



Lea Skorin-Kapov



Miran Mošmondor



Maja Matijašević



Danko Vilendečić

Lea Skorin-Kapov, Miran Mošmondor

Ericsson Nikola Tesla d.d., Zagreb, Hrvatska
Ericsson Nikola Tesla d.d., Zagreb, Croatia

Maja Matijašević, Danko Vilendečić

Fakultet elektrotehnike i računarstva
Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska
Faculty of Electrical Engineering and Computing
University of Zagreb, Croatia

Ključne riječi:

Umrežena virtualna stvarnost, NVR
Kvaliteta usluge, QoS
Mreža sljedeće generacije, NGN
Svjetski sustav pokretnih telekomunikacija, UMTS
Internet protokol, IP
Višemedijski podsustav zasnovan na protokolu IP, IMS
Protokol za pokretanje sesije, SIP

Key words:

Networked Virtual Reality, NVR
Quality of Service, QoS
Next Generation Network, NGN
Universal Mobile Telecommunications System, UMTS
Internet Protocol, IP
IP Multimedia Subsystem, IMS
Session Initiation Protocol, SIP

Podrška kvalitete usluge za umreženu virtualnu stvarnost u sustavu UMTS

Sažetak

U članku se razmatra podrška kvalitete usluge za umreženu virtualnu stvarnost (NVR – *Networked Virtual Reality*), pri čemu se takve usluge mogu smatrati predstavnikom naprednih višemedijskih usluga u mreži nove generacije, posebno u svjetskom sustavu pokretnih telekomunikacija (UMTS – *Universal Mobile Telecommunications System*). Usluge umrežene virtualne stvarnosti odlikuju se raznim višemedijskim komponentama (trodimenzionalni objekti, grafika, zvuk, i sl.), objedinjenim u distribuiranom “virtualnom svijetu” te dinamičnom korisničkom interakcijom, zbog čega njihovi zahtjevi prema mreži često nadilaze zahtjeve tzv. “tradicionalnih” višemedijskih usluga. Izazov je specificirati zahtjeve kvalitete usluge s kraja na kraj za NVR usluge te ih preslikati na zahtjeve koje propisuje standardizacijska organizacija 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) za postojeće klase kvalitete usluge u sustavu UMTS. Na kraju je razmotrena podrška za usluge umrežene virtualne stvarnosti unutar arhitekture višemedijskoga podsustava utemeljenoga na Internet protokolu (IMS – *IP Multimedia Subsystem*), s naglaskom na kvalitetu usluge te signalizaciju u IMS-u putem protokola za pokretanje sesije (SIP – *Session Initiation Protocol*). Spomenuta područja istražuje projekt “*Networked Virtual Reality in IP Multimedia Subsystem (IMS)*”, koji se provodi u suradnji između Istraživačkog odjela Instituta za telekomunikacije u Ericssonu Nikoli Tesli i Zavoda za telekomunikacije Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu.

QUALITY OF SERVICE SUPPORT FOR NETWORKED VIRTUAL REALITY IN UMTS

Abstract

This paper focuses on Quality of Service (QoS) support for Networked Virtual Reality (NVR), considering such services to be a representative of advanced multimedia services for the next generation network and specifically for the Uni-

versal Mobile Telecommunications Systems (UMTS). Characterized by various multimedia components (3D objects, graphics, sound, etc.) integrated into a distributed “virtual world”, as well as dynamic user interactions, NVR service requirements often go a step beyond traditional multimedia. Research has been motivated by the challenge to specify the end-to-end QoS requirements of NVR services in terms of QoS parameters, and propose a mapping to requirements specified by the standardization organization 3GPP (3rd Generation Partnership Project) for the existing UMTS QoS classes. The necessary support for such services in the scope of the IMS architecture is discussed, with emphasis on QoS and Session Initiation Protocol (SIP) signaling in IMS. Presented activities are a part of the research project “Networked Virtual Reality in IP Multimedia Subsystem (IMS)” conducted in collaboration between the Research Department at Ericsson Nikola Tesla’s Research and Development Center, and the Department of Telecommunications, Faculty of Electrical and Computing, University of Zagreb.

1. Uvod

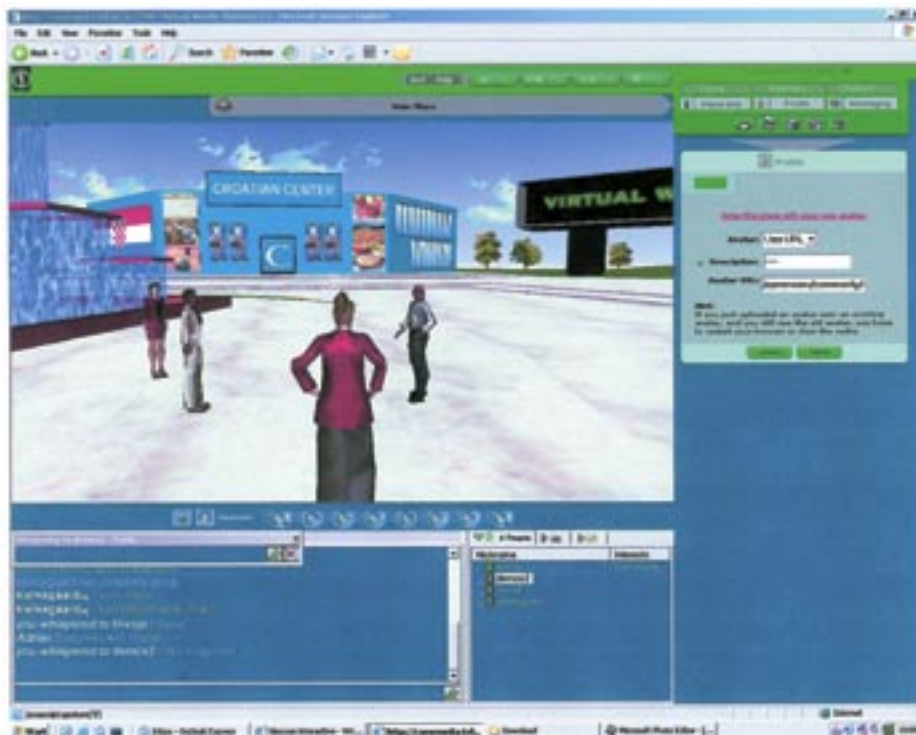
Pojam virtualne stvarnosti (*virtual reality*) većina će ljudi prije povezati sa svijetom znanstvene fantastike i zabavnih parkova, nego s računalima i komunikacijskim mrežama. Ipak, upravo su računala i mreže, uz krajnje uređaje koji nude višeosjetilna korisnička sučelja (na primjer, naočale za trodimenzionalno predočavanje, snimači pomaka tijela, prepoznavanje govora i gesti...), glavni alati za stvaranje umreženih,

višekorisničkih virtualnih svjetova, ili, kako se još nazivaju – virtualnih okruženja [5]. Sa stajališta tehnologije, virtualna okruženja se mogu promatrati kao napredne višemedijske usluge, koje obuhvaćaju međusobno usklađene vizualne (trodimenzionalna grafika, video, slika, animacija, tekst, hipertekst...) i zvučne (glazba, govor, zvukovi...) komponente, uz interakciju s korisnikom. Uz posebne uređaje, postoje i primjene koje mogu uključiti i vibracije, silu, ravnotežu, miris i druge podražaje.

