Upravljanje kvalitetom usluge u UMTS mreži

Ležaić, Leon

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:137702

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

UPRAVLJANJE KVALITETOM USLUGE U UMTS MREŽI

Leon Ležaić

Zagreb, 2018

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

UPRAVLJANJE KVALITETOM USLUGE U UMTS MREŽI

QUALITY OF SERVICE MANAGEMENT IN UMTS NETWORK

Mentor:
doc. dr. sc. Marko Matulin

Student:
Leon Ležaić

JMBAG: 0135234992

Zagreb, 2018

UPRAVLJANJE KVALITETOM USLUGE U UMTS MREŽI

SAŽETAK:

UMTS (eng. *Universal Mobile Telecommunications System*) je mobilna mreža treće generacije, dizajnirana da podrži široki spektar aplikacija s različitim profilima kvalitete usluge. 3G sustav ima sposobnost prijenosa multimedijskih usluga i tradicionalnih mobilnih usluga. Kako bi pružao bolju kvalitetu usluge takvim uslugama potrebno je pravilno upravljanje radio resursima. Velika popularnost bežičnih i mobilnih mreža izazvala je u potrošačima zahtjevnije gledište kvalitete usluge. Cilj ovog rada je fokusirati se na UMTS mrežu i analizirati promjenu kvalitete usluge pomoću različitih metoda. Mjerenje kvalitete usluge temelji se na mrežnim parametrima, stoga je potrebno zadovoljiti sve zahtjeve kako bi zadovoljavajuća kvaliteta usluge bila dostignuta.

KLJUČNE RIJEČI: UMTS, kvaliteta usluge, mrežni parametri

QUALITY OF SERVICE MANAGEMENT IN UMTS NETWORK

SUMMARY:

UMTS (eng. *Universal Mobile Telecommunications System*) is the third generation mobile network, designed to support a wider range of applications with different quality of service profiles. 3G system has capability of transporting multimedia services and traditional mobile services. To provide better quality for those types of services right management of radio resources is necessary. A large popularity of wireless and mobile networks has caused consumers to have a more demanding view of quality of service. The aim of this paper is to focus on UMTS network and analyze changes in quality of service using different methods. Measurement of quality of service is based on network parameters, so it is necessary to meet all the requirements in order to achieve satisfactory quality of service.

KEYWORDS: UMTS, quality of service, network parameters

SADRŽAJ

1. Uvod 1
2. Kratak pregled razvoja mobilnih komunikacijskih mreža 3
2.1. Prva generacija 3
2.2. Druga generacija 4
2.3. Treća generacija 5
2.4. Četvrta i peta generacija 6
3. Arhitektura UMTS mreže 8
3.1. Domena korisničke opreme 9
3.2. UTRAN 10
3.2.1. Iu sučelje 11
3.2.2. Iur sučelje 11
3.2.3. Iub sučelje 12
3.2.4. Uu sučelje 12
3.3. Jezgrena mreža 13
3.3.1. Domena s komutacijom paketa 13
3.3.2. Domena s komutacijom kanala 14
3.4. WCDMA 15
4. Karakteristike različitih klasa usluge u UMTS mreži 16
4.1. Konverzacijska klasa 18
4.2. Strujeća klasa 19
4.3. Interaktivna klasa 20
4.4. Pozadinska klasa 20
5. Osiguranje i upravljanje kvalitetom usluge s kraja na kraj 22
5.1. Planiranje mreže 25
5.2. Pružanje kvalitete usluge 25

5.3. Nadgledanje kvalitete usluge 26
5.4. Optimizacija 27
6. Analiza kvalitete usluge u UMTS mreži 28
6.1. Mrežni parametri 29
6.2. Analiza pomoću *Constant Bit Rate* kodiranja 30
6.3. Analiza pomoću ćelijskih i lokacijskih scenarija 32
7. Zaključak 36
Literatura 37
Popis kratica 39
Popis slika 41
Popis tablica 42
Popis grafikona 43

1. Uvod

Mobilna komunikacijska mreža predstavlja prijenosni sustav koji omogućuje prijenos signala radijskim sustavom bez obzira na vrstu podataka. Glavna odlika takvih mreža je to što korisnici mogu biti pokretni pri komuniciranju bez prekidanja komunikacijske veze.

U području računalstva, telekomunikacija, prometnog inženjerstva pojam kvaliteta usluge odnosi se na mehanizme za kontrolu i rezervaciju resursa, a ne na postignutu kvalitetu usluge. Svrha ovog rada je prikazati važnost kvalitete usluge, te vidjeti kako mrežni parametri i njihove promjene utječu na kvalitetu usluge.

Tema ovog završnog rada je **Upravljanje kvalitetom usluge u UMTS mreži**. Rad je izložen u 7 poglavlja:

1. Uvod
2. Kratak pregled razvoja mobilnih komunikacijskih mreža
3. Arhitektura UMTS mreže
4. Karakteristike različitih klasa usluge u UMTS mreži
5. Osiguranje i upravljanje kvalitetom usluge s kraja na kraj
6. Analiza kvalitete usluge u UMTS mreži
7. Zaključak.

Rad počinje kratkim razvojem svih generacija mobilnih mreža. Svaka generacija nastala je kao nadogradnja na prošlu generaciju i u vrijeme izlaska pružala je znatna poboljšanja u odnosu na prošlu.

Treće poglavlje prikazuje arhitekturu UMTS mreže. Arhitektura se sastoji od domene korisničke opreme, UTRAN-a i jezgrene mreže od kojih se svaka sastoji od manjih domena koje su objašnjenje u radu.

Radi boljeg kontroliranja mehanizma kvalitete usluge nastale su klase koje pomažu u tome. Klase se dijele na sljedeći način: konverzacijska, strujeća, interaktivna, pozadinska. Svaka od njih ima svoju zadaću i kontrolira svoju vrstu prometa što je opisano u četvrtom poglavlju.

U petom poglavlju prikazana je arhitektura kvalitete usluge, te su kroz nekoliko rečenica objašnjene njezine domene. Uz arhitekturu objašnjeno je i upravljanje kvalitetom usluge u nekoliko različitih koraka.

Šesto poglavlje obrađuje dvije vrste analiza čiji je cilj isti, a to je utjecaj mrežnih parametra na promjenu kvalitete usluge. Poglavlje započinje definiranjem mrežnih parametra i završava kratkim analizama.

Sedmo poglavlje koje je ujedno i posljednje sastavljeno je od kratkog opisa cijelog rada, te nakon toga završeno zaključkom.

2. Kratak pregled razvoja mobilnih komunikacijskih mreža

U današnje vrijeme velika većina ljudi koristi i komunicira pomoću mobilnih telefona. Telefoni koji se temelje na radio tehnologiji potječu još od drugog svjetskog rata gdje je vojska koristila mobilne radijske uređaje za komunikaciju na daljinu. Nedugo zatim takva se tehnologija prilagodila civilnoj upotrebi. Povijest mobilnih uređaja i mreža dijeli se na različite generacije počevši od prve generacije pa nadalje.

Mobilna komunikacija je značajno evoluirala u zadnjih nekoliko desetljeća. Tehnološki razvoj mobilnih mreža dovela je do pojave novih usluga i uređaja. Prva generacija zvana 1G uvedena je početkom 1980-ih godina i u osnovi se koristi za glasovnu komunikacije. Internet pretraživanje je evoluiralo s novijim generacijama mobilnih mreža.

2.1. Prva generacija

Prva generacija mobilnih mreža puštena je u promet 1979. godine i zadovoljavala je tadašnje osnovne zahtjeve prijenosa govora. Prvu takvu komercijalnu automatiziranu mrežu ostvarila je tvrtka NTT (eng. *Nippon Telegraph and Telephone Corporation*). Prva generacija je bila analogna telekomunikacijska mreža i takav standard je korišten sve dok ga nije zamijenio digitalni u mrežama druge generacije.

Razlika između prve generacije mobilnih mreža i prijašnjih mreža je u upotrebi višestrukih ćelija i mogućnost prijenosa poziva iz jedne ćelije u drugu ako korisnik putuje u području pokrivenom s nekoliko ćelija tokom razgovora. Svi standardi 1G mobilne mreže upotrebljavaju frekvencijske modulacijske tehnike za glasovne signale.

Spektar unutar ćelije bio je podijeljen na broj kanala koji nije bio učinkovit u smislu raspoloživog radio spektra, te je to postavilo ograničenje u broju poziva koji se mogu uspostaviti u isto vrijeme.

Analogni sustavi su bili bazirani na tehnologiji prebacivanja sklopa odnosno komunikacijskog kanala i nudili su samo govornu komunikaciju bez podatkovne

komunikacije. Nakon uvođenja 1G tehnologije mobilne komunikacije su prošle kroz značajne promjene i doživjele ogroman rast, [1].

Prema [1], ključne značajke i mogućnosti prve generacije mobilne mreže su:

- bazirane su na analognom sustavu,
- podržavaju brzinu podataka do 2,4 kb/s,
- podržavanje bežičnog telefona.

Osnovni nedostaci te mreže su:

- malen kapacitet,
- loš prijenos između baznih stanica,
- manjak sigurnosti mreže,
- loša glasovna veza.

2.2. Druga generacija

Poboljšanja u odnosu na 1G komunikaciju došla su u obliku druge generacije ili skraćenim nazivom 2G koja je bila uvedena krajem 1980-ih godina i temeljila se na signalizaciji digitalnih podataka. Analogna tehnologija zamijenjena je tehnikama digitalnog pristupa kao što su TDMA (eng. *Time Division Multiple Access*) i CDMA (eng. *Code Division Multiple Access*).

Najpopularnija bežična tehnologija poznata je kao GSM (eng. *Global Systems for Mobile Communications*). GSM koristi TDMA tehnologiju kako bi podržavao višestruke korisnike. TDMA razdvaja prijenos podataka, kao što je telefonski razgovor, u fragmente i kratko prenosi svaki fragment te mu dodjeljuje vremenski okvir. Pozivatelj ne osjeća tu fragmentaciju.

