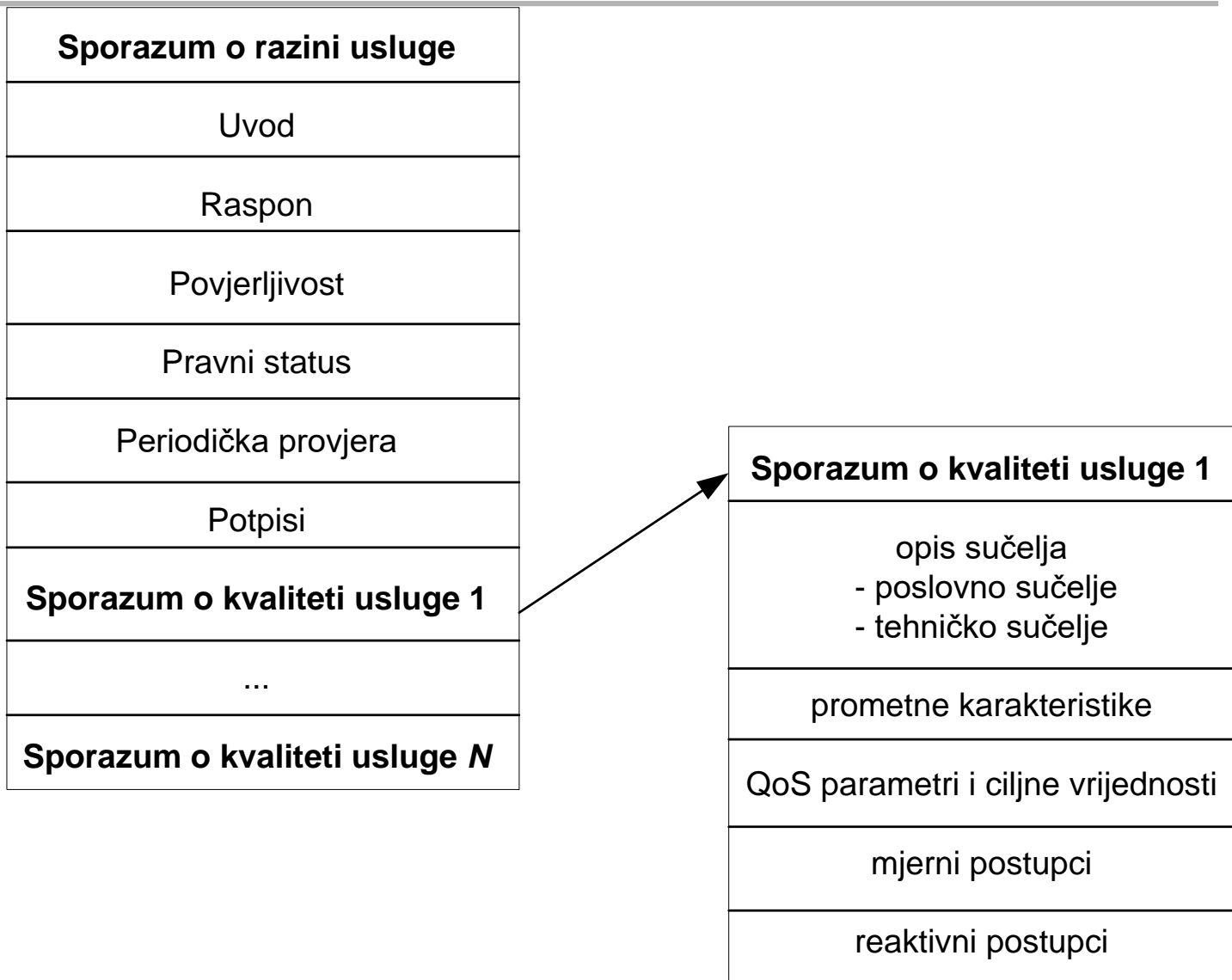
Primjeri usluga (2)

