

UPRAVLJANJE KVALITETOM KOMUNIKACIJSKIH USLUGA

-Predavanje 3-

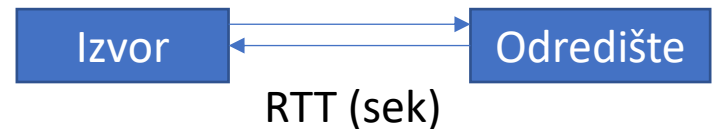
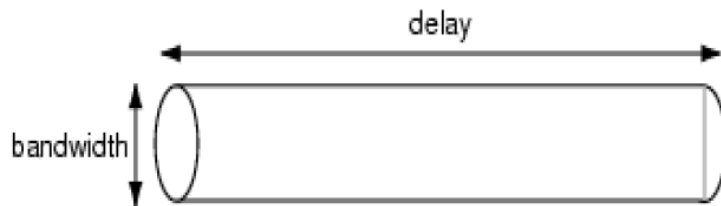
Nastavnik: van.prof. dr Nermin Goran, dipl.ing.el.





Zadaci kapacitet i kašnjenje

- Kapacitet mreže predstavlja mogućnost mreže da primi i opsluži određenu količinu bita u granicama klase servisa CoS-a (Class of Service)
- RTT – Round-Trip Time – vrijeme da se paket pošalje sa jednog kraja mreže i vrati (PING)
- Npr. 10Mbps \rightarrow trajanje bita $0,1 \mu s$ – na svaki paket se treba dodati RTT
- Kašnjenje i kapacitet veze se slikovito mogu prikazati kao:
 - Dužina zamišljene cijevi kašnjenje
 - Promjer zamišljene cijevi kapacitet
 - Volumen podataka $RTT \times \text{bandwidth}$



100ms RTT and 45Mbps Bandwidth = 560 KB of data



Zadaci kapacitet i kašnjenje

- Zadatak 1

- Izračunati potrebno vrijeme za prijenos 1.5 MB datoteke, uz $RTT = 80 \text{ ms}$, veličine paketa 1000 B, uz početnu uspostavu konekcije u trajanju $2 \times RTT$, za slučajeve:
 - a) Vrijednost kapaciteta 10 Mbps uz neprekidno slanje podatkovnih paketa
 - b) Vrijednost kapaciteta 10 Mbps, uz obavezno čekanje u vrijednosti od jednog RTT -a poslije slanja svakog podatkovnog paketa.



Zadaci kapacitet i kašnjenje

- Zadatak 1

a) $1,5 \text{ MB} \times 8 \text{ bita} = 12582912 \text{ bita}$

Kašnjenje:

$T = \text{transmisijsko kašnjenje} + \text{propagacijsko kašnjenje} + \text{vrijeme uspostave}$

$$T = \frac{12582912}{10000000} + 2 \cdot \text{RTT} + \frac{\text{RTT}}{2} = 1.2582912\text{s} + 160\text{ms} + 40\text{ms} = 1,46\text{ms}$$



Zadaci kapacitet i kašnjenje

- Zadatak 1

b) broj potrebnih paketa $1,5 \text{ MB}/1 \text{ KB} = 1536$, broj RTT-a 1535

$$T = 1,46\text{ms} + 1535 \times \text{RTT} = 124,226 \text{ s}$$



Zadaci kapacitet i kašnjenje

- Zadatak 2
- Za point-to-point link dužine 50 km, odrediti vrijednost kapaciteta linka pri kojem bi vrijednost propagacijskog kašnjenja bila jednaka (pri brzini od 2×10^8 m/s) transmisijskom kašnjenju za pakete veličine 100 i 512 B.

$$D_k = \frac{50000}{200000000} = 250 \mu\text{s} - \text{propagacijsko kašnjenje}$$

$$D_t = \frac{800}{C} = D_k \rightarrow C = 3.2 \text{ Mbps}$$

$$D_t = \frac{4096}{C} = D_k \rightarrow C = 16.384 \text{ Mbps}$$



Zadaci kapacitet i kašnjenje

- Zadatak 3
- Za 100 Mb/s point-to-point link dužine 9900 km, brzinom prenosa podataka sa brzinom 3×10^8 m/s, odrediti:
 - Minimalni RTT za link.
 - Koristeći RTT kao kašnjenje odrediti produkt kašnjenje \times kapacitet.
 - Šta predstavlja ovaj produkt?
 - Koje je minimalno vrijeme za prenos datoteke veličine 50 MB računajući od vremena zahtjeva do završetka prijenosa?



Zadaci kapacitet i kašnjenje

- Zadatak 2

- Minimalni RTT za link

$$RTT = 2 \times P_k = 2 \cdot \frac{9900000}{300000000} = 0.066s$$

- Koristeći RTT kao kašnjenje odrediti produkt kašnjenje × kapacitet.

$$BDP = RTT \times C = 0.066 \cdot 100Mbps = 0.825MB$$

- Šta predstavlja ovaj produkt?

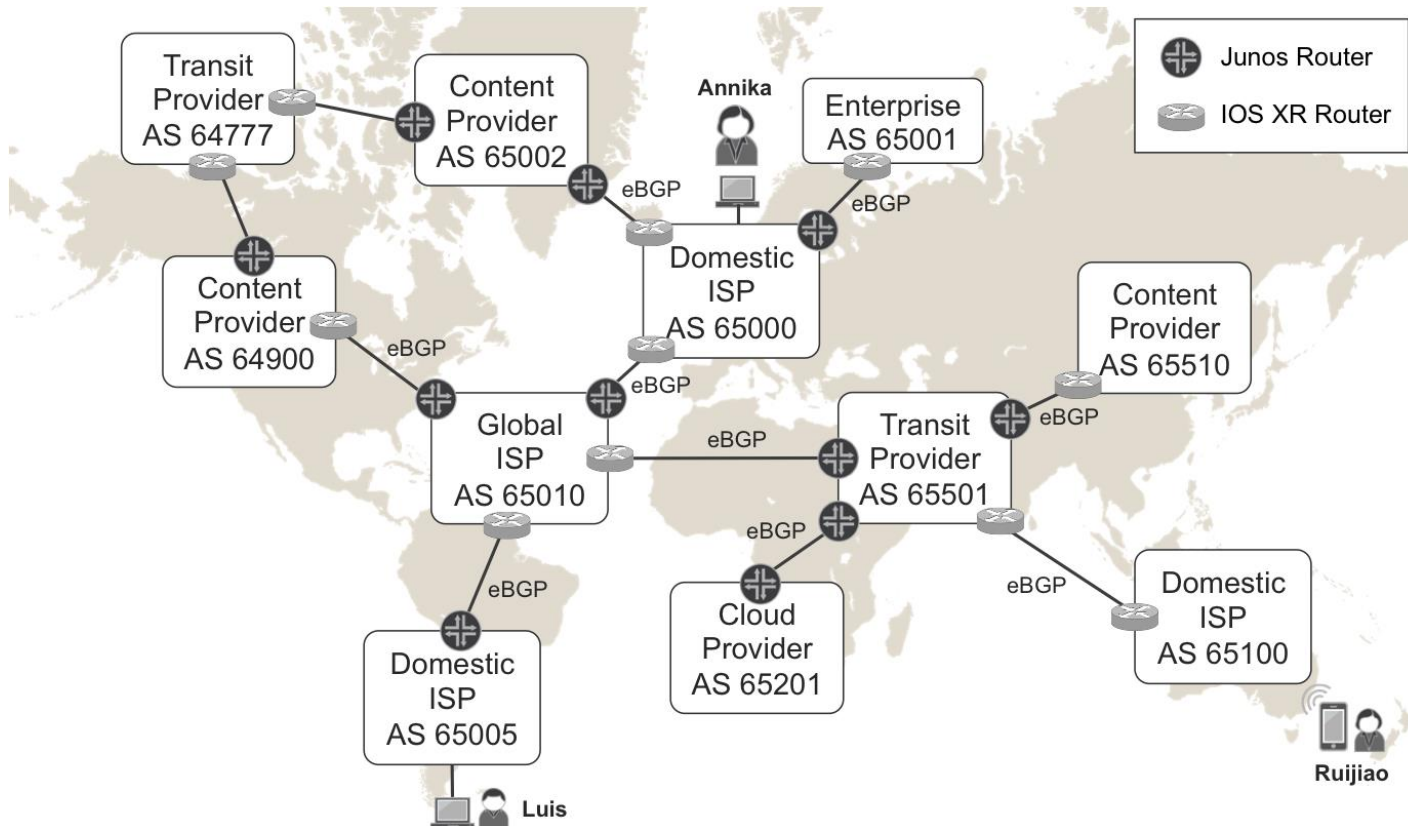
- Koje je minimalno vrijeme za prenos datoteke veličine 50 MB računajući od vremena zahtjeva do završetka prijenosa?

$$D_t = \frac{50MB}{100Mbps} = 4.194s \rightarrow D = D_k + \frac{RTT}{2} = 4.194s + 0.033 = 4.227s$$

