

# UPRAVLJANJE KVALITETOM KOMUNIKACIJSKIH USLUGA

-Predavanje 4-

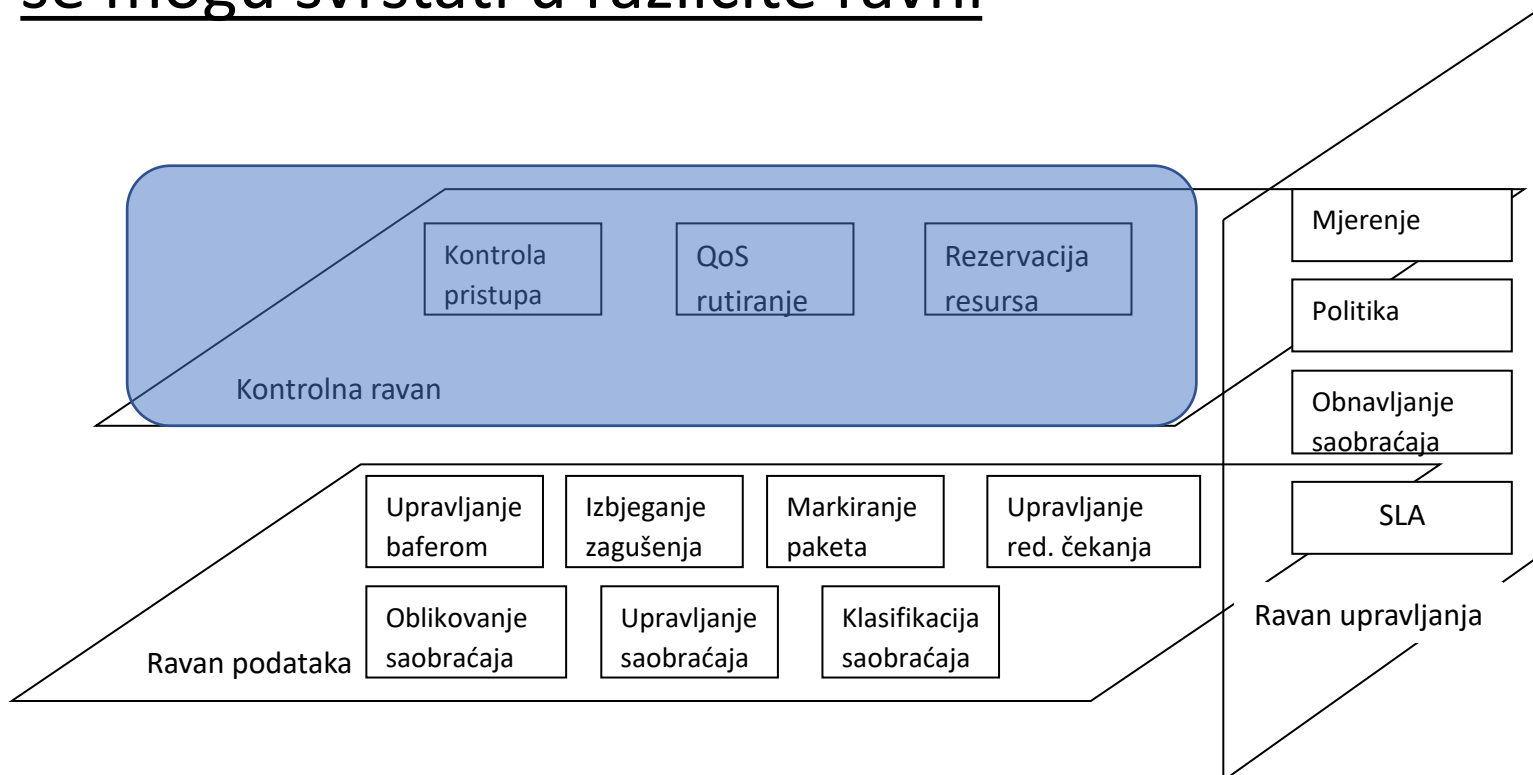
Nastavnik: dr Nermin Goran, dipl.ing.el.



# QoS mehanizmi



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



# QoS alati



- QoS mehanizmi u kontrolnoj ravni
  - **Kontrolna ravan**, sadrži mehanizme koji upravljaju putanjama kojima putuju korisnički podaci, a uključuje:
    - Kontrolu pristupa,
    - QoS rutiranje
    - Rezervaciju resursa.

# Kontrolna ravan



## ▪ Kontrola pristupa

- ***Kontrola pristupa (admission control)*** – algoritam odlučivanja o pristupu novog toka saobraćaja u mrežu, s ciljem da ne utječe na ranije garancije QoS-a za postojeće tokove saobraćaja.
- *Mora sadržavati fleksibilnost – odluke u realnom vremenu, raspoloživost i adekvatnost resursa – zadovoljiti različite performanse*
- *Dve kategorije pristupa: Parametarske i mjerne metode*

# Kontrolna ravan



## ▪ Kontrola pristupa

- ***Parametarske metode kontrole pristupa*** – zasnivaju se na proračunima potrebnih resursa za garantovanje ugovorenog nivoa QoS-a određenim tokovima saobraćaja
- ***Dve vrste parametarskih metoda pristupa:***
  - *Determinističke metode* – zasnivaju se na izračunavanju gornjih graničnih vrijednosti jedne ili skupa mjernih performansi (kašnjenje ili/i jitter)
  - *Probabilističke metode* – zasnivaju se na statističkoj karakterizaciji postojećeg i ulaznog saobraćaja

# Kontrolna ravan



## ▪ Kontrola pristupa

- ***Determinističke metode – modeli izvora saobraćaja su kompleksni ali je princip determinističkih metoda kontrole jednostavan. Zasniva se na odlučivanju da li prihvatanje novog toka saobraćaja može da prouzrokuje najgori slučaj ponašanja mreže i naruši granice zahtijevane performanse***
- ***Probabilističke metode – koriste se za servise koji zahtijevaju nisku vjerovatnoću gubitka paketa. Osiguravaju visok stepen iskorištenosti mrežnih resursa. Statističko modeliranje iz statistički multipleksiranih izvora saobraćaja***

# Kontrolna ravan



## ▪ Kontrola pristupa

- ***Mjerne metode kontrole pristupa*** – donošenje odluke o toku saobraćaja na osnovu rezultata mjerenja postojećeg agregiranog saobraćaja. Mjerne metode obuhvaćaju:
  - *Procedure mjerenja saobraćaja radi estimacije opterećenja mreže*
  - *Algoritam odlučivanja o pristupu, u zavisnosti od estimiranog saobraćaja*

# Kontrolna ravan



## ▪ QoS rutiranje

- *Obuhvata pronalaženje i izbor ekonomičnih putanja za tokove IP paketa, koje mogu osigurati zahtjevani QoS, na bazi informacija o raspoloživosti resursa u čvorovima tk mreže. QoS rutiranje treba da:*
- *Izvodi dinamičko određivanje ruta*
- *Izvrši optimizaciju korištenja resursa zavisno od stanja mreže*
- *Izvede poboljšanja ukupnih performansi*