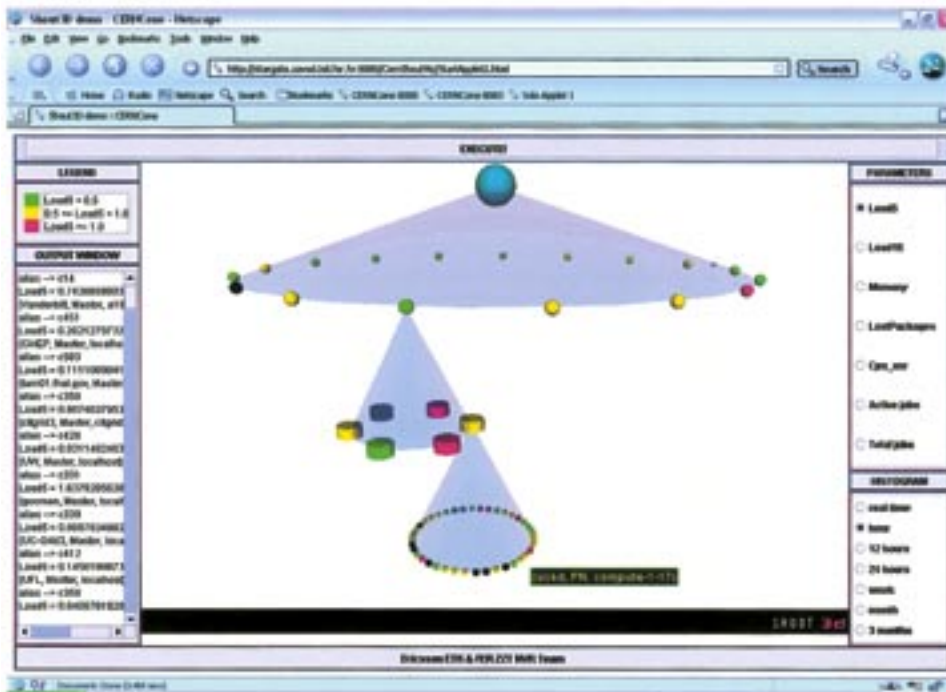
Virtualna okruženja mogu biti raznih namjena, od višekorisničkih igara do uvježbavanja medicinskih postupaka, od učenja i druženja do razgledavanja stvarnih, povijesnih ili potpuno izmišljenih prostora (Slika 1.), pregledavanja informacija vizualiziranih u trodimenzionalnom obliku i manipulacije njima (Slika 2.), itd.

Prve primjene umreženih virtualnih okruženja pojavile su se još 80-tih godina i bile su namijenjene vojnim simulacijama. S razvojem grafičkih i komunikacijskih sposobnosti osobnih računala te uz širenje Interneta u javnoj uporabi, počinju se pojavljivati primjene i u akademskoj zajednici kao i za potrebe industrijskoga dizajna, medicine i drugdje, a posebno u području računalnih igara. Iako nema jedinstvenog mišljenja o tome jesu li višekorisničke umrežene računalne igre zapravo virtualna okruženja ili ne, nedvojbeno je da je to jedan vrlo brzo rastući segment tržišta zabave.

Privlačnost trodimenzionalnih sadržaja očituje se i u sve češćoj primjeni na Internetu, u području pre-



Slika 1. Primjer virtualnoga okruženja s više korisnika u virtualnom prostoru



Slika 2. Primjer virtualnoga okruženja s vizualiziranim podacima [14]

zentacije i prodaje novih potrošačkih proizvoda, reklama, turizmu, i tako dalje. Uz trend spajanja internetskog svijeta sa sveprisutnim i pokretnim mrežama nove generacije, već se 2001. godine u *Book of Visions Wireless Research Forum-a* pojavljuje ideja virtualnoga svijeta u koji korisnik “uranja” putem svoga pokretnog telefona [10]. Arhitektura nove generacije mreže, koja odvaja sadržaj i usluge od povezivanja i pristupa, stvorena je upravo s idejom bolje podrške za napredne i višemedijske usluge. U specifikacijama standardizacijske organizacije 3GPP (3rd Generation Partnership Project), za mrežu treće generacije, odnosno, za svjetski sustav pokretnih komunikacija (UMTS – *Universal Mobile Telecommunications Systems*), spominju se usluge zasnovane na prisutnosti (*presence*), komunikaciji porukama (*messaging*), lokaciji (*location-based services*), strujanju višemedijskih sadržaja (*streaming*) i slično [1]. S obzirom na složenost i vremensku ovisnost sadržaja te interakciju s korisnikom, poznato je da se takve usluge ne mogu riješiti “samo” većim brzinama, već su potrebna i nova rješenja za opis usluga, kvalitetu usluge (QoS – *Quality of Service*) i signalizaciju. Usluge umrežene virtualne stvarnosti su, kao vrsta dolazećih naprednih usluga, u tom smislu posebno zahtjevne jer mogu obuhvaćati raznovrsne višemedijske komponente i interakciju s korisnikom, što ih – uz potrebe za (potencijalno vrlo velikim) prijenosnim kapacitetima – čini i izuzetno osjetljivima na mrežno kašnjenje (*delay*), kolebanje kašnjenja (*jitter*) i gubitke.

Dva pitanja koja se nameću su: kako opisati usluge umrežene virtualne stvarnosti sa stajališta korisnika

i kako osigurati kvalitetu usluge koju pruža mreža? Složenost problema opisivanja usluga umrežene virtualne stvarnosti proizlazi iz različitih mjerila “kvalitete” s gledišta korisnika i s gledišta mreže [6], [7]. Naime, korisnik usluge ne “vidi” mrežu, već samo prikaz na terminalu, dok sa stajališta mreže treba učinkovito međusobno uskladiti korisnikove izborne mogućnosti (*preference*) s jedne strane te karakteristike terminala, pristupne i jezgrene (*core*) mreže s druge, kako bi se postigla najbolja moguća kvaliteta usluge s kraja na kraj (*end-to-end QoS*). Važno je uočiti da “krajevi” između kojih se pruža kvaliteta usluge “s kraja na kraj”, odnosno, korisnički terminal(i) i/ili aplikacijski poslužitelj(i), moraju imati sposobnost specifikacije i signalizacije svojih zahtjeva prema mreži. Da bi se moglo provesti usklađivanje, skupine prihvatljivih vrijednosti parametara mogu se opisati strukturama podataka, nazvanim “profilima”, i preslikati na standardne klase kvalitete usluge [4]. Važno je uočiti i da se parametri mogu mijenjati tijekom izvođenja usluge, što znači da treba omogućiti da se signalizacija i prilagodba kvalitete usluge odvijaju sukladno promjenama, tj. dinamički [9].

U mreži nove generacije UMTS, podrška kvalitete usluge vezuje se uz višemedijski podsustav utemeljen na protokolu IP (IMS – *IP Multimedia Subsystem*). IMS je definiran u specifikacijama 3GPP-a kao skup svih elemenata jezgrene mreže koji zajednički omogućuju višemedijske usluge u sustavu UMTS. Kod naprednih usluga, poput usluga umrežene virtualne stvar-

nosti (NVR – *Networked Virtual Reality*), za razliku od “klasičnih” usluga, tu zapravo ne postoji nešto što bi se moglo zvati “generičkom uslugom” ili “osnovnim pozivom”. Kao posljedica toga, može se predvidjeti da će se funkcionalnost vezana uz pojedinu uslugu smjestiti na aplikacijski(e) poslužitelj(e). Putem aplikacijskih poslužitelja te korištenjem standardnih protokola, posebno protokola za pokretanje sesije (SIP – *Session Initiation Protocol*), IMS se “otvara” prema uvođenju novih, atraktivnih višemedijskih usluga, kako od strane operatora (npr., Ericsson Instant Talk, WeShare), tako i od neovisnih pružatelja sadržaja i usluga (npr. usluge umrežene virtualne stvarnosti).

Upravo u traženju odgovora na pitanja kako opisati uslugu umrežene virtualne stvarnosti te kako osigurati kvalitetu usluge koju pruža mreža bavi se istraživački projekt “*Networked Virtual Reality in IMS*”; u suradnji stručnjaka iz Istraživačkog odjela Instituta za telekomunikacije u Ericssonu Nikoli Tesli i Zavoda za telekomunikacije Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu. U nastavku su, u poglavlju 2, opisani pojmovi i standardi vezani uz kvalitetu usluge. Poglavlje 3 daje analizu kvalitete usluge s kraja na kraj za usluge umrežene virtualne stvarnosti u UMTS-u. Poglavlje 4 usredotočuje se na IMS i dinamičku prilagodbu usluge. Posebna pažnja posvećena je signalizaciji putem protokola SIP. Poglavlje 5 donosi zaključak i neke smjernice budućih istraživanja.

2. Kvaliteta usluge: pojmovi i standardi

Pojam kvalitete usluge (*QoS*) odnosi se na pružanje podrške aplikacijama prema njihovim karakteristikama i zahtjevima. Postoji mnogo definicija kvalitete usluge, od kojih se često citira ona standardizacijskoga tijela ITU-T (*International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector*) u preporuci E.800 gdje se kvaliteta usluge smatra “kollektivnim utjecajem performansi usluge koje određuju stupanj zadovoljstva korisnika usluge”. S ciljem postavljanja temelja koordiniranom razvoju i nadogradnji širokoga kruga standarda vezanih uz koncepte kvalitete usluge (*QoS Concepts*), mehanizme i zahtjeve te primjenu na razne arhitekture i protokole, ITU-T preporuka X.641 definira okvir kvalitete usluge (*QoS Framework*). Unutar okvira kvalitete usluge definirane su i terminologija i pojmovi kvalitete usluge u informacijskim tehnologijama.

