

## IMPLEMENTACIJA MEHANIZAMA KVALITETE USLUGE U IP MREŽAMA

### IMPLEMENTATION OF THE MECHANISMS FOR QUALITY SERVICES IN IP NETWORKS

Krešimir Borovec<sup>1</sup>, Dubravko Žigman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Student TVZ-a, Informatičko-računarski odjel

<sup>2</sup>Tehničko veleučilište u Zagrebu, Elektrotehnički odjel

#### Sažetak

Telekomunikacijske mreže bazirane na IP (eng. *Internet Protocol*) tehnologiji postale su osnovi alat svake poslovne organizacije. O njenoj učinkovitosti direktno ovise i poslovni uspjesi i rezultati. IP mreže koriste se za prijenos svih podataka, od Internet prometa, glasovnih i video usluga do kritičnih poslovnih podataka. Uloga mehanizama QoS (eng. *Quality of Service*) postaje vrlo važna kako bi se različitim vrstama prometa pružio odgovarajući tretman.

Pružatelji usluga i poduzeća obično su koristili, i razvijali zasebne mreže kako bi kvalitetno i sigurno prenjele svoje glasovne, podatkovne i aplikacijske usluge. Rastući je trend prema konvergenciji svih tih mreža u jedinstvenu mrežu baziranu na Internet Protocol (IP) tehnologiji. Za podršku glasa, videa i podatkovnih aplikacija s različitim zahtjevima usluga, sustavi jezgre mreže (eng. *core network*) moraju razlikovati i opsluživati različite vrste prometa ovisno o njihovim zahtjevima. Uz best-effort uslugu nije moguće napraviti razliku između tisuća prometnih tokova koje postoje u jezgrenom dijelu mreže. Dakle, nema prioriteta niti jamstva za bilo koju aplikaciju. To u osnovi onemogućuje sposobnost IP mreže za prijenos podataka koji zahtijevaju čak i minimalne resurse mreže. IP kvaliteta usluge (eng. *Quality of Service*) usmjerena je na rješavanje tih problema.

**Ključne riječi:** Mreža, QoS, podaci, kvaliteta, aplikacija

#### Abstract

Telecommunication networks based on Internet Protocol (IP) technology have become

basic tool of every business organization. On its efficiency directly depends business success and results. IP networks are used to transfer all data from Internet traffic, voice and video services to critical business data. Role of Quality of Service mechanisms becomes very important to provided appropriate treatment to the different types of traffic. Service providers and enterprises generally used, and developed a separate network to successfully and safety carry voice, data, and application services. It is growing trend towards convergence of all these networks into a single network based on Internet Protocol (IP) technology. To support voice, video and data applications with different requirements of services, systems, core network must distinct and serve different types of traffic depending on their requirements. With a best-effort service it is not possible to distinguish between thousands of traffic flows that exist in the core of the network. Therefore, there is no priority or warranty for any application. This basically disables the ability of IP networks for data transmission which require even minimal network resources. IP quality of service (eng. *Quality of Service*) is necessary for solving these problems.

**Key words:** Network, QoS, data, quality, application

#### 1. Uvod

##### 1. Introduction

IP QoS funkcije namijenjene su za zajamčenu isporuku diferenciranih usluga i servisa dodjeljujući im mrežne resurse i omogućuju

kontrolu nad njima. QoS je skup usuga i zahtjeva koje mreža mora zadovoljiti kako bi paketi mogli stići na odredište. QoS pruža usluge i jamstva isporuke paketa koje se temelje na mrežnim mjeranjima performansi kao što su alokacije resursa, prebacivanje, usmjeravanje paketa, raspodjela paketa i mehanizmi gubitaka paketa. Neki od glavnih benefita IP QoS-a jesu sljedeći[1]:

- omogućuje podršku za postojeće i nove multimedijalne usluge i aplikacije i njihove zahtjeve. Podržava specifične zahtjeve za prijenos Voice over IP (VOIP) govornog prometa.
- daje kontrolu mrežnim operaterima nad mrežnim resursima
- pruža jamstvo uslugama i omogućuje diferencijaciju prometa preko mreže što omogućuje da se glas, video i aplikativni promet prenosi putem jedinstvene mreže.
- omogućuje pružateljima usluge (eng. service providers) da nude poboljšane usluge uz dosadašnje best-effort usluge. Pružatelji usluga svoje usluge mogu podijeliti u skupine po važnosti kao što su Platinum, Gold i Silver te ovisno o odabranoj vrsti konfigurirati mrežu u skladu s tim.
- omogućuje pružanje određenih mrežnih usluga na aplikacijskom nivou ovisno o informacijama u zaglavlju paketa.
- uloga QoS-a u pružanju VPN (eng. Virtual private Networks) usluga je od velike važnosti.

## 2. Arhitektura QoS-a

### 2. QoS architecture

Osnovni problemi koji su vidljivi na Internetu mogu se svesti na pitanje rezervacije mrežnih resursa. Paketi se odbacuju ili kasne zbog nemogućnosti mreže da zadovolji sve potrebe za nesmetan prijenos podataka. Mreža se, u najjednostavnijem modelu, sastoji od zajedničkih resursa poput propusnosti i spremnika podataka koji opslužuju različiti promet. Mreža koja podržava QoS mora preuzeti aktivnu ulogu u procesu raspodjele resursa i odlučuje tko bi i koliko resursa trebao dobiti[2].

Neke se mreže trenutno oslanjaju na TCP protokol na krajnjim lokacijama kako bi otkrili zagušenja u mreži i u skladu sa time smanjili brzinu i količinu prijenosa podataka. TCP koristi shemu prozora (eng. *window-based scheme*) za kontrolu zagušenja. Prozor odgovara količini podataka koja se koristi u prijenosu između pošiljatelja i primatelja. Ukoliko TCP kod pošiljatelja otkrije izgubljene pakete, smanjiti će veličinu prozora na pola te će ga zatim postepeno povećavati u slučaju da se pojavi veća propusnost na mreži. Takve usluge koje pruža mreža često nazivamo best-effort uslugom.

Tijekom posljednjih desetljeća Internetska je zajednica razvila Integrirane usluge (eng. *Integrated Services*) i Diferencijalne usluge (eng. *Differentiated Services*), dvije nove arhitekture za raspodjelu resursa. Nove arhitekture donose niz novih koncepata koji su važni za podršku QoS-a u mreži:

- Okviri za raspodjelu resursa koji podržavaju osiguranje resursa i različitost servisa.
- Novi modeli usluga za Internet pored best-effort

Integrirane usluge i Diferencijalne usluge predstavljaju dva različita rješenja. Integrirane usluge pružaju mogućnost rezervacije resursa za pojedine podatkovne tokove, dok Diferencijalne usluge omogućuju kombinaciju označavanja i raspodjele paketa te prioritizacije prometa.[2]

### 3. Pogled na tržište – QoS dizajn i terminologija

#### 3. Market overview - QoS design and terminology

Najvažnija stvar kod QoS-a je manipuliranje paketima i učinkovito upravljanje mehanizmima za sprečavanje utjecaja kašnjenja, gubitaka i latencije na podatkovne tokove u mreži.

Svaki proizvođač mrežne opreme implementira kontrole ovih funkcija na različite načine i može koristiti neznatno različitu terminologiju, iako je cilj isti – osigurati nesmetani tok podataka od odredišta do destinacije.