GSM tehnologija je stalno poboljšavana tijekom svog razvitka od 20 godina. CDMA koristi tehnologiju proširenog spektra kako bi razbila govor u male, digitalizirane segmente. Tada se oni kodiraju kako bi se prepoznao svaki poziv. CDMA razlikuje pozive pomoću koda dok TDMA razlikuje po vremenu, [1].

Prema [1], ključne značajke 2G mreže su:

- poboljšana učinkovitost spektra,
- omogućuje brzinu prijenosa do 64 kb/s,
- poboljšan kapacitet sustava i pokrivenost mreže,
- *roaming,*
- glasovne i podatkovne usluge,
- poboljšana sigurnost.

Osnovni nedostaci koje su mreže druge generacije imale su:

- nisu podržavale visoke brzine prijenosa podataka,
- slabiji digitalni signal,
- mreže nisu mogle obrađivati složene podatke.

2.3. Treća generacija

Treća generacija je donijela veliku transformaciju u mobilnom komunikacijskom svijetu. 3G ispunjava sve specifikacije službenog međunarodnog telekomunikacijskog saveza (IMT - 2000) koji je namijenjen pružanju bežičnog pristupa globalnom telekomunikacijskom sustavu. Kako bi mreža ispunila te standarde, potreban je sustav za pružanje vršnih brzina prijenosa podataka od najmanje 25 kb/s.

Vrijedi spomenuti da brzina nije jedini kriterij za odlučivanje je li mrežni protokol 3G ili nije. 3G nije samo bilo koja mreža velikih brzina, nego protokol koji ima vlastite standarde definirane pod IMT - 2000. 3G tehnologija dizajnirana je za multimedijsku komunikaciju, [2].

Kao nasljednik GSM mreži došla je mreža pod nazivom UMTS (eng. *Universal Mobile Telecommunications System*). Osim povećanja brzine komunikacije, cilj ove mreže je osigurati različite usluge s dodatnim vrijednostima kao što je video poziv, strujanje uživo, mobilni pristup Internetu, IPTV (eng. *Internet Protocol Television*) itd. Te su usluge moguće jer 3G spektar ima dovoljno veliku širinu pojasa.

UMTS mreža koristi WCDMA (eng. *Wideband CDMA*) tehnologiju. WCDMA daje dodatne prednosti kao što su visoke brzine prijenosa, povećani kapacitet sustava i

bolja kvaliteta komunikacije. Takva tehnologija učinkovito koristi radio spektar, jer CDMA tehnika omogućuje svim baznim stanicama da koriste iste frekvencije.

U WCDMA sustavu svi podaci su podijeljeni u pakete, koji se zatim prenose kroz kanal i prilikom dolaska u prijemnik se ponovno sastavljaju u ispravnom slijedu pomoću koda koji se nalazi na svakom paketu. UMTS sustavi dizajnirani su tako da pružaju niz različitih brzina podataka koje ovise o okolnostima korisnika, npr. ako je korisnik stacioniran i u unutarnjem prostoru brzina bi bila puno veća u odnosu na korisnika koji se kreće, [1].

Prema [1], ključne značajke i mogućnosti mreža treće generacije su:

- brži prijenos podataka,
- podržavanje multimedija kao što su fotografija i video,
- usluge s dodatnom vrijednošću kao što su GPS (eng. *Global Positioning System*) mobilna televizija, video poziv, video konferencija,
- mobilni Internet velikih brzina,
- povećani kapacitet.

Osnovni nedostaci mreža treće generacije su:

- veliki trošak pri nadogradi na 3G uređaje,
- potrošnja energije je visoka,
- 3G zahtijeva bliže bazne stanice što je skuplje.

2.4. Četvrta i peta generacija

Kako su se zahtjevi za količinu podataka povećali, uloženi su napori za poboljšanje brzine propusnosti korištenjem većih i boljih tehnika modulacija. Puštena je na tržište LTE (eng*. Long Term Evolution*) mreža koja je služila kao nadogradnja na UMTS mrežu. Osnovna arhitektura LTE tehnike sastoji se od zasebnog sloja koji povezuje sve usluge utemeljene na Internet protokolu i od evoluiranog paketnog sustava koji se brine za cjelokupnu komunikaciju.

LTE je baziran potpuno na IP (eng. *Internet Protocol*) sustavu. LTE je izbor većine operatera širom svijeta. Upotrebom frekvencije pod imenom OFDMA (eng. *Orthogonal Frequency Multiple Access*) osigurava vrlo velike brzine prijenosa, [1].

Prema [1], LTE osigurava sljedeće zahtjeve:

- pruža bolju mobilnost,
- visoka kvaliteta zvuka,
- visoku razinu sigurnosti,
- fleksibilno korištenje spektra,
- smanjeno kašnjenje,
- jednostavan pristup Internetu,
- jednostavna arhitektura.

Peta generacija ili skraćenim nazivom 5G predstavlja budućnost mobilne telefonije. To je mreža koja će se moći nositi s budućom potražnjom korisnika. Takva mreža trebala bi otvoriti mnogo veće kapacitete od postojećih, odnosno nove frekvencijske raspone, koji će otvoriti dovoljno širok pojas za prijenos izuzetno velikih količina podataka u vrlo kratkom vremenu.

Bez obzira na to što razvoj 5G mreža još uvijek nije dovršen poznato je koje zahtjeve će trebati zadovoljiti kako bi bila puštena u promet. Neki od tih zahtjeva su: veća brzina podataka, manje kašnjenje, bolja propusnost, veća dostupnost, veća pokrivenost, smanjenje potrošnje energije, što manji utjecaj na trajanje baterija mobilnih uređaja, [3].

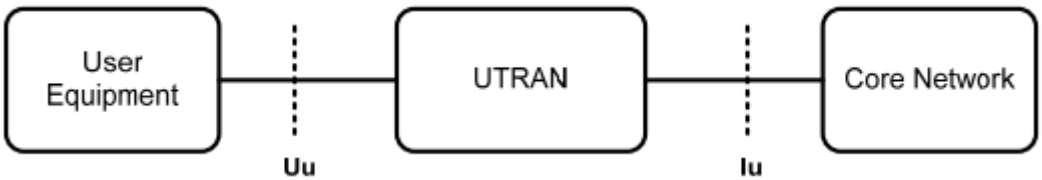
3. Arhitektura UMTS mreže

UMTS mobilnim korisnicima pruža znatno veće tokove podataka i širok raspon novih usluga u usporedbi s 2G i 2.5G sustavima. Za razliku od TDMA tehnike višestrukog pristupa koja je primijenjena u GSM, GPRS (eng*. General Packet Radio Service*) i EDGE (eng. *Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) sustavima, unutar 3G sustava, primjenjuje se tehnika višestrukog pristupa višestrukom kodu u kojem je realno moguće postići veće tokove podataka.

Uvođenje 3G mobilnog sustava zahtijevalo je dodatnu frekvenciju i, sukladno tome, vlade država članica Europske unije pokrenule su neke postupke za dodjelu licenci i frekvencijskih pojasa operatorima 3G sustava. Dok su druge generacije GSM mreža podržavale prijenos glasa i male brzine (npr. SMS poruke), 3G mreže pružaju i naprednije glasovne i multimedijske usluge, te mnogo brži prijenos podataka brzine.

Općenito govoreći, kako bi se pokrilo isto geografsko područje 3G mreže zahtijevaju veći broj baznih stanica u odnosu na 2G mreže. 3G funkcionira na višim frekvencijskim pojasevima, tako da su zone pokrivenosti tih mreža manje nego u slučaju 2G mreža.

U UMTS mreži postoje dvije interakcijske domene, kako je prikazano na slici 1 Jedna je infrastrukturna domena koja se sastoji od jezgrene mreže i domene pod nazivom UTRAN (eng*. UMTS Terrestrial Radio Access Network*), a druga je domena korisničke opreme. UTRAN se sastoji od mobilne stanice, bazne stanice (antene, primopredajnik) i radio sučelja koji se nalazi između njih, [4].

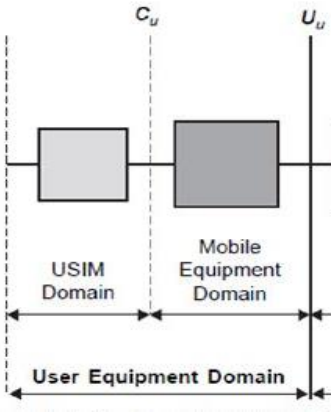


Slika 1. Generalna arhitektura UMTS mreže, [4]

3.1. Domena korisničke opreme

Domena korisničke opreme UE (eng. *User Equipment*) ima različite tipove opreme s različitim razinama funkcionalnosti. Ova oprema može biti kompatibilna s trenutnim sučeljima u mreži. Sadrži prijenosnu pametnu karticu koja se može koristiti u različitim kategorijama korisničke opreme.

Korisnička oprema dalje je podijeljena u dvije kategorije, jedna je domena mobilne opreme ME (eng. *Mobile Equipment*), a druga je USIM (eng. *User Services Identity Module*) domena koja sadrži identitete pretplatnika. Referentna točka Cu je vidljiva na slici 2 i ona predstavlja poveznicu između te dvije domene, [4].