U skladu s trendom razvoja telekomunikacijskih sustava prema konvergiranoj mreži nove generacije, dolazi do izgradnje temeljne mreže zasnovane na protokolu IP (*Internet Protocol*) i jedinstvene paketne domene za mobilni i fiksni paketni promet. Takva višeuslužna IP mreža mora biti u stanju zadovoljiti stroge zahtjeve

kvalitete usluge različitih vrsta usluga i unutar mreže osigurati mehanizme koji upravljaju resursima i njihovim dodjeljivanjem. Dok ITU-T preporuka Y.1291 opisuje arhitekturu generičkih mehanizama kvalitete usluge koja se odnosi na paketne mreže, preporuka H.360 se usredotočuje na višemedijske usluge i arhitekturu za upravljanje i signalizaciju vezanu uz kvalitetu usluge s kraja na kraj. Pružanje podrške za kvalitetu usluge s kraja na kraj zahtijeva koordinaciju resursa i mehanizme upravljanja kvalitetom u svim dijelovima sustava. Cilj je osigurati traženu klasu usluge (*Service Class*) i prioritet usluge tijekom trajanja višemedijske sjednice. Klasa usluge se može opisati pomoću parametara kao što su kašnjenje, kolebanje kašnjenja, i gubici. Napredne usluge, poput usluga umrežene virtualne stvarnosti, se često sastoje od više medijskih tokova, od kojih svaki tok može imati svoje zahtjeve nad parametrima kvalitete usluge i time se svrstati u različitu klasu. Stoga je za takve usluge ključno promatrati zahtjeve kvalitete usluge na različitim razinama, s kraja na kraj, te ih međusobno povezati. Kvaliteta se može promatrati na tri razine:

- Razina aplikacije: “korisnik” je čovjek te se zahtjevi izražavaju pomoću kvalitativnih parametara (npr. subjektivna, percepcijska ocjena kvalitete pojedinog medija).
- Razina sustava: “korisnik” je aplikacija te se zahtjevi izražavaju pomoću kvantitativnih i kvalitativnih parametara (npr. vrijeme odziva, sustav posluživanja).
- Razina mreže: “korisnik” je sustav te se zahtjevi izražavaju pomoću mjerljivih kvantitativnih i kvalitativnih parametara (npr. kašnjenje, kolebanje kašnjenja, gubici).

U nastavku su detaljnije opisani zahtjevi NVR usluga s kraja na kraj, te je ispitana njihova podrška u okviru UMTS mreže. Naglasak je na standardima koje predlaže 3GPP, vezanim uz klasifikaciju usluga, te (s gledišta korisnika) potrebne vrijednosti parametara kvalitete usluge s kraja na kraj.

3. Analiza kvalitete usluge s kraja na kraj

Ostvarivanje potencijala naprednih višemedijskih usluga ovisi o zadovoljavanju zahtjeva kvalitete usluge. Standardi koje predlaže 3GPP definiraju slojevit arhitekturu kvalitete usluge za sustav UMTS [1]. Specifikacije definiraju četiri klase kvalitete usluge, koje se prvenstveno razlikuju po kašnjenju [3]. Klase kvalitete usluge u sustavu UMTS su definirane na aplikacijskom sloju, u smislu očekivanih performansi s kraja na kraj, a ostvarene su kroz interakcije prijenosnih usluga na nižim slojevima. U nastavku je opisan prijedlog klasiifikacije usluga virtualne stvarnosti, koja se temelji na zahtjevima isporuke (stvarno-vremenska ili ne) i razi-

ni interaktivnosti, a preslikava se na postojeće UMTS klase kvalitete usluge. Preslikavanja su zasnovana na sparivanju zahtjeva usluga virtualne stvarnosti s parametrima izvođenja i ciljnim vrijednostima za UMTS aplikacije.

3.1. Zahtjevi usluga virtualne stvarnosti

Zahtjevi usluga umrežene virtualne stvarnosti predstavljaju izazov zbog nekoliko razloga, a najočitiiji su pružanje podrške potencijalno velikom broju distribuiranih korisnika, od nekoliko desetaka do nekoliko tisuća koji sudjeluju u zajedničkom virtualnom okruženju koristeći dinamičke oblike komunikacije, te sjeđinjavanje medijskih komponenti kao što su 3D grafika, tekst, audio i video struje. Najvažnija pitanja koja se odnose na mrežu kod primjena umrežene virtualne stvarnosti su brzina prijenosa, mrežna distribucija, kašnjenje i pouzdanost [8].

Raspoloživa brzina prijenosa je jedan od problema koji određuju moguću veličinu virtualnoga okruženja kao i njegov sadržaj. Brzina prijenosa koja je potrebna za izvršavanje pojedine usluge virtualne stvarnosti ovisi o broju korisnika, distribucijskoj shemi (*unicast*, *multicast*, *broadcast*) i višemedijskom sadržaju kojega ona sadrži. Distribucijska arhitektura utječe na skalabilnost virtualnog okruženja, pri čemu distribucije koje koriste višeodredišno razošiljanje (*multicast*) daju najbolje rješenje. Isto tako važno pitanje tiče se zahtjeva koji se odnose na kašnjenje i kolebanje kašnjenja, budući da o njima ovisi korisnička percepcija stvarno-vremenske interakcije sa statičkim i dinamičkim sadržajem virtualnoga okruženja i s drugim korisnicima. I konačno, rješavanje problema pouzdanosti najčešće vodi ka kompromisu između brzine prijenosa i kašnjenja, budući da kvalitetu stvarno-vremenskih aplikacija uglavnom više narušava kašnjenje nego gubici.

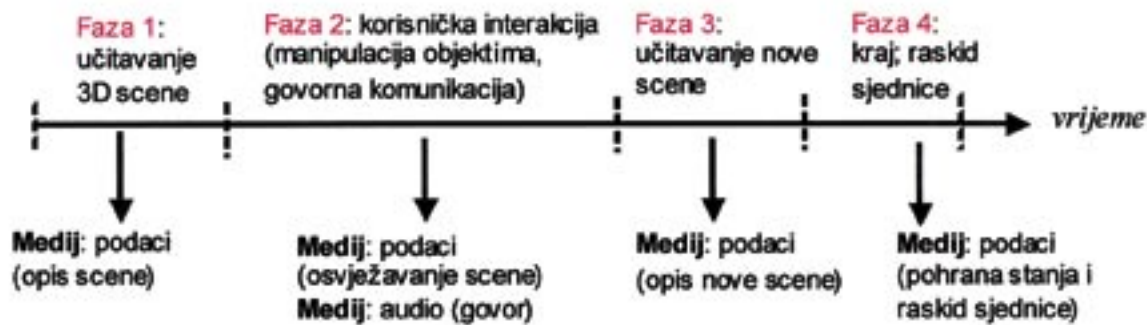
Navedimo i neke karakteristične vrijednosti kašnjenja i kolebanja kašnjenja. Na primjer, suradnička virtualna okruženja u kojima se istovremeno nalazi više korisnika (*CVE – Collaborative Virtual Environment*) postavljaju posebne zahtjeve s obzirom na to da je komunikacija među korisnicima često stvarno-vremenski i visoko interaktivni proces. Procjenjuje se da je za takve primjene maksimalno prihvatljivo kašnjenje 100 ms. Prema drugoj studiji, kašnjenje od 200 ms se može smatrati prihvatljivim u suradničkom virtualnom okruženju, ukoliko je kolebanje kašnjenja zanemarivo malo. Naime, pokazano je da su kod sjednice koja uključuje zadatke manipulacije objektima, performanse u mreži s 10 ms kašnjenja i znatnim kolebanjem kašnjenja gotovo jednake kao i u mreži s 200 ms kašnjenja i bez kolebanja kašnjenja. Za distribuirane simulacije s čvrsto spregnutim (*tightly coupled*)

interakcijama najčešće se navode zahtjevi od 100 ms za poruke za osvježavanje stanja i 50 ms za kolebanje kašnjenja.