- “Olimpijske usluge”
 - tri klase usluga: zlatna, srebrna, brončana
 - mogu se izvesti pomoću **AF PHB**



- *Service Level Agreement* (SLA) je ugovor kojeg potpisuju pružatelj internetske usluge i korisnik usluge
 - SLA opisuje i tehničke i administrativne parametre vezane uz uslugu koju korisnik prima
 - *Service Level Specification* (SLS) je skup parametara i njihovih vrijednosti koji zajednički opisuju uslugu koju prometni tok dobiva unutar DiffServ domene.
 - *Traffic Conditioning Specification* (TCS) je skup parametara i njihovih vrijednosti koji zajednički opisuju skup pravila klasifikatora u prometni profil. TCS je integralni dio SLS-a.

Generička struktura SLA, ITU-T E.860



Primjer SLA za uslugu VPN

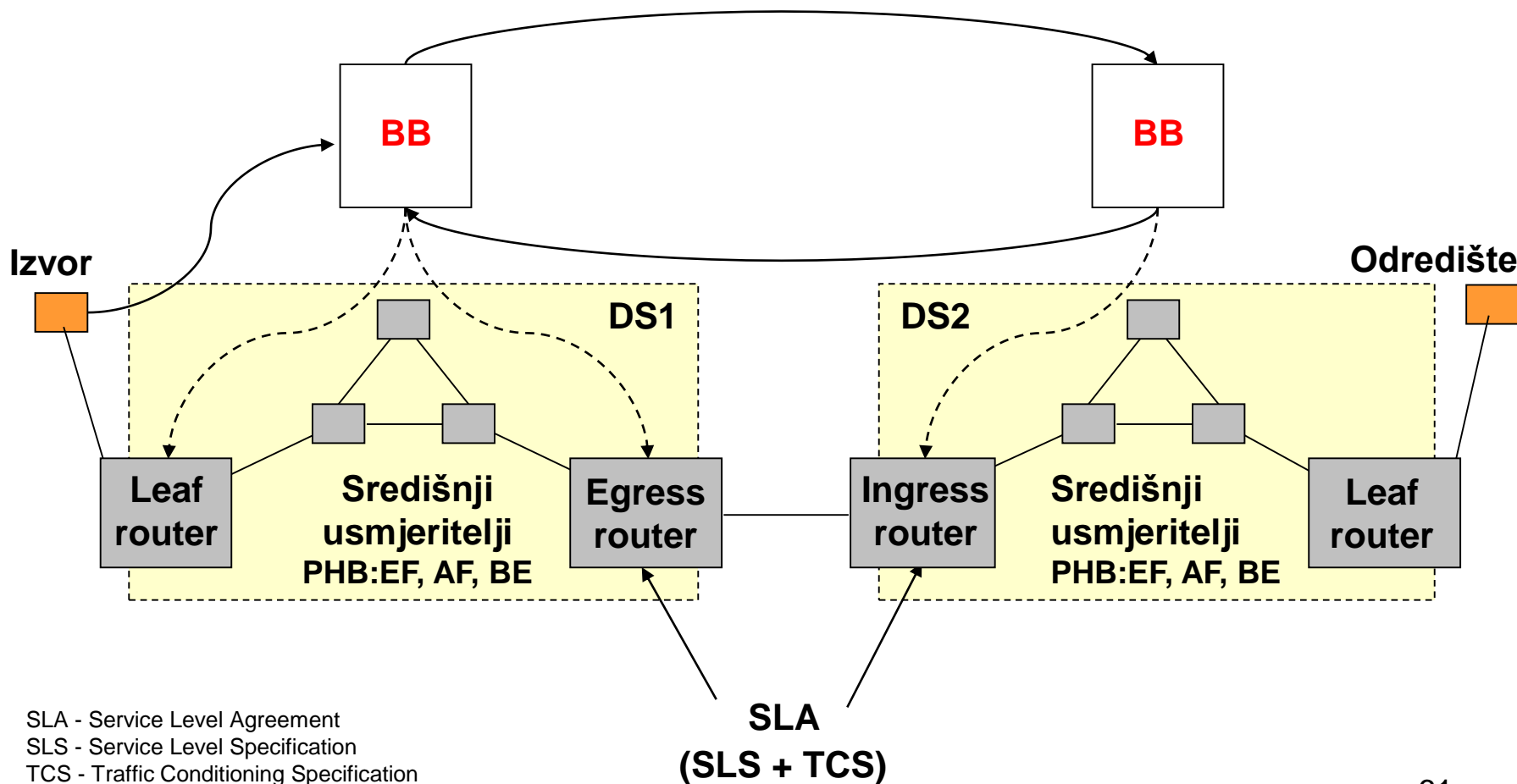


Zavod za
telekomunikacije

Sučelja - poslovno - tehničko	Mjesto izvještavanja – Web stranica	