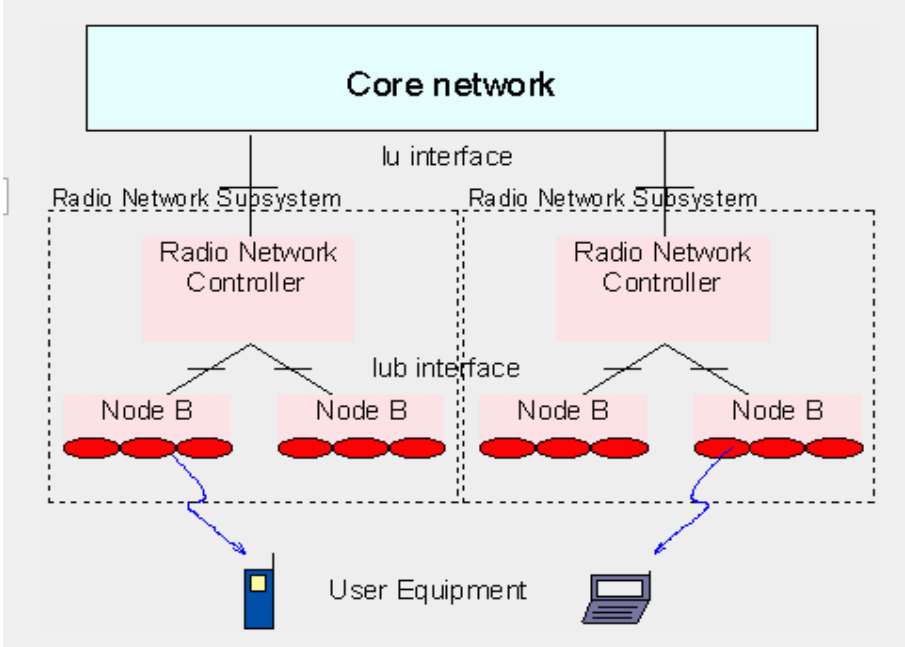
Slika 2. Područje korisničke opreme, [6]

Funkcija mobilne opreme je da obavlja radijski prijenos. Podaci i postupci sadržani su u USIM-u koji sigurno i točno prepoznaje svaki podatak. Sve ove funkcije ugrađene su u prijenosnu pametnu karticu. Taj uređaj je povezan s određenim korisnikom i može identificirati bilo kojeg korisnika neovisno o mobilnoj opremi koja se koristi. Mobilna oprema može biti dalje podijeljena na nekoliko entiteta, npr. entitet koji obavlja radijski prijenos MT (eng. *Mobile Termination*) i entitet koji sadrži aplikacije s kraja na kraj, odnosno terminalna oprema TE (eng. *Terminal Equipment*), [4].

3.2. UTRAN

UTRAN sadrži skup podsustava radijske mreže (eng. *Radio Network Subsystem*, RNS) u kojima su pristupni dijelovi UMTS mreže. RNS ima odgovornost da dodijeli i oslobodi specifične radio resurse potrebne za uspostavljanje veze između korisničke opreme i UTRAN-a. Na slici 3 prikazano je kako su dijelovi UTRANA-a međusobno povezani. Iz slike je vidljivo kako RNS koji je povezan s jezgrenom mrežom preko sučelja Iu ima dva elementa pod nazivom RNC (eng. *Radio Network Controller*) i čvor B (eng. *Node B*).

RNC je povezan za skup elemenata čvora B od kojih svaki može služiti jednoj ili više stanica. RNC ima odgovornost kontrolirati sve logičke resurse čvora B. Odgovornosti RNC-a također leže u odlučivanju o prijenosu. Čvor B je povezan s RNC-om preko sučelja Iub. Kako se RNS sastoji od skupa RNC-a oni moraju biti povezani i za to je zaslužno Iur sučelje. Svaki RNS u sustavu ima odgovornost da upravlja resursima, prijenosom i prijemom u više od jedne ćelije, [4], [5].



Slika 3. Prikaz arhitekture UTRAN-a, [7]

UMTS standardi strukturirani su tako da se ne definira unutarnja funkcionalnost različitih mrežnih elemenata. Umjesto toga definiraju se sučelja između mrežnih elemenata i na taj način funkcionalnost elemenata. Postoji nekoliko sučelja koja su definirana za UTRAN elemente, a to su Iub, Iur, Iu, Uu sučelja.

Standardizirana sučelja unutar različitih područja mreže, uključujući UTRAN omogućuju mrežnim operatorima da odaberu različite mrežne entitete različitih dobavljača, [4].

3.2.1. Iu sučelje

Međusobno povezivanje kontrolera radijske mreže (RNC) s jezgrenim mrežnim čvorovima uspostavljeno je putem UTMS Iu sučelja. To je otvoreno sučelje koje dijeli sustav na način da upravljanje, komutiranje, usmjeravanje i kontrola usluga obavlja jezgrena mreža, dok UTRAN upravlja resursima.

Iu sučelje koje spaja domenu s komutacijom paketa naziva se Iu – Ps sučelje, a sučelje koje spaja domenu s komutacijom kanala naziva se Iu – Cs sučelje. Postoji samo jedno Iu – Ps sučelje prema jezgrenoj mreži od bilo kojeg RNC-a i svaki RNC ima jedno Iu – Cs sučelje koje se povezuje s jezgrenom mrežom. Međutim, postoji mogućnost da postoji više Iu – Cs sučelja prema drugim čvorovima unutar domene s komutacijom kanala u jezgrenoj mreži, [4].

3.2.2. Iur sučelje

Povezivanje dva RNC-a unutar UTRAN-a obavlja se pomoću Iur sučelja. Prema [4], sposobnosti Iur sučelja su sljedeće:

- mobilnost unutar RNC-a,
- podržava kanal za posvećeni promet između dva RNC-a,
- podržava kanal za zajednički promet između dva RNC-a.

Prema [4], zadaća Iur sučelja je obavljanje sljedećih funkcija:

- upravljanje prometnom mrežom,
- upravljanje prometom zajedničkih transportnih kanala,
- upravljanje prometom posvećenih transportnih kanala,
- mjerenje i izvještavanje.

3.2.3. Iub sučelje

Iub sučelje je logičko sučelje koje povezuje čvor B s RNC-om. Prema [4], glavne odgovornosti i zadaće koje Iub mora obavljati su sljedeće:

- upravljanje transportnim resursima,
- logičke operacije čvora B,
- upravljanje informacijama o sustavu,
- upravljanje prometom zajedničkih kanala,
- upravljanje prometom posvećenih kanala,
- upravljanje prometom dijeljenih kanala,
- upravljanje vremenom i sinkronizacijom.

3.2.4. Uu sučelje

Uu sučelje predstavlja referentnu točku koja spaja korisničku opremu s RNC-om kroz čvor B. Uu je radio sučelje koje se sastoji od tri sloja protokola. Prvi sloj naziva se fizički sloj, drugi sloj podatkovne veze i treći mrežni sloj. Glavna zadaća takvog sučelja je da podržava sve funkcije potrebne za prijenos bitova na fizičkom mediju, također zadužen je za pružanje funkcija kao što su mapiranje, šifriranje, ponovni prijenos i segmentacija, [4].

3.3. Jezgrena mreža

Uvođenjem UTRAN-a dolazi do velikih izmjena pristupne mreže, dok se jezgrenoj mreži nastoji što manje mijenjati infrastrukturu. U UMTS mreži, jezgrena mreža ima glavnu odgovornost da pruža prebacivanje i usmjeravanje korisničkog prometa. Sve funkcije upravljanja mrežom i potrebne baze podataka također su sadržane u jezgrenoj mreži.

Jezgrena mreža uglavnom se bavi funkcionalnostima koje nisu izravno povezane s radijskom pristupnom tehnologijom. Jezgrena mreža je spojena s UTRAN-om preko Iu sučelja. Asinkroni način prijenosa koristi se za transmisiju unutar UMTS jezgre. Postoje dvije vrste prometa koji se događaju u jezgrenoj mreži, Oni se obrađuju pomoću komutacije paketa i kanala. Promet pomoću komutacije paketa obrađuje adaptivni sloj tipa 5 (AAL5), dok komutaciju kanala obrađuje AAL2.

Domena jezgrene mreže dalje se dijeli na dvije podskupine, domena s komutacijom paketa i domena s komutacijom kanala, [4].

3.3.1. Domena s komutacijom paketa

Ova se domena uglavnom odnosi na promet paketnih podataka i povezivanje mobilne mreže s vanjskim paketnim komutiranim mrežama. Povezana je s UTRAN domenom preko Iu – PS sučelja. Prema [4], glavni elementi ove domene su:

- SGSN (eng. *Serving GPRS Support Node*),
- GGSN (eng. *Gateway GPRS Support Node*),
- GR (eng. *GPRS Register*).

Prema [4], neki elementi su uobičajeni u obje domene, ti elementi su:

- HLR (eng. *Home Location Register*),
- VLR (eng. *Visitor Location Register*),
- EIR (eng. *Equipment Identity Register*),
- AuC (eng. *Authentication Center*).

SGSN je odgovoran za isporuku paketa od i do mobilne stanice unutar svog područja posluživanja. Njegovi zadaci uključuju usmjeravanje i prijenos paketa, upravljanje mobilnošću, upravljanje logičkim vezama i funkcije provjera autentičnosti, te funkcije punjenja. Njegova sučelja uključuju Iu-Ps sučelje koje se povezuje s kontrolerom, Gn /Gp sučelje koje povezuje GGSN, Gr sučelje koje povezuje HLR, Gs sučelje koje povezuje MSC i Ga sučelje koje povezuje CG (eng*. Charging Gateway*).

GGSN je poveznik između UMTS domene s komutacijom paketa i vanjske podatkovne mreže. Obavlja funkcije vezane za usmjeravanje i enkapsuliranje podataka između mobilne stanice i vanjske mreže, sigurnosne kontrole, kontrole pristupa. Gledajući s aspekta UMTS mreže GGSN je usmjerivač između UMTS mreže i vanjske mreže, a gledajući s aspekta vanjske mreže GGSN je usmjerivač koji može adresirati sve IP adrese mobilne stanice u UMTS mreži, [4], [9].

3.3.2. Domena s komutacijom kanala

U ovoj domeni promet putuje putem komunikacijskog kanala. Ova domena zahtijeva posvećenost mrežnih resursa i međusobno povezivanje s vanjskim komutiranim mrežama. Povezana je s UTRAN domenom preko sučelja Iu-CS.