Zahtjevi ovise o vrsti i namjeni aplikacije. Na primjer, suradnička virtualna okruženja dizajnirana za izvođenje složenih manipulativnih zadataka zahtijevaju minimalno kašnjenje i kolebanje kašnjenja i veliku brzinu prijenosa, za razliku od onih dizajniranih za način rada kod kojega korisnici većinu vremena troše na navigaciju u 3D prostoru, a puno manje na manipulaciju objektima i interakciju s drugim korisnicima. Takva virtualna okruženja se mogu smatrati "tolerantnijima" po pitanjima kašnjenja i kolebanja kašnjenja.

Mnoge višekorisničke 3D računalne igre (npr., *Unreal*, *Quake*) mogu predstavljati zanimljivo područje primjene za usluge virtualne stvarnosti, uključujući FPS (*First Person Shooter*) igre i RTS (*Real-time Strategy*) igre. Zahtjevi brzine prijenosa kod njih ovise o broju i distribuciji korisnika, kao i o primijenjenoj distribucijskoj shemi. Kod RTS igara, kašnjenje do 500 ms se može smatrati prihvatljivim, uz uvjet da je kolebanje kašnjenja malo. S druge strane, igre kod kojih je potrebna precizna koordinacija između oka i ruke, kao što su FPS igre, zahtijevaju da kašnjenje bude manje od 100 ms. Poznato je da korisnik ima lošije uvjete, a time i manje šanse za uspjeh u igri kada je odzivno vrijeme između klijenta i poslužitelja veće od 150 ms [12]. Integracija strujanja zvuka/glasa i videa u virtualnom okruženju može povećati osjećaj "uronjenosti" za korisnike aplikacija kao što su virtualne konferencije, suradnička virtualna okruženja ili višekorisničke igre. Sveukupna kvaliteta ovisi o kvaliteti zvučne i vizualne informacije, kao i o kvaliteti sinkronizacije. Za virtualna okruženja je također važna ideja strujanja animacije, pri čemu se informacije o položajima tijela i lica korisnikovog virtualnog lika (tzv. *avatare*) prenose preko mreže u obliku struje podataka. Kašnjenje, kolebanje kašnjenja i sinkronizacija s drugim medijskim komponentama su faktori koji utječu na sveukupnu kvalitetu.

Važno je uočiti i da se parametri usluge, te uvjeti u kojima se ona odvija, mogu mijenjati tijekom njenog izvođenja, što znači da treba omogućiti dinamičku prilagodbu parametara kvalitete usluge [9]. Na Slici 3. je prikazan primjer jedne NVR usluge (višekorisničke virtualne okoline) te "faze" pripadajuće višemedijske sjednice, karakteriziranih različitim medijskim komponentama i samim time raznim mrežnim zahtjevima. U prvoj fazi korisnik učitava početnu 3D scenu te se od mreže traži veliki prijenosni kapacitet bez gubitaka, dok kašnjenje nije kritično. Nakon učitavanja scene, korisnik izvodi interakciju s objektima i s drugim korisnicima u virtualnoj okolini te se zahtjevi nad mrežom mijenjaju (faza 2). Ukoliko se radi o stvarno-vremenskoj interakciji i komunikaciji (npr. s drugim korisnicima u okolini), tada zahtjevi po pitanjima ka-



Slika 3. Različite faze tijekom odvijanja zamišljene NVR usluge

šnjenja i kolebanja kašnjenja postaju vrlo strogi, dok se neki minimalni gubici mogu tolerirati. U daljnjem tijeku odvijanja usluge, vidimo primjer gdje korisnik učita novu scenu (faza 3) te nakon niza aktivnosti koje bi se dale opisati fazama 2 i 3, na kraju dolazi do kraja korištenja usluge i urednog raskida sjednice, uz eventualno pohranjivanje stanja i, konačno, oslobađanje resursa (faza 4).

3.2. Klase kvalitete usluge u sustavu UMTS

ITU-T preporuka F.700 pruža opću metodologiju za izgradnju višemedijskih usluga, prema kojoj se usluga raščlanjuje na skup komunikacijskih zadataka, od kojih svaki upravlja skupom medijskih komponenti. ITU-T preporukom G.1010 definiran je model kategorija kvalitete usluge za višemedijske usluge, pri čemu se uzimaju u obzir korisnička očekivanja za široki spektar višemedijskih usluga (Slika 4.).

ITU-T preporuka Y.1541 grupira vrijednosti parametara izvedbe s kraja na kraj za paketni prijenos u

IP mrežama u šest zasebnih klasa kvalitete usluge. U skladu s tim preporukama, 3GPP klasificira UMTS usluge u četiri klase, ovisno o osjetljivosti na kašnjenje aplikacijskog prometa:

- **Konverzacijska (conversational) klasa**

- predstavlja konverzacijske aplikacije sa strujanjem podataka koje su iznimno osjetljive na kašnjenje. U tu skupinu spadaju telefonski razgovor, prijenos govora preko IP-a (VoIP) i videokonferencija. Ograničenja prihvatljivog kašnjenja su vrlo stroga, kao i zahtjevi očuvanja vremenskih odnosa među različitim elementima struje.

- **Strujeća (streaming) klasa**

- predstavlja stvarno-vremenske aplikacije koje sadrže strujanje podataka koje je prvenstveno jednosmjerno. Ovakva shema se primjenjuje kada korisnici gledaju (slušaju) stvarno-vremenski video (zvuk). Strujeću klasu karakterizira ograničeno kolebanje kašnjenja, bez zahtjeva za malim kašnjenjem.

- **Interaktivna (interactive) klasa**

- predstavlja klasične podatkovne komunikacijske sheme ponašanja krajnjeg korisnika karakterizira-

Podnosi greške Ne podnosi greške	Konverzacijski glas i video	Glasovne/video poruke	Strujeći zvuk i video	Fax
	Upravljanje/kontrola (npr. Telnet, interaktivne igre)	Transakcije (npr. elektronička trgovina, Web, pristup elektroničkoj pošti)	Komunikacije porukama, učitavanje podataka (FTP, nepokretna slika)	Pozadinski promet (npr. Usenet)
	Interaktivno (kašnjenje << 1s)	Odzivno (kašnjenje ~ 2s)	Pravovremeno (kašnjenje ~ 10s)	Ne-presudno (kašnjenje >> 10s)

Slika 4. Korisnički usmjerene kategorije kvalitete usluge (ITU-T G.1010)

ne upit-odgovor uzorkom. Primjer ovakvih aplikacija su pregledavanje Web-a i upiti prema bazi podataka. Ključan zahtjev kvalitete usluge je niska učestalost pogrešaka pri prijenosu paketa.

• Pozadinska (background) klasa

– osnovna značajka je da odredište ne očekuje podatke u nekom određenom vremenu. Podaci se mogu slati i primati u pozadini, s niskom učestalošću pogrešaka i bez posebnih zahtjeva vezanim za kašnjenje.

Definirane klase su specificirane na aplikacijskoj razini uz davanje okvirnih vrijednosti za krajnje-

korisničke/aplikacijske zahtjeve nad kvalitetom usluge oglednih aplikacija u smislu ključnih parametara izvedbe i ciljnih vrijednosti. Indicirane su gornje i donje granice parametara unutar kojih korisnik aplikaciju još uvijek ocjenjuje kao prihvatljivu.

