



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У
НОВОМ САДУ



Даниел Кнежевић

**Интеграција механизма за праћење
квалитета DVB-T, RTP и HLS сигнала у
дигитални ТВ пријемник са GoogleTV
оперативним системом**

МАСТЕР РАД

Нови Сад, 2014.



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ ● ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА


Редни број, РБР:	
Идентификациони број, ИБР:	
Тип документације, ТД:	Монографска документација
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР:	Дипломски – мастер рад
Аутор, АУ:	Даниел Кнежевић
Ментор, МН:	др Милан Бјелица
Наслов рада, НР:	Интеграција механизма за праћење квалитета DVB-T, RTP и HLS сигнала у дигитални ТВ пријемник са Google TV оперативним системом
Језик публикације, ЈП:	Српски / латиница
Језик извода, ЈИ:	Српски
Земља публикавања, ЗП:	Република Србија
Уже географско подручје, УГП:	Војводина
Година, ГО:	2014
Издавач, ИЗ:	Ауторски репринт
Место и адреса, МА:	Нови Сад; трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, ФО: (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)	7/60/14/8/22/0/0
Научна област, НО:	Електротехника и рачунарство
Научна дисциплина, НД:	Рачунарска техника
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Google TV, Android, TR-069, дигитална телевизија, квалитет сигнала
УДК	
Чува се, ЧУ:	У библиотеци Факултета техничких наука, Нови Сад
Важна напомена, ВН:	
Извод, ИЗ:	У раду је презентован интеграциони механизам за праћење квалитета DVB-T, RTP и HLS сигнала у дигитални ТВ пријемник са Google TV оперативним системом. Истраживање нуди решење за растуће потребе телеком оператера за обезбеђивање високог квалитета садржаја уз смањене потребе за додатном опремом. Предложено решење омогућава праћење квалитета сервиса без потребе додавања додатних уређаја за прикупљање података.
Датум прихватања теме, ДП:	
Датум одбране, ДО:	
Чланови комисије, КО:	Председник: проф.др Никола Теслић
	Члан: проф.др Бранислав Тодоровић
	Члан, ментор: доц.др Милан Бјелица
	Потпис ментора



UNIVERSITY OF NOVI SAD • FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES
21000 NOVI SAD, Trg Dositeja Obradovića 6

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :			
Identification number, INO :			
Document type, DT :	Monographic publication		
Type of record, TR :	Textual printed material		
Contents code, CC :	Master Thesis		
Author, AU :	Daniel Knežević		
Mentor, MN :	PhD Milan Bjelica		
Title, TI :	Integration of QoS mechanisms for DVB-T, RTP and HLS signals in digital TV receivers with Google TV OS		
Language of text, LT :	Serbian		
Language of abstract, LA :	Serbian		
Country of publication, CP :	Republic of Serbia		
Locality of publication, LP :	Vojvodina		
Publication year, PY :	2014		
Publisher, PB :	Author's reprint		
Publication place, PP :	Novi Sad, Dositeja Obradovica sq. 6		
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	7/60/14/8/22/0/0		
Scientific field, SF :	Electrical Engineering		
Scientific discipline, SD :	Computer Engineering, Engineering of Computer Based Systems		
Subject/Key words, S/KW :	Google TV, Android, TR-069, digital television, QoS		
UC			
Holding data, HD :	The Library of Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia		
Note, N :			
Abstract, AB :	This paper describes implementation of integration mechanisms of QoS mechanisms for DVB-T, RTP and HLS signals in digital TV receivers with Google TV operating system. The research offers a solution to the growing need of service providers to provide high quality of service with reduced cost for additional equipment. The proposed solution allows QoS monitoring with no need to add additional probe devices for data collection.		
Accepted by the Scientific Board on, ASB :			
Defended on, DE :			
Defended Board, DB :	President:	prof.dr Nikola Teslić	
	Member:	prof.dr Branislav Todorović	Menthor's sign
	Member, Mentor:	doc.dr Milan Bjelica	

	УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА 21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6	Број:
	ЗАДАТАК ЗА МАСТЕР РАД	Датум:

(Податке уноси предметни наставник - ментор)

СТУДИЈСКИ ПРОГРАМ:	Рачунарство и аутоматика
РУКОВОДИЛАЦ СТУДИЈСКОГ ПРОГРАМА:	Никола Јорговановић

Студент:	Даниел Кнежевић	Број	E2 47/2012
Област:	Пројектовање наменских рачунарских структура 2		
Ментор:	Милан Бјелица		
НА ОСНОВУ ПОДНЕТЕ ПРИЈАВЕ, ПРИЛОЖЕНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ И ОДРЕДБИ СТАТУТА ФАКУЛТЕТА ИЗДАЈЕ СЕ ЗАДАТАК ЗА МАСТЕР РАД, СА СЛЕДЕЋИМ ЕЛЕМЕНТИМА: <ul style="list-style-type: none"> - проблем – тема рада; - начин решавања проблема и начин практичне провере резултата рада, ако је таква провера неопходна; 			

НАСЛОВ МАСТЕР РАДА:

Интеграција механизма за праћење квалитета DVB-T, RTP и HLS сигнала у дигитални ТВ пријемник са Google TV оперативним системом
--

ТЕКСТ ЗАДАТКА:

<p>У оквиру задатка потребно је анализирати архитектуру програмске подршке модерног ТВ пријемника са Google TV оперативним системом, те дати предлог проширења те архитектуре да би се омогућило преузимање и испорука параметара квалитета DVB-T, RTP и HLS сигнала. У оквиру решења је потребно:</p> <ul style="list-style-type: none"> - дефинисати концепт проширења архитектуре; - дефинисати скуп мерљивих параметара за сваки стандард емитовања сигнала; - реализовати проширења програмске подршке и интегрисати у реални систем; - верификовати исправност рада праћењем вредности системом за мерење квалитета сервиса; - обавити евалуацију програмског решења коришћењем стандардних метрика за профилисање кода.

Руководилац студијског програма:	Ментор рада:

Примерак за: <input type="checkbox"/> - Студента; <input type="checkbox"/> - Ментора
--

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Teorijske osnove.....	3
2.1 Kvalitet servisa.....	3
2.2 DVB-T televizija.....	4
2.3 IP televizija.....	4
2.3.1 RTP protokol.....	5
2.3.2 HLS protokol.....	5
2.4 TR-069.....	6
2.5 Programska podrška set-top boks uređaja.....	8
2.5.1 GoogleTV operativni sistem.....	8
2.5.2 Programska podrška digitalnog prijemnika.....	9
2.6 Postojeća rešenja.....	10
3. Koncept rešenja.....	12
3.1 Arhitektura programske podrške.....	12
3.1.1 Jezgro servisa.....	13
3.1.2 Moduli za nadgledanje kvaliteta servisa.....	13
3.1.3 TR-069 klijent.....	13
3.1.4 TR-069 prilagodni sloj.....	22
3.1.5 Mehanizam uzorkovanja.....	23
3.2 Proširenje postojeće DTV programske podrške.....	23
3.2.1 Dodavanje QoS modula u DTV programsku podršku.....	24
3.2.2 Integracija DVB-T statistika u QoS servis.....	25
3.2.3 Integracija merača u HLS biblioteku.....	27

3.2.4	Integracija RTP statistika u QoS servis.....	29
4.	Programsko rešenje.....	31
4.1	Programsko rešenje klijentskog servisa.....	31
4.1.1	Jezgro servisa.....	34
4.1.1.1	Klasa TR069ClientOnBootReceiver.....	34
4.1.1.2	Klasa TR069ClientService.....	35
4.1.2	TR-069 prilagodni sloj.....	38
4.1.2.1	Klasa LibCPENative.....	38
4.1.3	Modul za prikupljanje statistika o kvalitetu signala.....	38
4.1.3.1	Klasa DVBTInfo.....	38
4.1.3.2	Klasa TR033Stats.....	39
4.1.3.3	Klase IPTVRTSPStats i VoDRTSPStats.....	40
4.1.3.4	Klase IPTVOTTStats i VoDOTTStats.....	42
5.	Ispitivanje i verifikacija.....	44
5.1	Opis ciljne platforme.....	44
5.2	Ispitavanje rešenja.....	45
5.3	Ispitivanje validnosti parametara.....	46
6.	Zaključak.....	49
7.	Literatura.....	50

SPISAK SLIKA

Slika 2.1 Grafički prikaz TR-069 protokola.....	7
Slika 2.2 Arhitektura Android platforme	8
Slika 2.3 Programska podrška DTV prijemnika.....	9
Slika 3.1 Arhitektura rešenja	12
Slika 3.2 Dijagram toka podataka.....	23
Slika 3.3 Arhitektura proširene DTV programske podrške	24
Slika 3.4 Dijagram sekvence za DVB-T protokol.....	27
Slika 3.5 Integracija merača u HLS protokol	27
Slika 3.6 Dijagram sekvence za HLS protokol	28
Slika 3.7 Dijagram sekvence za RTP protokol.....	30
Slika 4.1 UML dijagram rešenja.....	32
Slika 4.2 Klasa TR069ClientOnBootReceiver.....	35
Slika 4.3 Klasa TR069ClientService	37
Slika 4.4 Klasa DVBTInfo	39
Slika 4.5 Klasa TR033MonitoringThread.....	40
Slika 4.6 Klasa IPTVRTSPStats.....	41
Slika 4.7 Klasa VoDRTSPStats.....	42
Slika 4.8 Klasa IPTVOTTStats	43
Slika 4.9 Klasa VoDOTTStats	43
Slika 5.1 Ciljna platforma	45
Slika 5.2 Grafici opterećenja sistema	46
Slika 5.3 InsightACS	47

SPISAK TABELA

Tabela	3.1	Objekat
Services.STBService. {i}.ServiceMonitoring.MainStream. {i}.Total.OTTStats.	14	
Tabela	3.2	Objekat
Services.STBService. {i}.ServiceMonitoring.MainStream. {i}.Sample.OTTStats.	15	
Tabela	3.3	Objekat
Services.STBService. {i}.Components.FrontEnd. {i}.DVBT.Modulation.	16	
Tabela 3.4 Objekat Services.STBService. {i}.Components.FrontEnd. {i}.IP.Inbound. {i}. .	17	
Tabela	3.5	Objekat
Services.STBService. {i}.ServiceMonitoring.MainStream. {i}.Total.RTPStats.	18	
Tabela	3.6	Objekat
Services.STBService. {i}.ServiceMonitoring.MainStream. {i}.Sample.RTPStats.	22	
Tabela 4.1 Spisak i opis klasa rešenja.....	34	
Tabela 5.1 Ispitivanje validnosti parametara.....	48	

SKRAĆENICE

FPGA	- <i>Field Programming Gate Array</i> , Programabilne sekvencijalne mreže
QoS	- <i>Quality of Service</i> , Kvalitet dostavljenog sadržaja
DVB-T	- <i>Digital Video Broadcast – Terrestrial</i> , Zemaljska digitalna televizija
RTP	- <i>Real-time Transport Protocol</i> , Transportni protokol realnog vremena
HLS	- <i>HTTP Live Streaming</i> , HTTP dostavljanje sadržaja uživo
ACS	- <i>Auto-Configuration Server</i> , poslužilac za automatsku konfiguraciju
IPTV	- <i>Internet Protocol TeleVision</i> , Televizija zasnovana na internet protokolu
HTTP	- <i>HyperText Transport Protocol</i> , Protokol za prenos podataka
UDP	- <i>User Datagram Protocol</i> ,
CPE	- <i>Customer-Premises Equipment</i> , Potrošačka oprema
DTV	- <i>Digital TeleVision</i> , digitalna televizija
CHAL	- <i>Comedia Hardware Abstraction Layer</i> , Comedia sloj za apstrakciju fizičke arhitekture
RTOS	- <i>Real-Time Operating System</i> , Operativni sistem realnog vremena
MAL	- <i>Middleware Abstraction Layer</i> , Sloj za apstrakciju programske podrške digitalnog prijemnika
JNI	- <i>Java Native Interface</i> , Sprega Java programskog jezika i koda zavisnog od fizičke arhitekture
IPC	- <i>InterProcess Communication</i> , Međuprocesna komunikacija
AIDL	- <i>Android Interface Definition Language</i> , Jezik za definisanje Android sprega
UML	- <i>Unified Modelling Language</i> , Jezik za modelovanje.