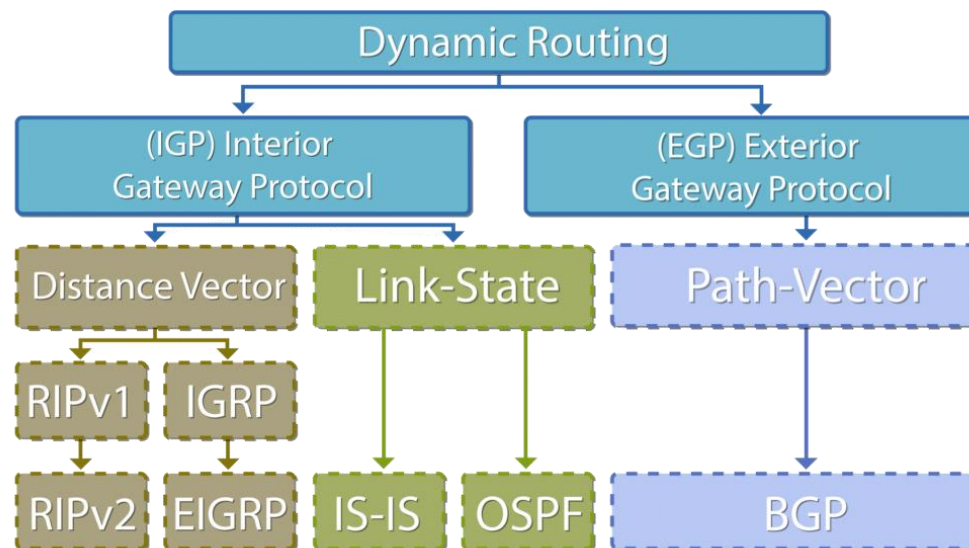
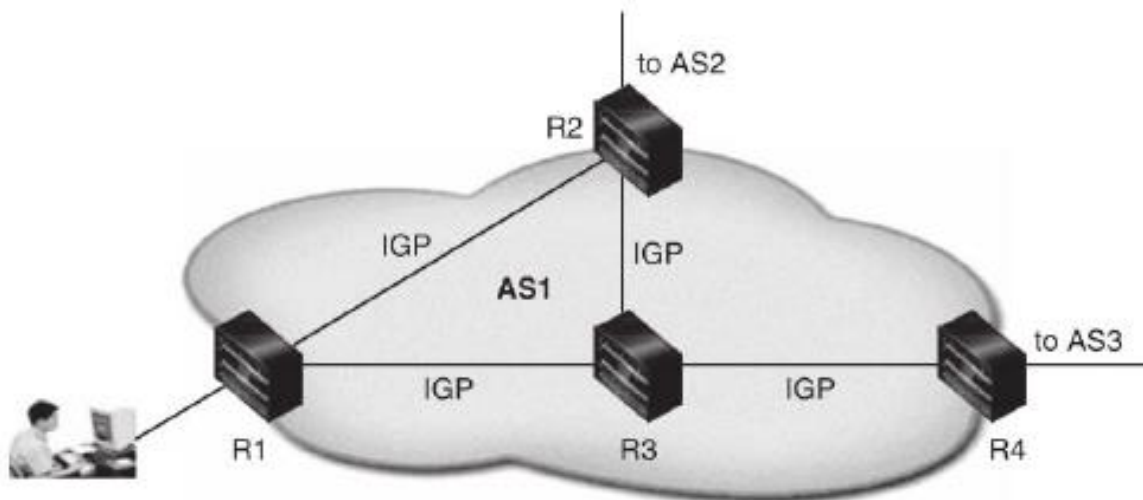
Internet arhitektura



- Sastoji se od velikog broja autonomnih sistema (domena)
- Exterior Border Gateway Protocol za rutiranje između domena
- Kašnjenje predstavlja trošak prolaska kroz domene



Međudomenska mrežna arh.

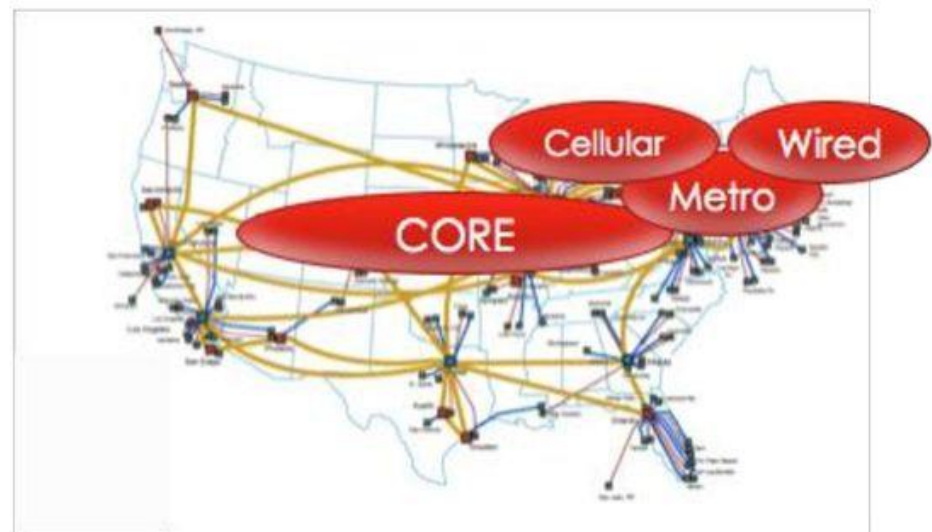


Mreža dobavljača servisa



Service Provider Networks

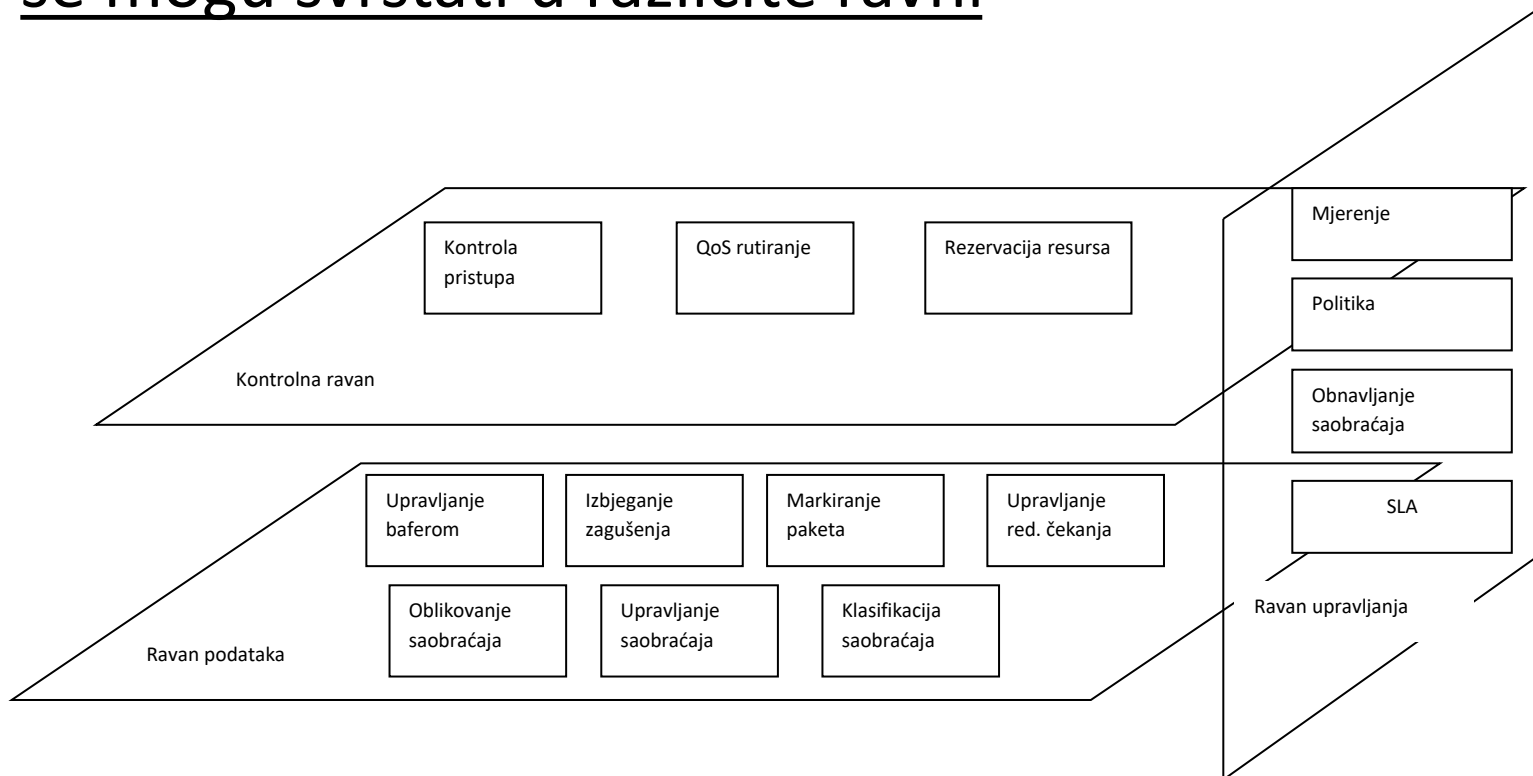
- WAN core backbone
 - Multi-Protocol Label Switching (MPLS) with Traffic Engineering (TE)
 - 200-500 routers, 5-10K ports
- Metro Networks
 - Metro cores for access networks
 - 10-50K routers, 2-3M ports
- Cellular Access Networks
 - LTE for a metro area
 - 20-100K devices, 100K-100M ports
- Wired access / aggregation
 - Access network for homes; DSL/Cable
 - 10-50K devices, 100K-1M ports