U tablici 1. prikazane su neke karakteristike pojedinih proizvođača mrežne opreme[3][4][5]:

### 3.1. Proizvođači i karakteristike

#### 3.1. Manufacturers and their characteristics

Tabela 1 Karakteristike proizvođača

Table 1 Characteristics of manufacturers

Juniper	Hewlett-Packard	Cisco
CoS komponente	Layer 7 QoS pomoću DAR opcije	Layer 7 QoS pomoću NBAR opcije
više aplikacija može pripadati jednoj klasi	moгуćnost kreiranja QoS profila za korisnika	Auto QoS za VOIP
moгуćnost konfiguriranja višestrukih pojedinih klasa (EF1, EF2...)	sistemska predefinicirana QoS pravila	Auto QoS Enterprise
RED izbjegavanje zagušenja	modularni QoS (MQC)	moгуćnost konfiguracije do 256 različitih klasa
moгуćnost re-markiranja paketa	moгуćnost kreiranja globalnih QoS postavki	QoS zaštita od DoS napada
hijerarhijski QoS	prioritetni redovi čekanja	hijerarhijski QoS
moгуćnost konfiguriranja 8 prosljeđujućih klasa	RED i WRED izbjegavanje zagušenja	modularni QoS (MQC)

Iako QoS nije karakteristika jednog proizvođača, svaki od njih uspio je ponuditi neku osobinu, značajku QoS-a koja se razlikuje ili je nova u odnosu na druge proizvođače poput auto QoS kod Cisca ili sistemskih predefiniciranih pravila kod HP-a.

### 4. Implementacija QoS mehanizama

#### 4. Implementation of QoS mechanisms

Na primjeru jedne korporativne WAN mreže prikazat će se implementacija QoS mehanizama na Cisco mrežnoj opremi. Prvenstveno se na mreži moraju postaviti granice tj. mjesta u mreži gdje će se izvršavati pojedine faze QoS-a. Tu se prvenstveno misli na definiranje QoS domene (Slika 1), zatim na

definiranje mjesta u mreži gdje se paketima dodaju pojedine oznake i u konačnici na kojim mjestima će se manipulirati paketima.

Slika 1 QoS domena

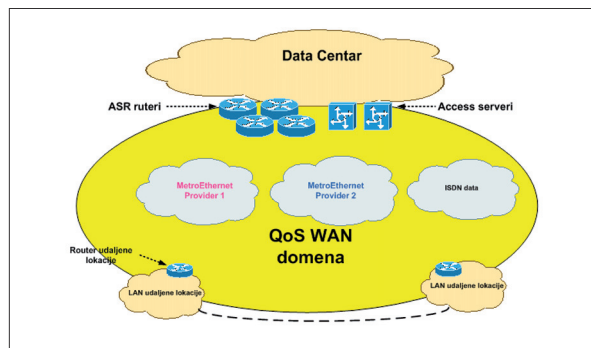
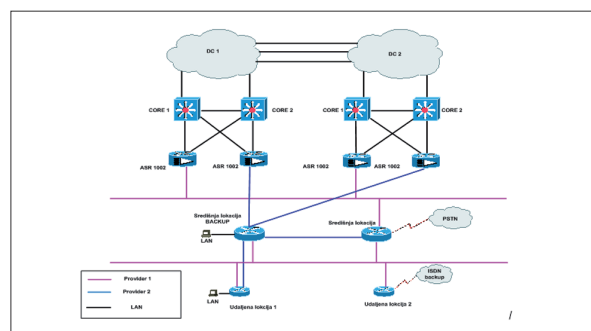


Figure 1 QoS domain

Implementirano rješenje omogućit će:

1. Identifikaciju i klasifikaciju podatkovnog IP prometa u ovisnosti o poslovnim prioritetima tj. identificirati će se vrste prometa i ekvivalentni prioriteti u svakom trenutku i situaciji na IP podatkovnoj mreži.
2. Markiranje identificiranog podatkovnog IP prometa radi kasnije manipulacije istim na WAN linkovima sukladno pridijeljenoj oznaci unutar IP zaglavlja pojedinog IP paketa.
3. Izbjegavanje i uspješno upravljanje zagušenjima na mreži (eng. Congestion Management). Ideja QoS-a nije samo ‘saniranje i liječenje’ pojedinog zagušenja nastalog u određenom trenutku na mreži nego i preventivno djelovanje kako bi se te situacije izbjegle (eng. Congestion Avoidance).
4. ‘Policing and shaping’ tj. ograničavanje i oblikovanje podatkovnog IP prometa (u skladu s njegovom oznakom u IP zaglavlju) na WAN vezama kako bi se preventivno otklonila mogućnost neželjenih situacija na mreži