1. Uvod

Digitalna televizija u današnje vreme postaje sve složenija i masovnija. IPTV je danas sve više zastupljen način dostavljanja digitalnog sadržaja. Telekom operateri sve češće nude svojim klijentima hibridne set-top boksove (STB) koji su pored IP televizije sposobni za prijem zemaljske digitalne televizije. Masovno širenje mreže povećava i rizik pojave grešaka u sistemu dostave sadržaja, a time rastu i troškovi. Kao rešenje pojavila se potreba nadgledanja kvaliteta dostavljenog sadržaja, radi pravovremenog otklanjanja grešaka i održavanja visokog nivoa kvaliteta servisa.

Aplikacije za merenje kvaliteta dostavljenog sadržaja mere parametre za određivanje kvaliteta na kontrolnim tačkama (poslužioc, mrežni čvorovi, krajnji uređaji), izveštavaju operatere o podacima i nude rešenja za poboljšanje kvaliteta. U radu je realizovan mehanizam za praćenje kvaliteta na klijentskoj strani, smanjujući broj kontrolnih tačaka kao i troškove specijalizovane merne opreme kao što je na primer rešenje Pixelmetrix Corporation[1] kompanije. Današnji STB imaju dovoljno veliku procesorsku moć za izračunavanje složenih QoS (eng. Quality of Service) parametara. U radu je dat predlog integracije mehanizama za praćenje kvaliteta DVB-T, RTP i HLS signala u digitalni prijemnik sa Google TV (Android) operativnim sistemom.

Ispitivanje je obuhvatilo merenje potrošnje memorije i korišćenja procesorskog vremena. Ispravnost rešenja je verifikovana korišćenjem InsightACS poslužioca[2].

Rad se sastoji iz sledećih celina:

1. Teorijske osnove – pokrivaju osnove protokola za emitovanje IPTV digitalne televizije;
2. Koncept rešenja – objašnjava veze među modulima i njihovu namenu. Opisana je arhitektura integracije mehanizama za praćenje kvaliteta signala DVB-T, RTP i HLS protokola;

3. Programsko rešenje – opis realizovanog koncepta. Dat je opis svih klasa u rešenju;
4. Ispitivanje i verifikacija – prikazani su rezultati ispitivanja;
5. Zaključak – pokriva ispunjenost zadatka.

2. Teorijske osnove

2.1 Kvalitet servisa

Kvalitet servisa[3] (eng. Quality of service – QoS) je skup mehanizama koji omogućavaju mrežama pružanje bolje usluge. U mreži, cilj je da se prenose paketi od jedne tačke do druge, a osnovne karakteristike kojima se definiše kvalitet su:

- Gubljenje paketa – odnosi se na procenat paketa koji ne stižu do odredišta; Gubitak paketa potiče od grešaka u mreži, oštećenih paketa i od zagušenih mreža;
- Kašnjenje – definiše se kao vreme koje je potrebno paketu da putuje od izvorišta ka odredištu;
- Varijacije kašnjenja (eng. jitter) – su razlike u vremenima kašnjenja odgovarajućih paketa u toku.

Osnovne aktivnosti na obezbeđivanju QoS su:

- Identifikacija saobraćajnih tokova koji treba da budu podvgnuti QoS mehanizmima;
- Praćenje saobraćaja;
- Obeležavanje saobraćaja;
- Ograničavanje saobraćaja.

Multimedijalni saobraćaj, kao što su audio i video sadržaj, su veoma osetljivi na kašnjenje i gubitak paketa. Prenos multimedijalnog sadržaja postavlja striktno zahteve za prenosnu mrežnu infrastrukturu. Emitovanje televizije predstavlja aplikaciju realnog vremena i tolerišu se minimalna kašnjenja i gubici paketa. Prestanak prenosa podataka izaziva greške pri prijemu sadržaja kao što su: pikselizacija slike, izobličenje zvuka, asinhronizacija zvuka i slike, zamrznuta slika. Praćenje kvaliteta servisa pruža uvid provajderu o obimu smetnje, daje

informacije o tome koliko krajnjih korisnika je ugroženo. Cilj je da se vrši prevencija pojave smetnji kod prenosa signala.

2.2 DVB-T televizija

Digitalna televizija predstavlja prenos audio/video sadržaja i dodatnih informacija u digitalnom formatu. Pojava i uspostavljanje standarda koji se koriste u digitalnoj televiziji vezuje se za poslednju dekadu prošlog veka. Pojavljuju se standardi za prenos signala zemaljskim putem DVB-T (eng. Digital Video Broadcast - Terrestrial), putem satelita DVB-S i kablovskim putem DVB-C. Digitalni prenos signala obezbeđuje bolji kvalitet slike i zvuka koji više ne mogu biti ometani interferencijom sa drugim signalima bez obzira na rastojanje na koje se emitovani sadržaj prenosi. Emitovani digitalni signal ostaje isti kao i na izvoru emitovanja, sve dok signal ne postane toliko slab da prijem više nije moguć. Digitalna televizija bolje iskorišćava frekvencijski spektar u odnosu na klasičnu analognu televiziju. Jedan frekvencijski kanal u analognoj televiziji može prenositi samo jedan televizijski servis, dok se u digitalnoj televiziji može prenositi više TV servisa. Time se oslobađa značajan frekvencijski spektar za druge upotrebe. Digitalna televizija pored teleteksta uvodi i nove servise kao što je Hbb TV.

2.3 IP televizija

Emitovanje analogne televizije je trajalo više od 70 godina. Prekretnica u televizijskoj tehnologiji je uvođenje digitalne televizije (end Digital Video Broadcast). Postoji nekoliko načina prijema digitalne televizije. Jedan od najstarijih načina prijema signala je preko antene, tj. prijem zemaljski emitovane digitalne televizije (eng. Digital terrestrial television). Korisnik je često ograničen samo na kanale koje prima antena i kvalitet signala je promenljiv. Ostali načini prijema signala su preko satelitske antene i kablovske televizije.

Razvojem digitalne televizije pojavila se televizija zasnovana na IP mrežama – IPTV (Internet Protocol Television). Zvanična definicija koju je odobrila Međunarodna unija za telekomunikacije je: „IPTV je multimedijalni servis koji se sastoji od televizije, videa, zvuka, teksta, grafike i podataka koji se isporučuju preko IP mreža i kojim se upravlja, kako bi se korisnicima pružio zahtevani nivo kvaliteta usluge, sigurnosti, interaktivnosti i pouzdanosti“[4]. IP televizija pored emitovanja televizije u realnom vremenu, pruža razne usluge kao što su odloženo gledanje kanala, video na zahtev itd.

Emitovanje digitalne IP televizijese vrši se korišćenjem raznih protokola: RTP, IGMP, SIP, i protokola zasnovanih na HTTP protokolu (MPEG-DASH i HLS).

2.3.1 RTP protokol

RTP[5] protokol (eng. Real-time Transport Protocol) predstavlja protokol za prenos podataka u realnom vremenu kao što su audio i video kroz unicast ili multicast mreže. Pošto je RTP zasnovan na UDP protokolu, on ne garantuje kvalitet dostavljenog sadržaja u realnom vremenu. Prenosu podataka je dodat kontrolni protokol RTCP koji omogućuje praćenje isporuke podataka, nudi minimalnu kontrolu i funkcionalnost za identifikaciju. RTP i RTCP su dizajnirani da budu nezavisni od transportnog i mrežnog sloja.

Mogući parametri za praćenje kvaliteta servisa su: broj primljenih paketa, broj odbijenih paketa, broj izgubljenih paketa, broj očekivanih paketa, itd.

2.3.2 HLS protokol

HLS[6] (eng. HTTP Live Streaming) je komunikacioni protokol za emitovanje (eng. streaming) medije razvijen od strane Apple kompanije kao deo QuickTime i iOS programske podrške.

Rad protokola se zasniva na razbijanju toka podataka u niz malih HTTP zasnovanih datoteka. Svaki preuzeti podatak predstavlja fragment potencijalno neograničenog toka podataka. Dok se tok podataka reprodukuje, korisnik može da bira između niza alternativnih tokova podataka koji sadrže isti sadržaj različitog kvaliteta. Time je omogućeno prilagođavanje različitim brzinama prenosa podataka.

Na početku sesije preuzima se proširena M3U (m3u8) lista sadržaja koja sadrži metapodatke za različite pod tokove koji su dostupni. Pošto ovaj protokol koristi samo standardne HTTP transakcije, prenos podataka je omogućen i kroz bezbedonosni sloj mreže (eng. firewall) ili proxy poslužioce, za razliku od protokola zasnovanih na UDP protokolu kao što je RTP.

Apple je dokumentovao ovaj protokol kao internet nacrt (eng. Internet Draft) kao prvi korak za standardizaciju u IETF zajednici (eng. The Internet Engineering Task Force). Međutim dok je Apple podneo manje ispravke u nacrtu, nisu se preduzeli dodatni koraci u pravcu standardizacije.

Pošto je u HLS protokolu najmanja jedinica za prenos podataka fragment toka podataka parametri za praćenje kvaliteta servisa su zasnovani na praćenju očekivanih, pristiglih i izgubljenih fragmenata. Posebna pažnja je posvećena izgubljenim podacima da bi se stekla predstava o mogućim problemima u mreži. Uvode se parametri kao što su broj događaja gubljenja podataka, najduži period gubljenja podataka i najkraći period gubljenja podataka.

2.4 TR-069

Korisnici od IPTV servisa očekuju garantovan nivo kvaliteta koji može da se uporedi sa servisom digitalne kablovske ili satelitske distribucije programa. Korisničko iskustvo u pogledu IPTV servisa mora da bude isto ili bolje u odnosu na dosadašnje načine distribucije radijskih i televizijskih programa. U protivnom telekomunikacioni operateri koji su u svoju ponudu uvrstili IPTV uslugu, rizikuju gubljenje korisnika.

Da bi se obezbedio kvalitet servisa potrebno je periodično prikupljanje podataka o stanju mreže i o kvalitetu trenutno dostavljenog sadržaja. Za isporuku sakupljenih podataka o kvalitetu servisa od krajnjih uređaja ka operaterima potreban je standardizovan protokol.

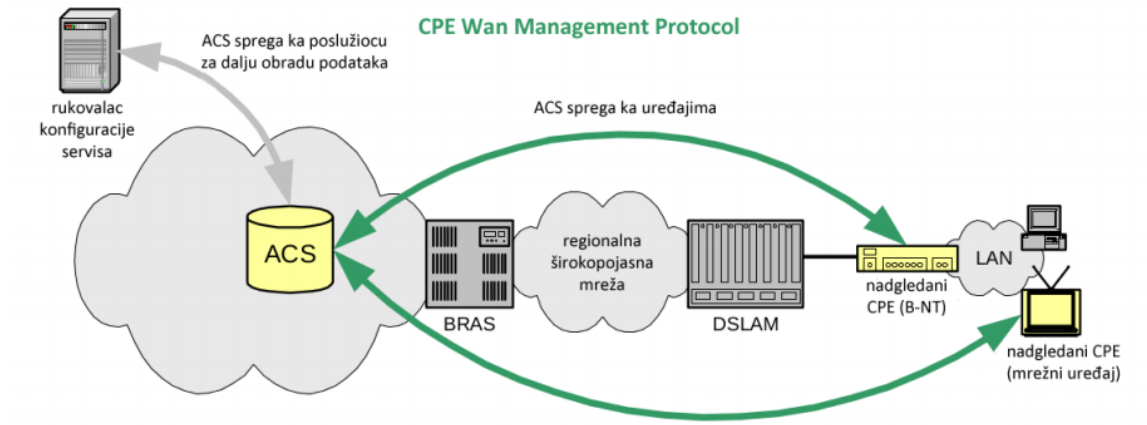
TR-069 je tehnička specifikacija, poznata i kao CWMP (eng. CPE Wan Management Protocol) izdata od strane „organizacije Broadband Forum“. TR-069 opisuje protokol aplikacionog nivoa koji omogućuje daljinsko upravljanje krajnjim korisničkim uređajima potrošačke elektronike (Slika 2.1).