# Kontrolna ravan

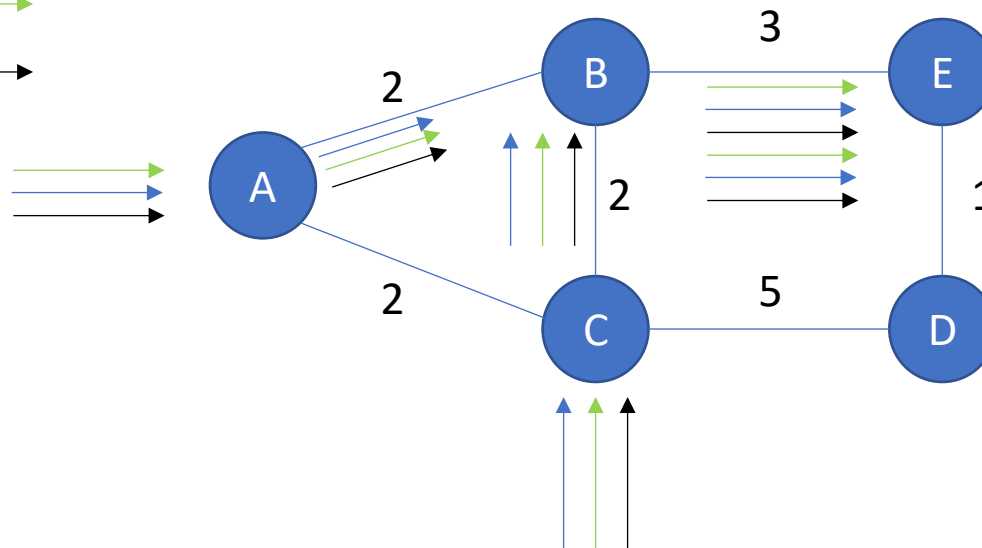


## ■ Tradicionalno rutiranje

Klasa 1 →

Klasa 2 →

Klasa 3 →



# Kontrolna ravan

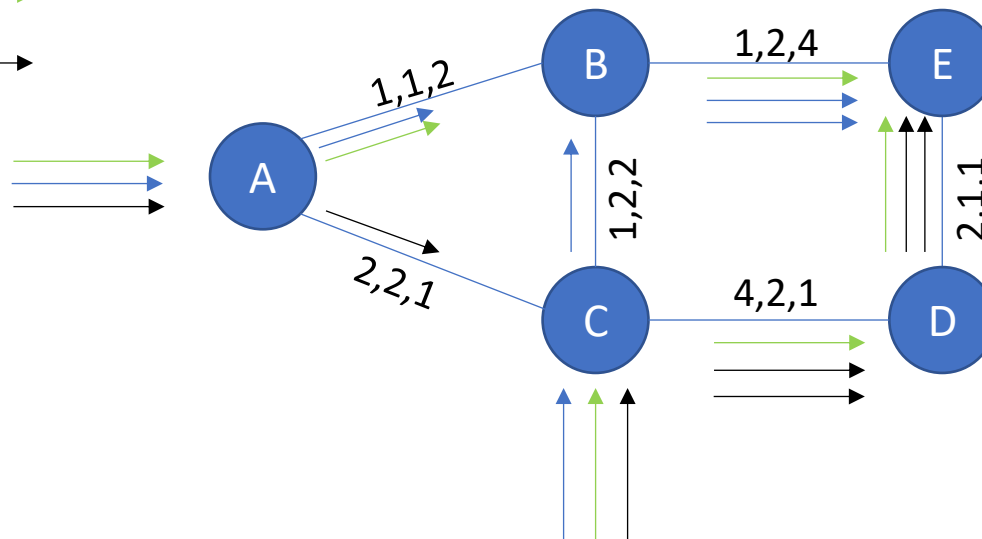


## ■ QoS rutiranje

Klasa 1 →

Klasa 2 →

Klasa 3 →



# Kontrolna ravan



## ■ Pravila slaganje mjera performansi

- *Važan zahtijev za QoS rutiranje saobraćaja se odnosi na određivanje relevantnih mjera performansi za pojedine tokove odnosno klase saobraćaja*
- *Putanja  $p$*
- *Broj linkova  $h$  (broj hopova)*
- *Mjera performanse  $m(i)$  po linku  $i$  koji pripada putanji  $p$*



# Kontrolna ravan

## ▪ Pravila slaganja mjera performansi

- *Za aditivne mjere performansi (kašnjenje, jitter ili cijena linka)*

$$m(p) = \sum_{i=1}^h m(i)$$

- *Za konkavne mjere performansi, kao što je propusni opseg:*

$$m(p) = \min_i m(i)$$

# Kontrolna ravan



## ▪ Pravila slaganja mjera performansi

- *Za multiplikativne mjere performansi (vjerovatnoća uspješnog prijenosa paketa)*

$$m(p) = \prod_{i=1}^h m(i)$$

- *Za indirektno multiplikativne mjere performansi:*

$$L(p) = 1 - \prod_{i=1}^h (1 - L(i))$$

- *Vjerovatnoća gubitka paketa  $L(p)$  – indirektno multiplikativna mjera performanse jer se može predstaviti preko vjerovatnoće uspješnog prijenosa  $1 - L(i)$*

## ■ Algoritmi rutiranja

- *Algoritam koji bira najširu najkraću rutu odnosno putanju sa najmanje hopova. Ako ih ima više bira onu sa najvećim propusnim pojasom*
- *Algoritam koji bira najkraću najširu rutu odnosno putanju sa najvećim raspoloživim propusnim pojasom. Ako postoji više takvih izabire se ona sa najmanjim brojem hopova.*
- *Algoritam koji bira onu sa najkraćim rastojanjem. Rastojanje  $dist$  putanje  $p$  koja sadrži  $h$  hopova se definira na način:*

$$dist(p) = \sum_{i=1}^h \frac{1}{B_i}$$

***$B_i$  – raspoloživi propusni opseg linka  $i$***

## ▪ Algoritmi rutiranja

- *Algoritam I – troši resurse čak dvostruko više nego sami tok saobraćaja koji prolazi jedan hop*
- *Algoritam II – pokušava da rasporedi saobraćajo opterećenje što ravnomjernije, izborom najmanje opterećenih putanja*
- *Algoritam III – zasnovan je na kopromisu između uštede resursa i balansiranja saobraćajnog opterećenja*



# Kontrolna ravan

## ▪ Kombinovana mjera performanse

- *Single Mixed Metric, SMM – definira se kao matematička funkcija dvije ili više mjera performansi – postoje razne varijante*
- *Problem je odsustvo garancij za svaku mjeru performanse ponaosob, ali je bitna prednost primjenljivost u postojećim protokolima rutiranja*
- *Jedna mogućnost je određivanja težinskih faktora za različite mjere performansi u zavisnosti od klasa saobraćaja*

$$m(i) = w_1 D(i) + w_2 J(i)$$

*Težinski faktori se određuju u postotku utjecaja kašnjenja ili jittera*





## ▪ Rezervacija resursa

- *Kontrolna ravan u smislu rezervacije resursa - 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*

# Kontrolna ravan



- Rezervacija resursa i signalizacija kvalitete servisa
- *Dodjeljivanje resursa mreže je mehanizam spregnut sa kontrolom pristupa i načinom rezervacije resursa*
- *Rezervacija resursa može biti statička i dinamička*
- *Signalizacija kvalitete servisa služi za iskazivanje zahtjeva korisnika za QoS, rezervaciju resursa mreže i određivanje putanja koje zadovoljavaju QoS*
- *QoS signalizacija u opsegu*
- *QoS signalizacija van opsega*