Prikaz sheme mreže:



Slika 2 Shema mreže

Figure 2 Network scheme

Mreža je podijeljena u nekoliko logičkih cjelina (slika 2). To su:

1. Data centar (ASR usmjernici)
2. Središnje lokacije (Cisco 3925 usmjernici)
3. Udaljene lokacije (Cisco 2911 usmjernici)

Primjeri konfiguracija implementiranog rješenja:

1. Definiranje interesantnog prometa pomoću access-lista i NBAR-a.

```
ip nbar port-map custom-03 tcp 2000 2001
2002
ip nbar port-map custom-02 udp 2427 2727
ip nbar port-map custom-02 tcp 2427 2428
2727
ip nbar port-map custom-01 tcp 1645 1646
```

Access-lista kojom se označava interesantan promet na ASR usmjernicima je slijedeća:

```
ip access-list extended APP_CENTAR_POSL_PZ
remark /*****
*****
remark QOS_access_lista za Aplikativni
promet
deny tcp host 10.100.12.21 any eq www
permit tcp 10.100.12.0 0.0.3.255 eq 443
any
permit tcp 10.100.12.0 0.0.3.255 eq www
any
permit tcp 10.100.20.0 0.0.3.255 eq
6015 any
permit tcp 10.100.20.0 0.0.3.255 eq
6017 any
permit tcp 10.100.20.0 0.0.3.255 eq
31000 any
permit ip host 10.115.37.74 any
permit ip host 10.115.37.10 any
permit ip host 10.115.37.138 any
permit ip host 10.101.200.149 any
permit ip host 10.100.111.16 any
permit tcp 10.100.2.0 0.0.0.63 eq 443
any
permit tcp 10.100.2.0 0.0.0.63 eq 2598
any
permit tcp 10.200.2.0 0.0.0.63 eq 443
any
permit tcp 10.200.2.0 0.0.0.63 eq 2598
any
permit ip host 10.100.23.136 any
permit ip host 10.100.23.138 any
```

```
permit ip host 10.100.23.139 any
permit tcp host 10.100.4.6 eq 443
any
permit tcp host 10.200.4.6 eq 443
any
permit tcp host 10.100.4.6 eq www
any
permit tcp host 10.200.4.6 eq www
any
permit ip host 10.100.24.134 any
permit ip host 10.100.24.135 any
permit ip host 10.203.6.100 any
permit ip host 10.203.9.20 any
permit tcp host 10.203.1.38 eq 443
any
permit tcp host 10.203.1.38 eq www
any
permit ip host 10.203.9.42 any
permit ip host 10.203.9.43 any
```

2. Definiranje class-mapa - njima se definira pojedina klasa prometa. Class-mape su slijedeće:

```
class-map match-all Voice
match protocol rtp audio
class-map match-any Voice-Sig
match protocol h323
match protocol custom-02
match protocol custom-03
class-map match-any Nadzor
match protocol custom-01
match protocol telnet
match protocol syslog
match protocol tftp
match protocol snmp
match protocol dns
match protocol ssh
match protocol ldap
match protocol ntp
match protocol icmp
class-map match-any APP2POSL_PZ
match access-group name APP_CENTAR_
POSL_PZ
match protocol kerberos
```