Ovaj protokol omogućuje dvosmernu komunikaciju između entiteta. Komunikacija je zasnovana na SOAP/HTTP protokolu. U standardu su propisane dve grupe uređaja: CPE (eng. Customer Premises Equipment) i ACS (eng. Auto-Configuration Server). CPE su krajnji uređaji, njima se upravlja putem centrale ACS. Komunikacija između poslužioca i krajnjih uređaja se odvija u sesijama. Sadržaj poruka, njihova sintaksa i semantika su prethodno definisani. U komunikaciji postoje poruke koje su obavezne i one koje su neobavezne.

Komunikacija je zaštićena SSL enkripcijom koja je sastavni deo HTTPS komunikacionog protokola. Moguća je komunikacija bez SSL enkripcije, ali kod sistema sa velikim brojem korisnika to nije preporučljivo.

Preko koncepta modela podataka moguće je prilagoditi komunikaciju i upravljanje parametrima mreže i krajnjih uređaja. Upravo ovaj koncept je doprineo definisanju standardizovanih modela od kojih je jedan specifičan za STB uređaje (TR-135). Ovakva koncepcija standarda je dovela do toga da nadležne institucije za razvijanje standarda u oblastima digitalne televizije i mrežnih tehnologija predlože TR-069 kao primarno rešenje za upravljanje i nadgledanje krajnjih uređaja.

Osnovne operacije TR-069 protokola su inicijalna konfiguracija uređaja, praćenje statusa uređaja, postavljanje nove programske podrške na krajnjim uređajima, praćenje vrednosti parametara, postavljanje vrednosti nekih parametara, dijagnostika itd.



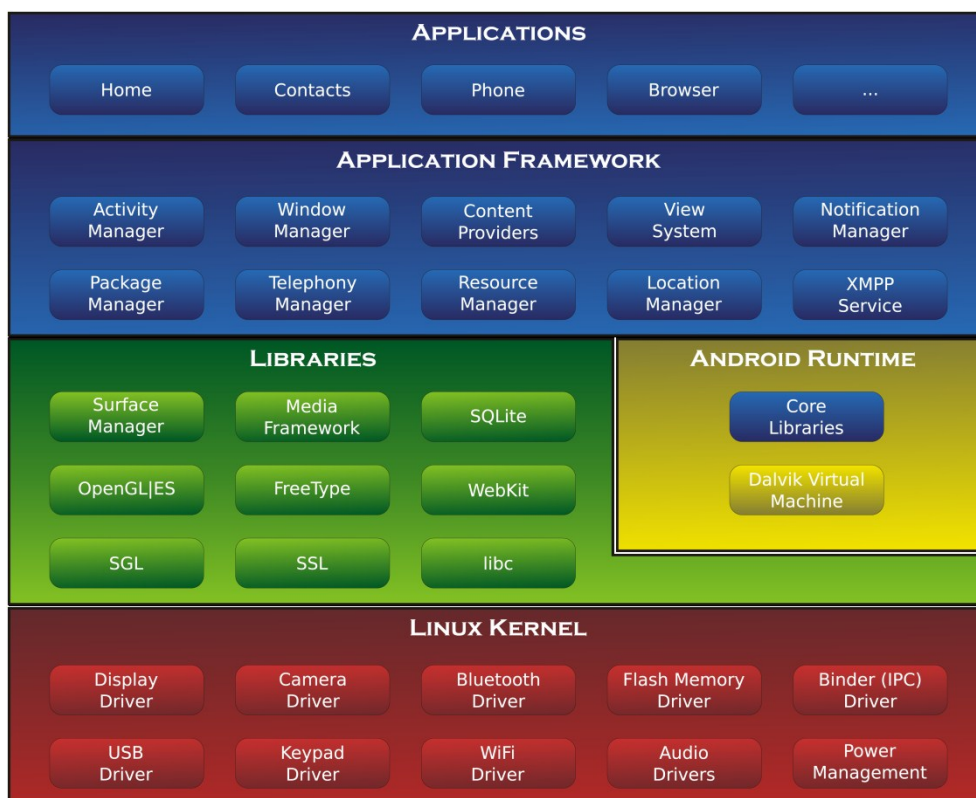
Slika 2.1 Grafički prikaz TR-069 protokola

2.5 Programska podrška set-top boks uređaja

2.5.1 GoogleTV operativni sistem

Google TV predstavlja platformu, otvorenog koda, za pametne televizore razvijenu od strane Google-a i uz pomoć Intel, Sony i Logitech kompanija. Google TV integriše Android[7] operativni sistem i Google Chrome pretraživač. Android je prvobitno razvijen za prenosive ručne uređaje sa ekranom na dodir (mobilni telefoni, tablet uređaji, ...). Zahvaljujući popularnosti Android je počeo da se prilagođava za televizore i prijemnike digitalne televizije.

Prikaz arhitekture Android operativnog sistema je dat na Slici 2.2.



Slika 2.2 Arhitektura Android platforme

Android predstavlja operativni sistem zasnovan na Linux jezgru razvijen za ARM arhitekturu, a kasnije za x86 i MIPS.

Najniži sloj programske podrške sadrži modifikovano Linux jezgro koje je zaduženo za rukovanje memorijom (eng. memory management), rukovanje fizičkom arhitekturom (eng. drivers), upravljanje procesima (eng. process management) i rukovanje mrežnim komunikacijama. Linux jezgro je izabrano kao jezgro Androida jer je najpopularniji operativni sistem ručnih uređaja, otvorenog je koda, robustan je i konstantno se razvija.

Sledeći sloj programske podrške predstavljaju biblioteke pisane u C i C++ jezicima. Ovaj nivo sadrži osnovne elemente Android platforme za crtanje 2D i 3D grafike. U sklopu biblioteka nalazi se i odvojeni Android Runtime koji sadrži osnovne biblioteke i Dalvik virtuelnu mašinu.

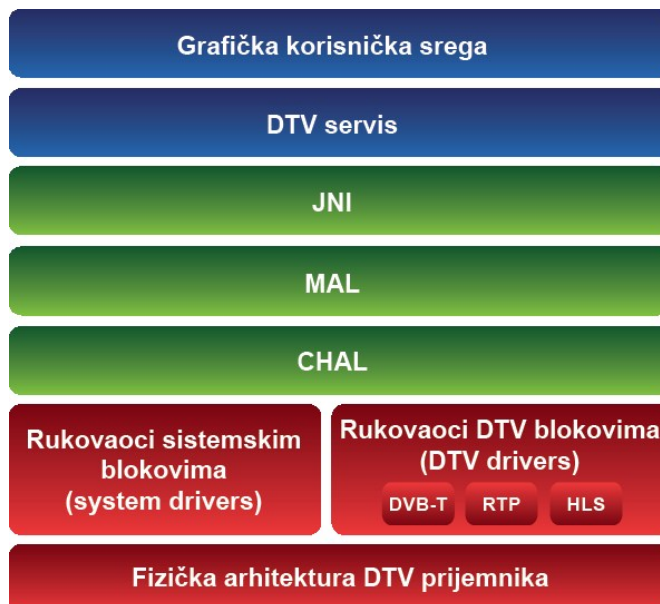
Virtuelna mašina je zadužena za pokretanje aplikacija pisanih u Java programskom jeziku. Ona obezbeđuje da aplikacije ne zavise od fizičke arhitekture, to jest da se one mogu izvršavati na bilo kojoj platformi na kojoj je Android.

Na višem nivou nalaze se systemske aplikacije neophodne za upotrebu sistema od strane korisnika, a na krajnjem nivou nalaze se korisničke aplikacije koje direktno koristi korisnik.

Integracija QoS mehanizama se obavlja na nivou biblioteka i na nivou systemskih aplikacija.

2.5.2 Programska podrška digitalnog prijemnika

Glavni deo programske podrške digitalnog prijemnika predstavlja programska podrška za DTV funkcionalnost (eng. middleware). U okviru ovog projekta koristi se Comedia 3.0 programska podrška za DTV funkcionalnost [8]. Na Slici 2.3 je prikazana arhitektura programske podrške televizijskog prijemnika.



Slika 2.3 Programska podrška DTV prijemnika

Iznad fizičke arhitekture DTV prijemnika nalazi se sloj koji pripada jezgru operativnog sistema, u ovom slučaju Linux jezgro. U okviru jezgra se nalaze razni rukovaoci sistemskim spregama bitni za rad Android-a i rukovaoci blokovima specifičnim za DTV funkcionalnost.

CHAL (eng. Comedia Hardware Abstraction Layer) predstavlja sloj za apstrakciju fizičke arhitekture. Glavni cilj ovog sloja je da se obezbedi prenosivost Comedia spreznog sloja na različite platforme. CHAL se sastoji od tri nezavisne celine:

- TKEL je sloj za apstrakciju funkcionalnosti operativnog sistema u realnom vremenu (RTOS);

- TDAL predstavlja sloj za apstrakciju rukovalaca. TDAL se sastoji od modula gde jedan modul predstavlja jedan blok fizičke arhitekture DTV prijemnika;
- TBOX je modul koji sadrži pomoćne funkcije i makroe.

Comedia sloj je zadužen za obezbeđivanje osnovnih DTV funkcionalnosti: rukovanje listama kanala, menjanje kanala, rukovanje audiom i videom, prikaz elektronskog programskog vodiča, itd.

MAL (eng. Middleware Abstraction Layer) predstavlja sloj čiji je zadatak da razdvoji programsku podršku za DTV funkcionalnost od DTV aplikacija koje koriste tu funkcionalnost. Time se postiže lako prilagođavanje aplikacija koje koriste DTV funkcionalnosti na platformama koje koriste druge programske podrške za DTV funkcionalnosti. Potrebno je samo prilagoditi implementaciju ovog sloja.

DTV servis predstavlja ključni sloj koji obezbeđuje spregu ka DTV aplikacijama pisanim u Java programskom jeziku. Ovaj sloj je implementiran kao Android servis s ciljem da više aplikacija može da koristi DTV funkcionalnosti. Ovaj sloj preko JNI (eng. Java Native Interface) sprege komunicira sa MAL slojem.

Grafička korisnička sprega predstavlja aplikaciju koja objedinjuje sve DTV funkcionalnosti u obliku prilagođenom i namenjenom običnom korisniku.

Moduli koji direktno utiču na integraciju sa QoS mehanizama su DTV servis i CHAL.

2.6 Postojeća rešenja

Zahtevi telekom operatera za dostavljanje što boljeg kvaliteta servisa prouzrokovali su implementacije raznih integracionih mehanizama QoS monitoringa u proteklih nekoliko godina. Uz dostupnost IP zasnovanih povratnih kanala u IP televiziji pojavljuju se klijentski agenti koji se ugrađuju u STB uređaje radi prikupljanja podataka o kvalitetu dostavljenog servisa. Klijentski agenti prikupljene podatke dostavljaju poslužiocima na strani operatera.

Jedno od rešenja za praćenje QoS je klijentski agent kompanije Witbe[9]. Klijentski agent predstavlja malu biblioteku koja se integriše u STB uređaj. Prednost ovog rešenja je što je podržano praćenje kvaliteta signala HTTP zasnovanih protokola kao što je HLS protokol. Osnovna mana ovog rešenja je nekompatibilnost sa poslužiocima drugih proizvođača, ne koristi se standardizovani protokol povezivanja klijentskog agenta sa poslužiocem. Da bi ceo sistem radio potreban je specijalan poslužilac od strane iste kompanije: Web Collector[10].

Sistem za nadgledanje QoS parametara kompanije Agama[11] je jedno od najpoznatijih rešenja. Nudi robustan i skalabilan sistem za praćenje milion krajnjih uređaja. Klijentski agent podržava komunikaciju sa poslužiocem preko standardizovanih protokola kao što su SNMP ili

TR-69 protokol. Agent vrši praćenje QoS i QoE (eng. Quality of Experience) parametara raznih protokola na ciljnom uređaju.

Osnovne mane ovih rešenja su nepostojanje opisa integracionog mehanizma sa određenim krajnjim uređajima. Istraživanja su pokazala da ne postoje komercijalna rešenja integracije QoS mehanizama za Google TV/Android operativni sistem.