# Kontrolna ravan



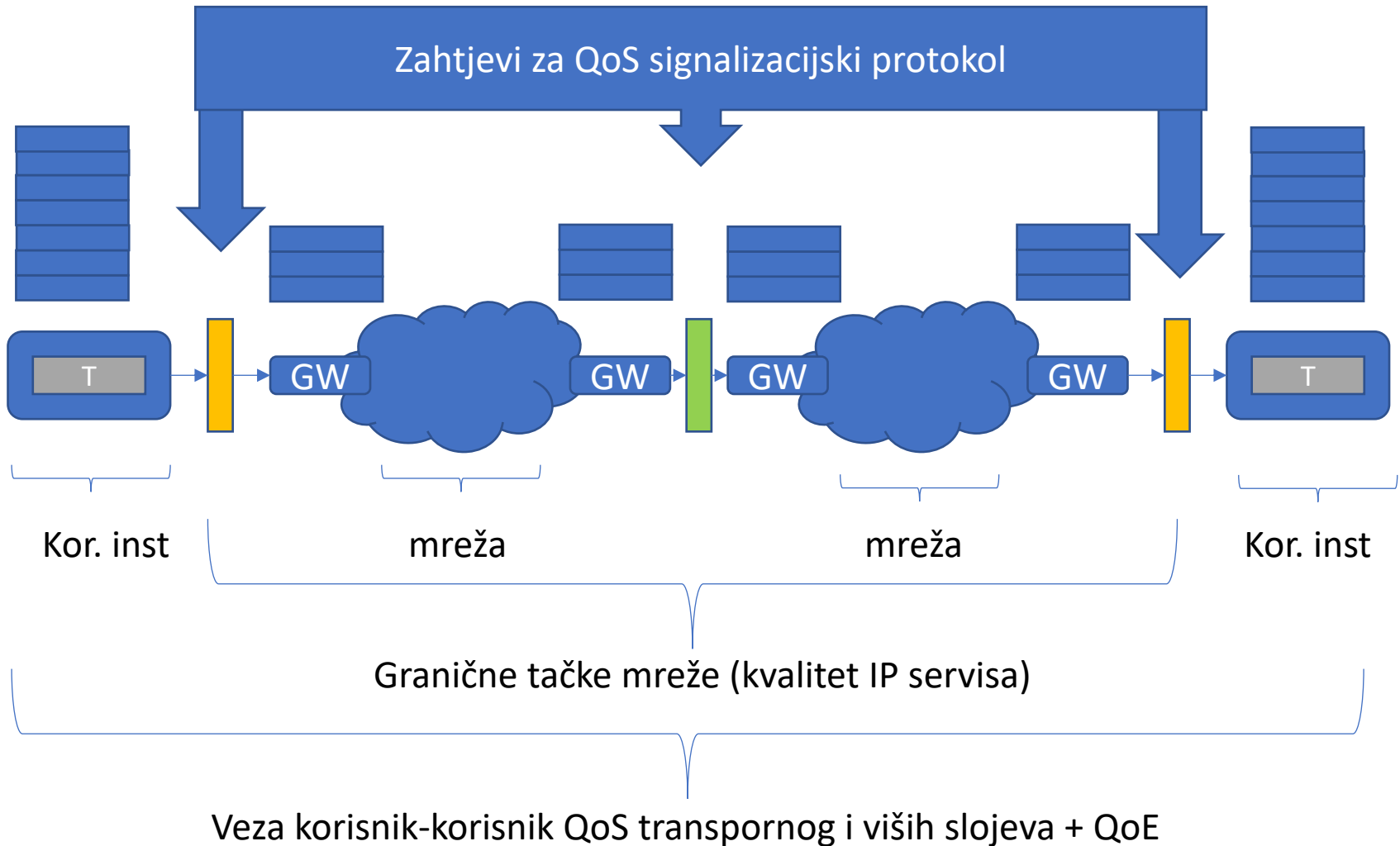
- QoS signalizacija u opsegu
- *Prisutna u odgovarajućem polju zaglavlja paketa, kao što je DSCP polje u arhitekturi diferencirnih servisa*
- *Ne zahtjeva dodatni saobraćaj, unosi malo kašnjenje zbog obrade paketa ali ne unosi kašnjenje za uspostavljanje veze za korisnički saobraćaj*
- *Pogodan za QoS rutiranje koje treba biti ranije definirao prije faze prijenosa korisničkih informacija*

# Kontrolna ravan



- QoS signalizacija van opsega
- *Mora postojati poseban protokol za prijenos signalizacijskih informacija*
- *Ovaj način unosi u mrežu dodatni saobraćaj uslijed razmjene kontrolnih informacija i može prouzrokovati sporije odzive uslijed obrade signalizacijskih informacija na višim slojevima od mrežnog*
- *QoS signalizacija može da bude:*
  - *Spregnuta sa putanjama kojima se prijenose korisničke informacije*
  - *Nezavisna od putanja korisničkih informacija*

# Kontrolna ravan



# Kontrolna ravan



- RSVP
- *Mrežni kontrolni protokol koji omogućuje Internet aplikacijama da dobiju različit QoS za saobraćajne tokove*
- *Osigurava različit stupanj performanse za različite tipove aplikacija*
- *Nije rutirajući protokol, instalira dinamične pristupne liste duž ruta koje rutirajući protokoli proračunavaju*
- *RSVP sesija je aplikacijski podatkovni tok definiran sa odredišnom IP adresom, transportnim protokolom i brojem porta.*