3. Definiranje policy-mape – one govore što će se s pojedinom klasom prometa raditi, tj. kako će se tim prometom manipulirati.

```
policy-map OZNACI
class Voice
set ip dscp ef
```

```
class Voice-Sig
  set ip dscp cs3
class Nadzor
  set ip dscp cs2
class APP2POSL_PZ
  set ip dscp af21
```

#### 4. Implementacija policy mape na željeno sučelje/ port usmjernika:

```
interface GigabitEthernet0/0/2
service-policy input OZNACI
  ip nbar protocol-discovery
interface GigabitEthernet0/0/3
service-policy input OZNACI
  ip nbar protocol-discovery
```

IP paketi se označe ukoliko pripadaju u jednu od definiranih klasa, ukoliko ne pripadaju niti u jednu od tih klasa imaju defaultnu dscp vrijednost unutar IP zaglavlja koja je 0.

Oblikovanje i upravljanje prometom odvija se u sljedećim koracima:

1. Definirane su klase prometa koje su bitne za neometanu poslovnu produkciju

```
class-map match-any WAN_Voice-Sig
  match dscp cs3
class-map match-any WAN_APP2POSL_PZ
  match dscp af21
class-map match-any WAN_Nadzor
  match dscp cs2
class-map match-any WAN_Voice
  match dscp ef
```

2. Definira se policy mapa:

```
policy-map GENERIC-ASR
class WAN_Voice
  priority percent 18
class WAN_Voice-Sig
  bandwidth percent 2
  random-detect
class WAN_Nadzor
  bandwidth percent 5
  random-detect
class WAN_APP2POSL_PZ
  bandwidth percent 25
  random-detect dscp-based
class class-default
  bandwidth percent 20
  random-detect dscp-based
  police rate percent 40
  conform-action transmit
  exceed-action drop
```

3. Definira se cijela regija i prometna politika od data centra prema cijeloj regiji.

```
ip access-list extended REGIJA_X
  permit ip any 10.51.0.0 0.0.63.255
  permit ip any 10.31.128.0 0.0.63.255
  permit ip any 10.216.0.0 0.0.63.255
  permit ip any 10.231.128.0 0.0.63.255
```

4. Konačno definiranje "parent" policy mape koja se primjenjuje na WAN sučelje

```
policy-map WAN_2_MEDJUGRADSKI
class REGIJA_X
  shape average 4000000
  service-policy GENERIC-ASR
class eigrp
  bandwidth 20
```

5. Konačna primjena policy mape na WAN sučelja usmjernika u odlaznom smjeru tj. prema krajnjim lokacijama:

```
interface GigabitEthernet0/0/1
description MEDJUGRADSKA_MREZA
service-policy output WAN_2_
MEDJUGRADSKI
```

## 5. Testiranje QoS-a

### 5. QoS testing

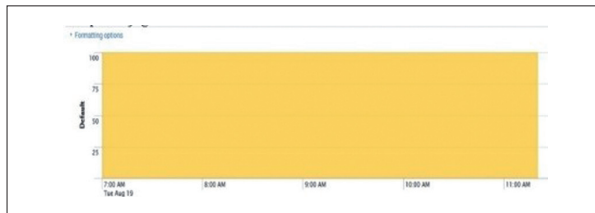
Testiranje QoS raditi će se na način da se prvo simulira zagušenje linkova na kojima nije podešen QoS. Nakon toga simulira se zagušenje linkova na kojima imamo podešen QoS i prate se rezultati. Simuliranje zagušenja realizira se kroz dvije aplikacije: Iperf i WAN Killer. Nakon što se linkovi zaguše nepotrebnim prometom pokušati će se ostvariti telefonski pozivi i pokrenuti poslovne aplikacije.

Nakon generiranja velike količine prometa na testnim likovima bez QoS-a pokušana je uspostava voice poziva preko njih i otvaranje poslovnih aplikacija. Rezultati su neuspješni što i potvrđuje graf na slici 3:

Na grafu vidimo kako je link zapunjen i da prolaze samo default-ne oznake kroz link. Kada se pokuša uspostaviti poziv ili pokrenuti aplikacija jednostavno nema propusnosti niti "mjesta" za dodatni promet.