QoS alati



- QoS mehanizmi - uključuju različite QoS funkcije koje se mogu svrstati u različite ravni





- QoS mehanizmi uključuju različite QoS funkcije koje se mogu svrstati u različite ravni
 - **Kontrolna ravan**, sadrži mehanizme koji upravljaju putanjama kojima putuju korisnički podaci, a uključuje kontrolu pristupa, QoS rutiranje i rezervacija resursa.
 - **Podatkovna ravan**, sadrži mehanizme koji upravljaju direktno korisničkim sadržajem. Ovi mehanizmi uključuju upravljanje skladištenjem (buffering), izbjegavanje zagušenja, markiranje paketa, posluživanje i raspoređivanje, klasifikaciju paketa, praćenje saobraćaja i uobličavanje saobraćaja.
 - **Upravljačka ravan**, koja sadrži mehanizme koji se bave radom, administracijom i aspektima upravljanja mrežom. Ovi mehanizmi uključuju SLA, uspostavljanje saobraćaja, mjerenje, snimanje i upravljanje.

QoS alati



- *Podatkovna ravan – QoS mehanizmi se primjenjuju u mrežnim čvorovima i mogu direktno utjecati na način usmjeravanja paketa*
- Ovi mehanizmi su procesno zahtjevne funkcije; u usmjerivačima (routers) visokih performansi, implementirane su u hardveru zajedno sa drugim funkcijama u podatkovnoj ravni poput filtriranja paketa i usmjeravanja paketa preko tzv. lookup tabela.
- *Klasifikacija* je proces kategorizacije saobraćaja po klasama (CoS) definiranim u ITU dokumentima (Y.1514)
- *Markiranje* saobraćaja je proces postavljanja dogovorenih vrijednosti unutar zaglavlja paketa u cilju QoS klasifikacije saobraćaja.
- *Postizanje maksimalne brzine* je proces upravljanja i oblikovanja saobraćaja u cilju maksimizacije brzine za određene klase saobraćaja.
- *Prioritetizacija* je tehnika kojom se raspoređivanjem saobraćaja prema prioritetima neki tipovi odnosno klase saobraćaja izdvajaju u odnosu na druge najvjerojatnije upravljanjem kašnjenjem i jitterom
- *Osiguravanje minimalne brzine*. Tehnike raspoređivanja poput WQF (Weighted Fair Queuing) i DDR (Deficit Round Robin) u cilju osiguravanja različitih klasa saobraćaja sa osiguravanjem minimalnog propusnog opsega za svaku klasu.

QoS alati



- Kontrolna ravan – QoS mehanizmi su najčešće softverski procesi koji su zajedno sa usmjerivačkim protokolima i drugim funkcijama zaduženi za kontrolu protoka i signalizaciju
- *Arhitektura integriranih servisa* je korištenje rezervacijskog protokola (RSVP), u kontekstu tzv. arhitekture Integriranih servisa, s ciljem da se izvrši rezervacija resursa i kontrola pristupa po saobraćajnom toku
- *MPLS saobraćajni inženjering* rezervacijski protokol se koristi u smislu MPLS arhitekture u cilju kontrole pristupa i tuneliranja saobraćaja



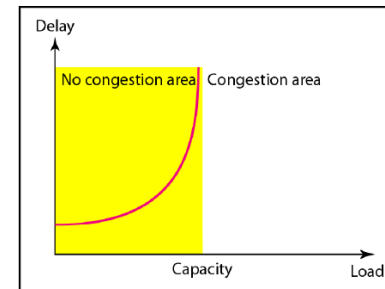
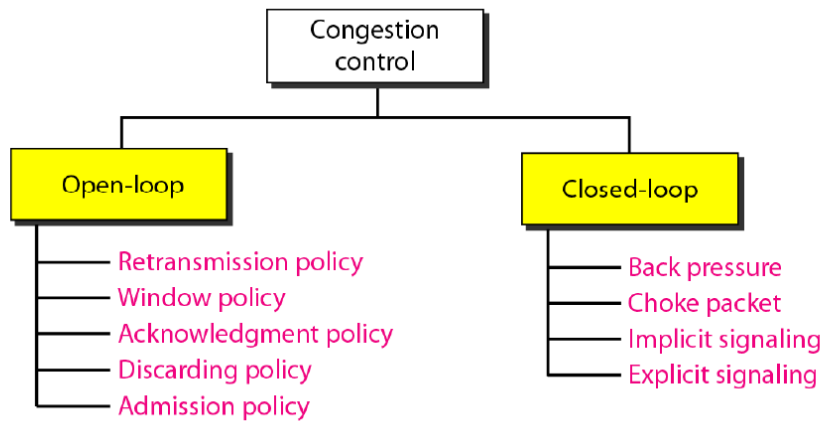
■ Zagušenje

- Može se pojaviti u slučaju kada je broj paketa poslanih na mrežu veći od kapaciteta mreže, odnosno broja paketa sa kojim mrežni elementi mogu upravljati
- Kontrola zagušenja odnosi se na mehanizme i tehnike koje služe za kontrolu zagušenja u cilju prevencije od mrežnog „pretrpavanja“
- TCP protokol posjeduje ugrađen sistem kontrole zagušenja
- Algoritmi „spori start“, AIMD i ostali mehanizmi upravljanja prozorom kod TCP-a utječu na kontrolu zagušenja

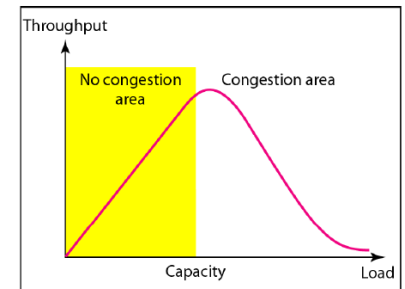
QoS alati



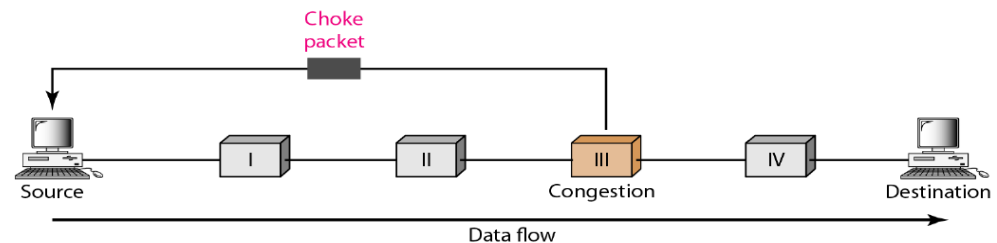
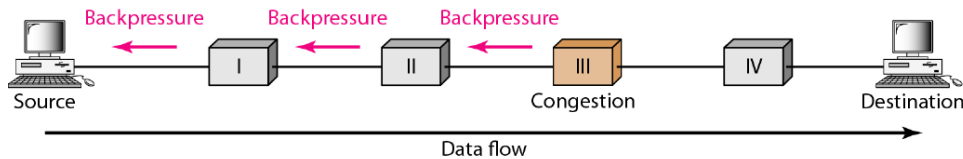
■ Zagušenje