# Kontrolna ravan

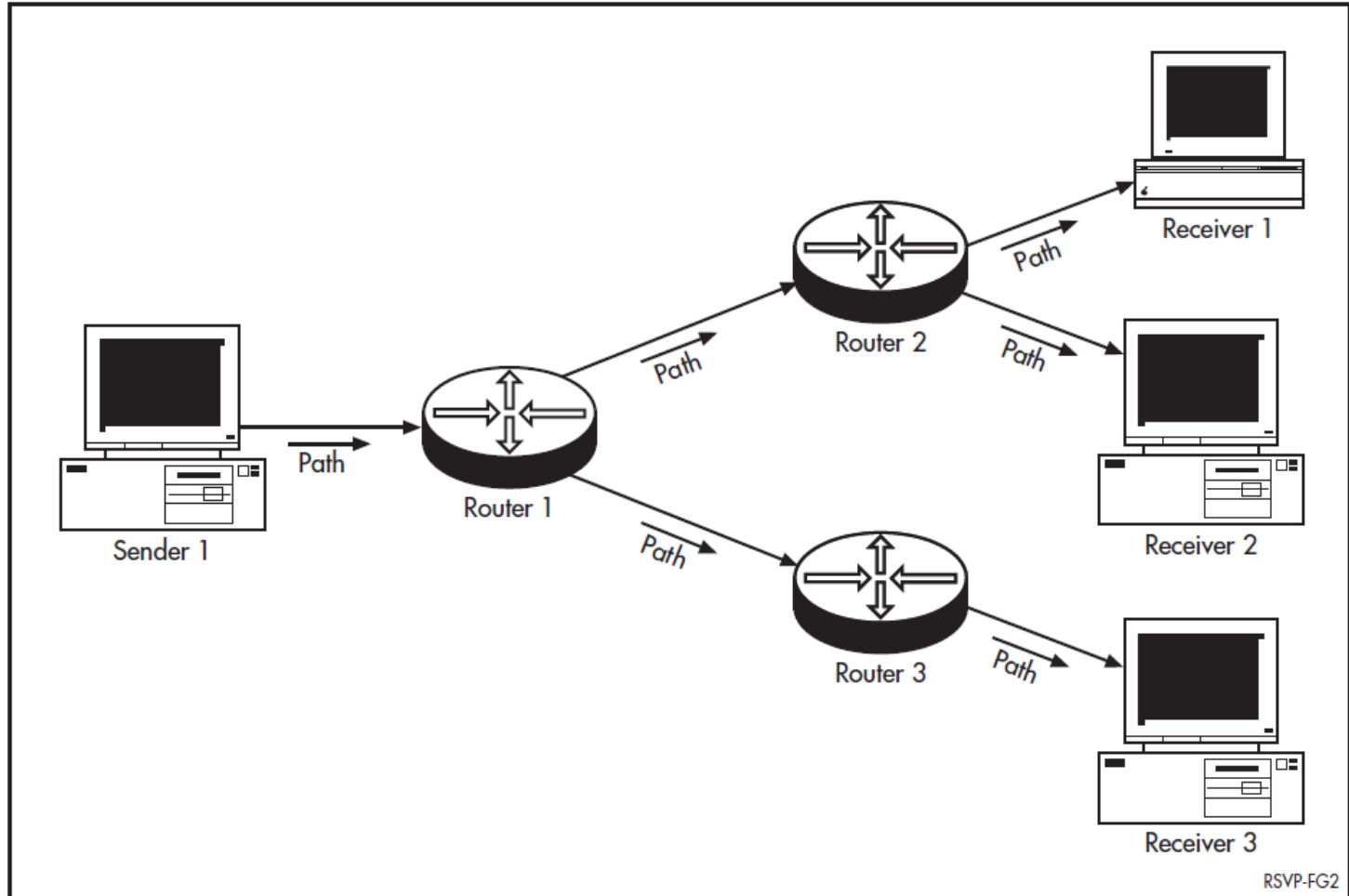


- RSVP
- *Svaki pošiljalac periodično šalje PATH poruku na isto (unicast ili multicast) odredište podatkovnog toka. PATH poruka slijedi istu rutu kroz mrežu kao i podatkovni tok ali se poruka šalje **odvojeno** od podataka*
- *PATH poruka se sastoji od adrese prethodnog hopa, identifikatora sesije, IP adrese pošiljaoca i broja porta i od tzv. TSpec.*
- *Tspec specificira gornju granicu karakteristika saobraćaja koju pošiljalac šalje (maksimalna brzina, eksplozivnost saobraćaja, maksimalno kašnjenje, itd.)*

# Kontrolna ravan



## ■ RSVP





# Kontrolna ravan



## ■ RSVP

- *Kada neki ruter u mreži primi PATH poruku on mijenja u PATH poruci adresu hopa, postavlja svoju adresu i upućuje PATH poruku slijedećim hopu prema destinacijskoj adresi*
- *Sa ovim mehanizmom ruteri pamte povratnu rutu od prijemnika do pošiljaoca i informaciju koja prepoznaje podatkovni tok od pošiljaoca da bi se osigurali ne neophodni resursi.*
- *Kada prijemnik primi PATH poruku on odgovara sa RESV porukom prethodnom hopu tražeći na taj način rezervaciju resursa.*
- *RESV poruka uključuje stil rezervacije, a specifikaciju toka i specifikaciju filtriranja*

# Kontrolna ravan



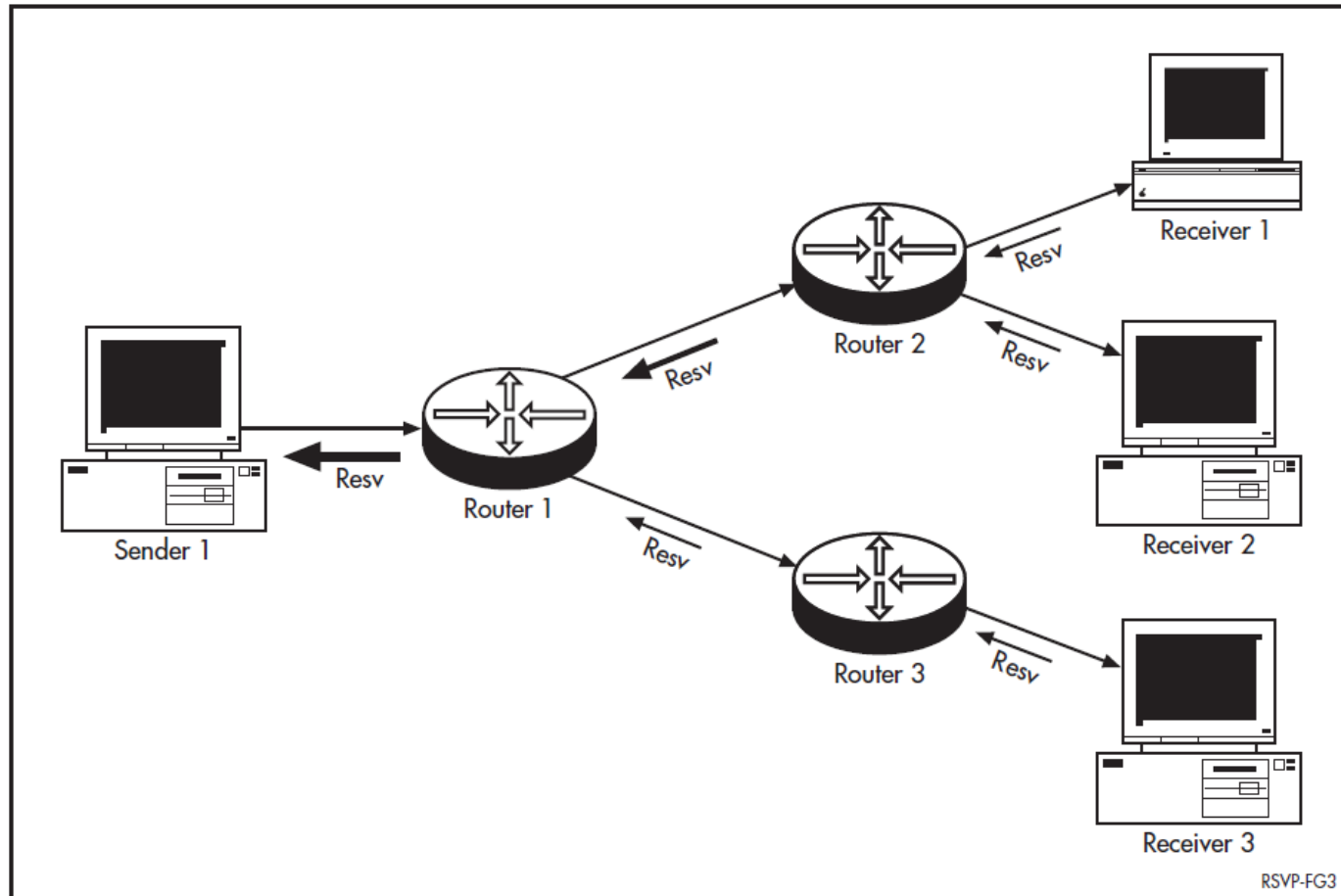
## ■ RSVP

- *Stil rezervacije određuje tokove u sesiji za koju se rezervacija primjenjuje. Tri stila se mogu definirati:*
- *Fiksni filter (Fixed-Filter (FF)) stil rezervira odvojene resurse za svakog pošiljaoca*
- *Eksplicitno dijeljenje (Shared-Explicit (SE)) stil eksplicitno sadrži listu više pošiljalaca koji dijele iste rezervacijske resurse.*
- *Wildcard-Filter (WF) stil rezervira resurse koji su dijeljeni sa svim tokovima u sesiji.*
- *RESV poruka se prenosi u upstream-u suprotno od podatkovnog toka prema pošiljaocu.*

# Kontrolna ravan



## ■ RSVP



# Kontrolna ravan



## ■ RSVP

- *Specifikacija toka definira QoS koji prijemnik zahtjeva za podatkovni tok, dok specifikacija filtera definira pakete u podatkovnom toku koji zahtijevaju QoS da budu primljeni.*
- *U svakom ruteru, specifikacija filtera se pamti i neophodni resursi se alociraju da osiguraju zahtijevani QoS.*
- *RESV poruka se onda upućuje prethodnom hopu naučenom od PATH poruke*
- *Specifikacija toka i filtera tj. odredišna i izvorna IP adresa se koriste da identificiraju pakete koji pripadaju predmetnom toku i prema tome resursi se alociraju za te pakete i zajedno sa rezerviranom QoS performansom definiraju stanje rezervacije.*