3.3. Predloženo preslikavanje klase kvalitete usluge

Uzimajući u obzir specifičnosti VR usluga, pripremljen je prijedlog njihove klasifikacije kojim se defini-

Tablica 1. Predloženo preslikavanje VR uslužnih klasa na UMTS klase kvalitete usluge

UMTS QoS klase	VR uslužne klase	Vrste medija	Primjeri VR usluga	Primjeri VR aplikacija	PARAMETRI KLASIFIKACIJE			
					Stupanj simetrije	Kašnjenje	Kolebanje kašnjenja	Postotak gubitak podataka
Konverzijska klasa	Strogo stvarno-vremenski interaktivni VR	Podaci, grafika, zvuk, video, tekst	Distribuirane aplikacije	Čvrsto spregnuta simulacija letenja	Dvosmjerno	Jednosmjerno kašnjenje s kraja na kraj < 100 ms	50 ms	< 3%
			Čvrsto spregnuti CVE-i	CVE-i za izgradnju i razvoj; teleoperacije	Dvosmjerno	Jednosmjerno kašnjenje s kraja na kraj < 100 ms	(nema podataka)	0%
			Virtualne konferencije	Virtualni prostor za razgovor: 3D grafika, audio komunikacija	Dvosmjerno	Jednosmjerno kašnjenje s kraja na kraj < 150 ms	< 1 ms (za glasovnu konverzaciju)	< 3%
			Višekorisničke interaktivne igre	FPS igre	Dvosmjerno	Jednosmjerno kašnjenje s kraja na kraj < 100 ms	(nema podataka)	0%
	Blago stvarno-vremenski interaktivni VR	Podaci, grafika, tekst	Slabo spregnuti CVE-i	Virtualni višekorisnički trgovinski centar	Dvosmjerno	Jednosmjerno kašnjenje s kraja na kraj < 400 ms	(nema podataka)	0%
			Višekorisničke interaktivne igre	RTS igre	Dvosmjerno	Jednosmjerno kašnjenje s kraja na kraj < 500 ms	(nema podataka)	0%
Strujeća klasa	VR s integriranim stvarno-vremenskim strujećim medijem (jednosmjerno)	Podaci, grafika, zvuk, video, tekst	Virtualna okruženja s integriranim zvukom/ videom	Virtualno kino	Uglavnom jednosmjerno	Kašnjenje pri pokretanju < 10 s Sinkronizacija usana ±80 ms	< 2 s	< 2% (video) < 1% (zvuk)
			Virtualni likovi na Internetu	Virtualni čitatelji vijesti: strujeći zvuk, video, i animacija	Uglavnom jednosmjerno	Kašnjenje pri pokretanju < 10 s Sinkronizacija usana (animacija i zvuk) ±80 ms	< 2 s	< 2% (video) < 1% (zvuk) 0% (animacija)
			Virtualna okruženja s integriranim zvukom	Virtualna okruženja s pozadinskom glazbom	Uglavnom jednosmjerno	Kašnjenje pri pokretanju < 10 s	< 2 s	< 1%
Interaktivna klasa	Ne-stvarnovremenski interaktivni VR	Podaci, grafika, tekst	Simulacija virtualnog prostora na Internetu	Virtualni posjet gradu; korisnik navigira kroz više virtualnih prostora	Uglavnom jednosmjerno	Jednosmjerno kašnjenje < 4 s/novi prostor	(nema podataka)	0%
			Dohvat iz baze podataka	3D vizualizacija dinamičkih podataka; korisnik međudjeluje s podacima	Uglavnom jednosmjerno	Jednosmjerno kašnjenje < 4 s/prikaz	(nema podataka)	0%
Pozadinska klasa	Ne-stvarnovremenski best effort VR	Podaci, grafika, tekst	Pozadinsko učitavanje virtualnog okruženja	Virtualna okruženja koja zahtijevaju samo početno učitavanje; sve naknadne interakcije/manipulacije objekata se obavljaju lokalno	Uglavnom jednosmjerno	Nema posebnih zahtjeva; vrijeme učitavanja ovisi o veličini komponenti virtualnog okruženja	(nema podataka)	0%

ra pet karakterističnih uslužnih klasa. Glavni čimbenici za razlikovanje po kojima su klasificirane usluge su osjetljivost na kašnjenje i stupanj interaktivnosti. U Tablici 1. je prikazano preslikavanje predloženih klasa na UMTS klase kvalitete usluge, zajedno s preslikavanjem zahtjeva VR usluga na parametre izvedbe i ciljne vrijednosti za UMTS klase kvalitete usluge [11].

VR aplikacije s izraženom interaktivnošću (npr. suradnička virtualna okruženja, simulacije, mrežne igre) se mogu usporediti s uslugama konverzijske klase u sustavu UMTS, s obzirom na stroge zahtjeve vezane za kašnjenje. Iako se izraz "konverzijska" koristi u klasifikaciji UMTS usluga (telefonski govor, VoIP, videokonferencija), kada klasificiramo VR usluge s usporedivim mrežnim zahtjevima koristimo izraz "stvarnovremenske interaktivne" usluge. Pojam *interaktivnosti* se često koristi u kontekstu kvalitete usluge za VR usluge, a definiran je kao korisnička ocjena mogućnosti interakcije s objektima i drugim korisnicima u višekorisničkom virtualnom okruženju, uključujući i korisničku procjenu izbora i opsega interakcije [6]. S obzirom na činjenicu da mrežni zahtjevi ovise o prirodi aplikacije, smatramo da je važno razlikovati *strogo stvarnovremenske* i *blago stvarnovremenske* interaktivne VR usluge.

Navedeni mrežni zahtjevi za strujeće medijske komponente u virtualnim okruženjima odgovaraju standardnim zahtjevima za zvuk i video, uzevši u obzir da vrijednosti mrežnih parametara ovise o načinu kodiranja. Vrijednosti za kolebanje kašnjenja odgovaraju vrijednostima navedenima u 3GPP specifikacijama. Budući da se struja podataka poravnava na određenoj strani, najveća dopuštena vrijednost kolebanja kašnjenja je određena mogućnostima funkcije vremenskog poravnavanja koju koristi aplikacija. U virtualnim okruženjima u kojima se koristi prostorni zvuk/video, zahtjevi dodatno ovise o relativnom položaju medija u virtualnom svijetu.

VR usluge koje koriste interaktivnu komunikaciju s udaljenim poslužiteljima preslikavamo na interaktivnu UMTS klasu kvalitete usluge. To su često usluge sa zahtjevima koji su usporedivi sa zahtjevima klasičnog pregledavanja Weba, u što spadaju i virtualna okruženja u kojima se korisnik kreće iz jednoga virtualnog prostora u drugi ili zahtijeva dohvaćanje dodatnih objekata virtualnog okruženja. Klasa usluge "nastvarnovremenska best-effort" služi za aplikacije koje nisu vremenski ovisne. To se odnosi na jedno-korisničke slučajeve kada korisnik na početku sjednice učita virtualno okruženje s poslužitelja, a sve naknadne interakcije u njemu obavlja na lokalnoj kopiji.

Tablica 1. pruža pregled predloženih vrijednosti kvalitete usluge koje predstavljaju performanse s kraja na kraj između komunicirajućih entiteta. Kako bi se postigla određena kvaliteta usluge u mreži potrebno je

definirati prijenosnu uslugu sa značajkama i funkcionalnostima od izvora do odredišta usluge. Spomenuto je da se VR aplikacija može sastojati od skupa objekata virtualnoga okruženja koji sadrže razne vrste medija. Stoga je potrebno specificirati zahtjeve svakog medijskog toka kao i potrebne sinkronizacijske parametre kako bi se odredilo preslikavanje aplikacijskih zahtjeva na mrežne parametre.

Predložena klasifikacija i preslikavanje verificirani su na studijskim slučajevima u emuliranoj mrežnoj okolini, kako bi se razmotrili zahtjevi s kraja na kraj koji bi bili primjenjivi za niz raznolikih aplikacija virtualne stvarnosti. Aplikacije razmatrane unutar studijskih slučajeva su svrstane u odgovarajuće klase usluga virtualne stvarnosti na osnovu mjerenja mrežnih zahtjeva s kraja na kraj te su rezultati detaljnije opisani u [11].

4. Provedba kvalitete usluge za umreženu virtualnu stvarnost

Nakon analize zahtjeva kvalitete usluge naprednih višemedijskih usluga, poput usluga umrežene virtualne stvarnosti s kraja na kraj, promatraju se mehanizmi u mreži neophodni za zadovoljavajuću podršku takvim uslugama. U arhitekturi mreže nove generacije (Slika 5.) se – prema specifikacijama organizacije 3GPP – podrška kvalitete usluge vezuje za IMS. Kao i za druge usluge, funkcionalnost vezana uz usluge umrežene virtualne stvarnosti smještena je u zajedničkoj uslužnoj mreži.