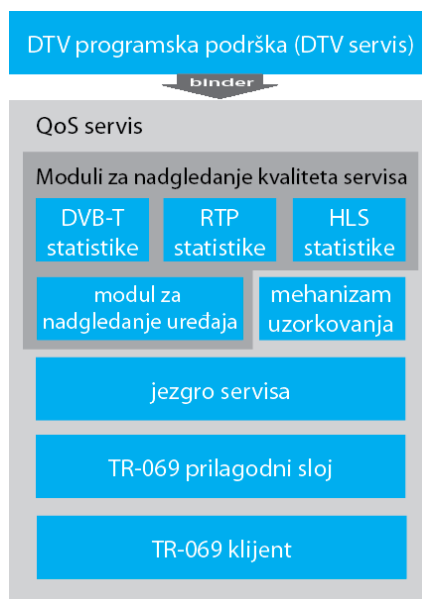
U radu je detaljno opisana integracija mehanizama za praćenje kvaliteta DVB-T, RTP i HLS signala u STB uređaj zasnovan na Google TV/Android operativnom sistemu. Predstavljeno rešenje koristi standardizovani protokol za komunikaciju sa poslužiocima operatera. Rešenje je kompatibilno sa svim poslužiocima koji za komunikaciju koriste TR-069 protokol.

3. Koncept rešenja

3.1 Arhitektura programske podrške

Prilikom projektovanja sistema za nadgledanje kvaliteta signala u STB treba imati u vidu da ovaj modul ne sme da remeti rad osnovne funkcionalnosti digitalnog prijemnika i treba da radi u pozadini. Rad ovog modula ne treba da je vidljiv od strane korisnika uređaja. Skup parametara koji se nadgleda treba da daje jasnu sliku operaterima o kvalitetu dostavljenog signala. Namena ovog modula je prikupljanje statistike radi lakšeg lociranja i ispravljanja grešaka u sistemu dostavljanja digitalnog televizijskog sadržaja.

Jedno od rešenja integracije sistema za praćenje dostavljenog kvaliteta signala u digitalnom prijemniku je da se ceo sistem implementira kao Android servis. Rešenje predstavlja klijentsku aplikaciju koja se povezuje na DTV servis postojeće programske podrške digitalnog prijemnika. Arhitektura servisa je modularna i prikazana na Slici 3.1.



Slika 3.1 Arhitektura rešenja

Servis za prikupljanje informacija o kvalitetu signala QoS (eng. Quality of Service) povezuje se na DTV servis putem ugrađenog Android *binder* mehanizma za povezivanje servisa. Komunikacija između servisa vrši se putem međuprocenke komunikacije IPC (eng. Inter Process Communication). Programska sprega je definisana putem AIDL-a (eng. Android Interface Definition Language) čiji je zadatak rasčlanjivanje objekata u osnovne tipove podataka, razumljive operativnom sistemu ipogodne za slanje međuprocenke poruke.

3.1.1 Jezgro servisa

Jezro servisa je zaduženo za kreiranje servisa, obezbeđivanje pokretanja servisa prilikom uključivanja uređaja, vrši povezivanje na DTV servis, inicijalizaciju i pokretanje TR-069 klijentskog agenta, kao i inicijalizaciju modula za nadgledanje kvaliteta dostavljenog signala.

3.1.2 Moduli za nadgledanje kvaliteta servisa

Osnovne funkcije modula za nadgledanje kvaliteta su čitanje informacija iz operativnog sistema i DTV programske podrške koje se odnose na kvalitet servisa. Moduli se mogu podeliti u četiri osnovne celine:

- *DVB-T statistike* su zadužene za prikupljanje informacija o digitalnoj zemaljskoj televiziji kao što su lista kanala, trenutno gledani kanal, frekvencija kanala, kvalitet emitovanog signala (SNR, BER), itd;
- *RTP i HLS statistike* su zadužene za prikupljanje statistika o IP televiziji;
- *Modul za nadgledanje uređaja* je zadužen za prikupljanje podataka o datom uređaju kao što su serijski broj, ime proizvođača uređaja, verzija programske podrške itd. Pored osnovnih podataka o uređaju prikuplja se statistika o mrežnom saobraćaju i informacije o mrežnom uređaju. Daju se osnovne informacije kao što su MAC adresa uređaja, IP adresa, broj uspešno poslatih/primljenih paketa, broj odbijenih paketa, itd.

3.1.3 TR-069 klijent

Integraciju TR-069 klijentskog agenta obuhvata definisanje skupa parametara za nadgledanje kvaliteta signala i izbor modela podataka za komunikaciju sa poslužiocem. Model podataka koji je potreban za svaki uređaj je TR-106 model podataka[12]. Ovaj model podataka sadrži osnovne podatke o uređaju pomoću kojih se on može jedinstveno identifikovati (serijski broj uređaja, ime proizvođača, model uređaja, ...), podatke o mreži na kojoj je uređaj, podatke o poslužiocu na koji se uređaj javlja, itd.

Model podataka predviđen za STB uređaje je TR-135 model[13] podataka izdat od strane Broadband Forum zajednice. Nedostatak TR-135 modela podataka je što adaptivni protokoli

zasnovani na HTTP protokolu, kao što je HLS protokol nisu podržani. Kao rešenje kreiran je novi model podataka TR-033 koji sadrži podskup parametara TR-135 modela podataka i dodati su objekti za nadgledanje adaptivnih HTTP zasnovanih protokola. Dodati objekti i opis njihovih parametara su prikazani u Tabelama 3.1 i 3.2. Objekat sa opisom DVB-T parametara je prikazan u Tabeli 3.3, a objekti sa opisom RTP parametara su prikazani u Tabelama 3.4, 3.5 i 3.6.

Parametar	Opis
ChunksLost	Ukupan broj izgubljenih fragmenata datog toka podataka.
ChunksReceived	Ukupan broj uspešno primljenih fragmenata datog toka podataka.
LossEvents	Ukupan broj događaja gubljenja fragmenata datog toka podataka. Ovaj parametar se računa na osnovu ChunksLost parametra.
SevereLossIndexCount	Ukupan broj događaja gubljenja fragmenata datog toka podataka koji su manji od vrednosti definisane parametrom SevereLossMinDistance.

Tabela 3.1 Objekat

Services.STBService. {i}.ServiceMonitoring.MainStream. {i}.Total.OTTStats.

Parametar	Opis
SampleSeconds	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zaptetama. Svaki element liste predstavlja vremenski interval uzorkovanja.
LossEvents	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zaptetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj događaja gubljenja fragmenata datog toka podataka tokom datog intervala uzorkovanja.
ChunksExpected	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zaptetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj očekivanih fragmenata podataka tokom datog intervala uzorkovanja.
ChunksLost	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zaptetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj izgubljenih fragmenata toka podataka tokom datog intervala uzorkovanja.
ChunksReceived	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zaptetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj primljenih fragmenata toka

	podataka tokom datog intervala uzorkovanja.
SevereLossIndexCount	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zaptetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj događaja gubljenja paketa datog toka podataka koji su kraći od vrednosti definisane parametrom SevereLossMinDistance tokom datog intervala uzorkovanja.
MaximumLossPeriod	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zaptetama. Svaki element liste predstavlja najduži događaj gubljenja paketa datog toka podataka tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuje mehanizam za ispravljanje grešaka (eng. Error correction) ili posle korekcije greške.
MinimumLossDistance	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zaptetama. Svaki element liste predstavlja najkraći događaj gubljenja paketa datog toka podataka tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuje mehanizam za ispravljanje grešaka (eng. Error correction) ili posle korekcije greške.

Tabela 3.2 Objekat

Services.STBService. {i}.ServiceMonitoring.MainStream. {i}.Sample.OTTStats.

Parametar	Opis
BER	Verovatnoća pojave greške trenutno gledanog servisa u formatu 1e-6.
SNR	Odnos signala i greške trenutno gledanog servisa.
ChannelBandwidth	Širina kanala trenutno gledanog servisa. Parametar je nabrojivog tipa, moguće vrednosti su: 6 MHz, 7 MHz i 8 MHz.
CodeRateHP	Informacija o FEC-u trenutno gledanog servisa. Parametar je nabrojivog tipa, moguće vrednosti su: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 i 7/8.
CodeRateLP	Informacija o FEC-u trenutno gledanog servisa. Parametar je nabrojivog tipa, moguće vrednosti su: 0, 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 i 7/8.
Constellation	Informacija o modulaciji signala trenutno gledanog servisa. Parametar je nabrojivog tipa, moguće vrednosti su: QPSK, 16QAM i 64QAM.
Frequency	Frekvencija trenutno gledanog servisa. Jedinica prikaza

	frekvencije je u kHz.
GuardInterval	Zaštitni interval trenutno gledanog servisa. Parametar je nabrojivog tipa, moguće vrednosti su: 1/32, 1/16, 1/8 i 1/4.
HierarchicalInformation	Informacija o imunosti modulacije na pojavu šuma. Parametar je nabrojivog tipa, moguće vrednosti su: 1, 2, 4.
TransmissionMode	FFT velicina trenutno gledanog servisa. Parametar je nabrojivog tipa, moguće vrednosti su: 2k i 8k.
Locked	Indikacija da li se birač kanala povezao na datu frekvenciju.

Tabela 3.3 Objekat Services.STBService. {i}.Components.FrontEnd. {i}.DVBT.Modulation.

Parametar	Opis
DestinationAddress	IP adresa odredišta trenutnog toka sadržaja ili prazno polje ukoliko se sadržaj ne dostavlja putem IP protokola.
DestinationPort	Broj TCP ili UDP prolaza odredišta trenutnog toka sadržaja ili 0 ako se sadržaj ne dostavlja putem IP protokola.
DownloadTransportProtocol	Trenutno korišćeni mrežni protokol za preuzimanje sadržaja, ili prazan string ukoliko se sadržaj ne preuzima. Parametar je nabrojivog tipa, moguće vrednosti su: HTTP, HTTPS, FTP, FTPS i SFTP.
MultiplexType	Trenutno korišćeni tip AV multipleksa ili prazan string ukoliko se sadržaj ne demultipleksira. Parametar je nabrojivog tipa, moguće vrednosti su: None, MPEG1-SYS, MPEG2-PS, VOB, MPEG2-TS.
Name	Jedinstveno ime, razumljivo čoveku, povezano sa ovom IP instancom.
SourceAddress	IP adresa izvorišta toka sadržaja.
SourcePort	Broj TCP ili UDP prolaza izvorišta toka podataka ili 0 ukoliko se sadržaj ne dostavlja putem IP protokola.
StreamingControlProtocol	Trenutno korišćeni mrežni protokol za kontrolisanje emitovanja sadržaja sa izvorišta ili

	prazan string ako se sadržaj ne dostavlja ili se dostavlja ali ne kontroliše. Parametar je nabrojivog tipa, moguće vrednosti su: RTSP, IGMP, IGMPv2, IGMPv3 i DSM-CC.
StreamingTransportControlProtocol	Transportni kontrolni protokol korišćen za emitovanje sadržaja sa izvorišta ili prazan string ako se sadržaj ne emituje. Parametar je nabrojivog tipa, moguće vrednosti su: RTCP, ARQ i AL-FEC.

Tabela 3.4 Objekat Services.STBService. {i}.Components.FrontEnd. {i}.IP.Inbound. {i}.

Parametar	Opis
PacketsExpected	Ukupan broj očekivanih RTP paketa za ovaj AV tok.
PacketsDiscarded	Ukupan broj odbačenih paketa u RTP sloju za ovaj AV tok jer su zakasneli za reprodukciju, bez obzira da li su van redosleda ili ne. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.
PacketsOutOfSequence	Ukupan broj paketa van sekvence na RTP nivou za ovaj AV tok bez obzira da li su zakasneli za reprodukciju ili ne. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.
PacketsReceived	Ukupan broj primljenih RTP paketa za ovaj AV tok. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.
PacketsReceivedBeforeEC	Ukupan broj primljenih RTP paketa za ovaj AV tok. Ova statistika se prikuplja pre bilo kakve korekcije greške.
PacketsLost	Ukupan broj izgubljenih RTP paketa za ovaj AV tok. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.
PacketsLostBeforeEC	Ukupan broj izgubljenih RTP paketa za ovaj AV tok. Ova statistika se prikuplja pre bilo kakve korekcije greške.
LossEvents	Ukupan broj događaja gubljenja paketa. Ova statistika

	se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.
LossEventsBeforeEC	Ukupan broj događaja gubljenja paketa. Ova statistika se prikuplja pre bilo kakve korekcije greške.
SevereLossIndexCount	Ukupan broj događaja gubljenja paketa koji su kraći od vrednosti definisane parametrom <code>SevereLossMinDistance</code> . Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.
SevereLossIndexCountBeforeEC	Ukupan broj događaja gubljenja paketa koji su kraći od vrednosti definisane parametrom <code>SevereLossMinDistance</code> . Ova statistika se prikuplja pre bilo kakve korekcije greške.
SevereLossLengthCount	Ukupan broj događaja gubljenja paketa koji su duži od vrednosti definisane parametrom <code>SevereLossMinLength</code> . Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.
SevereLossLengthCountBeforeEC	Ukupan broj događaja gubljenja paketa koji su duži od vrednosti definisane parametrom <code>SevereLossMinLength</code> . Ova statistika se prikuplja pre bilo kakve korekcije greške.
RetransmitTimeouts	Ukupan broj isteka vremena ponovnog slanja paketa.