Prema [4], glavni elementi ovakve domene su:

- MSC (eng. *Mobile Service Switching Center*),
- HLR,
- VLR,
- GMSC (eng. *Gateway MSC*).

MSC je podatkovni i signalni prekidač koji je odgovoran za uspostavu poziva s mobilnim uređajem. GMSC je poseban MSC koji djeluje kao pristupnik između GSM mreže i telefonske mreže PSTN (eng. *Public Switched Telephone Network*). Kada pozivatelj želi doći do GSM pretplatnika, a on se nalazi izvan GSM mreže poziv prolazi kroz GMSC, koji ispituje HLR prije usmjeravanja poziva MSC-u kojemu je pridružen pretplatnik.

HLR je baza podataka koja sadrži sve potrebne informacije o pretplatnicima određenog operatora. Za svakog pretplatnika HLR pamti podatke o njegovom računu, identitetu mobilnog uređaja, te o broju mobilnog uređaja. HLR također bilježi i lokacije pretplatnika (VLR) kako bi lakše pronašli pretplatnika kojemu je poziv namijenjen. VLR je baza podataka koja je pridružena jednom ili više MSC-a. Takve baze podataka se koriste za pamćenje pretplatnika koji se nalaze u njihovoj geografskoj zoni, [4], [9].

3.4. WCDMA

Najčešći oblik sustava kojeg UMTS koristi je širokopojasni sustav s višestrukim pristupom s kodnom raspodjelom (WCDMA). WCDMA je standard zračnog sučelja koji je obavezna značajka bilo kojeg mobilnog telekomunikacijskog uređaja 3G mreže.

WCDMA je DS-CDMA (eng. *Direct Sequence CDMA*) sustav što znači da je upotrebljiva informacija raširena na široki pojas množenjem informacije bitovima koji su izvedeni iz CDMA kodova. WCDMA podržava varijabilni faktor širenja spektra. WCDMA podržava dva moda rada:

- FDD (eng. *Frequency Division Duplex*) – dvosmjerna veza korištenjem frekvencijske podjele,
- TDD (eng. *Time Division Duplex*) – dvosmjerna veza korištenjem vremenske podjele.

Pomoću takvih metoda WCDMA uspijeva postići veće brzine i podržati veći broj korisnika u usporedbi s pristupom s vremenskom podjelom (TDMA). Koristi istu osnovnu mrežu kao i GSM mreže. WCDMA uključuje mnoštvo ključnih značajka kao što su pametne antene koje se mogu koristiti za povećanje kapaciteta i pokrivenost uređaja, više vrsta prijenosa između različitih poziva, prilagodljiva kontrola snage, varijabilna brzina prijenosa koja se naziva *Bandwith on demand* (širina pojasa prema potrebi) koja je regulirana od mreže s ciljem postizanja optimalne brzine prijenosa paketa, [10].

4. Karakteristike različitih klasa usluge u UMTS mreži

Kvaliteta usluge se definira kao sposobnost mreže da pruži uslugu na razini koja je sigurna i prihvatljiva za korisnike. QoS (eng. *Quality of Service*) obuhvaća sve funkcije, mehanizme i postupke u mreži i terminale koji osiguravaju kvalitetu usluge između korisničke opreme (UE) i jezgrene mreže (CN).

S druge strane postoji i pojam QoE (eng. *Quality of end – user Experience*) koji se odnosi na percepciju korisnika o kvaliteti pojedine usluge ili mreže. Izražen je ljudskim osjećajima poput „dobar“, „loš“, „izvrstan“ itd. QoS je u biti tehnički koncept koji se mjeri, izražava i razumije u mrežnom smislu što obično ima malo značenja za korisnike.

QoS se često tretira kao proces „odozdo prema gore“, koji se sastoji od povezivanja metodologija od točke do točke s malo razmatranja za ono što se događa na krajnjoj osnovi. Takav pristup temelji se na pretpostavci da je krajnji korisnik konačan i da se QoS mora prilagoditi njegovim standardima.

Kako bi se zadovoljila krajnja očekivanja, implementacija QoS-a u stvarnim mrežama mora biti usredotočena na perspektivu krajnjih korisnika i pružiti razinu uspješnosti usluga potrebnih za visoku kvalitetu zadovoljstva za korisnika.

Iako će bolja kvaliteta usluge u mnogim slučajevima rezultirati boljim zadovoljstvom korisnika, ispunjavajući sve QoS parametre prometa ne mora jamčiti zadovoljnog korisnika. Izvrsna propusnost u jednom dijelu mreže možda neće pomoći ako nema pokrivenosti na maloj daljoj udaljenosti, [11].

Kako bi se bolje kontrolirali QoS mehanizmi, 3GPP zahtijeva da se različitost aplikacijskog tržišta svrstava u četiri profila odnosno klasa kao što je prikazano na slici 4. Razlika u klasama je uglavnom s obzirom na kašnjenje i osjetljivost informacije koja se prenosi. Prema [11], četiri vrste klasa su sljedeće:

- konverzacijska klasa,
- strujeća klasa,
- interaktivna klasa,
- pozadinska klasa.

Traffic class	Conversational class conversational RT	Streaming class streaming RT	Interactive class Interactive best effort	Background Background best effort
Fundamental characteristics	- Preserve time relation (variation) between information entities of the stream Conversational pattern (stringent and low delay)	- Preserve time relation (variation) between information entities of the stream	Request response pattern Preserve payload content	Destination is not expecting the data within a certain time Preserve payload content
Example of the application	- voice	- streaming video	- Web browsing	- background download of emails

Slika 4. QoS klase i njihove karakteristike, [11]

Glavni faktor razlikovanja između tih klasa je osjetljivost na kašnjenje. Konverzacijska klasa namijenjena je prometu koji je vrlo osjetljiv na kašnjenje, dok je pozadinska klasa najmanje osjetljiva na kašnjenje. Konverzacijska i strujeća klasa namijenjene su uglavnom za prijenos tokova u stvarnom vremenu (eng. *Real – time flow*).

Glavna razlika između konverzacijske i strujeće klase je različitost osjetljivosti prometa na kašnjenje. Razgovori u stvarnom vremenu, kao što je video telefonija, najčešće su osjetljivi na vrijeme putovanja paketa. Takav prijenos podataka najpogodniji je za konverzacijsku klasu.

Interaktivna i pozadinska klasa uglavnom se koriste za tradicionalne internetske aplikacije kao što su www, e-mail itd. Zbog manje striktnih zahtjeva za kašnjenje, u usporedbi s konverzacijskim i strujećom klasom, obje pružaju bolju otpornost na pogreške, odnosno više pogreška je potrebno kako bi se osjetilo kašnjenje.

Glavna razlika između interaktivne i pozadinske klase je u tome da se interaktivnom klasom uglavnom koriste interaktivne aplikacije, npr. pregledavanje Interneta, igranje igra preko mreže, dok je pozadinska klasa namijenjena pozadinskom prometu, npr. e-pošta koja se izvodi u pozadini, preuzimanje podataka u pozadini.

Promet u interaktivnoj klasi ima prednost nad promet u pozadinskoj klasi, stoga promet pozadinske klase koristi primarne resurse samo kada oni ne trebaju interaktivnoj klasi. To je jako važno u bežičnom okružju gdje je propusnost važna, [11], [12].

4.1. Konverzacijska klasa

Konverzacijska klasa kako joj samo ime govori pruža usluge vezane za razgovor. Usluge koje spadaju u ovu klasu koriste prijenos govora u stvarnom vremenu i zbog toga su vrlo osjetljive na kašnjenje. Primjeri takvih usluga su video telefonija i VoIP (eng. *Voice over Internet Protocol*).

S obzirom na osjetljivost na kašnjenje moglo bi se reći da je glavna karakteristika ove prometne klase ljudska percepcija na maksimalno kašnjenje u prijenosu. Postoje prijedlozi za fiksnu dodjelu resursa u mreži za usluge ove klase. Pregovaranje o kodeku koji se koristi za prijenos podataka je također važno, kao i uporaba različitih kodeka kako bi se uštedjelo na vremenu. Kodek je entitet koji se koristi za komprimiranje određene vrste informacija u manji broj bitova i kasnije dohvaćanje izvornih podataka s ciljem podizanja učinkovitosti prijenosa.

Najpoznatija i najpopularnija upotreba ove sheme je razgovor preko telefona, ali s korištenjem Internet mreže i usluga koje pruža sve više aplikacija se može grupirati u ovu skupinu. Prijenos govora u stvarnom vremenu provodi se između dva krajnja korisnika. Karakteristika ovakve sheme je u tome što vrijeme prijenosa mora biti nisko i u isto vrijeme varijacija između dolazećih informacijskih entiteta mora biti očuvana na isti način.

Maksimalno kašnjenje prijenosa određuje ljudska percepcija video ili audio razgovora. Stoga je ograničenje prihvatljivog kašnjenja prijenosa vrlo striktno, jer ako se dogodi da kašnjenje nije dovoljno nisko rezultat će biti neprihvatljivi manjak kvalitete. Stoga je zahtjev za kašnjenje u prijenosu znatno niži i stroži od zahtjeva u interaktivnoj klasi, [11], [12].

Prema [11], ključne karakteristike QoS-a u ovoj klasi su sljedeće:

- sačuvati vremenski odnos odnosno varijaciju između informacijskih entiteta,
- strogo i nisko kašnjenje.

4.2. Strujeća klasa

Ova klasa sastoji se od usluga u kojima je komunikacija jednosmjerna i u stvarnom vremenu. Primjeri ovakvih usluga uključuju preuzimanje videozapisa, vijesti, web – radio. Za ove usluge niska kašnjenja nisu strogi zahtjevi zbog toga što dolazi do aplikacijskog zastajanja (eng. *Buffering*) između korisničke opreme i UTRAN-a-.