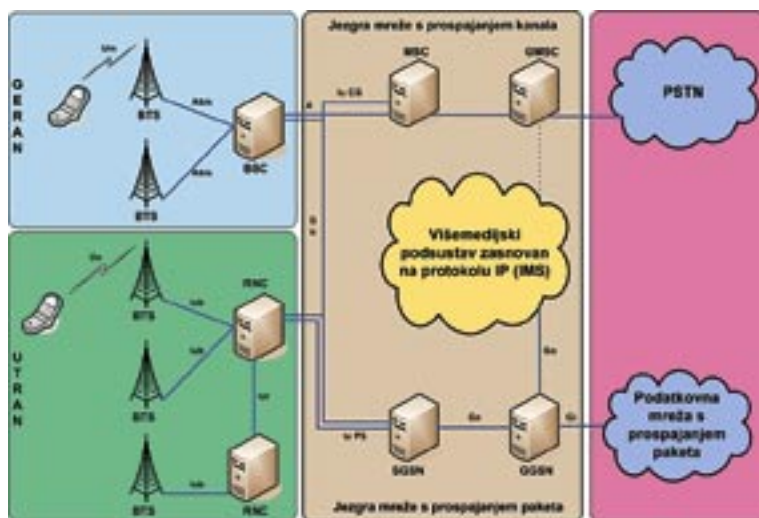
Slika 5. Konvergirana mreža nove generacije i nove usluge

4.1. Višemedijski podsustav zasnovan na protokolu IP (IMS)

IMS, u najširem smislu riječi, spaja telekomunikacije s računarstvom, odnosno Internet s mobilnom mrežom, pružajući različite višemedijske usluge u paketnoj domeni preko različitih pristupnih tehnologija [13]. Slika 6. prikazuje koncept IMS-a. U jezgrenom mreži koristi se protokol IPv6, neovisno o pristupnoj tehnologiji (od UMTS-a, GPRS-a, fiksne linije do WLAN-a), dok signalizacijski protokol SIP omogućuje konvergenciju različitih pristupnih tehnologija.



Slika 6. Ideja raznih pristupnih mreža u IMS-u



Slika 7. Položaj IMS-a u postojećoj mrežnoj arhitekturi

Slika 7. prikazuje položaj IMS-a unutar postojeće mrežne arhitekture [16].

Pitanje koje se može postaviti je – zašto IMS? Poznato je da već od uvođenja GPRS-a postoji spoj Interneta i mobilne mreže te da već unatrag nekoliko godina gotovo svaki mobilni korisnik može pristupiti internetskim sadržajima preko paketne domene. Postoje tri važna razloga zbog kojih se uvodi IMS, a to su: 1) kvaliteta

usluge, 2) naplata te 3) integracija različitih usluga, što ćemo ukratko komentirati. Prvo i najvažnije, IMS rješava pitanje kvalitete usluge, nepostojanje čega je glavni problem “klasične” paketne domene. Tako se parametri kvalitete usluge mogu unaprijed dogovoriti te će korisnik koristiti uslugu s predvidivim ponašanjem.

Druga prednost IMS-a je jednostavnija i kvalitetnija naplata. U klasičnom modelu, naplata internetskoga prometa provodi se isključivo na temelju količine prenesenih podataka. No, upravo zbog diferencijacije prometa koju donosi IMS, svaka usluga se može naplatiti posebno. Treba napomenuti da IMS ne definira poslovni model po kojemu će se vršiti naplata, već pruža operatoru informaciju o korištenju usluge te se način naplate prepušta njemu.

Treći glavni razlog za stvaranje i uvođenje IMS arhitekture je integracija usluga. Kod klasičnih mreža s vertikalnom arhitekturom, svaka usluga se uvodi zasebno i to posebno za svaku vrstu mreže. Horizontalna i slojevita arhitektura IMS-a (Slika 8.), [15] pruža generičke zajedničke funkcionalnosti kojima se može koristiti više usluga te tako smanjuje nepotrebno ponavljanje istih funkcionalnosti u mreži. To dovodi do smanjenja troškova operatora i potencijalno do jeftinijih usluga za korisnika. Isto tako, svaki operator se ne mora ograničiti na skup usluga koje je sam razvio,

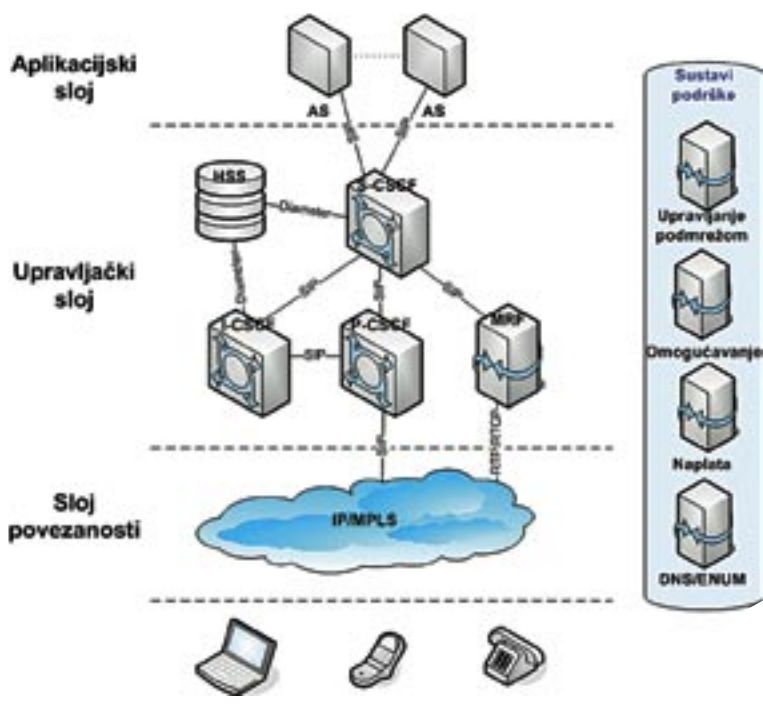
odnosno koje je razvio dobavljač njegove opreme, već će zbog standardno definiranih sučelja, moći koristiti usluge treće strane. Cilj IMS-a je ne samo pružanje novih višemedijskih usluga, nego i dosadašnjih usluga u Internetu, bez obzira na pristupnu tehnologiju. Tako možemo govoriti o potpunom spajanju Interneta i mobilnih mreža te o koraku prema novoj generaciji mreža.

U slojevitoj arhitekturi IMS-a (Slika 8.) aplikacijski sloj se sastoji od aplikacijskih i podatkovnih poslužitelja koji omogućuju usluge s dodanom vrijednošću. Postoje tri vrste aplikacijskih poslužitelja u IMS-u:

- SIP AS (*SIP Application Server*) je aplikacijski poslužitelj na kojem se izvode usluge utemeljene na protokolu SIP. Očekuje se da će se sve nove usluge u IMS-u nalaziti upravo na SIP AS-u.

- OSA-SCS (*Open Service Access – Service Capability Server*) je aplikacijski poslužitelj koji pruža sučelje prema uslugama utemeljenim na otvorenom pristupu uslugama (*OSA - Open Service Access*). Ideja je pružiti uslugama pristup mrežnoj funkcionalnosti putem standardnog aplikacijskog programskog sučelja.

- IM-SSF (*IP Multimedia – Service Switching Function*) je poslužitelj za povezivanje IMS-a s uslugama u sustavu primjena za poboljšanje mreže prilagođe-



Slika 8. Slojevita arhitektura IMS-a

nih korisniku (*CAMEL - Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic*). Radi se o uslugama koje su bile razvijene za GSM mrežu, a pomoću IMS-SSF-a će se moći ponovno iskoristiti u IMS-u.

Upravljački sloj u IMS-u sastoji se od elemenata za uspostavljanje i upravljanje sesijom, što uključuje i podršku za kvalitetu usluge. Među važnijim elementima mogu se izdvojiti funkcija za upravljanje sesijom poziva (*CSCF - Call Session Control Function*), domaći pretplatnički poslužitelj (*HSS - Home Subscriber Server*) i funkcija medijskih resursa (*MRF - Media Resource Function*). Čvor HSS se može smatrati bazom korisničkih podataka koji su potrebni za upravljanje višemedijskim sjednicama. Ti podaci uključuju korisničke profile, sigurnosne informacije, poput autentifikacijskog i autorizacijskog koda te ostale podatke.

Ključni čvor u IMS-u je CSCF, koji je zadužen za obradu cjelokupne SIP signalizacije u IMS-u. Uloge CSCF-a se mogu podijeliti u tri kategorije, pa tako postoje tri vrste CSCF-a: P-CSCF (*Proxy-CSCF*), I-CSCF (*Interrogating-CSCF*) i S-CSCF (*Serving-CSCF*).