Nakon konfiguracije QoS-a i primjene postavki na promatrani link vidljive su i druge

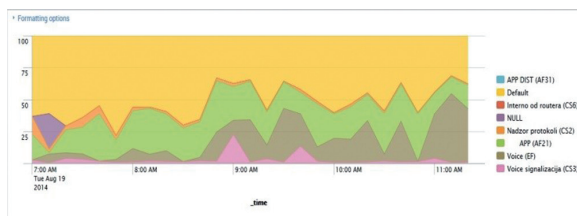




Slika 3 DSCP oznake na liku bez QoS-a

Figure 3 DSCP marks on the figure without QoS

DSCP oznake na linku (slika 4). Dakle, usprkos istoj zapunjenosti linka, klase koje smo definirali ipak su uspjele proći kroz zagušeni link, čime smo osigurali da i u trenucima velike zagušenosti mreže, poslovne aplikacije nesmetano rade.



Slika 4 DSCP oznake sa aktivnim QoS-om

Figure 4 DSCP marks with active QoS

## 6. References

### 6. Reference

- [1] QOS-Enabled Networks: Tools and Foundations By Miguel Barreiros, Peter Lundqvist
- [2] Paul Ferguson, Geoff Huston, "Quality of Service: Delivering QoS on the Internet and in Corporate Networks," Wiley, January 1998.
- [3] Guy Davies, Juniper Network Books, „Day One – Deploying Basic QoS“, July 2011
- [4] HP MSR Router Series, Hewlett-Packard Development Company, 2014
- [5] Enterprise QoS Solution Reference Network Design Guide, Cisco Systems, 2005

## AUTHOR · AUTOR

### Krešimir Borovec

Krešimir Borovec rođen je 21.05.1982. godine u Zagrebu, završava osnovnu školu Voltino u Zagrebu, i upisuje se u X. gimnaziju prirodoslovno-matematičkog usmjerenja, u Zagrebu koju završava 2000. godine. Nakon srednje škole upisuje stručni studij na Tehničkom Veleučilištu Zagreb smjer informatika koji završava 2005. godine te se zapošljava u Ministarstvu obitelji, branitelja i međugeneracijske solidarnosti kao pripravnik informatike. Upisuje CCNA tečaj te nakon polaganja certifikata zapošljava se u tvrtci Metronet d.o.o kao specijalist za mreže. Ubrzo prelazi u Privrednu

## 6. Zaključak

### 6. Conclusion

Ono što danas imamo u korporativnom okruženju je naizgled nasumičan skup aplikacija i protokola koji, kada se promatraju zajedno kao zahtjevi mreže izgledaju glomazno, nefunkcionalno i poprilično neupravljivo. To je možda i najuvjerljiviji razlog za razmatranje uvođenja QoS mehanizama u korporativnu mrežu za održavanje ravnoteže i funkcionalnosti.

QoS nije uvjet bez kojega mreža ne bi funkcionirala. Ako je mreža projektirana do točke da nikada ne dolazi do zagušenja, potreba za QoS mehanizmima znatno slabi, međutim mrežni administratori uvijek će se suočiti sa zadatkom rezerviranja mrežnih resursa koje ispunjavaju zahtjeve korisnika za dostupnost, brzinu, manjim vremenom čekanja i tako dalje.

banku Zagreb te radi na poslovima sistem inženjera u sektoru telekomunikacija. U međuvremenu polaže CCNP certifikat te upisuje specijalistički studij informatike na TVZ-u, smjer: Projektiranje i implementacija računalnih mreža kojeg završava 2014. godine.

**Dubravko Žigman** - nepromjenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 1, No. 1, 2013.

**Korespondencija:**  
dzigman@tvz.hr;