a. Delay as a function of load



b. Throughput as a function of load





■ Klasifikacija saobraćaja

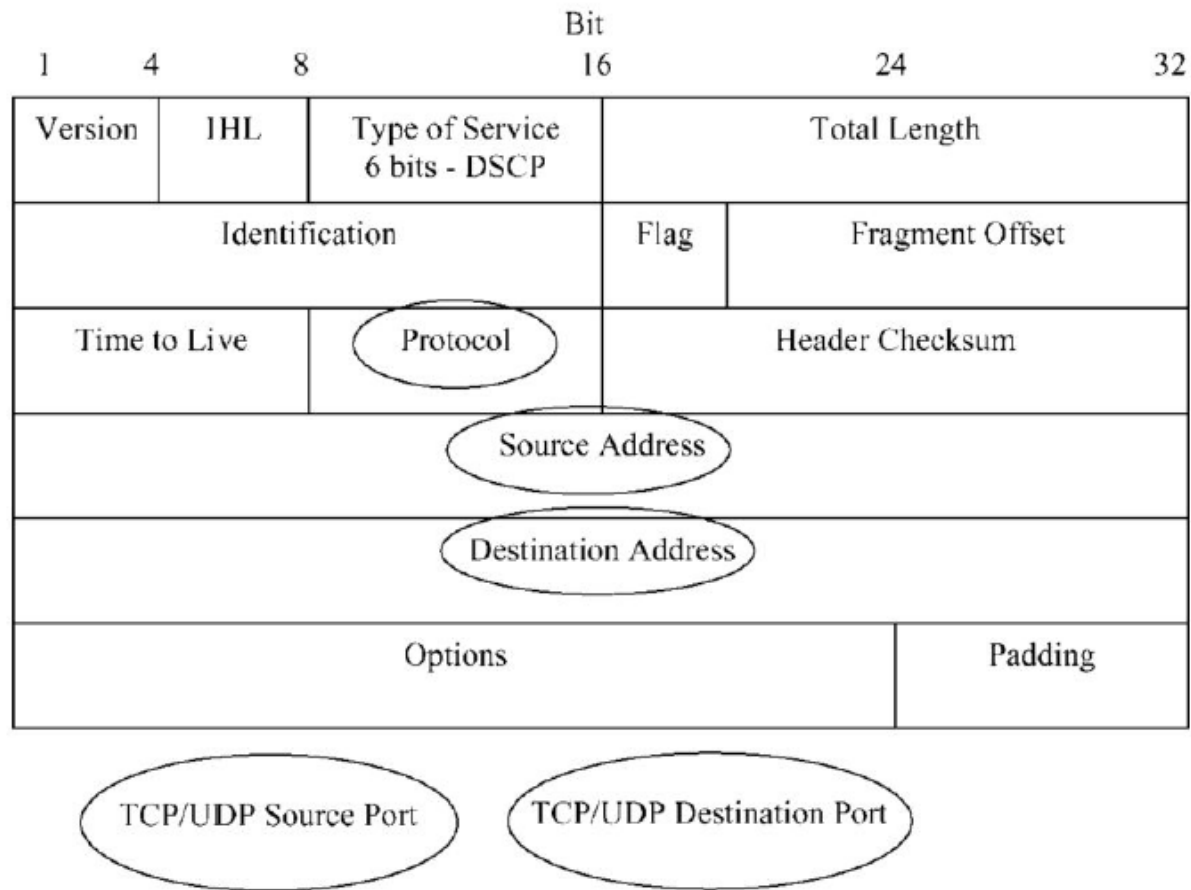
- *Saobraćajni tok* – IP tok je definiran sa odredišnom, adresom, izvornom adresom, transportnim protokolom izvornim TCP/UDP portom, destinacijskim TCP/UDP portom
- MTU definiran je nižim slojevima i treba da prati određenu dinamiku
- Ako paketi prelaze MTU potrebno ih je fragmentirati u mrežnom sloju – pripadaju istom toku
- IPv6 posjeduje polje Flow label koja prevazilazi ovaj problem



■ Klasifikacija saobraćaja

- *Saobraćajni grupni tok* – više IP tokova koji se oslanjaju na klasifikaciji po nekom kriteriju npr. VoIP saobraćaj od nekog VoIP gateway-a može biti identificiran kao grupni tok prema izvornoj IP adresi tog gateway-a.
- *Saobraćajne klase* – više grupnih ili individualnih tokova koji se oslanjaju na klasifikaciji po nekom kriteriju npr. sav saobraćajni tok generiran od svih VoIP gateway-a iz jedne referentne mrežne tačke

Podatkovna ravan





■ Klasifikacija saobraćaja

- *Implicitna klas.* – klasifikacija saobraćaja bez poznavanja zaglavlja ili sadržaja poruke – koristi se u L1 ili L2 sloju – primjer VC kod ATM-a
- *Kompleksna klas.* – identifikira saobraćaj korištenjem zaglavlja u IP toku, 5 podataka ili korištenjem u L2 sloju npr. MAC adresa
- *DPI (Deep Packet Inspection)* – za klasifikaciju koristi više podataka nego što su sadržani u IP paketima – koristi ponekad grupni tok da prati i otkrije klasu saobraćaja

Podatkovna ravan

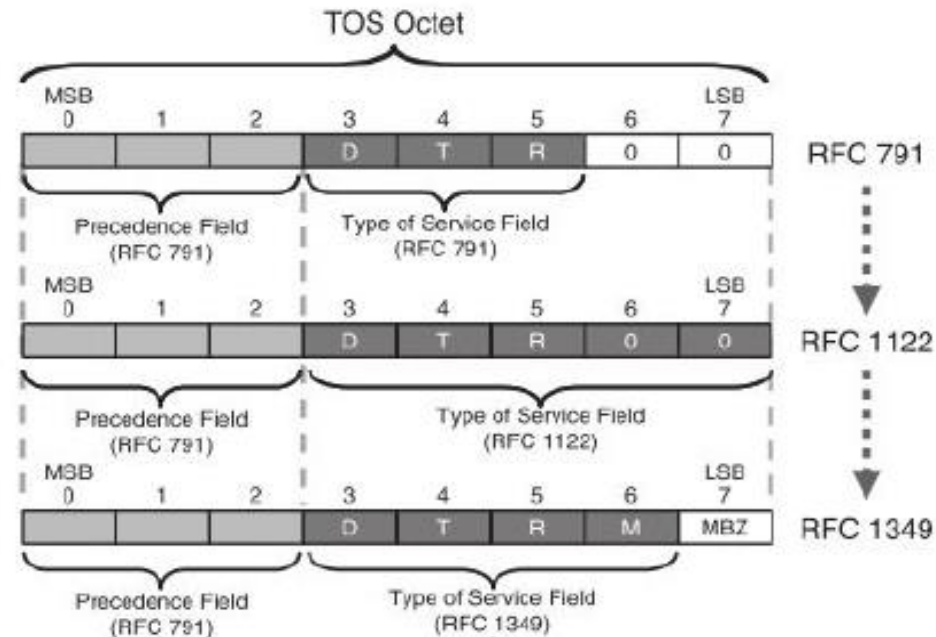


■ Klasifikacija saobraćaja

- *Jednostavna klasifikacija* – koristi zaglavlja u paketima koja su eksplicitno namijenjena za QoS klasifikaciju
- Olakšava QoS dizajn
- Npr. IPv4
- ToS i DS

0										1										2										3									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1								
Version					IHL		Type of service/DS field										Total length																						
					Identification												Flags		Fragment offset																				
Time to live					Protocol												Header checksum																						
										Source address																													
										Destination address																													
					Options																				Padding														

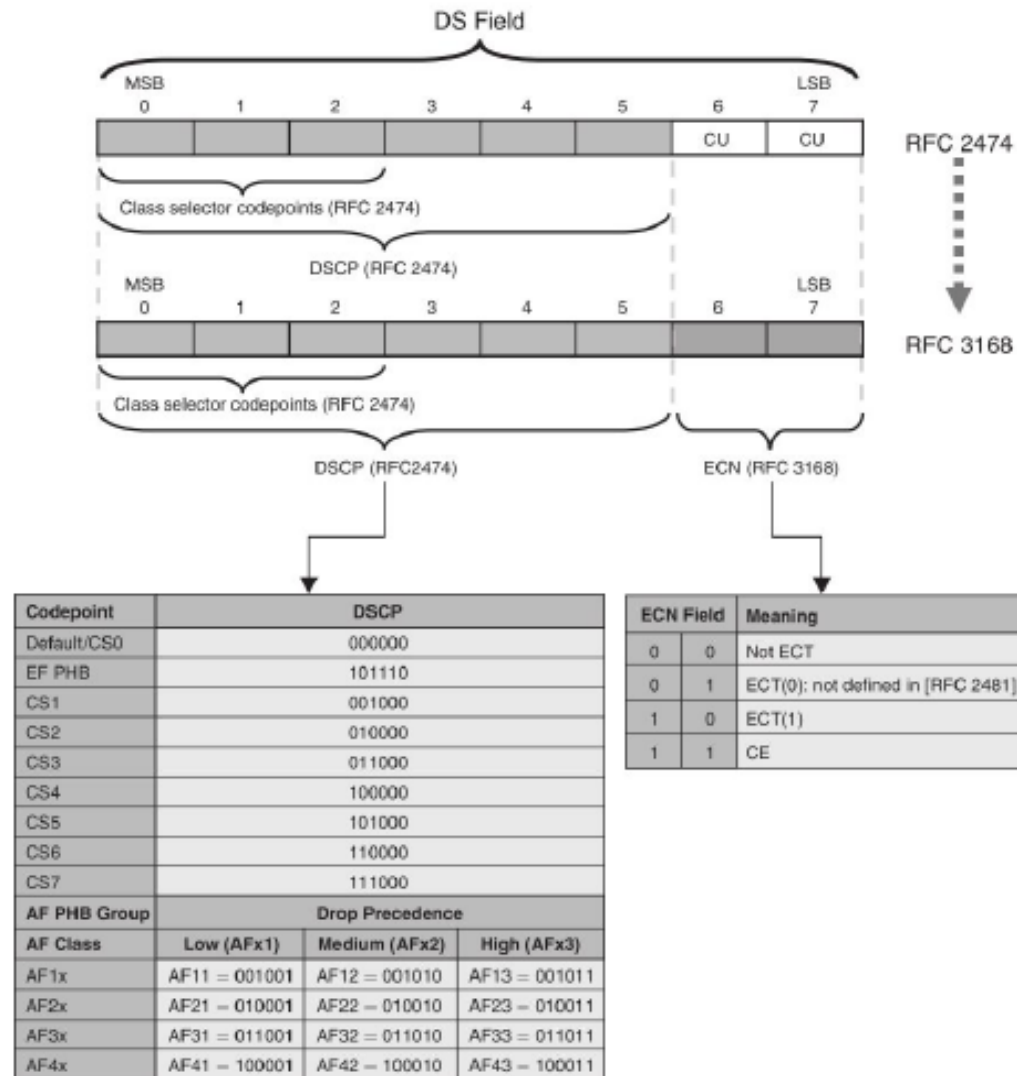
Podatkovna ravan



Binary	Decimal	Name
111	7	Network Control
110	6	Internet work Control
101	5	Critical and Emergency Call Processing (ECP)
100	4	Flash Override
011	3	Flash
010	2	Immediate
001	1	Priority
000	0	Routine