P-CSCF je posrednik (*proxy*) između korisničkog terminala i mreže. U kontekstu SIP signalizacije, P-CSCF je zapravo granični (*inbound/outbound*) SIP posrednik te je to prva dodirna točka između korisničkog terminala i IMS-a. Uloge P-CSCF-a većim dijelom su vezane uz sigurnost te on tako, na primjer, vrši autentifikaciju primljenih i poslanih poruka između korisničkoga terminala i ostatka mreže. Unutar P-CSCF-a može se nalaziti i PDF (*Policy Decision Function*). Radi se o entitetu koji je zadužen za autorizaciju resursa i upravljanje kvalitetom usluge na razini medi-

ja. Ostale funkcije uključuju kompresiju i dekompresiju SIP poruka te generiranje podataka za naplatu. Kako je P-CSCF posrednik između korisničkog terminala i IMS-a, tako je I-CSCF posrednik između različitih administrativnih domena IMS-a. I-CSCF ima sučelje prema HSS-u, preko kojeg može saznati lokaciju korisnika te tako prosljediti poruke prema odgovarajućem S-CSCF-u. S-CSCF je zapravo središnji funkcionalni entitet kod signalizacije jer sva signalizacija koju prima ili generira korisnički terminal ide preko dodjeljenog S-CSCF-a. Slično kao I-CSCF, S-CSCF je preko *Diameter* sučelja povezan s HSS-om, pomoću kojega dobiva podatke potrebne za usmjeravanje signalizacijskoga toka. Tako dobiva korisničke profile te informacije potrebne za autentifikaciju korisnika. S-CSCF provjerava svaku SIP poruku i određuje hoće li poruku usmjeriti na jedan ili više aplikacijskih poslužitelja koji će pružiti određenu uslugu korisniku. Čvor MRF objedinjuje funkcije za obradu struje podataka. Može se koristiti kao izvor podataka u domaćoj mreži (na primjer za različite objave i slično) ili za provođenje raznih operacija nad strujom podataka, poput pretvorbe između različitih formata zapisa medija te za različite analize prometa.

Na kraju, sloj povezanosti se sastoji od usmjeritelja i preklonika prema pristupnoj i prema jezgrenoj mreži.

4.2. Dinamičko pregovaranje i prilagodba parametara kvalitete usluge

Kod opisivanja zahtjeva kvalitete usluge za sjednicu u IMS-u, 3GPP specifikacija [2] navodi kako IMS arhitektura treba omogućiti podršku za pregovaranje o kvaliteti usluge s kraja na kraj te dodjelu potrebnih mrežnih resursa.

Sa stajališta krajnjeg korisnika, to znači mogućnost prihvata, odbijanja, ili modifikacije parametara sjednice te mogućnost zahtijevanja određene razine kvalitete usluge. Pregovaranje se izvodi pomoću SIP signalizacije, gdje je pri tom potrebno provesti usklađivanje između "profila korisnika" koji opisuje korisničke mogućnosti/želje, te zahtjeva same usluge. Uz heterogenu okolinu mreže nove generacije, cilj je korisniku pružiti prilagođenu i personaliziranu uslugu kako bi se postigla "najbolja moguća" kvaliteta usluge. Ključni faktori koje treba uzeti u obzir su [9]:

- mogućnosti korisničkog terminala i pristupne mreže;
- raspoloživost i autorizacija mrežnih resursa;
- cijena dodijeljenih resursa s obzirom na korisnički budžet;
- želje krajnjega korisnika s obzirom na komponente aplikacije;
- preslikavanje zahtjeva korisnika/aplikacije na transportne parametre kvalitete usluge.

Ranije je spomenuto kako je važno uočiti da se parametri usluge, te uvjeti u kojima se ona odvija, mogu mijenjati tijekom sjednice. Različiti scenariji promjene parametara uključuju, na primjer, promjene u korisničkom profilu, promjene u zahtjevima usluge, te promjene u raspoloživosti ili cijeni mrežnih resursa.

Dok 3GPP specifikacije opisuju procedure dinamičkoga pregovaranja o medijima i kodicima, ostaje za odrediti koji bi to točno bili događaji (*events*) i pragovi (*thresholds*) koji bi uzrokovali, odnosno, pokrenuli ponovno pregovaranje i prilagodbu promijenjenim uvje-

tima tijekom sjednice.

Mehanizmi opisani u postojećim specifikacijama zadovoljavaju potrebe IMS usluga poput onih zasnovanim na prisutnosti (*presence*), komunikaciji porukama (*messaging*) ili strujanju višemedijskih sadržaja (*streaming*), no postavlja se pitanje zadovoljavaju li ti mehanizmi potrebe naprednih usluga poput NVR-a. Pomoću SIP signalizacije, krajnje točke razmjenjuju podatke o parametrima sjednice, no nekada je potrebno više od samoga dogovora oko kodeka i formata koje podržavaju obje strane. Primjerice kod NVR usluga, često se uzima u obzir i "relativna važnost" pojedinih medijskih komponenata s gledišta korisnika. Na primjer, ako korisnik ima ograničen ukupni prijenosni pojas, treba odrediti kako optimalno raspodijeliti raspoložive resurse različitim medijskim komponentama usluge tako da se postigne najbolja moguća kvaliteta u zadanim uvjetima. Ono što nije određeno u postojećim specifikacijama je kako provesti "naprednije" usklađivanje parametara korisničkog profila i parametara tražene usluge, s ciljem da se optimalno prilagodi usluga i odrede potrebni mrežni resursi s kraja na kraj. Ono što je također potrebno, a nije zadano specifikacijama, je definirati kako i kojim parametrima opisati zahtjeve usluge.

Unutar istraživačkoga projekta "Networked Virtual Reality in IMS" pokazalo se da bi se u IMS arhitekturi funkcija usklađivanja na generičkoj razini mogla preslikati na aplikacijski sloj, dok bi za upravljanje i koordinaciju signalizacije bio zadužen čvor CSCF u jezgrenoj mreži. Tada zapravo možemo promatrati dvije različite vrste sučelja između jezgrene i uslužne mreže – "horizontalno" sučelje prema samoj NVR usluzi te "vertikalno" sučelje prema aplikacijskim poslužiteljima koji utječu na redovnu proceduru uspostave sjednice kroz jezgrenu mrežu ili ju nadopunjuju (Slika 9.).

Postupak dinamičkoga pregovaranja oko parametara kvalitete te uspostave i prekida sjednice može se prikazati na primjeru usluge virtualne galerije automobila.

4.3. Primjer usluge – virtualna galerija automobila

Korisnik pristupa usluzi virtualne galerije automobila gdje ima mogućnost kretanja kroz trodimenzionalno virtualno okruženje na Webu i razgledavanja slika i modela automobila (Slika 10.). Kretanjem kroz galeriju korisnik nalazi na "virtualne kioske", gdje pritiskom pokazivača miša nad ekranom kioska pokreće reklamu za određeni model automobila. Reklama se sastoji od audio i video strujanja.

Slika 11. pokazuje pojednostavljeni postupak pregovaranja, uspostave, modifikacije parametara i raskida sjednice. Protokol kojim se obavlja signalizacija je protokol SIP. Na Slici 11. je vidljiva inicijalna uspostava