	SAP – IP adresa, port, broj telefona modemskog ulaza	
	Protokoli – IPv4, BGP4, SNMPv3	
Karakteristike prometa	Propusnost 8-19 h	384 kbit/s
	Propusnost 19-8h	128 kbit/s
Parametri kvalitete usluge i ciljne vrijednosti	Raspoloživost	99 %
	Gubici	max. 5 %
	Vrijeme uspostave veze	max. 2 s
Mjerni postupci	Mjerne točke	- ulazni usmjeritelj
	Mjerne metode	- aktivne probe
	Alati	- ping, traceroute
	Granularnost	- 10 minuta
Reaktivni postupci	Popust	- ako davatelj usluge smanji raspoloživost, npr. ukoliko usluga nije raspoloživa između 1 h i 4 h, korisnik dobiva 1 besplatni dan korištenja
	Preoblikovanje prometa Alarm Upozorenje Aktiviranje politike	- ako korisnikov promet premaši 1 Mbit/s na ulaznom usmjeritelju, promet se odbacuje

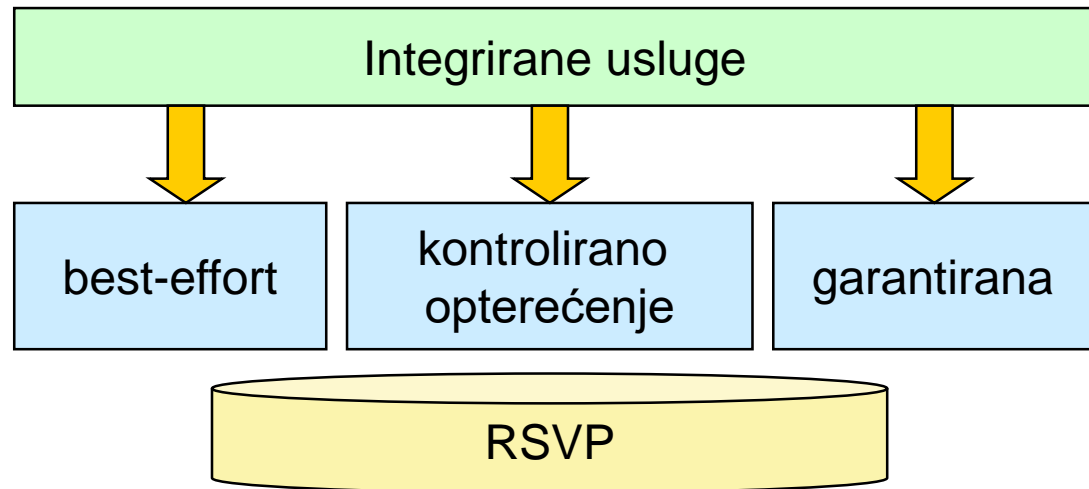
DiffServ arhitektura s više mreža

- BB – bandwidth broker – dogovor između DS mreža (domena)