# Kontrolna ravan



## ▪ RSVP

- *RSVP koristi tzv. „soft state“ pristup da upravlja stanjem rezervacija na ruterima i hostovima. To znači da se i PATH i RESV poruke periodično razmjenjuju da osvježe rezervacijska stanja između učesnika*
- *Ako stanje za određenu putanju ili rezervaciju istekne prije nego stignu ove poruke, informacije o putanji i rezervaciji se briše i resursi se oslobađaju.*
- *Naredne PATH i RESV se generiraju nanovo i one će nakon što se propagiraju kroz mrežu se reflektirati na promjene rezervacijskih zahtjeva*
- *Ako host ili ruter žele ukloniti stanja putanja i rezervacija, prije nego se dođe do momenta u kome istekne vrijeme rezervacija oni mogu poslati slijedeće poruke:*
- *PathTear poruka koja putuje prema svim prijemnicima i koja briše stanje putanje i rezervacijska stanja duž te putanje.*
- *ResvTear poruka putuje prema svim pošiljaocima i koja briše stanje rezervacije u ovom smjeru.*

# Kontrolna ravan



## ■ RSVP

- RSVP koristi i dve korektivne poruke koje odgovaraju na PATH i RESV poruke:
- *PathErr poruka koja se šalje prema pošiljaocima i koja notificira grešku u PATH stanju ali ona ne mijenja stanje putanje u ruterima*
- *ResvErr poruka se šalje u downstreamu svim pošiljaocima i notificira grešku u RESV stanju – npr. kada se desi spajanje više rezervacijskih zahtjeva.*

## RSVP Packet Format



- RSVP message header fields are comprised of the following:
  - **Version**—A 4-bit field indicating the protocol version number (currently version 1).
  - **Flags**—A 4-bit field with no flags currently defined.
  - **Checksum**—A 16-bit field representing a standard TCP/UDP checksum over the contents of the RSVP message
  - **Length**—A 16-bit field representing the length of this RSVP packet in bytes.
  - **Send TTL**—An 8-bit field indicating the IP time-to-live (TTL) value with which the message was sent.



## RSVP Packet Format

- **Type**—An 8-bit field with six possible (integer) values.

Value	Message Type
1	Path
2	Reservation-request
3	Path-error
4	Reservation-request error
5	Path-teardown
6	Reservation-teardown
7	Reservation-request acknowledgment

- **Message ID**—A 32-bit field providing a label shared by all fragments of one message
- **More fragments (MF) flag**—Low-order bit of a 1-byte word with the other 7 high-order bits specified as reserved. MF is set on for all but the last fragment of a message.
- **Fragment offset**—A 24-bit field representing the byte offset of the fragment in the message



# Kontrolna ravan



- NSIS
- *IETF radna grupa – Next Steps in Signaling – opći model za signalizaciju u IP mrežama*
- *Usmjereni ka specifikaciji protokola koji su spregnuti sa korisničkim putanjama i namjenjeni za komunikaciju tačka-tačka*
- *Generalizacija RSVP u smislu:*
  - *Primjenljivost komponenti NSIS u različitim dijelovima Interneta, za različite potrebe: pristupna signalizacija, signal. između krajnjih korisnika, signalizacija između graničnih rutera za mreži*
- *Razmatranja različitih interakcija između signalizacije i drugih funkcija mrežnog sloja, prevođenje adresa, rutiranje i mobilnost*

# Kontrolna ravan



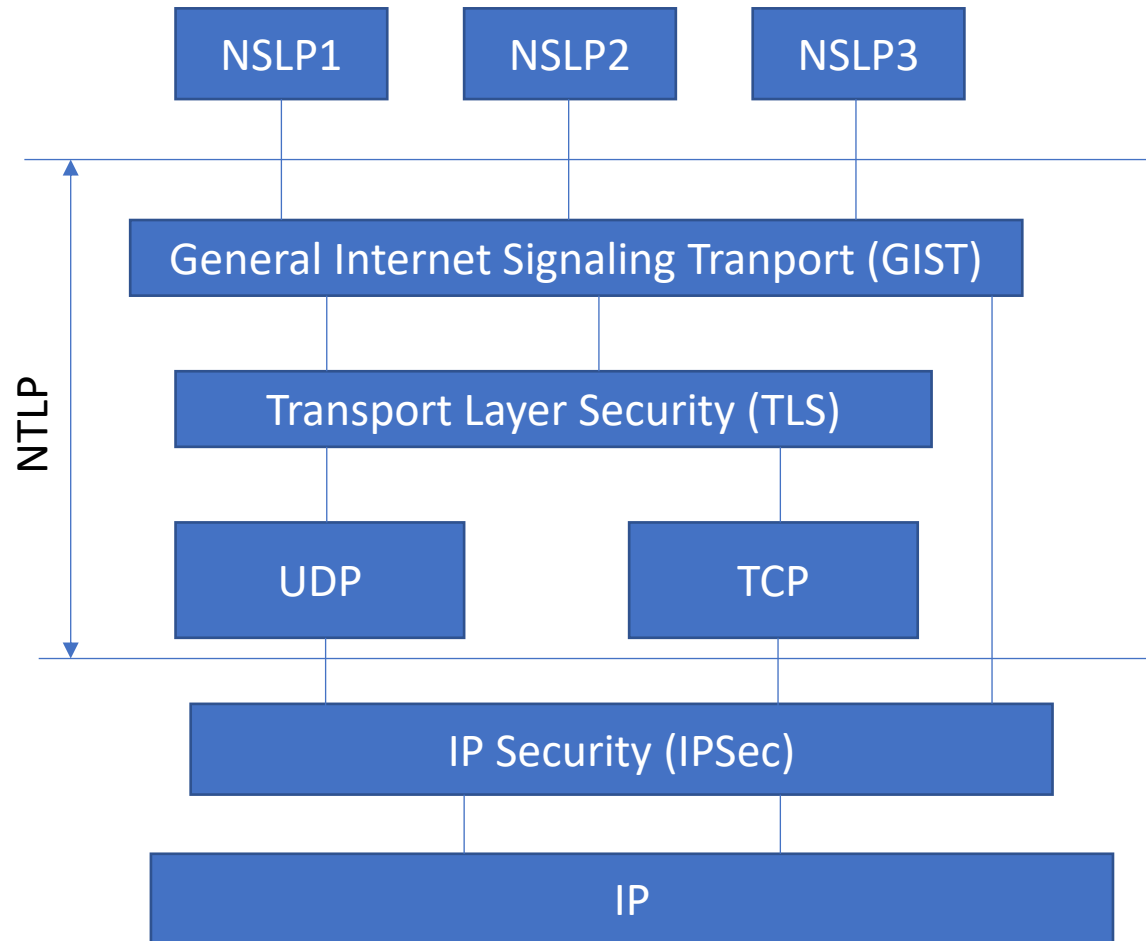
- NSIS
- *Uvodi dvoslojnu arhitekturu:*
- *Protokol transportnog sloja (NTLP – NSIS Transport Layer Protocol) – odgovoran za prijenos signalizacijskih poruka između aplikacija – obuhvaćene novim protokolom GIST*
- *Protokoli sloja signalizacije (NSIS Signaling Layer Protocol)*
- *QoS NSLP za signalizaciju sa rezervacijom resursa, NSLP za konfiguriranje mjerne opreme i NSLP za NAT/firewall*
- *Obuhvta bilo koji tip mreže (mobilnost) – fleksibilnost relacija tokom hadover-a, preslikavanje više tokova saobraćaja u jednu sesiju, transparentnost identifikatora sesije u odnosu na tunnelske mehanizme i IPv4/IPv6 rutiranje između domena*