Slika 9. Pristup usluzi uz dodatnu funkciju usklađivanja parametara

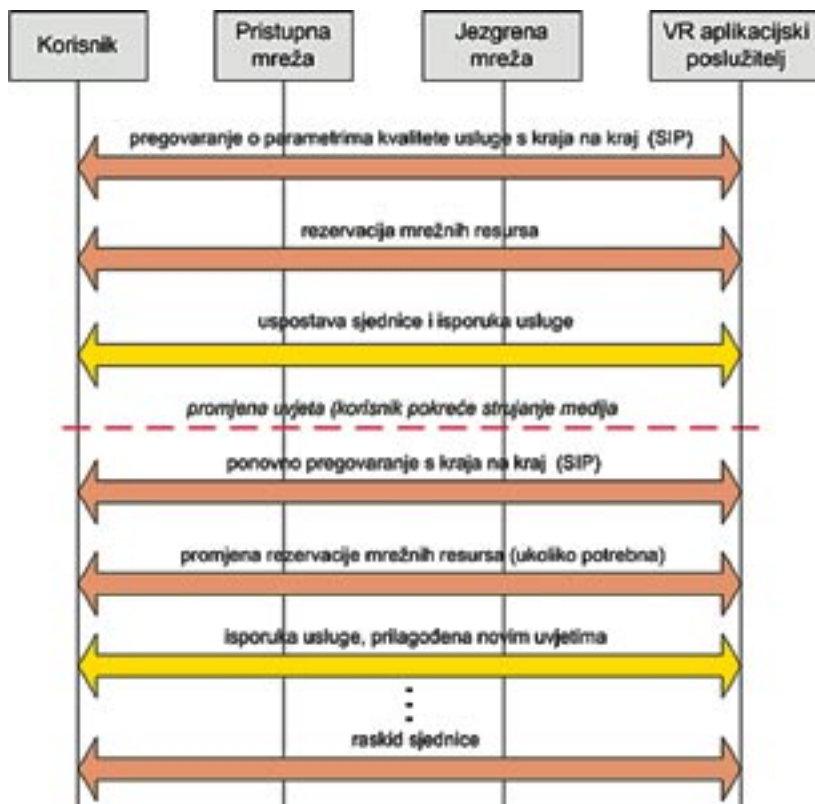




Slika 10. Usluga virtualne auto galerije

va sesije (korisnik učitava 3D scenu galerije), na temelju čega su dogovoreni i dodijeljeni potrebni mrežni resursi. Nakon učitane scene, dolazi do promjene uvjeta uzrokovane korisničkim pokretanjem reklame (audio i video strujanje). Promjenom uvjeta pokreće se ponovno pregovaranje s kraja na kraj te dolazi do modifikacije dodijeljenih mrežnih resursa (zauzimaju se resursi potrebni za strujanje medija).

Slika 11. Apstrakcija signalizacije kod NVR usluge; primjer virtualne galerije automobila



5. Zaključak

Složenost i vremenska ovisnost sadržaja naprednih višemedijskih usluga, kao što su primjene umrežene virtualne stvarnosti, dovode do potrebe za novim rješenjima za specifikaciju zahtjeva i osiguravanje zadovoljavajuće kvalitete usluge. U ovom radu opisani su rezultati istraživačkoga projekta “*Networked Virtual Reality in IMS*” (u suradnji stručnjaka iz Istraživačkog odjela Instituta za telekomunikacije u Ericssonu Nikoli Tesli i Zavoda za telekomunikacije Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu), kao doprinos istraživanju u tom području. Zahtjevi NVR usluga razmotreni su sa stajališta parametara kvalitete usluge i potrebnih mehanizama u mreži. Poseban naglasak stavljen je na treću generaciju mreže, sustav UMTS te IMS kao sustav zadužen za podršku višemedijskim uslugama. U sklopu projekta predložen je generički model pregovaranja i dinamičke prilagodbe kvalitete usluge s kraja na kraj za usluge umrežene virtualne stvarnosti [9]. Predloženi model verificiran je na studijskom slučaju virtualne galerije automobila.

Razmatranje primjene modela u realnom mrežnom okruženju IMS-a dovodi do preslikavanja funkcijskih komponenta modela na entitete arhitekture IMS-a, kao i detaljnu razradu signalizacije protokolom SIP. Time se stvara osnovica za poten-

cijalna buduća proširenja funkcionalnosti IMS-a te mogućnost njihove standardizacije, kao i primjenu na druge slične usluge, što su ujedno i glavni pravci nastavka projekta.

Popis kratica:

3GPP	Third Generation Partnership Project
BSC	Base Station Controller
BTS	Base Transceiver Station
CSCF	Call Session Control Function
CVE	Collaborative Virtual Environment
GERAN	GSM/EDGE Radio Access Network
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet Radio Service
HSS	Home Subscriber Server
IMS	IP Multimedia Subsystem
IP	Internet Protocol
ITU	International Telecommunication Union
ITU-T	ITU Telecommunication Standardization Sector
LAN	Local Area Network
MGW	Media Gateway
MRF	Media Resource Function
MSC	Mobile Switching Centre
NVR	Networked Virtual Reality
PDN	Packet Data Network
PLMN	Public Land Mobile Network
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
RNC	Radio Network Controller
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIP	Session Initiation Protocol
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRAN	Universal Terrestrial Radio Access Network
WLAN	Wireless LAN

Literatura

- [1] 3GPP TS 23.107, "QoS Concept and Architecture", Rel. 6, 12/ 2004.
- [2] 3GPP TS 23.228: "IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2", Rel. 6, 06/2004
- [3] 3GPP TS 22.105, "Services and Service Capabilities", Rel. 6, 03/2003.
- [4] D. Mikić, D. Vilendečić, L. Skorin-Kapov, M. Matijašević. "Modeling and design of an adaptive virtual reality service". Proceedings of the 25th Annual Conference on Local Computer Networks – LCN 2002, pp. 315–324. Tampa, FL, USA, November 2002.
- [5] I. S. Pandžić. "Virtualna okruženja: Računalna grafika u stvarnom vremenu i njene primjene", Element, Zagreb, 2004
- [6] M. Matijašević, D. Gračanin, K. P. Valavanis, I. Lovrek. "A framework for multi-user distributed virtual environments". IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part B: Cybernetics, 32(4):416–429, August 2002.
- [7] M. Matijašević, D. Gračanin, K. P. Valavanis, I. Lovrek. "Towards QoS specification for distributed virtual environments". Proceedings of the 10th [IEEE] Mediterranean Electrotechnical Conference Melecon 2000, volume Vol. I, Regional Communication and Information Technology, pp. 132–135. Lemesos, Cyprus, May 2000.
- [8] S. Singhal, M. Zyda. "Networked Virtual Environments: Design and Implementation", Addison-Wesley, Reading, NJ, USA, 1999.
- [9] L. Skorin-Kapov, M. Matijašević. "Dynamic QoS Negotiation and Adaptation for Networked Virtual Reality Services". Proceedings of the IEEE International Conference on a World of Wireless, Mobile, and Multimedia Networks (WoWMoM 2005), Taormina, Italy, June 2005.
- [10] C. Christopoulos. "Mobile augmented reality (MAR) and virtual reality". Wireless World Research Forum (WWRF): The book of visions 2001. [<http://www.wireless-world-research.org/>]
- [11] L. Skorin-Kapov, D. Mikić, D. Vilendečić, D. Huljenić, "Analysis of end-to-end QoS for networked virtual reality services in UMTS", IEEE Communications Magazine, Vol. 42 No. 4, April 2004, pp. 49-55.
- [12] J. Smed, T. Kaukoranta, and H. Hakonen. "Aspects of Networking in Multiplayer Computer Games", Proceedings of the International Conference on Applications and Development of Computer Games in the 21st Century, Hong Kong, China, Nov. 2001, pp. 74-81.
- [13] G. Camarillo, M. A. Garcia-Martin. "The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS): Merging the Internet

and the Cellular Worlds”, John Willey & Sons, June 2004.

[14] L. Skorin-Kapov, I. Pandžić, M. Matijašević, H. Komerički, M. Mošmondor. “Interactive Visualization of Grid Monitoring Data on Multiple Client Platforms”, Advances in Grid Computing – EGC 2005, P.M.A. Sloot et al. (Eds.), Lecture Notes in Computer Science LNCS 3470, pp. 200 – 210, 2005.

[15] Ericsson, “IMS – IP Multimedia Subsystem, The value of using the IMS architecture”, Ericsson White Paper, October 2004.

[16] Unstrung Insider, “IMS – the Heart of Wireless and Wireline Convergence”, Vol. 3, No. 11, November 2004.

ADRESE AUTORA:

Lea Skorin-Kapov

e-mail:lea.skorin-kapov@ericsson.com
Ericsson Nikola Tesla d.d.
Krapinska 45
p.p. 93
HR-10002 Zagreb
Hrvatska

Miran Mošmondor

e-mail:miran.mosmondor@ericsson.com
Ericsson Nikola Tesla d.d.
Krapinska 45
p.p. 93
HR-10002 Zagreb
Hrvatska

Maja Matijašević

e-mail: maja.matijasevic@fer.hr
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Sveučilište u Zagrebu
Unska 3
HR-10000 Zagreb
Hrvatska

Danko Vilendečić

e-mail: danko.vilendecic@fer.hr
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Sveučilište u Zagrebu
Unska 3
HR-10000 Zagreb
Hrvatska

Uredništvo je primilo rukopis 8. ožujka 2005.