Tabela 3.5 Objekat `Services.STBService.{i}.ServiceMonitoring.MainStream.{i}.Total.RTPStats`.

Parametar	Opis
SampleSeconds	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja vremenski interval uzorkovanja
PacketsExpected	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj očekivanih RTP paketa za ovaj AV tok tokom datog intervala uzorkovanja.
PacketsDiscarded	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama.

	Svaki element liste predstavlja ukupan broj odbačenih paketa u RTP sloju za ovaj AV tok jer su zakasneli za reprodukciju, bez obzira da li su van redosleda ili ne tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.
PacketsOutOfSequence	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zaptetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj paketa van sekvence na RTP nivou za ovaj AV tok bez obzira da li zakasneli za reprodukciju ili ne tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.
PacketsReceived	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zaptetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj primljenih RTP paketa za ovaj AV tok tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.
PacketsReceivedBeforeEC	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zaptetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj primljenih RTP paketa za ovaj AV tok tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja pre bilo kakve korekcije greške.
RetransmitTimeouts	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zaptetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj isteka vremena ponovnog slanja paketa tokom datog intervala uzorkovanja.
PacketsLost	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zaptetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj izgubljenih RTP paketa za ovaj AV tok tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.

PacketsLostBeforeEC	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj izgubljenih RTP paketa za ovaj AV tok tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja pre bilo kakve korekcije greške.
LossEvents	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj događaja gubljenja paketa tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.
LossEventsBeforeEC	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj događaja gubljenja paketa tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja pre bilo kakve korekcije greške.
SevereLossIndexCount	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj događaja gubljenja paketa koji su kraći od vrednosti definisane parametrom SevereLossMinDistance tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.
SevereLossIndexCountBeforeEC	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj događaja gubljenja paketa koji su kraći od vrednosti definisane parametrom SevereLossMinDistance tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja pre bilo kakve korekcije greške.
AverageLossDistance	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja prosečnu udaljenost u RTP paketima između događaja gubitaka grešaka tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.

AverageLossDistanceBeforeEC	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja prosečnu udaljenost u RTP paketima između događaja gubitaka paketa tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja pre bilo kakve korekcije greške.
MinimumLossDistance	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja najkraće rastojanje između događaja gubitaka paketa tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.
MinimumLossDistanceBeforeEC	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja najkraće rastojanje između događaja gubitaka paketa tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja pre bilo kakve korekcije greške.
SevereLossLengthCount	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj događaja gubljenja paketa koji su duži od vrednosti definisane parametrom SevereLossMinLength tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.
SevereLossLengthCountBeforeEC	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja ukupan broj događaja gubljenja paketa koji su duži od vrednosti definisane parametrom SevereLossMinLength tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja pre bilo kakve korekcije greške.
MaximumLossPeriod	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja najduži događaj gubljenja paketa tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.

MaximumLossPeriodBeforeEC	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja najduži događaj gubljenja paketa tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja pre bilo kakve korekcije greške.
AverageLossPeriod	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja prosečnu vrednost dužine događaja gubljenja paketa tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije.
AverageLossPeriodBeforeEC	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja prosečnu vrednost dužine događaja gubljenja paketa tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja pre bilo kakve korekcije greške.
MinimumLossPeriod	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja najkraći događaj gubljenja paketa tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja kada se ne primenjuju korekcije greške ili posle korekcije
MinimumLossPeriodBeforeEC	Lista neoznačenih celih brojeva odvojena zapetama. Svaki element liste predstavlja najkraći događaj gubljenja paketa tokom datog intervala uzorkovanja. Ova statistika se prikuplja pre bilo kakve korekcije greške.

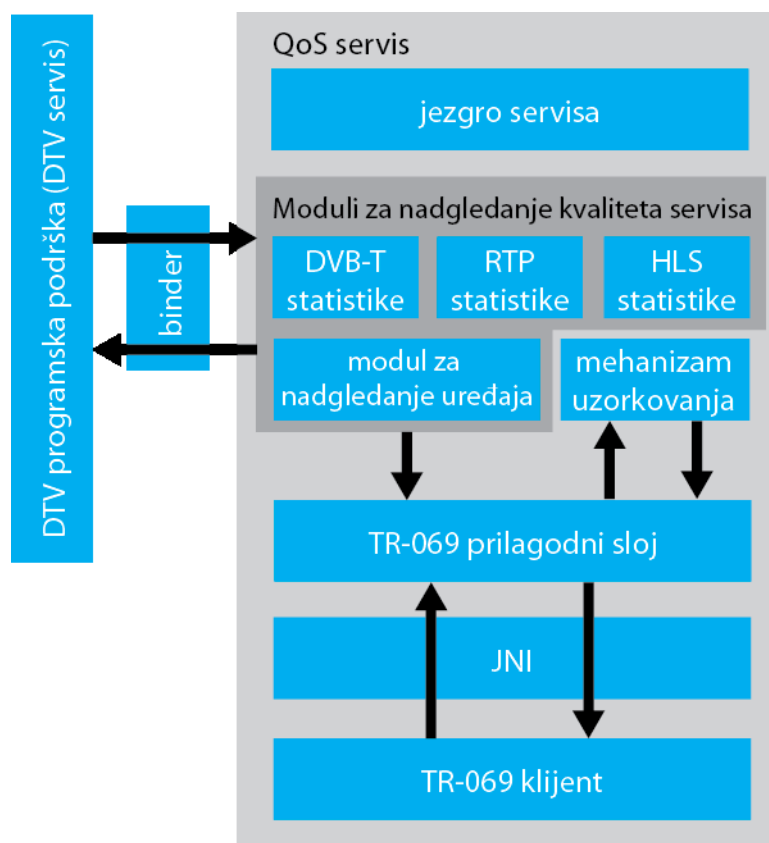
Tabela 3.6 Objekat

Services.STBService. {i}.ServiceMonitoring.MainStream. {i}.Sample.RTPStats.

3.1.4 TR-069 prilagodni sloj

Pošto je klijent pisan u C programskom jeziku potreban je prilagodni sloj između TR-069 klijentskog agenta i QoS servisa. Prilagodni sloj je realizovan korišćenjem JNI sprege. JNI sloj se sastoji od deklaracija metoda koje su prethodno opisane u Java klasama i njihove realizacije su u C kodu. Realizacije Java metoda su dostupne putem deljene biblioteke. Dijagram toka podataka QoS servisa je prikazan na Slici 3.2. Realizovana je dvosmerna komunikacija:

- Smer od Android servisa ka TR-069 klijentu. Tok ovog smera je pravolinijski: Android servis poziva metodu za ažuriranje određenog parametra u klijentu putem JNI sprege, zatim se iz JNI sloja poziva funkcija iz TR-069 klijentskog agenta;
- Smer od TR-069 klijentskog agenta Android servisu. Kada se određeni TR-069 događaj desi, klijent poziva odgovarajuću JNI funkciju koja je prethodno registrovana. Zatim JNI funkcija poziva odgovarajuću metodu iz Android servisa u Javi.



Slika 3.2 Dijagram toka podataka

3.1.5 Mehanizam uzorkovanja

Mehanizam uzorkovanja obezbeđuje praćenje kvaliteta dostavljenog digitalnog sadržaja tokom određenog vremenskog intervala. Uzorkovanje se odobrava od strane poslužioca. Ceo mehanizam uzorkovanja je podržan od strane TR-069 protokola.

3.2 Proširenje postojeće DTV programske podrške

Osnovni cilj DTV programske podrške je da se obezbede osnovne funkcionalnosti jednog digitalnog prijemnika vidljive krajnjem korisniku. Analizom programskih sprega DTV programskih podrški došlo je do zaključka da nedostaje mnogo parametara važnih za nadgledanje kvaliteta dostavljnog digitalnog sadržaja. Ovaj nedostatak je sasvim normalna

pojava jer nisu postojali zahtevi za praćenje kvaliteta dostavljenog servisa sve dok se nisu pojavile telekom kompanije koje nude IP televiziju. Pojavom paketa koji objedinjuju televiziju, internet i telefon (eng. tripple-play) i zaduživanjem STB uređaja kompanijama je omogućena provera kvaliteta dostavljenog sadržaja na klijentskoj strani.

Da bi se dobile potrebne informacije potrebno je proširiti postojeću DTV programsku spregu ili proširiti DTV programsku podršku čitanjem raznih statistika sa odgovarajućih programskih slojeva.

3.2.1 Dodavanje QoS modula u DTV programsku podršku

Implementacije nedostajućih parametara za nadgledanje dodaju se na različitim slojevima programske podrške DTV prijemnika. Zajednička tačka za sve parametre je DTV servis, jer on pruža programsku spregu ka drugim klijentskim aplikacijama. Dodavanje QoS modula u DTV programsku podršku obuhvata proširivanje svih neophodnih slojeva da bi se određeni podaci uspešno pročitali. Arhitektura proširivanja DTV programske podrške (Slika 3.3) može se podeliti u sledeće osnovne slojeve:

- *QoS Control* predstavlja proširenje programske sprege ka klijentskim aplikacijama sa svim neophodnim parametrima za praćenje kvaliteta digitalnog sadržaja raznih protokola. Ovaj sloj se oslanja na već postojeći JNI sloj ukoliko postoji određeni parametar, a on nije bio dostupan u programskoj sprezi klijentima. Ukoliko nema parametra, oslanja se na novi *QoS sloj*;
- *QoS jni* predstavlja prilagodni sloj između *QoS Control* i *QoS native* modula;
- *QoS native* sloj predstavlja najniži sloj koji je zadužen za prikupljanje podataka od rukovaoca DTV blokovima i od CHAL modula.



Slika 3.3 Arhitektura proširene DTV programske podrške

3.2.2 Integracija DVB-T statistika u QoS servis

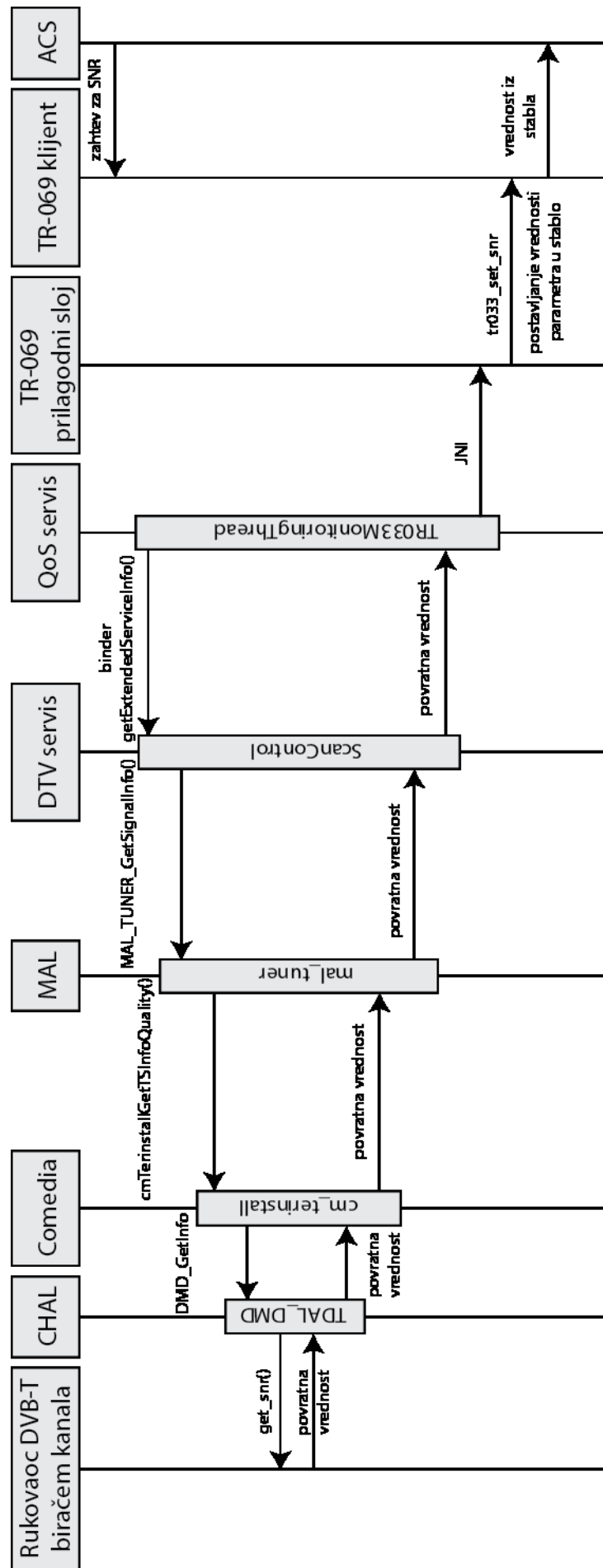
Integracija DVB-T statistika obuhvata prepoznavanje izvorišta parametara važnih za vođenje statistike o kvalitetu signala, potom programsku spregu pomoću koje se mogu dobiti vrednosti parametara. Fizička komponenta koja može da daje ove informacije, je birač kanala (eng. tuner), a programska sprega je DTV servis. Parametri važni za DVB-T televiziju su:

- Trenutna frekvencija
- Informacija o modulaciji signala. (eng. constellation)
- Širina kanala
- Zaštitni interval (eng. hierarchical information)
- FEC (eng. forward error correction)
- FFT veličina

Parametri koji daju informacije o kvalitetu dostavljenog signala su:

- SNR (eng. Signal to Noise Ration) – odnos signala i greške;
- BER (eng. Bit Error Rate) - verovatnoća greške.

Na Slici 3.4 je prikazan dijagram sekvence za dostavljanje jednog parametra DVB-T protokola poslužiocu. Zadatak QoS servisa je periodično čitanje vrednosti parametara preko DTV servisa i prosleđivanje podataka TR-069 klijentskom agentu. DTV servis putem programskih slojeva *MAL*, *Comedia*, *Chal* pristupa rukovaocu birača kanala koji sadrži podatke o trenutno puštanom DVB-T kanalu.



Slika 3.4 Dijagram sekvence za DVB-T protokol

3.2.3 Integracija merača u HLS biblioteku

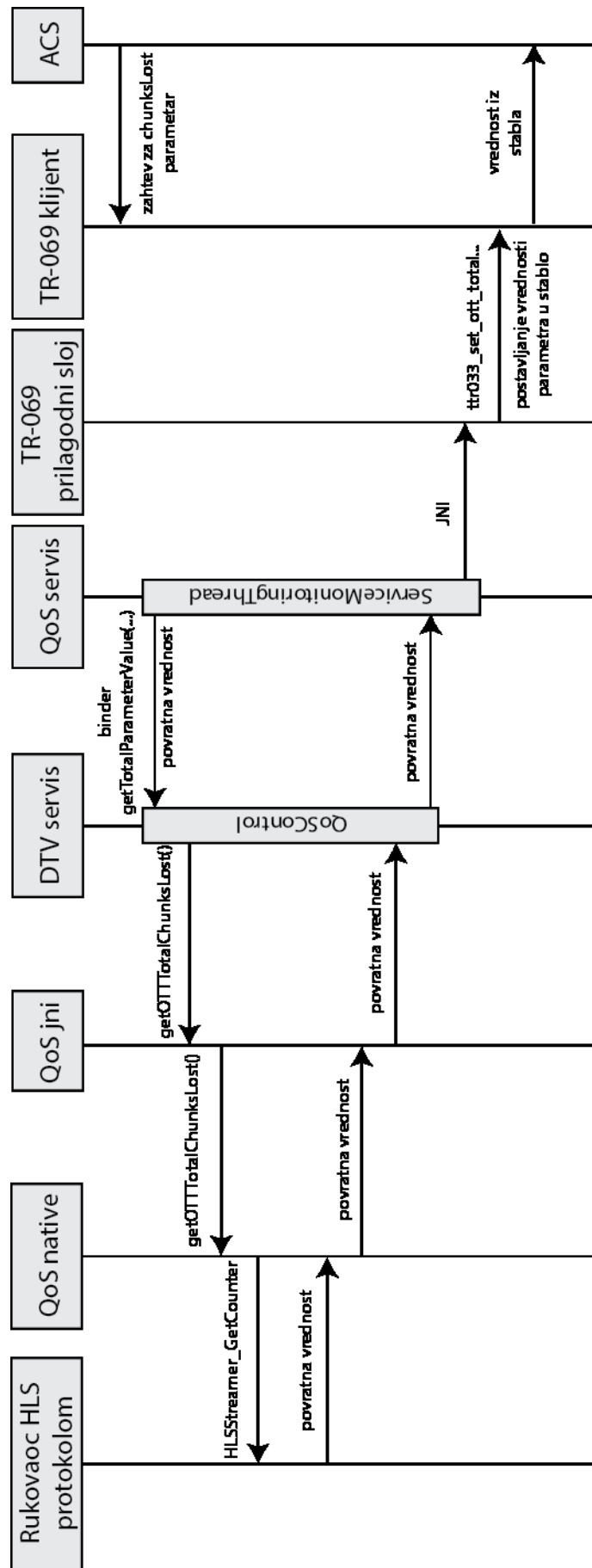
Integraciju merača u HLS biblioteku predstavlja implementaciju raznih parametara koji daju informacije o paketima toka podataka. Informacije obuhvataju vođenje statistike o uspešno prihvaćenim paketima, izgubljenim paketima, očekivanim paketima, itd. Programska sprega ka korisnicima ove biblioteke treba proširiti sa funkcijama za pristup novim parametrima. Arhitektura integracije merača u HLS biblioteku je prikazana na Slici 3.5.



Slika 3.5 Integracija merača u HLS protokol

Na Slici 3.6 je prikazan dijagram sekvence za dostavljanje jednog parametra HLS protokola poslužiocu. Zadatak QoS servisa je periodično čitanje vrednosti parametara preko DTV servisa i prosleđivanje podataka TR-069 klijentskom agentu.

TR-069 klijentski agent čuva postavljene vrednosti u stablu parametara. DTV servis putem QoS modula (*QoS jni* i *QoS native*) komunicira sa rukovaocem HLS protokola koji sadrži potrebnu informaciju o datom parametru. Kada poslužilac zahteva čitanje datog parametra TR-069 klijentski agent prosleđuje vrednost parametra iz stabla.



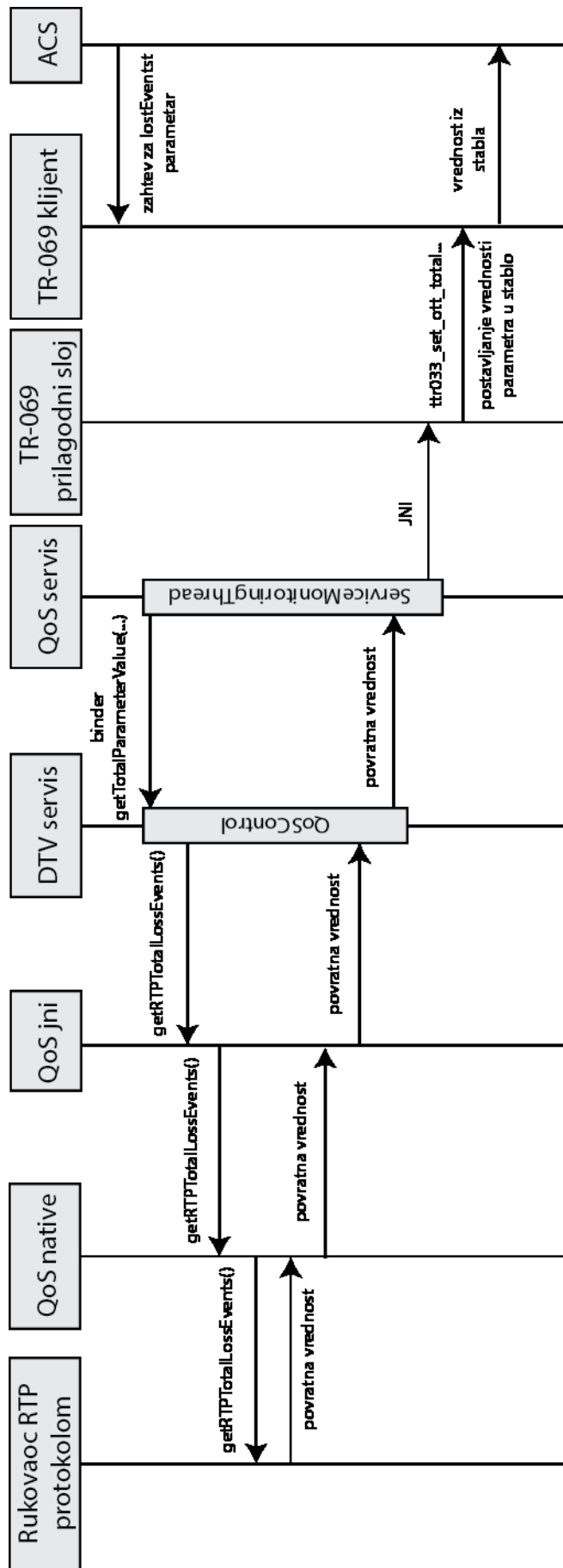
Slika 3.6 Dijagram sekvence za HLS protokol

3.2.4 Integracija RTP statistika u QoS servis

Integraciju merača RTP protokola predstavlja proširivanje *QoS native*, *QoS jni* i *QoS Control* slojeva za pristup parametrima koji daju informacije o kvalitetu servisa iz biblioteke rukovaoca RTP protokola.

Na Slici 3.7 je prikazan dijagram sekvence za dostavljanje jednog parametra RTP protokola poslužiocu. Zadatak QoS servisa je periodično čitanje vrednosti parametara preko DTV servisa i prosleđivanje podataka TR-069 klijentskom agentu.

TR-069 klijentski agent čuva postavljene vrednosti u stablu parametara. DTV servis putem QoS modula (*QoS jni* i *QoS native*) komunicira sa rukovaocem RTP protokola koji sadrži potrebnu informaciju o datom parametru. Kada poslužilac zahteva čitanje datog parametra TR-069 klijentski agent prosleđuje vrednost parametra iz stabla.