Bit	Meaning
3	Minimize Delay (D)
4	Maximize Throughput (T)
5	Maximize Reliability (R)
6	Minimize Monetary Cost (M)

Podatkovna ravan

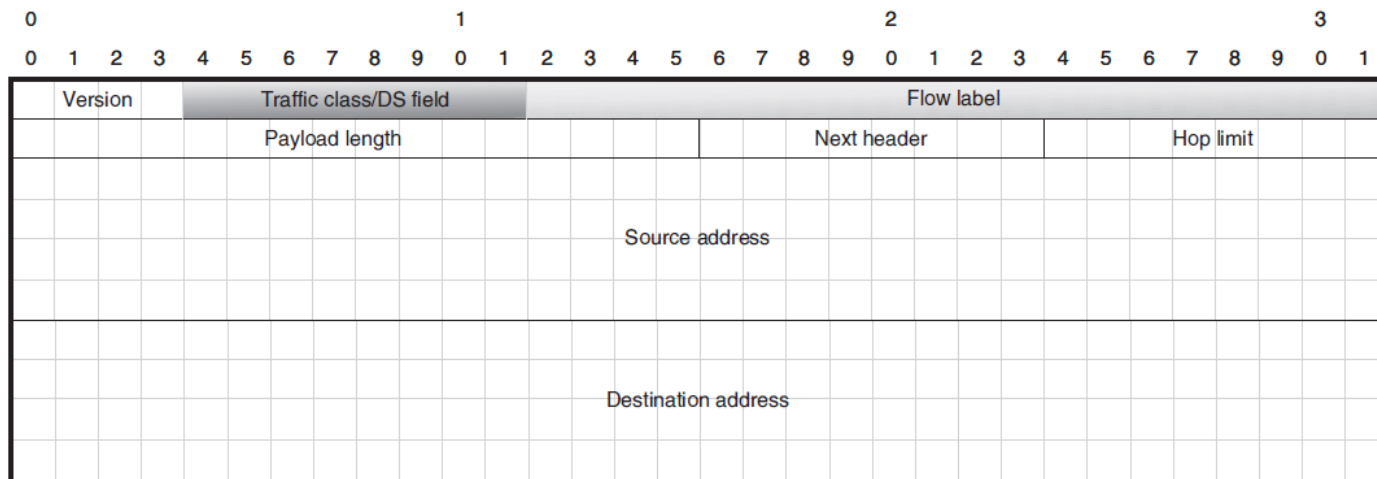


Podatkovna ravan



■ Jednostavna klasifikacija

- Polje – Flow label kod IPv6 – pomaže u klasifikaciji toka saobraćaja – informacije za identificiranje toka mogu nedostajati zbog fragmentacije ili enkripcije ili tuneliranja. IP izvorna adresa, IP destinacijska adresa i FL se koriste za klasifikaciju saobraćajnog toka



Podatkovna ravan



■ Jednostavna klasifikacija

- *MPLS EXP polje*. Definirano kao 3-bitno polje u svakom MPLS zaglavlju za „eksperimentalno korištenje“ RFC 3270 želi da redefinira ovo polje za QoS markiranje
- *L2 markiranje*. QoS markiranje u drugom sloju. Npr. Ethernet, gdje IEEE 802.1D definira korištenje 3-bitnog polja za QoS markiranje

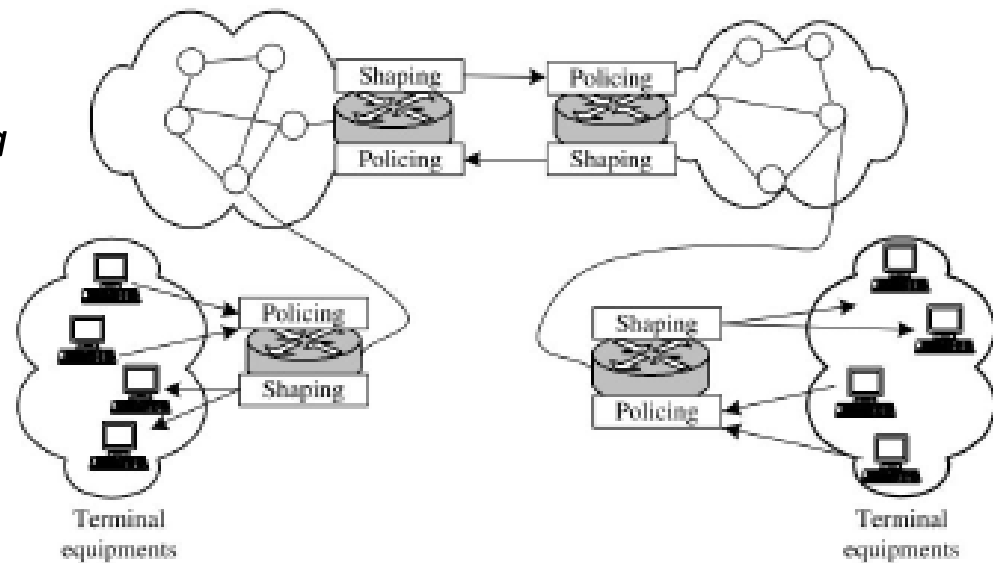


■ Analiza klasifikacije

- *Upotreba 5 podataka iz IP toka bi najvjerojatnije najjednostavnije klasificirala saobraćajne tokove. Npr. izvorna adresa servera – ali kako u telekomunikacijskoj mreži u širem smislu postoji veliki broj ovih servera, a i kako se IP adresa kroz mrežu ponekad mijenja nameće se klasifikacija prema L3 i L2 sloju.*
- *Kompleksna klasifikacija može imati negativan efekat na performanse usmjerivača – softverski bazirana platforma može imati negativan utjecaj na performanse procesora te na taj način umanjiti performansu osnovne uloge, a to je manipulacija sa saobraćajnim tokovima; hardverski bazirana – ima utjecaj na dizajn usmjerivača*

■ Oblikovanje saobraćaja

- *Policing – koristi se za spriječavanje prekoračenja (korektivne akcije)*
 - *Iskoristivosti resursa (SLA)*
 - *Izmjena DSCP/TOS*
 - *Odbacivanje paketa*
- *Oblikovanje saob. – kontrola maksimalnog protoka*
 - *Kašnjenje paketa*
 - *Odbacivanje paketa*

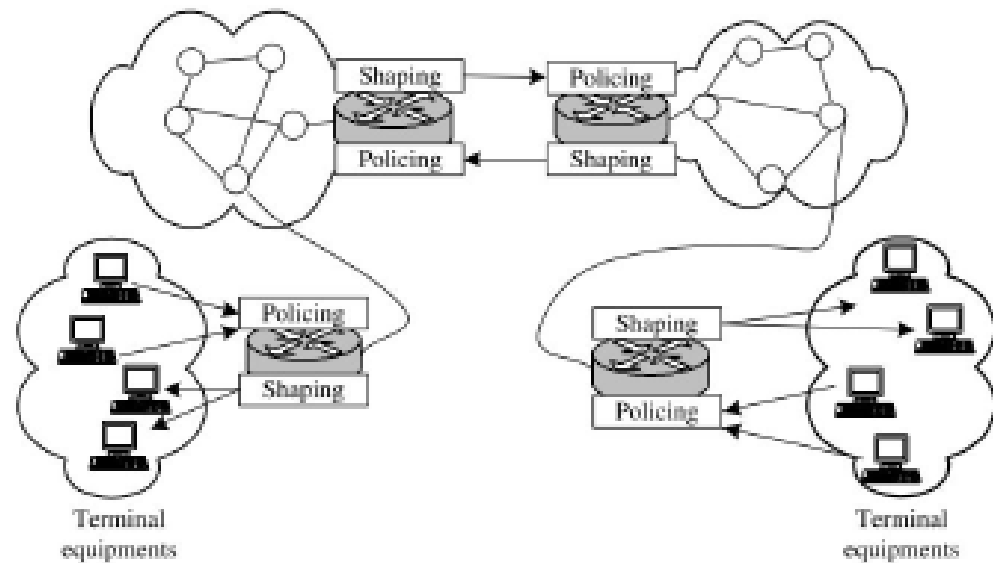


Podatkovna ravan



■ Oblikovanje saobraćaja

- *Policing – obično se postavlja na prvi čvor mreže*
- *Oblikovanje – obično izlazni čvor*