Kada korisnik gleda video u stvarnom vremenu putujuća informacija nalazi se na poslužitelju. Poslužitelj, dekoder i izvor informacije rade zajedno kako bi omogućili gledanje u stvarnom vremenu odnosno strujanje. Ova shema jedna je od novijih u podatkovnoj komunikaciji, te su se s njom podigli brojni novi zahtjevi u telekomunikacijskim i podatkovnim komunikacijskim sustavima.

Karakterizira je to da vremenska varijacija između informacijskih entiteta mora biti sačuvana, iako nema nikakvih zahtjeva za kašnjenje u prijenosu. Varijacija kašnjenja s kraja na kraj mora biti ograničena, kako bi se sačuvala varijacija između informacijskih entiteta.

No, kako se strujanje videozapisa normalno usklađuje s vremenom na prijemnom kraju, tj. u korisničkoj opremi, najviša prihvatljiva varijacija kašnjenja je dana pomoću aplikacije koja nudi sposobnost vremenskog poravnavanja.

Prihvatljiva varijacija kašnjenja je stoga znatno veća od varijacije kašnjenja dane ljudskom percepcijom. Glavna karakteristika ove sheme koja utječe na QoS je sačuvati vremenski odnos između informacijskih entiteta koji sudjeluju u komunikaciji, [11], [12].

4.3. Interaktivna klasa

Interaktivna klasa se sastoji od asimetričnih usluga u nestvarnom vremenu s većim kapacitetom za *downlink* od kapaciteta za *uplink*. Interaktivni web, pronalaženje baze podataka, jesu primjeri interaktivnih usluga. Ako se dogodi pogreška u paketu ponovni prijenos povećava kašnjenje i time se smanjuje QoS. Niska stopa pogreška je vrlo bitna za usluge ove klase.

Kada krajnji korisnik, bilo stroj ili čovjek, na liniji traži podatke s udaljenog uređaja, primjenjuje se ovakva shema. Primjeri ljudske interakcije s udaljenom opremom su: pretraživanje Interneta, pronalaženje baze podataka, pristup poslužitelju. Primjeri interakcija strojeva s udaljenom opremom su: ispitivanje i mjerenje različitih zapisa, automatsko ispitivanje baze podataka.

Interaktivni promet je druga klasična shema podatkovne komunikacije koju karakterizira ponašanje krajnjih korisnika. Na odredištu postoji entitet koji očekuje poruku u određenom vremenu. Vrijeme odgode stoga je jedan od ključnih atributa. Još jedna karakteristika je da sadržaj paketa mora biti transparentno prenesen, tj. s malim brojem pogrešno prenesenih bitova, [11], [12].

Prema [11], osnovne značajke koje se odnose na kvalitetu usluge su:

- zahtjev za uzorkom odgovora,
- sačuvati sadržaj pri opterećenju.

4.4. Pozadinska klasa

Pozadinske usluge su okarakterizirane činjenicom da kod njih odredište ne očekuje da podaci stignu u određenom vremenskom periodu. Primjeri ovakvih usluga uključuju isporuku e–pošte, isporuka datoteka, SMS. Ova klasa zahtijeva da se paketi prenose uz nisku stopu pogrešaka.

Kada krajnji korisnik, primjerice računalo, šalje i prima podatkovne datoteke u pozadini, primjenjuje se ovakva shema. Pozadinski promet jedan je od klasičnih shema komunikacije kojeg na ukupnoj razini karakterizira to što odredište ne očekuje podatke u nekom vremenskom periodu. Stoga, ova shema je više-manje neosjetljiva na vrijeme, [11], [12].

Prema [11], Temeljne karakteristike vezane za kvalitetu usluge su:

- odredište ne očekuje podatke u određenom vremenu,
- sačuvati sadržaj pri opterećenju.

5. Osiguranje i upravljanje kvalitetom usluge s kraja na kraj

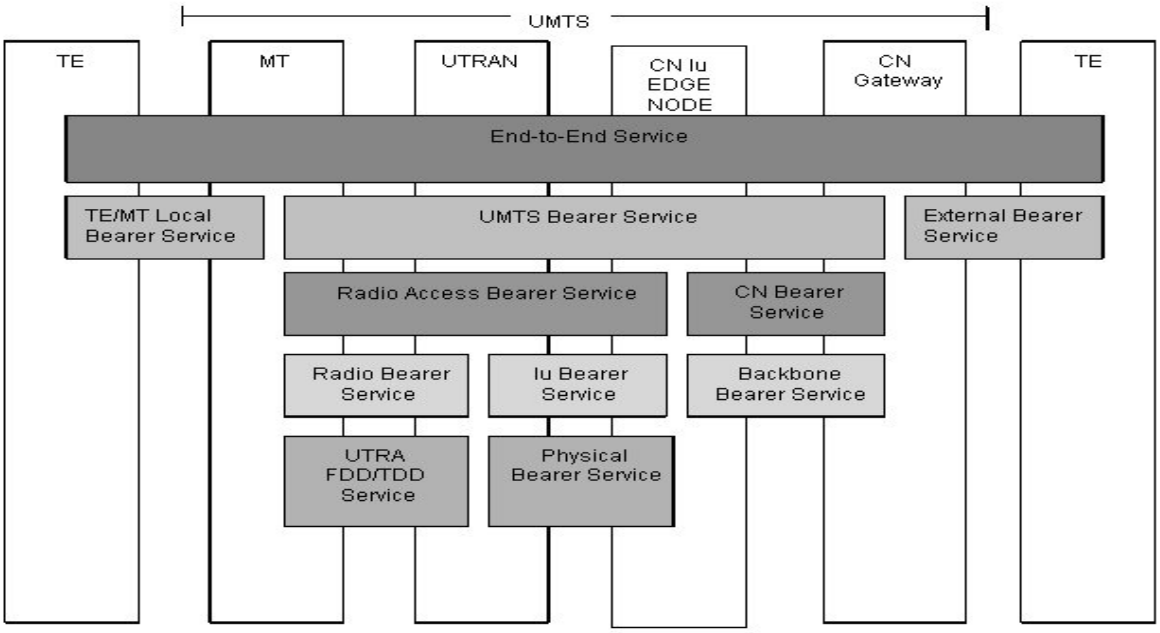
U području računalnog umrežavanja i paketnog prijenosa u telekomunikacijskim mrežama, pojam prometnog inženjerstva u cilju postizanja kvalitete usluge odnosi se na mehanizme kontrole rezervacije resursa, a ne na ostvarenu kvalitetu usluge.

Kvaliteta usluge je mogućnost pružanja različitih prioriteta različitim aplikacijama, korisnicima, protoku podataka kroz mrežu ili jednostavno jamstvo za određenu razinu izvedbe podataka. Mreža ili protokol koji podržava QoS može dogovoriti prometni ugovor s aplikacijskim softverom i rezervirati kapacitet u mrežnim čvorovima, npr. tijekom faze uspostavljanja sesije.

Tijekom sesije može pratiti postignutu razinu izvedbe, primjerice brzinu prijenosa podataka i kašnjenje, te dinamičkom kontrolom odrediti prioritete raspoređivanja u mrežnim čvorovima. Mrežne usluge smatraju se uslugama s kraja na kraj, a to znači od jedne terminalne opreme na drugu terminalnu opremu.

Usluga s kraja na kraj može imati određenu kvalitetu usluge koja je omogućena korisniku mrežne usluge. Nosiva usluga s jasno definiranim obilježjima i funkcionalnošću postavlja se od izvora do odredišta. Nosiva usluga uključuje sve aspekte koji omogućuju ostvarenje ugovorenog QoS-a.

Ti aspekti su kontrola signalizacije, prijenos korisničkog prometa, funkcionalnost QoS upravljanja. Svaka nosiva usluga na određenom sloju nudi svoje pojedinačne usluge koristeći usluge koje pružaju određeni slojevi, [13].



Slika 5. QoS arhitektura, [13]

Prema [12], [13], [15], arhitektura prikazana na slici 5 sadrži sljedeće slojeve:

- Usluga s kraja na kraj (eng. *End to End Service*) koristi nosive usluge u mreži na razini aplikacije. Koristi je terminalna oprema, a realizirana je pomoću lokalne nosive usluge, UMTS nosive usluge i vanjske nosive usluge.
- UMTS nosiva usluga (eng*. UMTS Bearer Service*) koristi MT za povezivanje terminalne opreme (TE) na UMTS mrežu koristeći različite nosive usluge u mreži. UMTS nosiva usluga pruža UMTS kvalitetu usluge kako je operator ponudi.
- Radio nosiva usluga (eng*. Radio Bearer Service*) omogućava UMTS nosivoj usluzi ispravan rad kroz topologiju cijele mreže uzimajući u obzir razne aspekte kao što su mobilnost mobilnih uređaja i korisnički računi.
- Radio pristupna nosiva usluga (eng. *Radio Access Bearer Service*) obrađuje signalni protok zajedno s korisničkim podacima. Ovisi o sučelju i mobilnosti mobilne stanice.

- Nosiva usluga jezgrene mreže (eng. *Core Network Bearer Service*) povezuje UMTS jezgrenu mrežu, pristupnika s vanjskom mrežom (eng*. Core Network gateway*). Djelotvorno kontrolira i koristi okosnicu (eng. *Backbone Network*).
- Iu nosiva usluga (eng. *Iu Bearer Service*) zajedno s fizičkom nosivom uslugom pruža prijenos između UTRAN-a i jezgrene mreže. Također, pruža različite nosive usluge s različitim QoS karakteristikama.
- Usluga okosnice (eng. *Backbone Network Service*) pokriva funkcionalnosti slojeva i odabire se po izboru operatora kako bi se ispunili osnovni QoS zahtjevi nosive usluge jezgrene mreže. Nije specifična za UMTS jer može koristiti već postojeće standarde.

U UMTS modelu s kraja na kraj usluge se temelje na lokalnoj nosivoj usluzi, UMTS nosivoj usluzi i vanjskoj nosivoj usluzi. Lokalna nosiva usluga prevodi atribute usluga krajnjeg korisnika u TE i MT.