Slika 3.7 Dijagram sekvence za RTP protokol

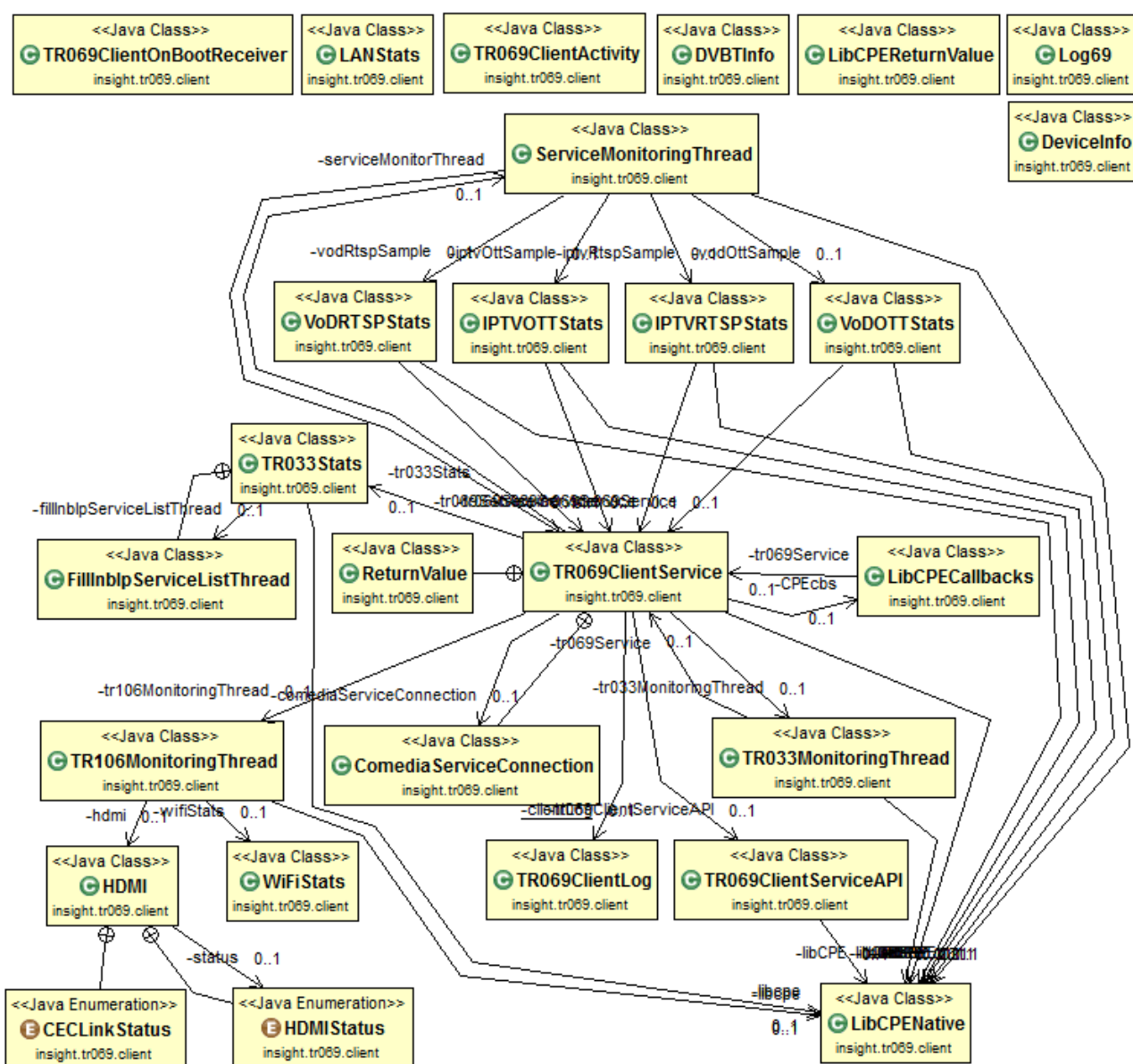
4. Programsko rešenje

4.1 Programsko rešenje klijentskog servisa

U ovom poglavlju je detaljnije objašnjena implementacija koncepta integracije modula za nadgledanje kvaliteta signala koja je prikazana u prethodnom poglavlju. U okviru programskog rešenja kreiran je Android servis koji omogućava rad aplikacije u pozadini. Rešenje je razvijeno u okviru razvojnog alata Eclipse ADT.

Za razvoj Java koda korišćen je paket alata JDK 1.6 (eng. Java Development Kit), a za prevođenje C koda je korišćen gcc prevodilac posebno prilagođen za ciljnu platformu.

UML dijagram implementiranog rešenja je prikazan na Slici 4.1.



Slika 4.1 UML dijagram rešenja

Klasa	Opis klase
DeviceInfo	Objedinjuje funkcionalnosti za čitanje parametara o uređaju (verzija programske podrške, datum prvog uključivanja uređaja).
DVBTInfo	Pretvara dobijene vrednosti parametara od programske podrške DVT prijemnika u vrednosti razumljive TR-069 klijentu.
HDMI	Objedinjuje funkcionalnosti za čitanje parametara HDMI

	sprege. Čitaju se parametri o trenutnoj rezoluciji ekrana, podržanim rezolucijama ekrana, informacije o ekranu (prijemnik, tip, itd.), informacije o stanju CEC veze.
IPTVOTTStats	Objedinjuju funkcionalnosti za čitanje parametara signala HLS protokola i upis dobijenih podataka u TR-069 klijenta.
IPTVRTSPStats	Objedinjuju funkcionalnosti za čitanje parametara signala RTP protokola i upis dobijenih podataka u TR-069 klijenta.
LANStats	Objedinjuje funkcionalnosti za čitanje parametara mrežnog uređaja <i>eth0</i> .
LibCPECallbacks	Predstavlja modul u kome je implementirana komunikacija od strane TR-069 klijentskog agenta ka servisu korišćenjem JNI sprege.
LibCPENative	Ova klasa predstavlja Java omotač oko programske sprege TR-069 klijenta.
LibCPEReturnValue	Predstavlja prilagođenje povratnih vrednosti TR-069 klijentske biblioteke implementirane u Java programskom jeziku.
Log69	Predstavlja omotač oko postojećeg Android mehanizma za ispisivanje poruka prilikom razvoja aplikacija u <i>logcat</i> . Obezbeđuje lak mehanizam za uključivanje i isključivanje ispisivanja poruka.
ServiceMonitoringThread	Predstavlja implementaciju mehanizma uzorkovanja.
TR033MonitoringThread	Klasa je implementirana kao nit. Zadatak ovog modula je periodično čitanje i upis vrednosti parametara u TR-069 klijenta iz sledećih modula: <i>TR033Stats</i> , <i>IPTVRTSPStats</i> , <i>VoDRTSPStats</i> , <i>IPTVOTTStats</i> i <i>VoDOTTStats</i> .
TR033Stats	Klasa je zadužena za čitanje parametara DVB-T protokola i postavljanje vrednosti parametara u TR-069 klijenta.
TR069ClientActivity	Omogućava interakciju sa korisnikom putem grafičke

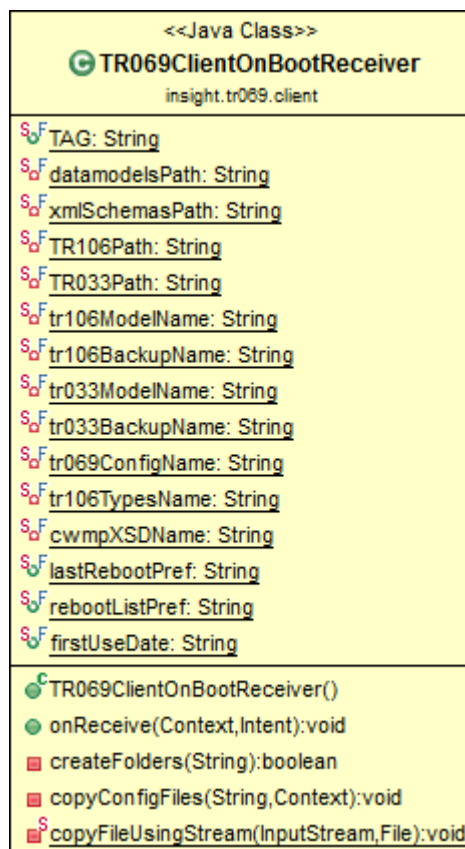
	korisničke sprege. Dostupne funkcionalnosti su pokretanje i zaustavljanje QoS servisa.
TR069ClientOnBootReceiver	Klasa je zadužena za pokretanje servisa prilikom pokretanja ploče.
TR069ClientService	Predstavlja centralni deo implementacije rešenja.
TR069ClientServiceAPI	Implementacija programske sprege koja omogućuje poziv metoda iz drugih aplikacija.
TR106MonitoringThread	Klasa je implemetirana kao nit. Zadatak ovog modula je periodično čitanje i upis vrednosti parametara u TR-069 klijenta iz sledećih modula: <i>DeviceInfo</i> , <i>LANStats</i> <i>WifiStats</i> i <i>HDMI</i> .
VoDOTTStats	Objedinjuju funkcionalnosti za čitanje parametara signala HLS protokola i upis dobijenih podataka u TR-069 klijenta.
VoDRTSPStats	Objedinjuju funkcionalnosti za čitanje parametara signala RTP protokola i upis dobijenih podataka u TR-069 klijenta.
WiFiStats	Objedinjuje funkcionalnosti za čitanje parametara mrežnog uređaja <i>wlan0</i> .

Tabela 4.1 Spisak i opis klasa rešenja

4.1.1 Jezgro servisa

4.1.1.1 Klasa TR069ClientOnBootReceiver

Klasa *TR069ClientOnBootReceiver* nasleđuje ugrađenu Android klasu *BroadcastReceiver* i preklapa (eng. *override*) *onReceive* metodu. Ova klasa je zadužena za pokretanje servisa prilikom pokretanja ploče. Prilikom prvog pokretanja ploče pozivaju se metode *copyConfigFiles* i *createFolders* za kopiranje neophodnih datoteka za rad servisa i TR-069 klijentskog agenta u radnu datoteku servisa koja je na putanji */data/data/<ime servisa>*. Klasa sa implementiranim poljima i metodama je prikazana na Slici 4.2.



Slika 4.2 Klasa TR069ClientOnBootReceiver

4.1.1.2 Klasa TR069ClientService

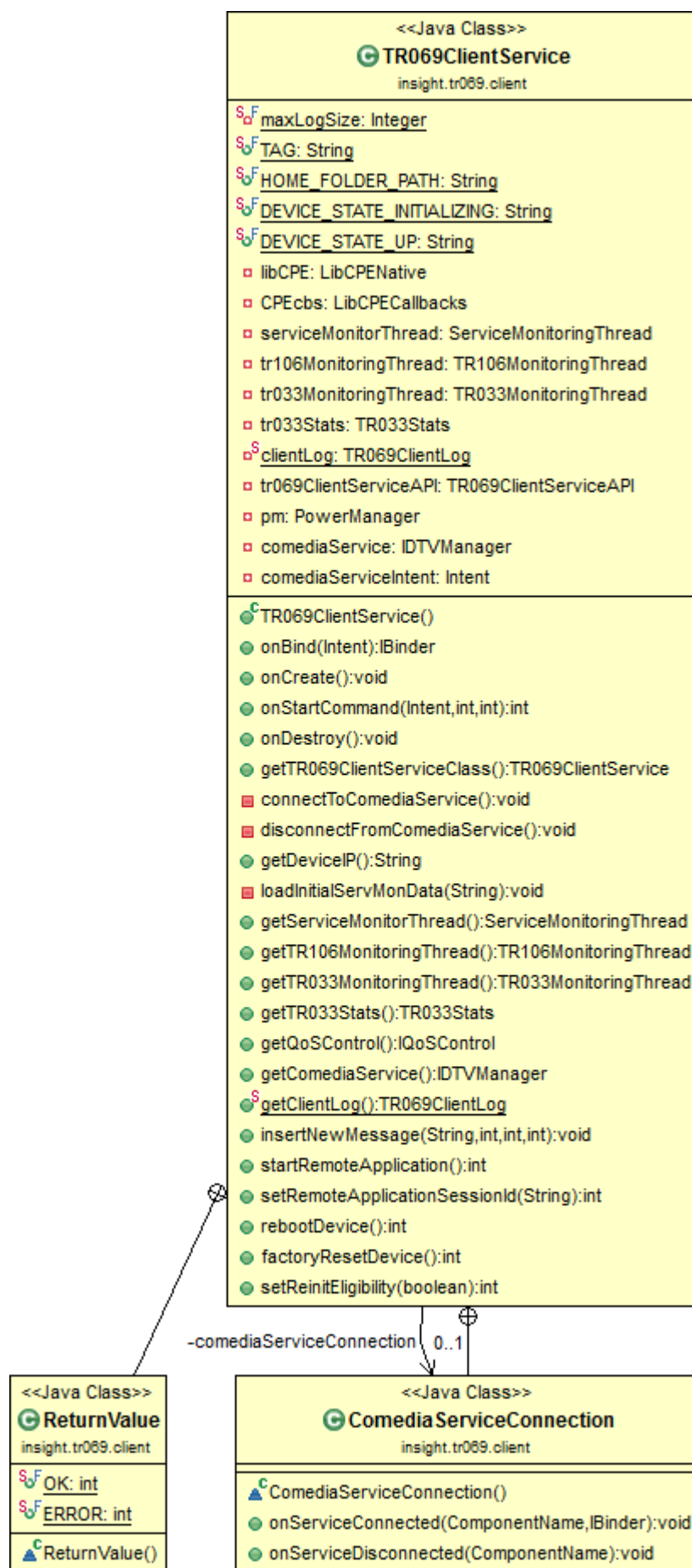
Ova klasa predstavlja centralni deo implementacije rešenja, klasa nasleđuje ugrađenu Android klasu *android.app.Service*. Klasa prepisuje metode koje opisuju životni ciklus jednog Android servisa:

- *onCreate()* – Poziva se prilikom kreiranja servisa;
- *onStartCommand(...)* – Poziva se pre pokretanja servisa. U okviru ove metode inicijalizuju se i pokreću se moduli za nadgledanje platforme, povezuje se sa programskom spregom digitalnog prijemnika putem potklase *ComediaServiceConnection* i vrši se inicijalizacija i pokretanje TR-069 klijentskog agenta;
- *onDestroy()* – Poziva se pre uništavanja servisa. Ujedno predstavlja poslednji poziv koji aktivnost dobije u toku životnog ciklusa. U okviru ove metode zaustavljaju se moduli za nadgledanje platforme, TR-069 klijent se zaustavlja i na kraju uništava.