# Kontrolna ravan



- GIST (General Internet Signaling Transport protocol)
- *Zadužen za efikasnu isporuku sig. poruka, u različitim mrežnim scenarijima*
- *Lociranje i/ili izbor NTLP dvojnika sa kojima će biti izvršena razmjena sig.poruka za konkretan tok IP saobraćaja*
- *GIST koristi postojeće transportne protokole kao i protokole zaštite u mrežnom i transportnom sloju*

# Kontrolna ravan



# Kontrolna ravan



- GIST (General Internet Signaling Transport protocol)
- *Funkcioniše u dva režima rada:*
- *Režim datagrama, koji koristi nepouzidane, nekonektivne transportne mehanizme sa uDP protokolom kao prvim izborom*
- *Konektivni režim, koji koristi pouzdane konektivne transportne mehanizme, sa TCP protokolom kao prvim izborom*
- *GIST kreira i održava slijedeća „soft“ stanja:*
- *Stanje rutiranja poruke po toku koje služi za procesiranje odlaznih poruka, obuhvata ident.toka, tip NSLP i idet.sesije*
- *Stanje pridruživanja poruke, služi za upravljanje stanjima dvojnika u konektivnom modu – broj porta, protokola, inf.o stanju, adresa doredišnog entiteta i interna konf.protokola*

# Kontrolna ravan



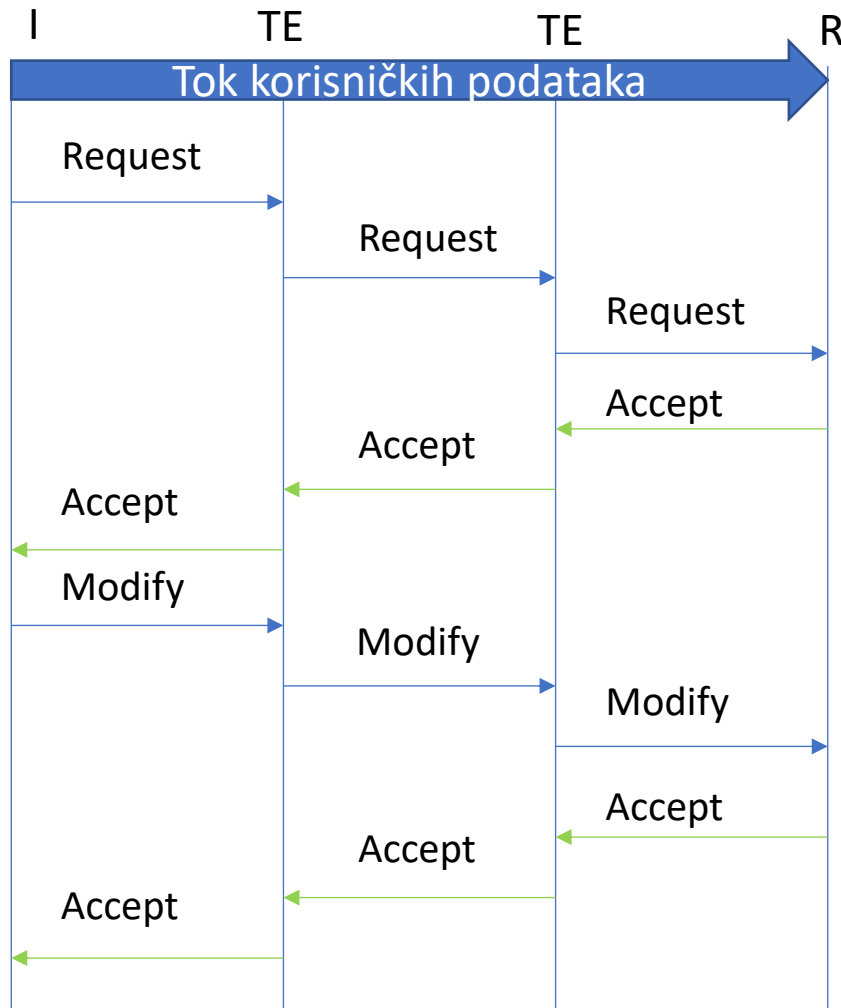
- Signalizacija kvaliteta servisa – QoS NSLP
- *I - Inicijator – entitet koji generira zahtjev za resurs – kor.aplikacija*
- *R - Responder – entitet koji predstavlja krajnju tačku signalizacije*
- *TE- Tranzitni entiteti – koji proslijeđuju signalizacione poruke između I i R kroz mrežu*

# Kontrolna ravan



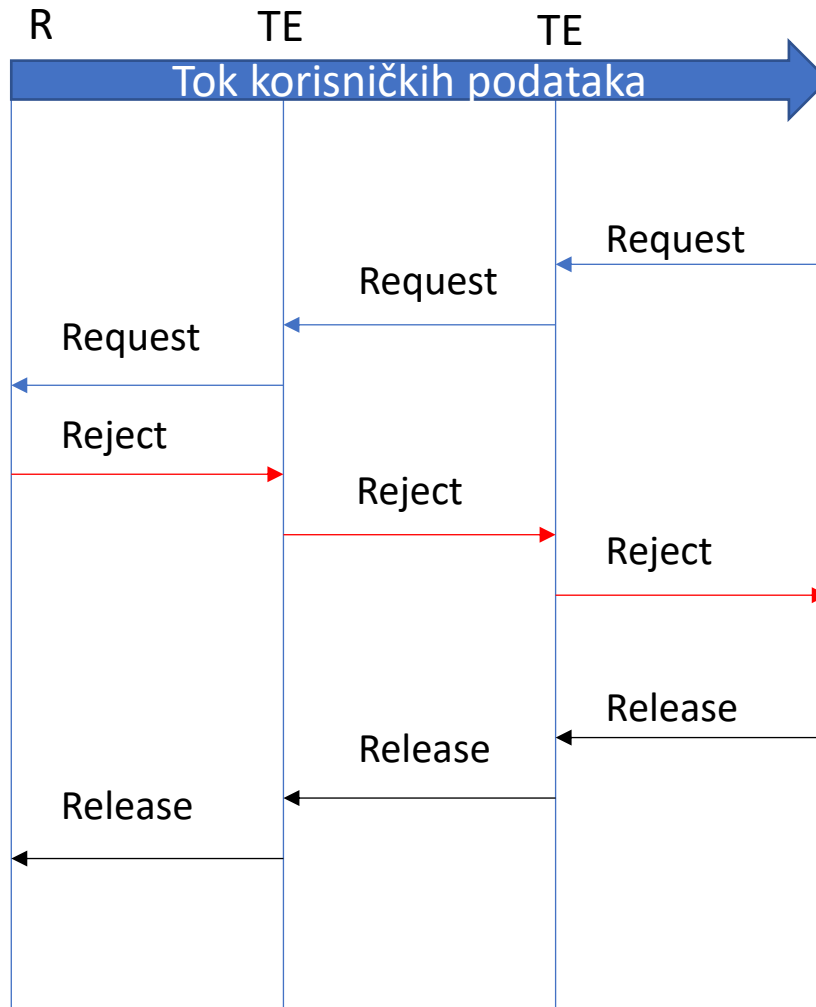
Poruka	Smjer	Operacija
Request	$I \rightarrow R$	Kreiranje nove rezervacije za tok saobraćaja
Modify	$I \leftrightarrow R$	Modifikacija postojeće rezervacije
Release	$I \leftrightarrow R$	Brisanje postojeće rezervacije
Accept/Reject	$I \leftarrow R$	Potvrda ili odbijanje zahtjeva za rezervaciju
Notify	$I \leftrightarrow R$	Izveštaj o događaju detektovanom u mreži
Refresh	$I \rightarrow R$	Upravljanje „soft“ stanjem