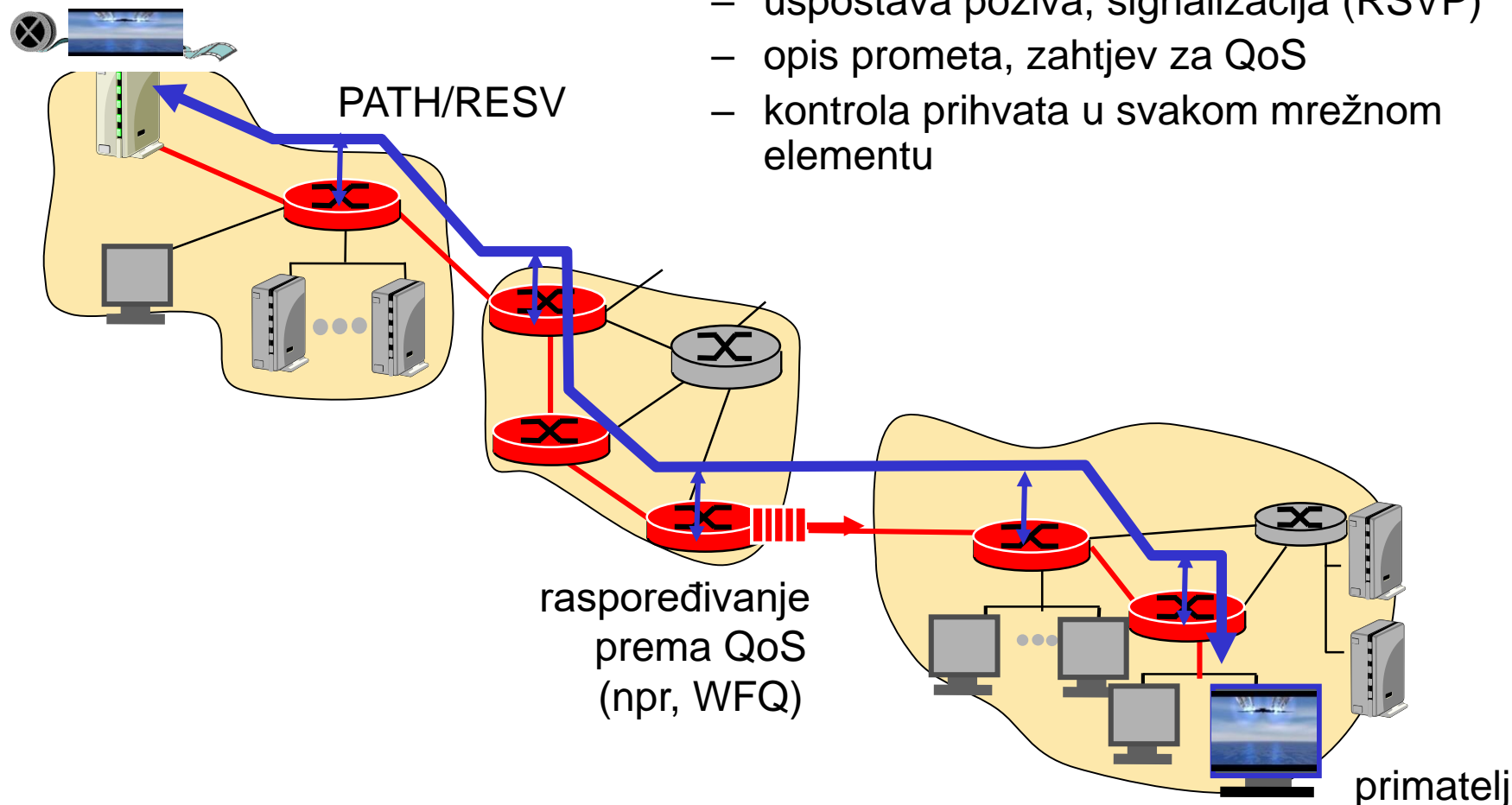
Sažetak i usporedba IntServ i DiffServ pristupa

Sažetak: Integrirane usluge (1)