Budući da je izvan opsega UMTS mreže vanjska nosiva usluga nije obuhvaćena standardima mreže. Vanjska nosiva usluga govori UMTS nosivoj usluzi atribute vanjske mrežne usluge. UMTS nosiva usluga ima kontrolne i korisničke funkcije. Ona upravlja uspostavljanjem, izmjenom i održavanjem usluga. Korisničke funkcije obuhvaćaju održavanje prometa korisnika i signalnih podataka kao što je definirano QoS atributima.

UMTS nosiva usluga koristi dvije usluge niže razine. Prva osigurava povjerljivi prijenos signala i korisničkih podataka između MT i CN EDGE NODE (slika 5) s kvalitetom usluge koja je propisana za prijenos signala ili s kvalitetom usluge koju UMTS nosiva usluga dogovori. Nosiva usluga jezgrene mreže spaja SGSN i GGSN. Uloga ove usluge je efektivno kontrolirati i koristiti jezgrenu mrežu, [13], [15].

Upravljanje kvalitete usluge može se svrstati u četiri međuzavisne kategorije. Te kategorije su planiranje mreže (eng. *Network Planning*), pružanje kvalitete usluge (eng. *QoS Provisioning*), nadgledanje kvalitete usluge (eng. *QoS monitoring*) i optimizacija (eng. *Optimisation*), [14].

5.1. Planiranje mreže

Proces planiranja mreže uključuje dimenzioniranje mreže i detaljno planiranje mreže. Dimenzioniranje mreže ili početno planiranje daje procjenu potrebnog broja elemenata svih dijelova mreže, te daje procjenu broja kapaciteta povezanih sučelja.

Izračuni u ovom procesu temelje se na zahtjevima operatora za pokrivenost, kapacitet i kvalitetu usluge. U detaljnom mrežnom planiranju, kapacitet i pokrivenost se analiziraju za svaki dio mreže koji je važan u komunikaciji i sučelja između entiteta u komunikaciji.

Zbog takvih detalja potrebne su stvarne procjene prometa i topologija mreže za svako analizirano područje. Također, potrebno je korištenje preciznih modela za prijenos signala i korisnika, kao i karakteristike, funkcionalnosti i parametri stvarnih mrežnih elemenata, [14].

5.2. Pružanje kvalitete usluge

Pružanje kvalitete usluge je proces koji razvija QoS u mrežama i mobilnim terminalima. Ovaj proces prevodi sve rezultate planiranja u mehanizme i parametre koji su razumljivi mrežnim elementima, te ih dodatno konfigurira na opremu ili uređaje, [14].

Prema [14], pružanje kvalitete usluge može se svrstati u tri kategorije:

- pružanje kvalitete usluge koja konfigurira QoS mehanizme,
- pružanje kvalitete usluge koja planira i postavlja usluge u QoS profile,
- pružanje kvalitete usluge koja pruža specifične QoS informacije terminalima.

Nekoliko funkcija na različitim slojevima utječu na QoS u mreži, svaka funkcija ima različite mogućnosti za kontrolu QoS-a. Budući da QoS mora biti u skladu s karakteristikama usluga krajnjeg korisnika, koncept upravljanja je potreban kako bi se osigurala konstantna obrada i odgovarajuća kvaliteta usluge. Drugim riječima to znači da je potrebno konstantno pružanje kvalitete usluge, [14].

5.3. Nadgledanje kvalitete usluge

Rastom popularnosti mobilnih uređaja za operatore je postalo vrlo važno mjeriti kvalitetu isporučenih usluga unutar njihovih mreža, te je poboljšati na najefikasniji i ekonomični način kako bi zadržali svoje klijente i ostali relevantni na tržištu. Kako bi kvaliteta usluge bila bolja mora se uzeti u obzir i QoE. Slabiji QoE rezultirat će nezadovoljnim klijentima, što će dovesti do slabijeg stanja na tržištu i, u konačnici, padu organizacije.

Iako je QoE vrlo subjektivan u prirodi, vrlo je važno da se osmisli strategija za njegovo mjerenje. Sposobnost mjerenja QoE-a daje operatoru osjećaj doprinosa učinkovitosti mreže ukupnoj razini zadovoljstva kupaca u smislu pouzdanosti, dostupnosti, skalabilnosti, brzine, točnosti i učinkovitosti.

Ono što krajnji korisnik prima uglavnom se analizira u smislu integriteta usluga, koja se tiče propusnosti, kašnjenja, varijacija kašnjenja i gubitka podataka. Pristup uslugama, dostupnost, sigurnost, aktivacija, pokrivanje, zadržavanje, blokiranje i vrijeme postavljanja nosive usluge su mjerni rezultati koji su izvedeni izravnim nadzorom poruka razmijenjenih između mrežnih domena kroz odgovarajuća sučelja.

Mjerenje QoS-a u mreži od vitalne je važnosti za upravljanje performansama i optimizaciju. Sposobnost mjerenja QoE-a pomoći će operateru da poboljša performanse mreže kako bi povećao ukupno zadovoljstvo kupaca, [14].

5.4. Optimizacija

UMTS mobilne mreže pružaju mogućnost operaterima da ponude nove usluge potencijalnim i postojećim pretplatnicima. Pregovarački ili ugovoreni QoS treba biti održan bez prekomjernog pružanja mrežnih resursa. Operateri moraju imati sredstva i metode za poboljšanje performansi mreže.

Optimizacija mobilne mreže može se smatrati procesom za poboljšanje sveukupne kvalitete mreže. Kvalitetu mreže vide i osjete korisnici i optimizacija je bitna kako bi se osiguralo učinkovito korištenje mrežnih resursa. Optimizacija uključuje mjerenja performansi, analizu rezultata mjerenja i ažuriranja mrežne konfiguracije i njezinih parametra, [14].

Prema [14], optimizacijski proces može se pokrenuti zbog više razloga, a najčešći su:

- nova tehnologija, uzimaju se u obzir elementi i značajke pojedinih elemenata,
- smanjene QoS performanse u određenom području mreže,
- svakodnevni proces u radu mreže,
- izmjena uvjeta izvan mreže.

6. Analiza kvalitete usluge u UMTS mreži

Kategorizacija aplikacija važna je za postizanje potrebnih QoS razina. Postoje različiti kriteriji koje su istraživači predložili kako bi postigli takve kategorizacije. Na primjer, aplikacije se mogu kategorizirati na temelju osnovnog transportnog protokola, ovisnosti o vremenu i raspodjeli resursa.

Govorne i video aplikacije uglavnom koriste nepouzdani UDP (eng. *User Datagram Protocol*) za prijenos podataka, dok je TCP (eng. *Transmission Control Protocol*) izbor za prijenos datoteka i aplikacija za pregledavanje weba. Aplikacije se također mogu karakterizirati sa uslužnim klasama (eng. *Class of Service,* CoS) na način da se grupiraju po sličnoj vrsti prometa. Većina naprednih bežičnih i mobilnih tehnologija ima svoje CoS. UMTS je definirao za svoju mrežu četiri klase koje su prethodno objašnjene u radu.

Ovisnost o vremenu je jedan od glavnih razloga za klasifikaciju aplikacija. Aplikacije koje zahtijevaju izlaznu izvedbu koja nalikuje situaciji u stvarnom vremenu, klasificirane su kao aplikacije u stvarnom vremenu. One koje ne trebaju takvu izvedbu klasificirane su kao aplikacije u nestvarnom vremenu.

Aplikacije u stvarnom vremenu općenito su osjetljive na kašnjenje, ali su tolerantne na gubitke. S druge strane, aplikacije u nestvarnom vremenu su tolerantne na kašnjenje, ali osjetljive na gubitak informacija.

Bez obzira na to kako su aplikacije klasificirane, cilj je utvrditi prihvatljive razine gubitka informacija, kašnjenja i *jittera* za različite kategorije. To će također ovisiti o ograničenjima infrastrukture i temeljnim mrežnim tehnologijama u upotrebi. Razine se, na primjer, moraju razlikovati za bežične ili žične mreže, [18].

6.1. Mrežni parametri

Mjerenje kvalitete usluge temelji se na puno parametra, a prema [16], najvažniji parametri su sljedeći:

- Kašnjenje: parametar koji je uvijek prisutan u komunikacijama, budući da su dvije krajnje točke udaljene, a informaciji je potrebno vrijeme kako bi došla na krajnju stranu. Kašnjenje se također naziva i latencija. Vrijeme kašnjenja može se povećati ako se paketi suoče s dugim redovima u mreži zbog zagušenja ili ako prijeđu u manje izravnu rutu kako bi se izbjegla zagušenja. Kašnjenje se može mjeriti jednosmjerno odnosno ukupno vrijeme koje je potrebno paketu da stigne od izvora do odredišta ili dvosmjerno odnosno jednosmjerno kašnjenje od izvora do odredišta plus jednosmjerno kašnjenje iz odredišta natrag na izvor.
- *Jitter*: varijacija kašnjenja između dva susjedna paketa iste sesije. Ovaj parametar može ozbiljno utjecati na kvalitetu strujanja zvuka ili videozapisa. Kako bi se *jitter* izbjegao potrebno je prikupiti pakete i držati ih dovoljno dugo dok najsporiji paketi ne stignu, te ih onda preusmjeriti da budu reproducirani u ispravnom slijedu. Zastajanje zbog *jittera* može se vidjeti kada se koriste stranice za video ili audio *streaming* npr. Youtube.
- Propusnost: količina podataka koju mreža prima ili šalje ili količina obrađenih podataka u nekom vremenskom periodu. Osnovna jedinica za mjeru je bit/s. Propusnost je dobra mjera za kapacitet kanala komunikacijske veze.
- Gubitak paketa: događa se kada se jedan ili više paketa prenese preko mreže i ne stigne na krajnje odredište. Gubitak paketa može biti uzrokovan drugim čimbenicima kao što su degradacija signala, velika opterećenja u mrežnim vezama, paketi koji su oštećeni ili odbijeni u mrežnim elementima. Bežične mreže imaju veću vjerojatnost gubitaka zbog raznih smetnji koje se mogu nametnuti.