# Kontrolna ravan

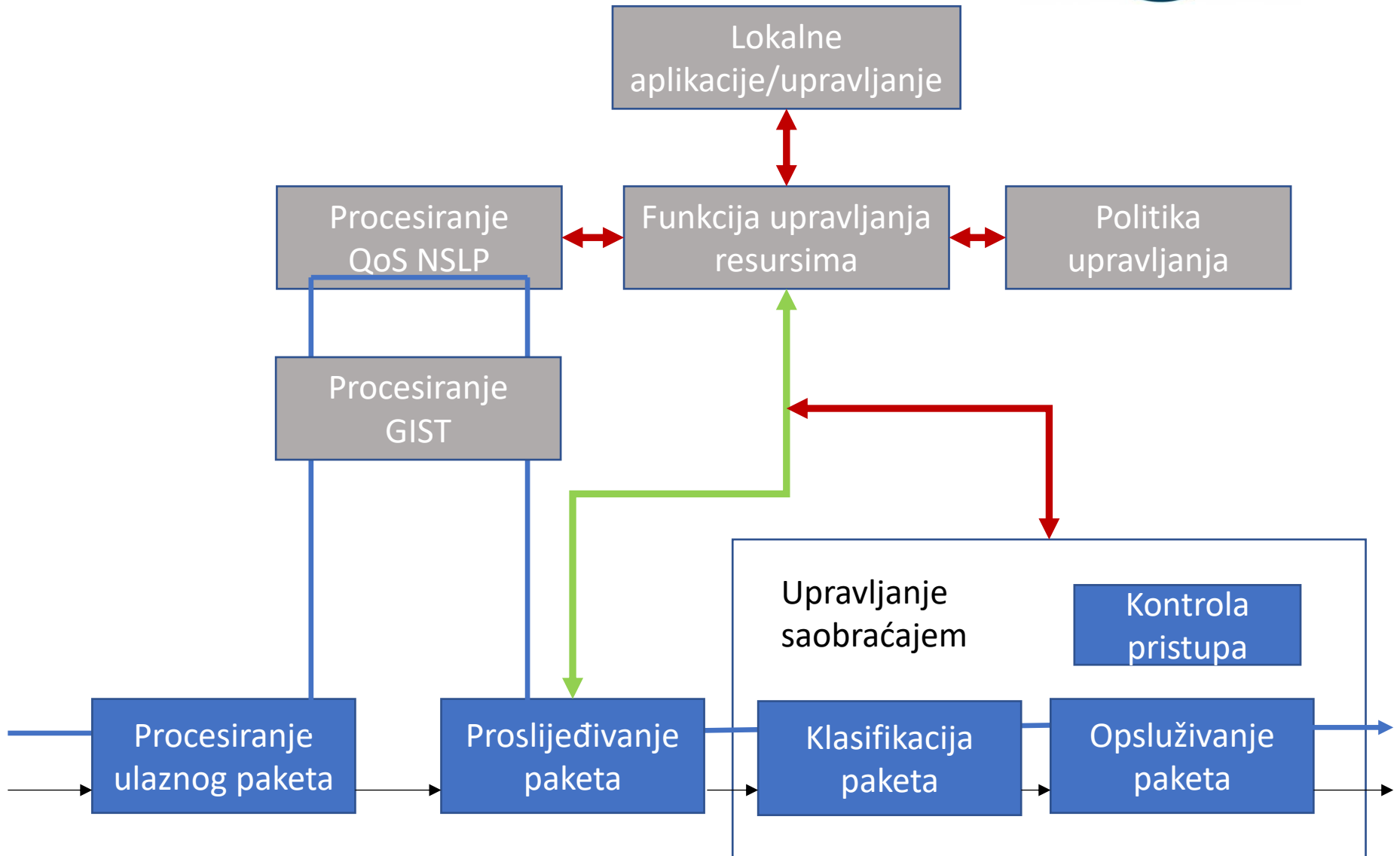




# Kontrolna ravan



# Kontrolna ravan



# Kontrolna ravan



Karakteristika	RSVP	NSIS
Struktura protokola	Jedoslojna	Dvoslojna
Transport	Nekonektivan (IP i UDP)	Konektivan (TCP) ili nekonektivan (UDP)
Inicijator rezerve	Prijemna strana	Predajna ili prijemna strana
Stanja	Soft sa eksplicitnim raskidom veze	Soft sa eksplicitnim raskidom veze
Modeli QoS	Intserv	Svi modeli
Domen signalizacije	Između krajnjih korisnika	Između korisnika, između korisnika i mreže i između mreža
Multicast	Da	Ne
Mobilnost	Ne	Da
Dvosmjerni prijenos	Ne	Da
Agregacija tokova saobraćaja	Da	Da
Skraćeno obnavljanje rezerv. Resursa	Da	Da
Prioriteti	Da	Da



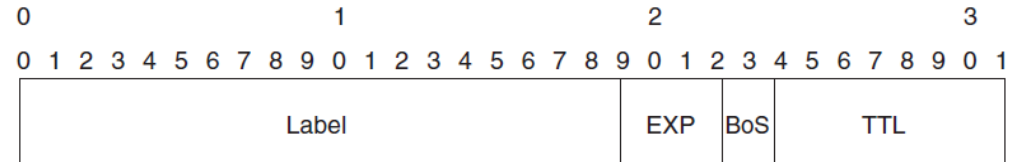
# Intserv i Diffserv arhitekture

- MPLS
- *Protokol koji labelira saobraćaj prema klasama saobraćaja odnosno prema zahtjevima saobraćajnih tokova*
- *Pripada 2,5 protokol stack-u*
- *Labele se „lijepe“ na IP pakete čime se omogućava da se saobraćaj usmjerava korištenjem labela a ne korištenjem odredišnih IP adresa*
- *Dobija se na propusnosti i ne gubi se vrijeme na analiziranju adresa i routing tabela*

# Kontrolna ravan



- MPLS
- *32 bita struktura*
- *20 bita za oznaku labele*
- *EXP – se koristi za QoS*
- *Dubinsko labeliranje BoS 0 osim kod zadnje labele 1*
- *TTL – Time To Live – isto kao kod IP-a smanjuje se do 0*