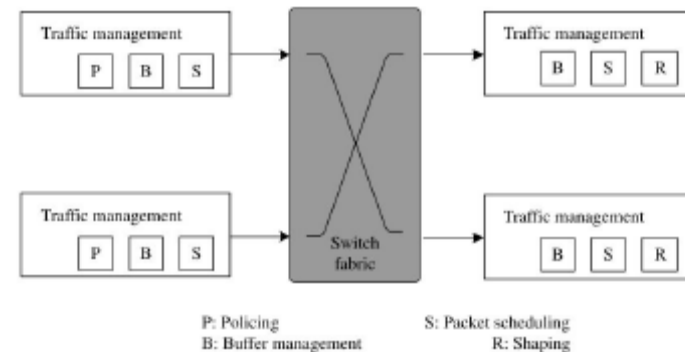


Podatkovna ravan



■ Oblikovanje saobraćaja

- *Ulazni i izlazni portovi izvršavaju policing i oblikovanje saobraćaja*
- Na ulaznom portu
- *Policing*
- *Upravljanje bufferom (provjera resursa i načina manipulacije)*
- *Raspoređivanje (koji paket)*
- Na izlaznom portu
- *Buffering*
- *Raspoređivanje (koji paket naredno uslužiti)*
- *Oblikovanje*



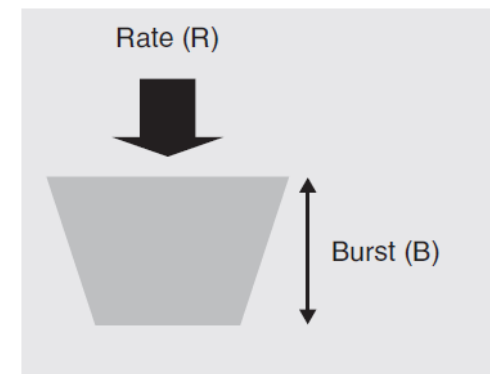


■ Markacija

- *Markacija IP paketa ili bojenje* – postavljanje vrijednosti u polja pretpostavljena za QoS klasifikaciju u IP i MPLS zaglavljima tako da se saobraćajni tokovi mogu kasnije identificirati
- Koristi šeme klasifikacije
- Saobraćaj se markira na izvoru u cilju pojednostavljenja mrežnog dizajna
- Izvorna markacija saobraćajnog toka – markacija treba da bude primjenjiva u cijeloj mreži
- Markacija na ulazu – primjenjuje se na nekoj mrežnoj tački koja osigurava saobraćajni tok od izvora informacije. Prolazeći kroz ove tačke saobraćajni tok može biti ponovo markiran da bi se pojednostavio mrežni dizajn

▪ Upravljanje saobraćajnim tokovima i oblikovanje saobraćaja

- *Upravljanje saobraćajnim tokovima je QoS mehanizam koji se koristi za osiguravanje da saobraćajni tok ne pređe neki maksimalni dozvoljeni nivo. Upravljanje saobraćajem se najčešće realizira mehanizmom kante sa žetonima (token bucket).*
- Kanta sa žetonima sa jednom brzinom je definisana sa maksimalnom dubinom kante (burst B) i brzinom R (bps) kojom se kanta puni žetonima (byte)

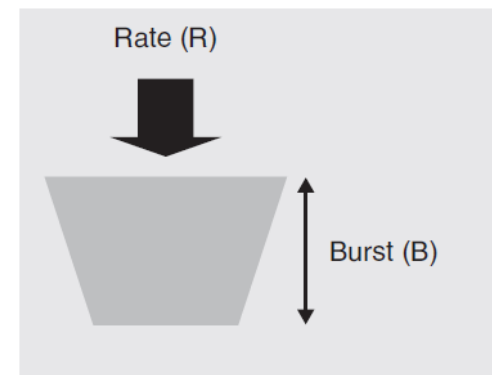


Podatkovna ravan



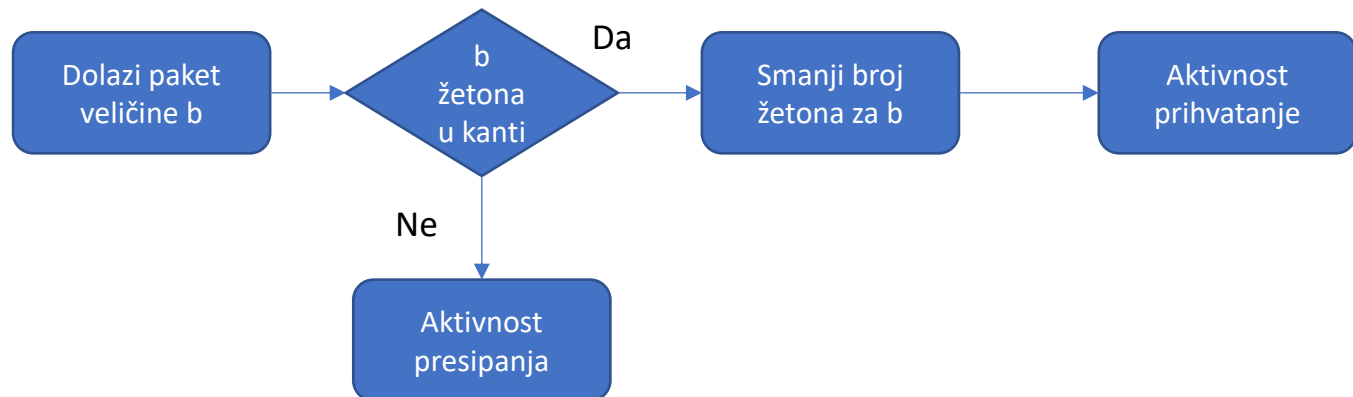
■ Upravljanje saobraćajnim tokovima

- Žetoni se dodaju u kantu brzinom R svaki put kada se paket posluži, ili u pravilnim intervalima, sve dok maksimalan broj žetona napuni kantu. Minimalan broj žetona u kanti je nula



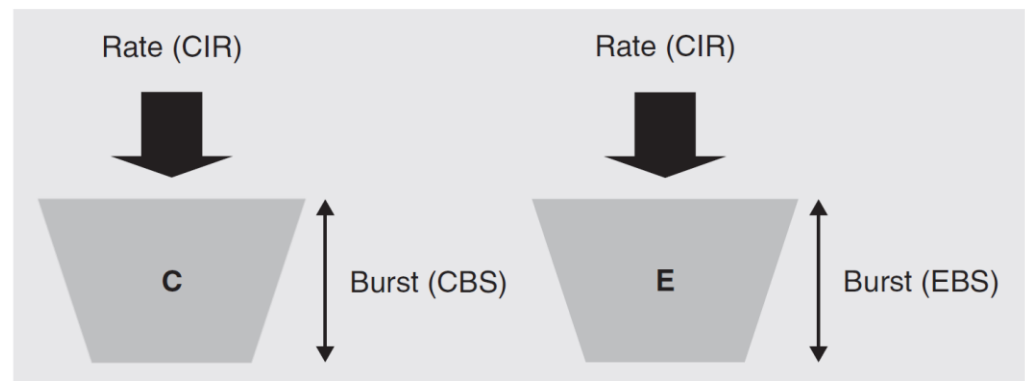
■ Upravljanje saobraćajnim tokovima

- Kada paket veličine b stigne na kantu, poredi se sa brojem žetona koji se nalaze u kanti. U slučaju kada u kanti ima bar onoliko žetona kolika je veličina paketa, paket se prihvata, u suprotnom se odbacuje. U slučaju da se paket prihvata, količina žetona u kanti se smanjuje za veličinu paketa b .