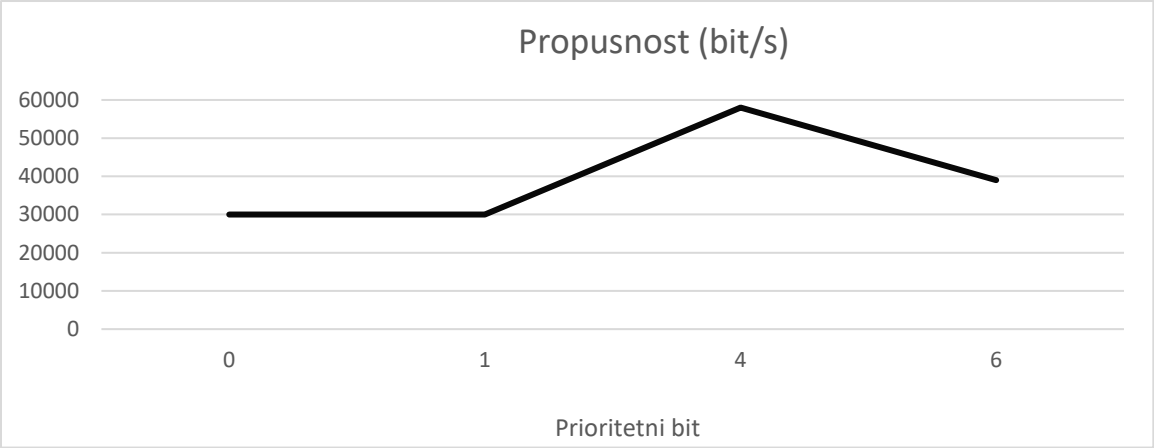
6.2. Analiza pomoću *Constant Bit Rate* kodiranja

Stalna brzina prijenosa (eng. *Consant Bit Rate*, CBR) je pojam koji se odnosi na kvalitetu usluge. Stalna brzina prijenosa je metoda kodiranja koja zadržava brzinu bita stalnom. Prema [18] napravljen je scenarij za UMTS mrežu koja se sastoji od 12 UE-a, jednog RNC-a, GGSN-a, SGSN-a i HLR-a. Aplikacija koja se koristi između čvorova je CBR. Kvaliteta usluge je analizirana tako što se mijenja iznos prioritetnih bitova.

Pomoću prioritetnih bitova određuje se koji promet dobiva koju uslužnu klasu. IP prednost je vrijednost koja može dopustiti određenom prometu da dobije propusnost nad drugim vrstama prometa. Uzimanjem različitih prioritetnih bitova u ovom slučaju bitovi 0, 1, 4, 6 mijenjaju se mrežni parametri i time utječu na kvalitetu usluge. Na grafikonima 1, 2 i 3 prikazani su mrežni parametri i njihov iznos za svaki prioritetni bit.

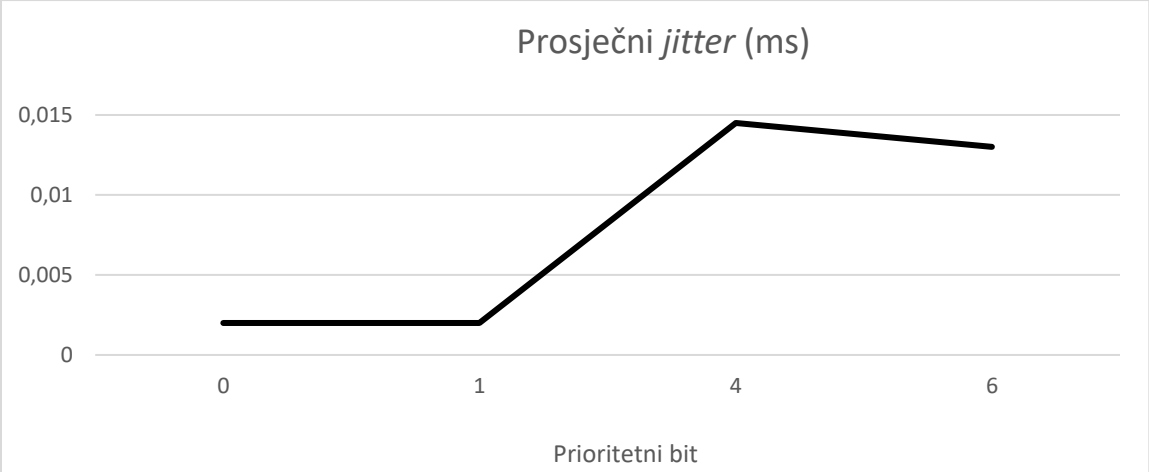
Prema [17] detalji svakog odabranog bita su sljedeći:

- 0: koristi se za prijenos rutinskih aplikacijskih podataka kao što su e-pošta,
- 1: koristi se za prioritetni prijenos podataka, paketi s višim prioritetom će biti prvi proslijeđeni,
- 4: koristi se kod aplikacija u kojima se nalaze sigurnosni podaci koje treba obraditi prve,
- 6: koristi se za prometne podatke više razine.



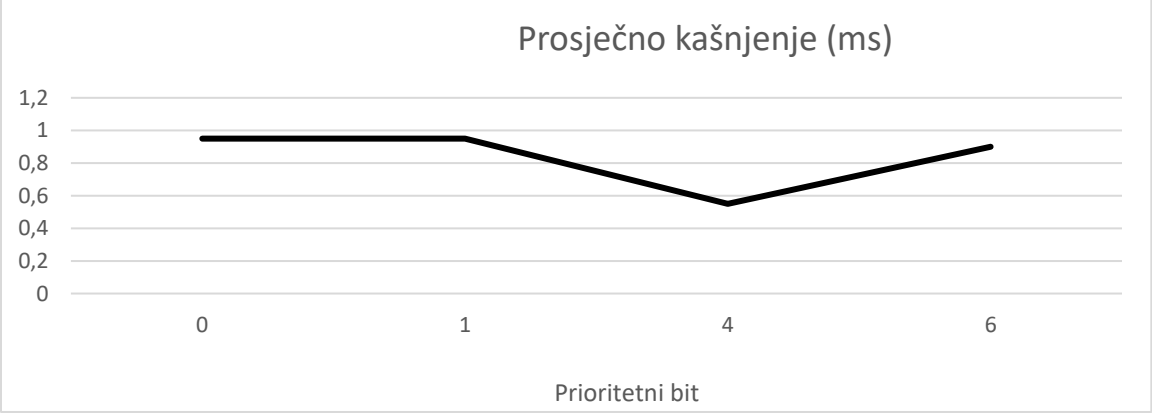
Grafikon 1. Propusnost za različite bitove

Izvor: [17]



Grafikon 2. Prosječni *jitter* za različite bitove

Izvor: [17]



Grafikon 3. Prosječno kašnjenje za različite bitove

Izvor: [17]

Iz provedene analize vidljivo je da klasificiranje prometa u uslužne klase različito utječe na cjelovitu kvalitetu usluge. Korištenjem različitih bitova koji predstavljaju promet s većim ili manjim prioritetom dobiveni su rezultati koji su prikazani u grafikonima.

Iz grafikona je vidljivo da se rezultati mijenjaju ovisno o korištenom prioritetnom bitu. Kako je riječ o različitim vrstama prometa jasno je vidljivo kako mreža reagira na pojedini promet. Vidljivo je da između bita 0 i 1 nema gotovo nikakve razlike u sva tri provjerena parametra. Propusnost i *jitter* su kod oba bita podjednaka i manja u odnosu na bit 4 i 6, dok je kašnjenje najveće.

Iz grafikona je vidljivo kako je za aplikacije sa podacima koje je potrebno obraditi prve propusnost daleko najveća. Iako su kašnjenje i propusnost dvije nezavisne veličine iz grafova je vidljivo da su obrnuto proporcionalne. Bit koji ima najveću propusnost ima najmanja kašnjenja i obrnuto. Iako je kod bita 4 kašnjenje i propusnost najbolje treba uzeti u obzir da je varijacija kašnjenja susjednih paketa najveća. Iako je *jitter* najveći može se reći da se s korištenjem bita 4 najbolje iskoristila ova UMTS mreža.

Bit 6 koji sadrži prometne podatke više razine našao se u sredini ove grupacije. Iz grafikona je vidljivo da njegovo kašnjenje nije najveće, ali je znatno veće od kašnjenja kod bita 4 kod kojega je najbolje iskorištena UMTS mreža.

6.3. Analiza pomoću ćelijskih i lokacijskih scenarija

Parametri koji utječu na performanse variraju ovisno o radio uvjetima. Na primjer mobilno okruženje koje je u pokretu zahtijeva različite QoS parametre u odnosu na zahtjeve za statično mobilno okruženje. Prema [18], napravljena je tablica 1 i 2 koja pokazuje 6 različitih scenarija i kako oni utječu na gubitak paketa i *jitter*.

Tablica 1. Gubitak paketa u različitim scenarijima

Gubitak paketa (%)					
Korisnik 1	Korisnik 2	Korisnik 1 u pokretu	Korisnik 2 u pokretu	Korisnik 1 u pokretu s promjenom ćelije	Korisnik 2 u pokretu s promjenom ćelije
0,23	0,122	0,2	1,78	2,16	3,68

Izvor: [18]

Tablica 2. *Jitter* u različitim scenarijima

Jitter (ms)					
Korisnik 1	Korisnik 2	Korisnik 1 u pokretu	Korisnik 2 u pokretu	Korisnik 1 u pokretu s promjenom ćelije	Korisnik 2 u pokretu s promjenom ćelije
0,122	54,63	50,21	61,76	70,42	70,42

Izvor: [18]

U analizi su prikazana dva korisnika koja se nalaze u tri različita scenarija. U prvom scenariju korisnici stoje na mjestu, u drugom su u pokretu, dok su trećem također u pokretu, ali prelaze iz jedne u drugu ćeliju. Prelazak iz jedne ćelije u drugu znači da korisnici prelaze iz jednog dijela područja kojeg pokriva neka ćelija u drugi.