Label	EXP	0	TTL
Label	EXP	0	TTL
...			
Label	EXP	1	TTL

# Kontrolna ravan

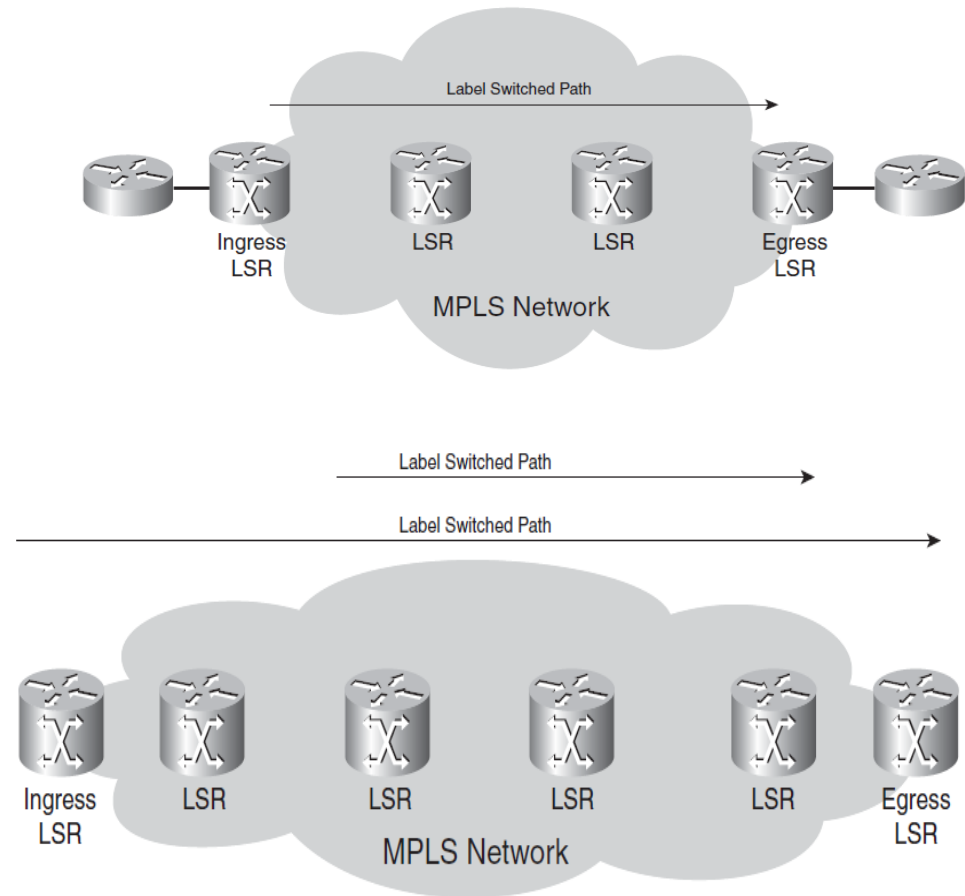


- MPLS
- *Mreža se sastoji od rubnih i unutrašnjih čvorova. Rubni čvor (Edge - Ingress) dodjeljuje labelu – koja se na odredišnom rubnom čvoru skida (Egress).*
- *LSP (Label Switched Path) – put labele kroz MPLS mrežu*
- *LSR – MPLS router*
- *Postoje tri vrste LSR u MPLS mreži:*
  - *Ulazni LSR – ulazni LSR prima paket koji još uvijek nema labelu, dodaje labelu (stek) na početak paketa i šalje paket na izlazni link.*
  - *Izlazni LSR – izlazni LSR prima paket sa labelama, uklanja labelu/labele, i šalje paket na podatkovni link. Ulazni i izlazni LSR su rubni LSR.*
  - *Središnji LSR – središnji LSR prima dolazni paket s labelom, vrši operaciju nad istim, komutira pakete i proslijeđuje ga na izlazni link.*

# Kontrolna ravan



- MPLS
- *LSP je unidirekcionalan*
- *Međutim postoji mogućnost ugniježdivanja*
  - *LSP se prostire cijelom mrežom, ali od trećeg vrši se labeliranje saobraćaja već na prethodnu labelu*



# Kontrolna ravan



- MPLS
- *QoS sa klasama ekvivalentnog prosljeđivanja (FEC – Forward Equivalence Class) – grupa tokova paketa koji se prosljeđuju duž iste putanje ali se i tretiraju isto u odnosu na tretman prosljeđivanja*
- *Svi paketi koji imaju istu labelu ne pripadaju istom FEC-u, jer njihova vrijednost EXP može biti promjenjena*
- *Ulazni LSR određuje FEC odnosno klasificira pakete:*
  - *Paketi čija destinacijska IP adresa odgovara određenom prefiksu*
  - *Multicast paketi koji pripadaju određenoj grupi*
  - *Paketi sa istim tretmanom prilikom prosljeđivanja, u zavisnosti od DSCP polja*
  - *Okvirovi na drugom nivou koji se prenose duž MPLS mreže primljeni na jednom VC ili na podinterfejsu ulaznom LSR i poslani na jedan VC ili podinterfejs izlaznog LSR*
  - *Paketi sa destinacijskom IP adresom koji pripadaju skupu BGP prefiksa, svi sa istim BGP slijedećim hopom – paketi dobijaju labelu u zavisnosti od BGP hopa*



The diagram illustrates an MPLS network topology. A grey cloud represents the network. On the left, an arrow labeled "Packet In" points to the "Ingress LSR" (Label Switching Router). From the Ingress LSR, a path of routers is shown: a middle LSR, then an LSP (Label Switched Path) indicated by a curved line, then another LSR, and finally an "Edge LSR" at the bottom. From the Edge LSR, the path continues to an "Egress LSR" on the right. An arrow labeled "Packet Out" points away from the Egress LSR. Above the cloud, a curved arrow labeled "Internal BGP" connects the Ingress LSR and the Egress LSR. To the right of the Egress LSR, the text "iBGP Next Hop" is present.

# Basic Concept of MPLS

## Kontrolna ravan

### ■ MPLS - Princip rada

1. korak – Mreža automatski gradi tablice usmjeravanja na temelju poznatog mehanizama (OSPF, IGRP, IS-IS).

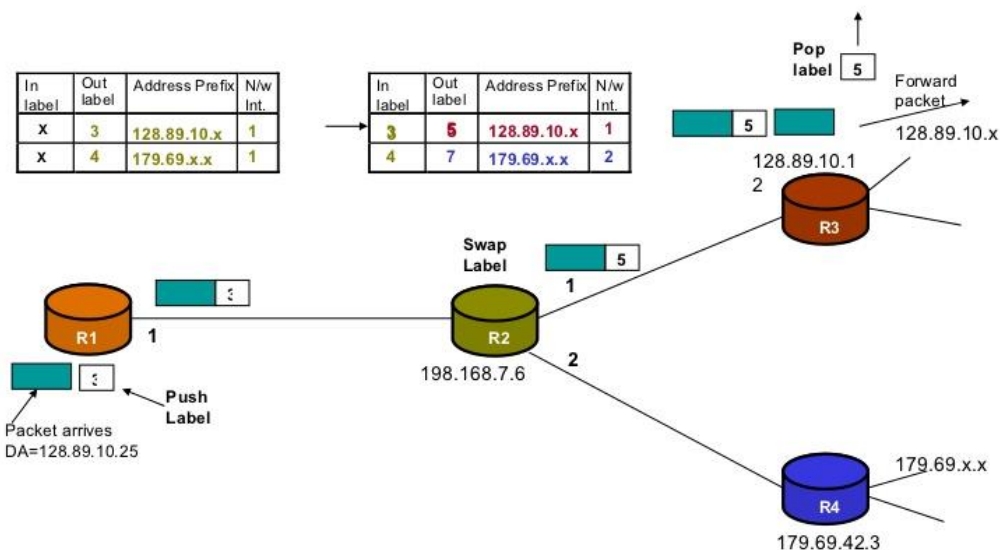
LDP na temelju tablica i

mrežne topologije ostavlja vrijednosti labela između susjednih elemenata. Ta operacija kreira LSP.

2. korak – Paket ulazi na ulazni LER gdje mu se na temelju zaglavlja određuje labela, ubacuje unutar zaglavlja te se paket prosljeđuje do idućeg usmjeritelja (LSR).

3. korak – LSR u jezgri mreže čita labelu na svakom primljenom paketu, traži odgovarajući zapis usmjeravanja i na temelju njega postavlja novu labelu i prosljeđuje novom usmjeritelju. Ovaj korak se ponavlja na svakom LSR-u

4. korak – Izlazni LER skida i odbacuje labelu, pročita zaglavlje paketa i prosljeđuje ga na određenu adresu zapisanu unutar IP zaglavlja.



© Copyright 2002-2005  
All Rights Reserved

MPLS Seminar, MTNL CETTM, Mumbai, 26<sup>th</sup> April 2005

8



# Literatura

- Bilješke i slajdovi sa predavanja
- Mirjana Stojanović, Vladanka Aćimović – Raspopović, „Savremene IP mreže: Arhitekture, tehnologije i protokoli“, Akademska misao Beograd, 2012.