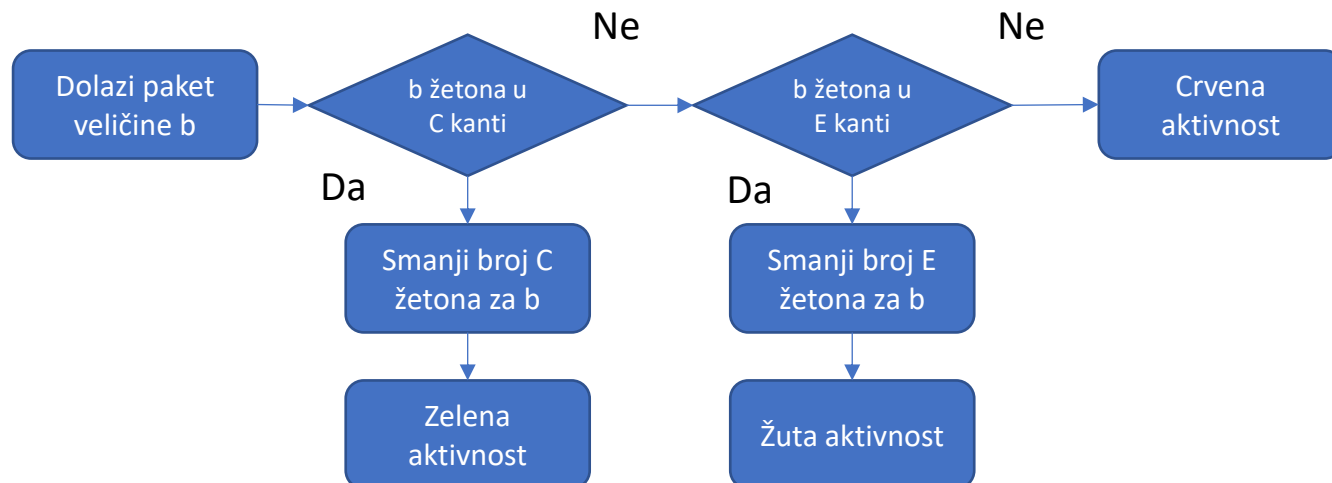
■ Upravljanje saobraćajnim tokovima

- Trobojni marker sa jednom brzinom (SR-TCM – Single Rate – Three Color Marker) – tri stanja, dvije kante (C (conform) i E(exceed)) sa max. veličinama CBS i EBS – punjenje istom brzinom CIR



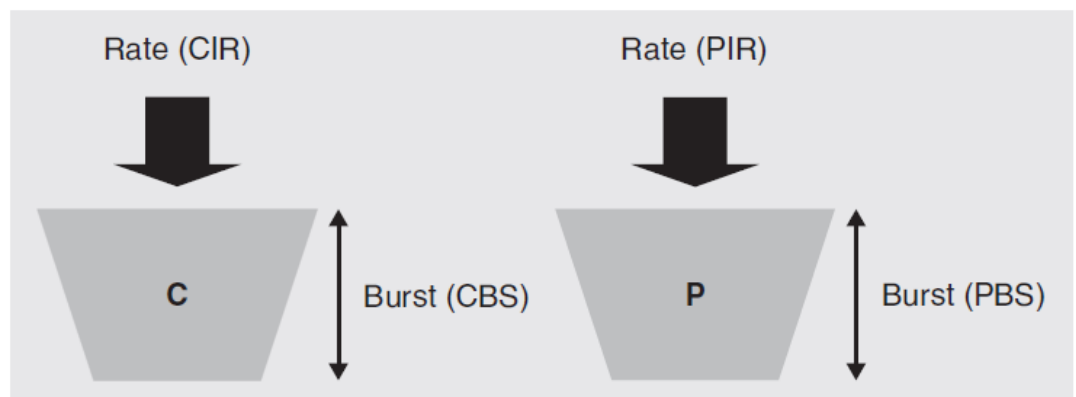
■ Upravljanje saobraćajnim tokovima

- Paket veličine b se upoređuje sa brojem žetona koji se nalaze u kanti C. Ako je u kanti C bar onoliko žetona kolika je veličina paketa, paket je „prihvaćen“, i C kanta se umanjuje za onoliko žetona kolika je veličina paketa b (Paket Z). Ako u C kanti nema žetona kolika je bajta u paketu, paket se preliva iz C kante i nailazi na E kantu. Ako u E kanti ima bar onoliko žetona kolika je veličina paketa, tada se samo broj žetona u E kanti smanjuje za broj žetona jednak broju bajta u paketu (Paket Ž). U slučaju da ni u C ni u E kanti nema onoliko žetona kolika je veličina paketa, paket je crven (Paket C)



■ Upravljanje saobraćajnim tokovima

- Trobojni marker sa dvije brzine (TR-TCM – Two Rate – Three Color Marker) – tri stanja, dvije kante (C i P) sa max. veličinama CBS i PBS – punjenje sa dvije brzine CIR (Committed Inf. Rate) i PIR (Peak Inf. Rate)
- PIR => CIR
- PBS => CBS

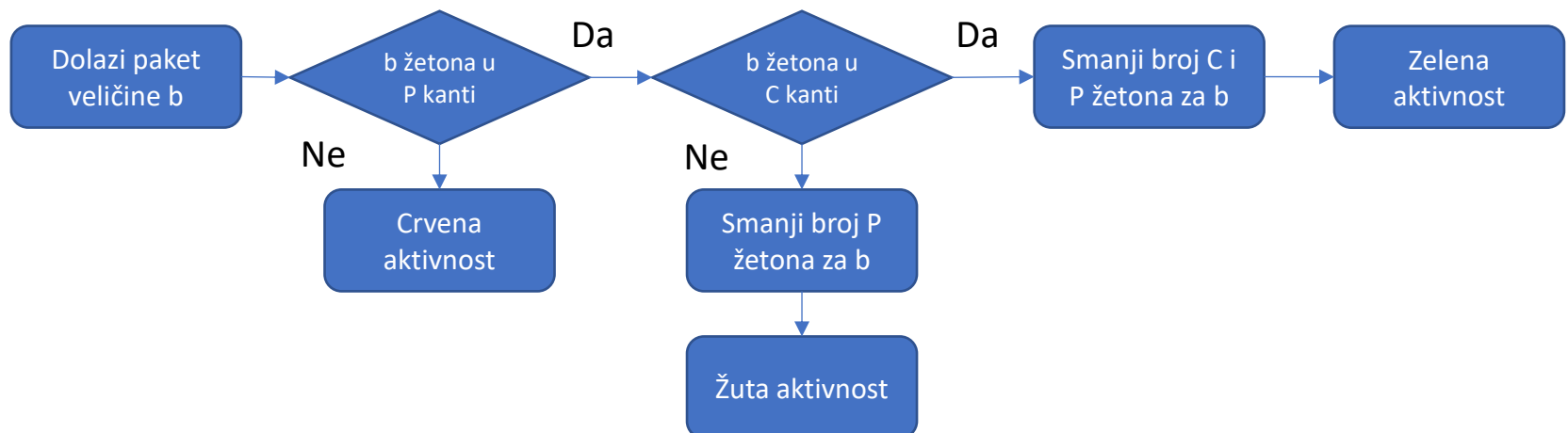


Podatkovna ravan



■ Upravljanje saobraćajnim tokovima

- Paket veličine b poredi se sa brojem žetona koji se trenutno nalaze u kanti P. Ako ima manje žetona nego bajta u paketu, paket je crven. Ako u kanti P ima bar onoliko žetona kolika je veličina paketa, b se poredi sa brojem žetona u kanti C. Ako u kanti C nema dovoljno žetona, paket je žut i smanjuje se za b samo broj žetona u P kanti. Ako postoji bar b žetona i u kanti C, smanjuje se vrijednost broja žetona i u P i u C kanti, i paket je zelen.

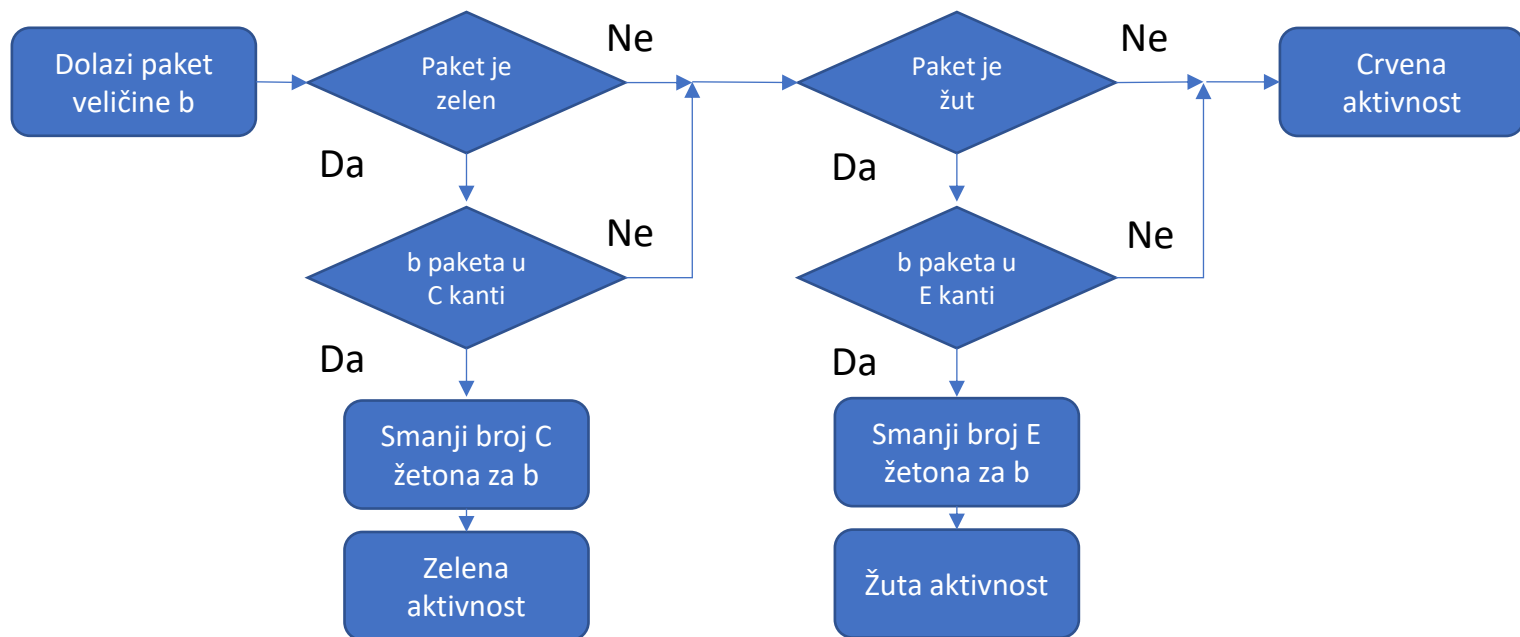


Podatkovna ravan



■ Upravljanje saobraćajnim tokovima

- *Upravljači osjetljivi na boje SR-TCM* - Ako je paket ranije obojen zeleno, i ako ima bar b žetona u C kanti, paket je zelen i broj žetona u kanti C se smanjuje za b . Ako gornje ne vrijedi, te ako je paket ranije bio zelen ili žut i ako u kanti E ima bar b žetona, tada je paket žut i E kanta se smanjuje za broj žetona koji je jednak broju bajta u paketu. Ako gornje ne vrijedi, paket je crven.