- pristup zasnovan na **rezervaciji**
- aplikacije signaliziraju mreži svoje zahtjeve na QoS koristeći Resource Reservation Protocol (**RSVP**)
- svaki mrežni element (usmjeritelj) na putu od izvora do odredišta određuje može li prihvatiti zahtjev ili ne, i, ako mreža prihvati novi tok (promatrane aplikacije), mrežni resursi se **rezerviraju za taj tok** po cijeloj stazi s kraja na kraj

pošiljatelj (izvor)



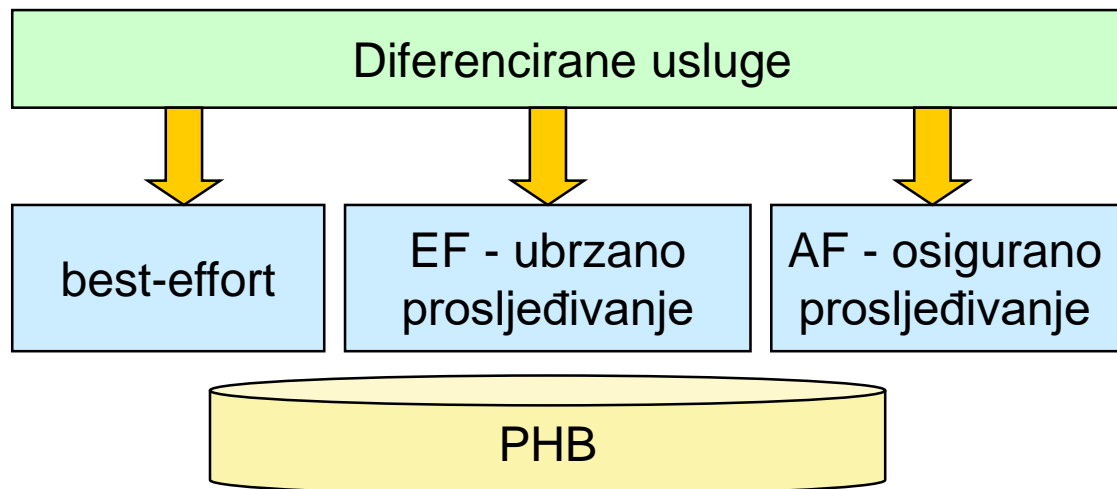
Sažetak: Integrirane usluge (3)