Gledajući oba korisnika zajedno iz tablica vidljivo je kako su gubici najmanji u slučaju kada su korisnici statični, a najveći kada korisnici mijenjaju ćeliju. No, gledajući svakog korisnika posebno vidljivo je da kod korisnika 1 gubitak paketa manji u slučaju kada se on kreće nego u slučaju kada je statičan. Iz toga se može zaključiti da različite lokacije različito utječu na gubitak paketa i može se dogoditi da korisnik ima manje gubitke iako je u pokretu zbog puno bolje veze sa mrežom.

S druge strane varijacija kašnjenja između nadolazećih paketa je najmanja kod korisnika koji stoje na mjestu, a najveća kada se mijenjaju ćelije. Iako je kod oba korisnika *jitter* najmanji kada su statični, rezultati se znatno razlikuju. To još jednom dokazuje kako se korisnik 2 nalazi na lokaciji koja sprečava mreži da dostigne svoj maksimum.

U sljedećem scenariju, prema [18], simulacije se provode s 20 aktivnih glasovnih komunikacija i svaka se ponavlja 12 puta i uzima se prosječni rezultat gubitka paketa, kašnjenja i *jittera*. Uspoređuju se rezultati za ruralna, urbana, pješačka i uredska odnosno kućna okruženja. Klijenti se nalaze u makro stanici radijusa tri kilometra. Stanica je podijeljena u tri sektora pokrivena jednom baznom stanicom. Tablica 3 prikazuje gubitak paketa, kašnjenje i *jitter* za svaki od ovih okruženja.

Tablica 3. Prikaz mrežnih parametra u različitim područjima

	Ruralno područje	Grad i predgrađe	Pješačko područje	Uredsko područje
Prosječni gubitak paketa (%)	4,73	3,78	7,75	3,62
Prosječno kašnjenje (ms)	197	198	228	195
Prosječni jitter (ms)	370	409	7590	706

Izvor: [18]

Kako je u prošloj analizi zaključeno da lokacija korisnika može znatno utjecati na rad mreže i mrežne parametre napravljena je i ova posljednja analiza u ovome radu. Uspoređena su četiri područja u određenoj situaciji koja je navedena ranije i rezultati su prikazani u tablici 3.

Iz tablice je vidljivo kako pješačko područje najslabije iskorištava UMTS mrežu. Prosječni *jitter* daleko je najveći u ovakvom okruženju, dok su gubici paketa i kašnjenje također najveći, ali ne odstupaju toliko u odnosu na druga okruženja. Rezultati su takvi zbog toga što u takvim okruženjima ima puno građevina koje smanjuju razinu signala i zbog korisnika koji također koriste istu mrežu, a nalaze se u blizini.

Gledajući ostale kategorije vidljivo je da ruralna područja imaju veći gubitak paketa u odnosu na gradska i uredska područja. Razlog tomu je manja zastupljenost baznih stanica na takvim područjima.

Prosječno kašnjenje je gotovo jednako u sva četiri promatrana područja. *Jitter* s druge strane pokazuje odstupanja u uredskom području i pješačkom području. Kada se korisnik nalazi u uredskom okruženju on se nalazi unutar neke građevine ograđene zidovima što očito utječe na varijaciju kašnjenja između nadolazećih paketa.

7. Zaključak

UMTS je unaprjeđeni sustav u odnosu na sustav druge generacije s poboljšanim brzinama prijenosa podataka, kapacitetom, sigurnošću itd. Uvođenje novog sučelja WCDMA nametnulo je nove zahtjeve za UMTS radio pristupnu mrežu. Ovaj rad dao je pregled UMTS mreže pomoću opisa njezine arhitekture.

Uvođenjem 3G sustava došle su i nove usluge zasnovane na paketskom prijenosu podataka uz puno veće brzine nego u dotadašnjim mobilnim sustavima te uvođenje novih kvalitetnih terminala koji korisniku osim govora omogućuju video telefoniju, surfanje internetom, itd. Zbog tog razloga zahtjevi za kvalitetom usluge postali su sve veći i operatori su morali pružati bolju kvalitetu kako bi ostali na tržištu

Ključni čimbenici i parametri koji utječu na QoS ispitani su kako bi se identificirale njihove prihvatljive razine. Rezultati ovih analiza pokazuju kako temeljna tehnologija umrežavanja, zagušenja mreže, različite prirode prometa i mrežni parametri utječu na kvalitetu usluge. Analizom u radu prikazano je kako se mrežni parametri mijenjaju ovisno o području u kojem se scenarij izvodi.

Iako je UMTS tehnologija donijela mnoga poboljšanja u odnosu na svoga prethodnika, na tržištu već postoji i četvrta generacija te uskoro dolazi i peta generacija koja će dignuti standarde na još veću razinu. Uzimajući u obzir popularnost mobilnih terminalnih uređaja i sve većeg znanja o mobilnim mrežama kod korisnika može se zaključiti da kvaliteta usluge mora stalno evoluirati kako bi zadovoljila sve veće zahtjeve korisnika.

Literatura

[1] http://ijmcr.com/wp-content/uploads/2015/11/Paper11100-1103.pdf (pristupljeno: lipanj 2018)

[2] https://www.ripublication.com/irph/ijict_spl/ijictv4n11spl_01.pdf (pristupljeno: lipanj 2018)

[3] https://www.digitalizacija-hrvatske.info/peta-generacija-mobilnih-mreza-5g/ (pristupljeno: lipanj 2018)

[4] Haider M. A. R., Bhatti B. A., Kirmani A. A.: Radio Resource Managment In 3G UMTS Networks, http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:832085/FULLTEXT01.pdf (pristupljeno: lipanj 2018)

[5] http://www.ques10.com/p/2616/explain-umts-network-reference-architecture-in-det/ (pristupljeno: lipanj 2018)

[6] https://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/umts/utra-utran-umts-radio-access-network.php (pristupljeno: lipanj 2018)

[7] http://www.telecomabc.com/u/utran.html (pristupljeno: lipanj 2018)

[8] https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1003/1003.5438.pdf (pristupljeno: lipanj 2018)

[9] Lescuyer, P.: UMTS: Origins, Architecture and the Standard, 2004. p. 50-60

[10] http://www.differencebetween.net/technology/difference-between-umts-and-w-cdma/ (pristupljeno: lipanj 2018)

[11] http://grouper.ieee.org/groups/802/16/sysreq/contributions/80216sc-99_28.pdf (pristupljeno: kolovoz 2018)

[12] Balasubramanian, D.: QoS in Cellular networks, https://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/cellular_qos/index.html#intro (pristupljeno: kolovoz 2018)

[13] http://kom.aau.dk/group/04gr995/Share/QoS_In_UMTS.pdf (pristupljeno: kolovoz 2018)

[14] Soldani, D., Li M., Cuny R.: QoS and QoE Managment in UMTS Cellular Systems, 2006. p. 5-7 i p. 293-387

[15] Ooodan, A., Ward K., Savolaine C., Daneshmand M., Hoath P.: Telecommunications Quality of Service Managment, 2003. p. 240-246

[16] https://www.eolss.net/sample-chapters/C05/E6-108-14-00.pdf (pristupljeno: rujan 2018)

[17]http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.206.2861&rep=rep1&type=pdf (pristupljeno: rujan 2018)

[18] https://ibimapublishing.com/articles/CIBIMA/2013/794626/794626.pdf (pristupljeno: rujan 2018)

Popis kratica

UMTS – Universal Mobile Telecommunications System

NTT – Nippon Telegraph and Telephone Corporation

TDMA – Time Division Multiple Access

CDMA – Code Division Multiple Access

GSM – Global Systems for Mobile Communications

IPTV – Internet Protocol Television

WCDMA – Wideband CDMA

LTE – Long Term Evolution

IP – Internet Protocol

OFDMA – Orthogonal Frequency Multiple Access

UTRAN – UMTS Terrestrial Radio Access Network

UE – User Equipment

ME – Mobile Equipment

USIM – User Services Identity Module

MT - Mobile Termination

TE – Terminal Equipment

RNS – Radio Network Subsystem

RNC – Radio Network Controller

SGSN – Serving GPRS Support Node

GGSN – Gateway GPRS Support Node

GR – GPRS Register

HLR – Home Location Register

VLR – Visitor Location Register

EIR – Equipment Identity Register

AuC – Authentication Center

CG – Charging Gateway

MSC – Mobile Service Switching Center

GMSC – Gateway MSC

DS-CDMA – Direct Sequence CDMA

FDD – Frequency Division Duplex

TDD – Time Division Duplex

QoS – Quality of Service

QoE – Quality of end – user Experience

VoIP – Voice over Internet Protocol

UDP – User Datagram Protocol

TCP – Transmission Control Protocol

CoS – Class of Service

CBR – Constant Bit Rate

Popis slika

Slika 1. Generalna arhitektura UMTS mreže 8
Slika 2. Područje korisničke opreme 9
Slika 3. Prikaz arhitekture UTRAN-a 10
Slika 4. QoS klase i njihove karakteristike 17
Slika 5. QoS arhitektura 23

Popis tablica

Tablica 1. Gubitak paketa u različitim scenarijima 33
Tablica 2. *Jitter* u različitim scenarijima 33
Tablica 3. Prikaz mrežnih parametra u različitim područjima 34

Popis grafikona

Grafikon 1. Propusnost za različite bitove..... 31
Grafikon 2. Prosječni *jitter* za različite bitove 31
Grafikon 3. Prosječno kašnjenje za različite bitove..... 31