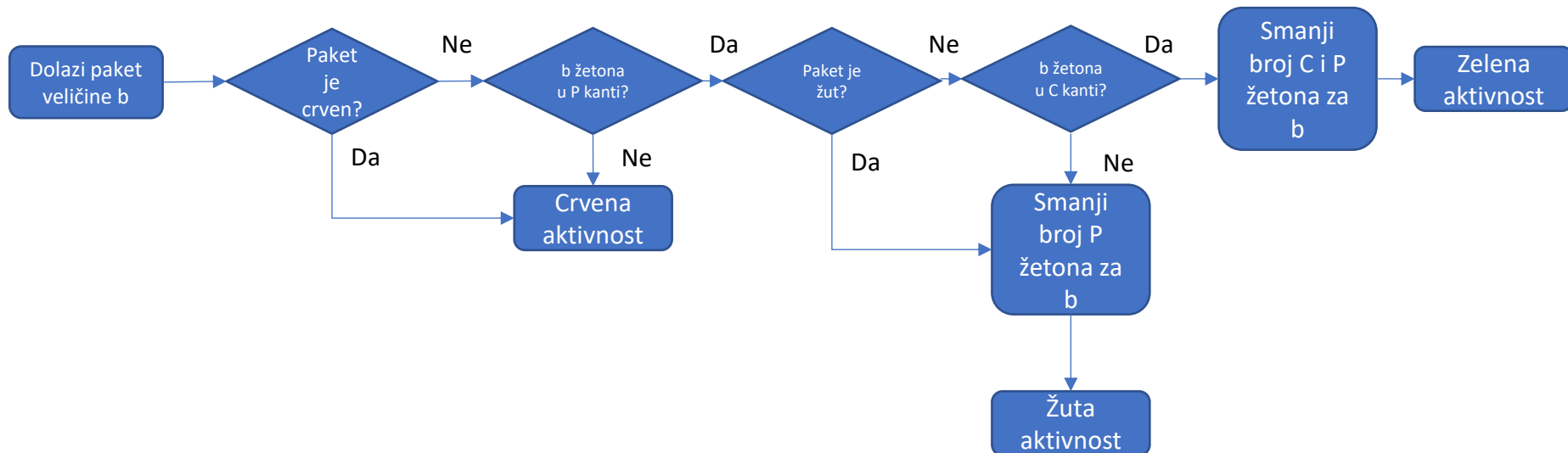


Podatkovna ravan



■ Upravljanje saobraćajnim tokovima

- *Upravljači osjetljivi na boje TR-TCM* - ako je paket obojen crveno, ili ako je u P kanti manje žetona u odnosu na veličinu paketa b , paket je crven i broj žetona u obje kante se ne smanjuje. U suprotnom, ako je paket obojen žuto ili ako je u kanti C manje žetona nego je bajta u paketu b , paket je žut i broj žetona u kanti P se smanjuje za veličinu paketa b . U suprotnom, ako je paket zelen i manji je od broja žetona u C kanti, paket ostaje zelen i smanjuje se broj žetona za b i u C i u P kanti.



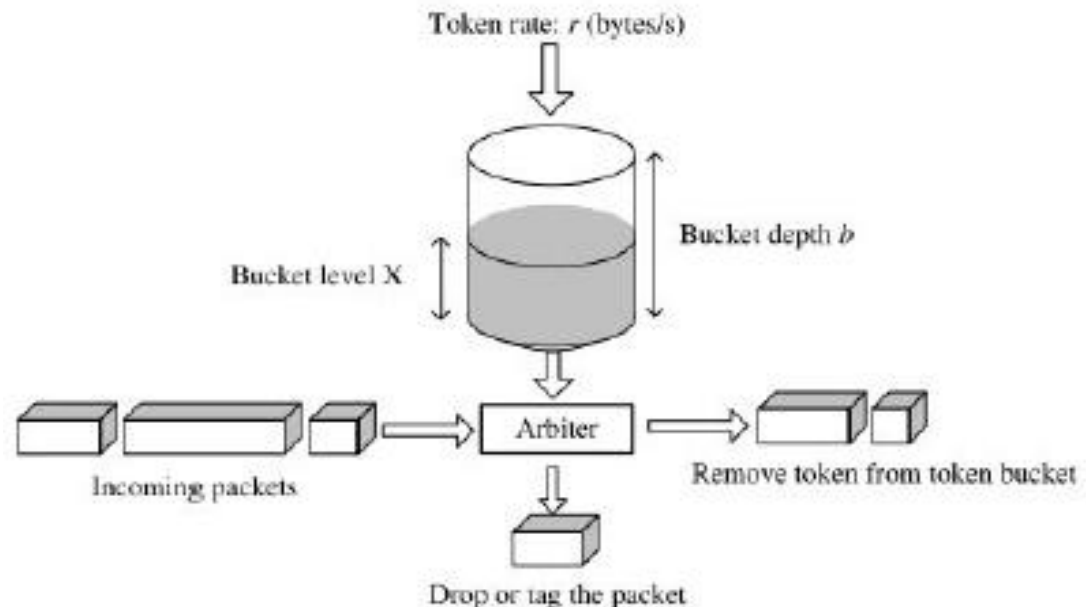
Podatkovna ravan



- *Upravljanje saobraćajnim tokovima*
- Osjetljivost upravljača na boje je poželjna jer bez ovog moda, paketi označeni zeleno na jednom čvoru mogu biti crveni na drugom čvoru, i obrnuto, što na nivou cijele mreže može rezultovati nekontrolisanim količinama zelenih, žutih i crvenih paketa, te CIR i PIR ograničenja gube smisao.
- Korištenjem upravljača u modu osjetljivom na boje, osigurava se da se žetoni koji odgovaraju određenoj boji na jednom čvoru „troše“ samo na pakete koji imaju istu boju (dobijenu na prethodnom čvoru).

■ Upravljanje saobraćajnim tokovima

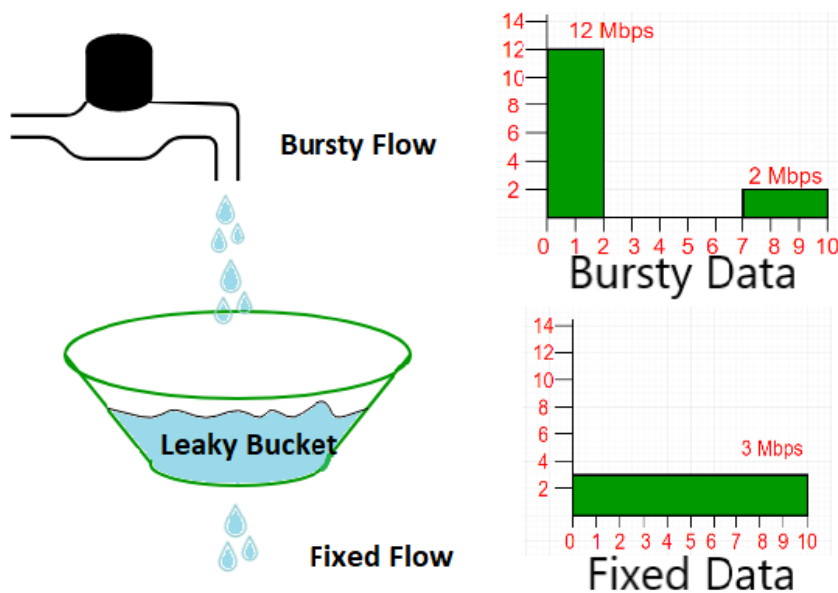
- *Token bucket – preko arbitra kontrolira brzinu prijenosa podataka (samim tim i eksplozivnost) korištenjem odgovarajuće veličine žetona*



Podatkovna ravan



■ Leaky Bucket – konstantna brzina protoka podataka



Literatura



- Bilješke i slajdovi sa predavanja
- Knjiga
- NERMIN GORAN, ALEM ČOLAKOVIĆ "KONTROLA KVALITETA KOMUNIKACIJSKIH USLUGA"