Zavod za
telekomunikacije

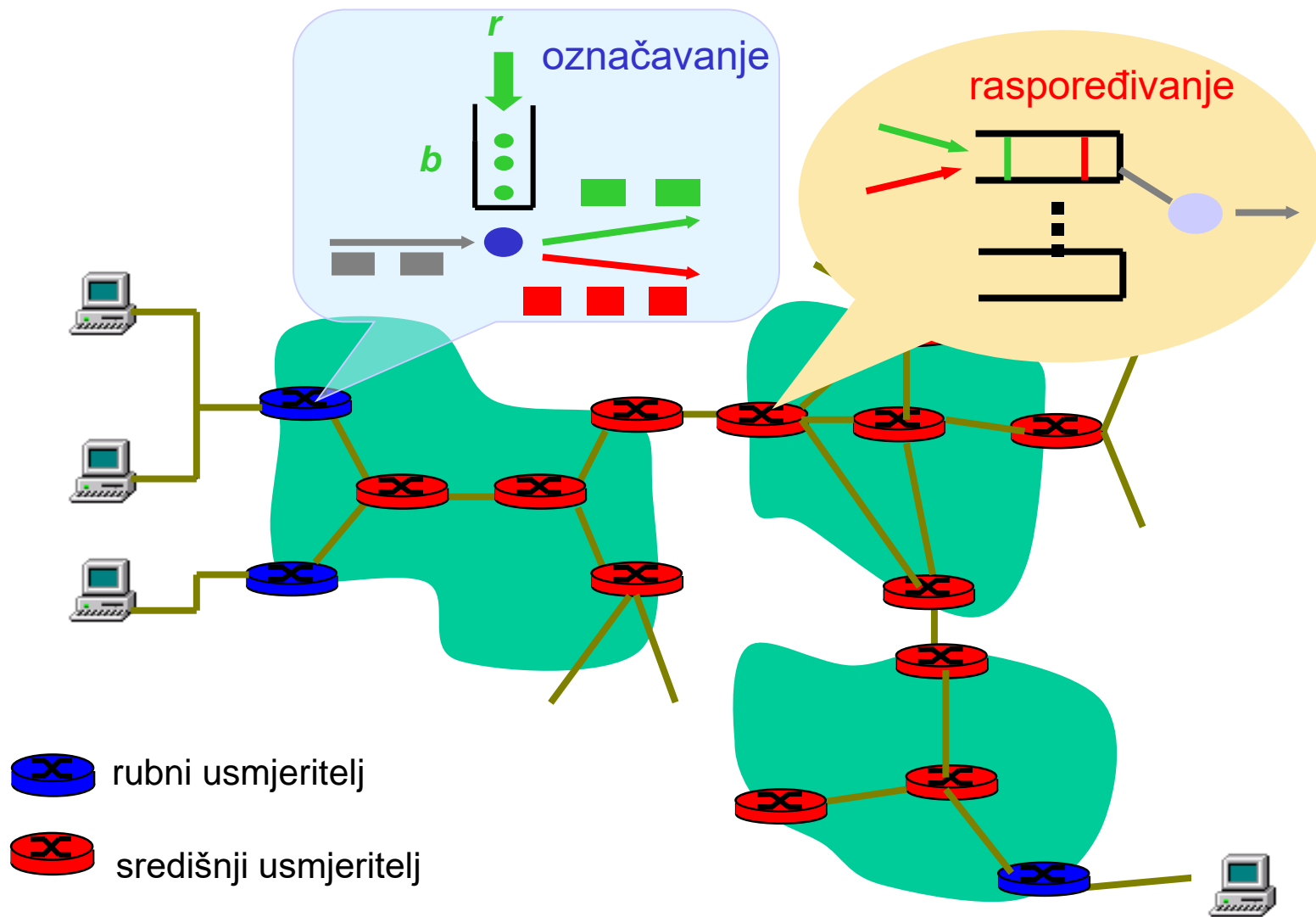
- podaci o stanju za svaki tok pohranjuju se i održavaju u svakom mrežnom elementu na stazi
 - nije prilagodljivo veličini, neizvedivo za cijeli Internet
 - može se primijeniti u poslovnim mrežama gdje je broj tokova za koje se traži rezervacija relativno mali
- vrlo složeni postupci
 - provjera politike, dozvola, naplata
 - kontrola prihvata
 - administracija politika

Sažetak: Diferencirane usluge (1)



- grublja podjela na **uslužne klase** uz uvođenje **prioriteta**
- klasifikacija i označavanje pojedinih paketa promatrane aplikacije oznakom klase usluge kao Diffserv codepoint, DSCP
- korištenje proširenog TOS (IPv4) ili Class (IPv6) polja u zaglavlju IP paketa za zapis klase usluge za paket
- uređaji mrežnog sloja koriste DSCP paketa kao uputu za postupak s paketom

Sažetak: Diferencirane usluge (2)



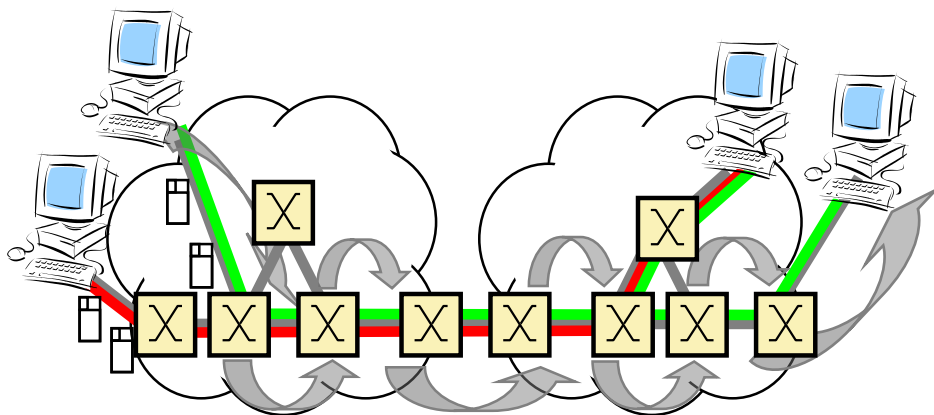
Sažetak: Diferencirane usluge (3)



Zavod za
telekomunikacije

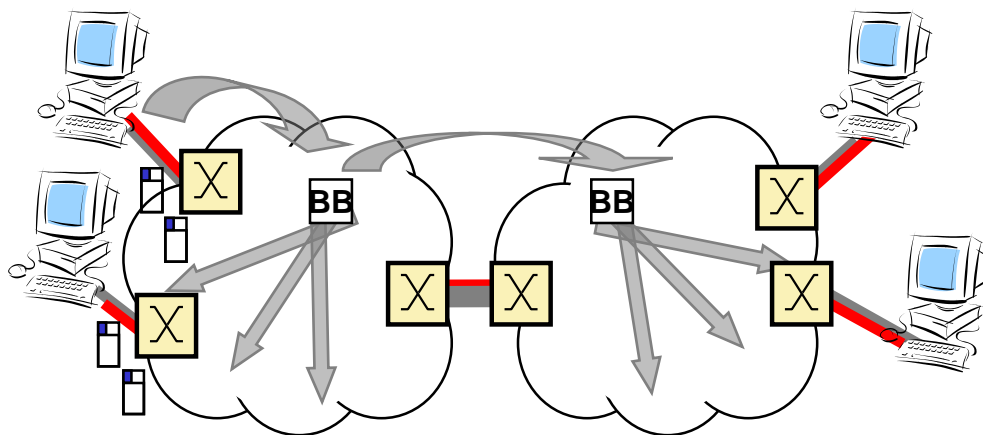
- kombinira malen broj klasa usluga s bogatim skupom mogućnosti upravljanja prometom
 - oblikovanje i redarstvo ovisno o klasi
 - postavljanje u rep prema prioritetu
 - Weighted Fair Queuing (WFQ)
 - mehanizmi za izbjegavanje zagušenja
- nema potrebe za čuvanjem stanja u svakom usmjeritelju kao ni signalizacijom
- pogodan za velike mreže, odn. veliki broj tokova (npr. Internet)

Usporedba integriranih i diferenciranih usluga



Integrirane usluge (RSVP)

- usluga za tok, obrada na svakom skoku
- problem s veličinom
- usmjerenost na višeodredišno razašiljanje



Diferencirane usluge

- postupak s paketima prema klasi
- agregatni, a ne pojedinačni tokovi
- nadzor na rubovima mreže

- IntServ s kraja na kraj nije prilagodljiv veličini zbog čuvanja podataka o toku u svakom usmjeritelju na stazi
- DiffServ nema dovoljno finu podjelu za klasifikaciju aplikacija
- Rješenje:
 - korištenje DiffServ u središnjoj mreži
 - korištenje IntServ na krajevima mreže
 - primijeniti principe upravljanja prometom i kontrolu pristupa kako bi se osigurala kvaliteta s kraja na kraj

Priprema za iduće predavanje



Zavod za
telekomunikacije

- Pročitajte sljedeće članke
 - Činjenice o industriji igara
http://www.theesa.com/wp-content/uploads/2017/06/!EF2017_Design_FinalDigital.pdf
 - Što je cloud gaming?
<http://www.howtogeek.com/160851/htg-explains-what-is-cloud-gaming-and-is-it-the-future/>