Potklasa *ComediaServiceConnection* implementira ugrađenu Android spregu *ServiceConnction*. Klasa je zadužena za objavljivanje stanja o vezi sa DTV servisom. Preklapaju se sledeće metode:

- *onServiceConnected(ComponentName className, IBinder boundService)* – Metoda se poziva pri uspešnom povezivanju sa DTV servisom putem *binder* mehanizma i pokreću se niti za praćenje kvaliteta signala: *TR033MonitoringThread* i *ServiceMonitoringThread*;
- *onServiceDisconnected(ComponentName className)* – Metoda se poziva prilikom raskida veze sa DTV servisom i zaustavljaju se niti za praćenje kvaliteta signala.

Klasa sa implementiranim poljima i metodama je prikazana na Slici 4.3.



Slika 4.3 Klasa TR069ClientService

4.1.2 TR-069 prilagodni sloj

4.1.2.1 Klasa LibCPENative

U klasi *LibCPENative* su deklaracije *native* metode koje su definisane u C programskom jeziku korišćenjem JNI mehanizma. Ova klasa predstavlja Java omotač oko programske sprege TR-069 klijentskog agenta.

Primer definisanja *native* metode u Javi:

```
public native <tip povratne vrednosti><ime funkcije>(<parametri, ... >);
```

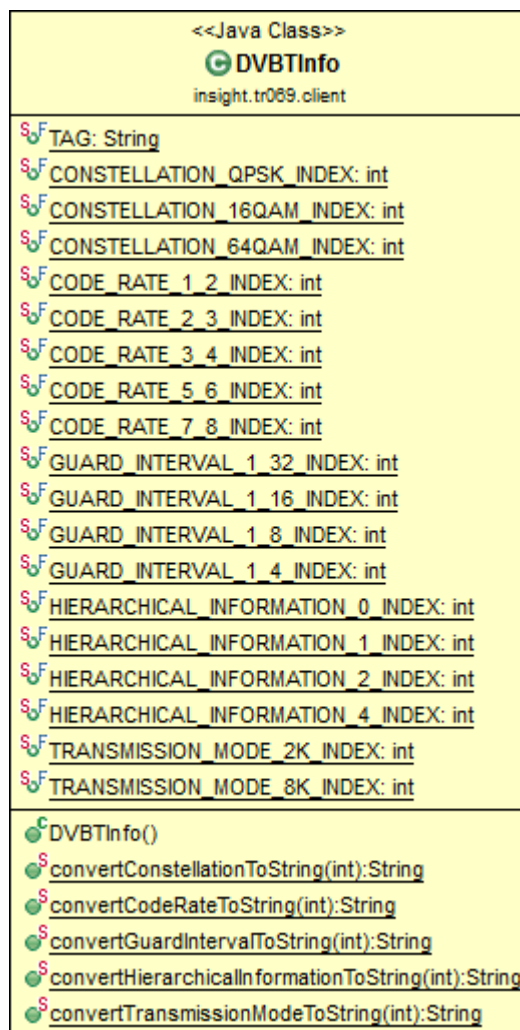
Primer deklaracije Java metode u C programskom jeziku:

```
<tip povratne vrednosti>
Java_<ime_paketa>_<ime_klase>_<ime_metode>(JNIEnv *env, jobject obj,
<parametri, ...>) {
    <telo funkcije
    .
    .
    .:>
}
```

4.1.3 Modul za prikupljanje statistika o kvalitetu signala

4.1.3.1 Klasa DVBTInfo

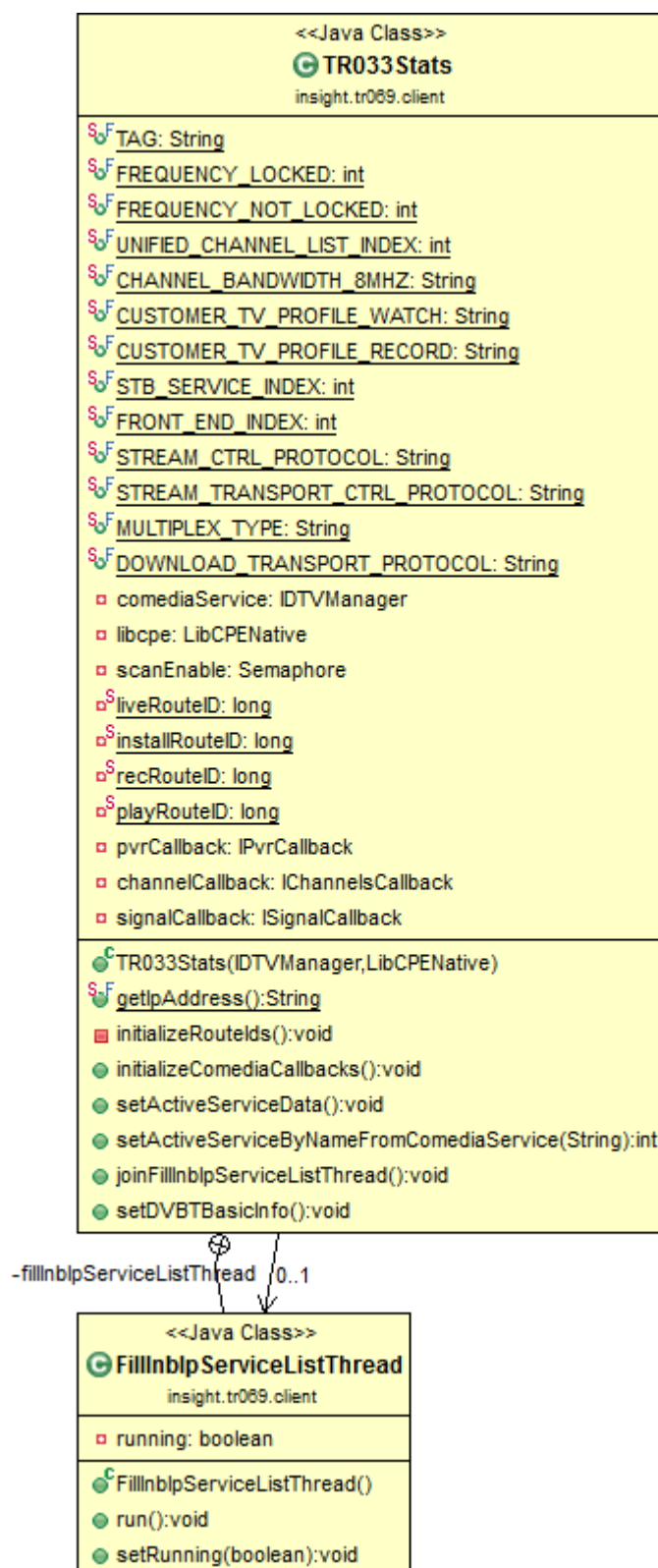
Klasa *DVBTInfo* predstavlja modul koji pretvara dobijene vrednosti parametara od programske podrške DVT prijemnika u vrednosti razumljive TR-069 klijentskom agentu. Parametri kao što su: *CodeRate*, *GuardInterval*, *Constellation* i *TransmissionMode* predstavljaju enumeracije. Ove enumeracije ne moraju da se poklapaju sa enumeracijama koje zahteva TR-069 protokol. Neophodno ih je konvertovati. Polja i metode ove klase su prikazane na Slici 4.4.



Slika 4.4 Klasa DVBTInfo

4.1.3.2 Klasa TR033Stats

Ova klasa je zadužena za čitanje parametara DVB-T protokola i postavljanje vrednosti parametara u TR-069 klijentskog agenta. U ovoj klasi se periodično pristupa DTV programskoj podršci uređaja radi čitanja parametara kao što su SNR i BER. Prilikom uspešne promene kanala poziva se *setActiveServiceData* metoda u kojoj se popunjavaju osnovne informacije o trenutnom kanalu: frekvencija, modulacija, zaštitni interval, FEC, FFT veličina i širina kanala. Klasa sa implementiranim poljima i metodama je prikazana na Slici 4.5.

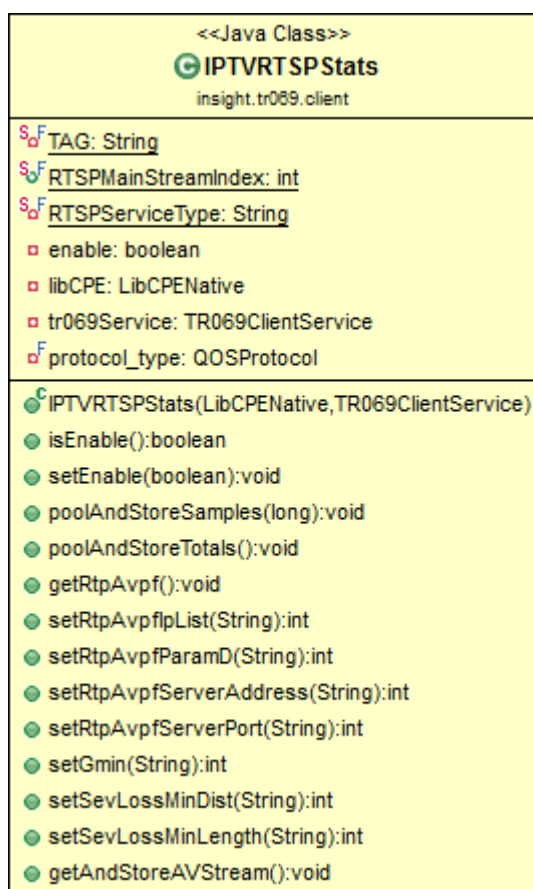


Slika 4.5 Klasa TR033MonitoringThread

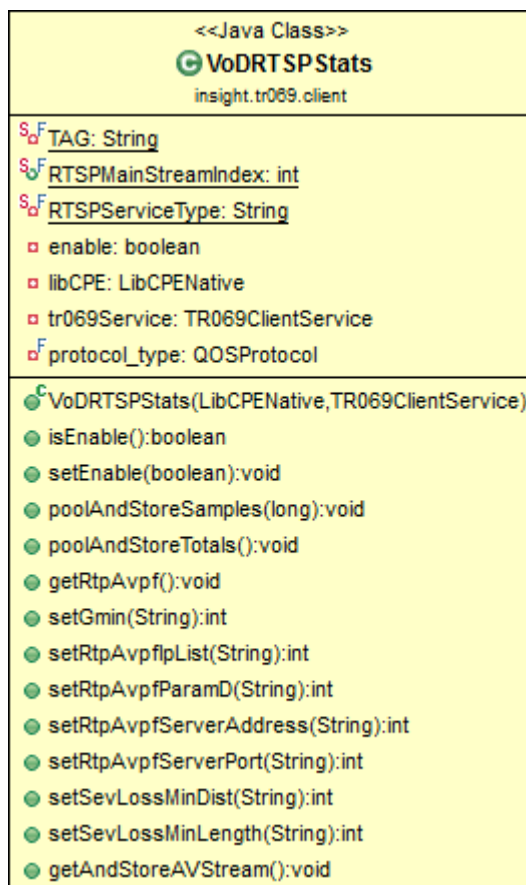
4.1.3.3 Klase IPTVRTSPStats i VoDRTSPStats

Klase *IPTVRTSPStats* i *VoDRTSPStats* (Slike 4.6 i 4.7) predstavljaju module koji objedinjuju funkcionalnosti za čitanje parametara signala RTP protokola i upis dobijenih podataka u TR-069 klijentskog agenta. Ove klase čitaju podatke pozivom proširene programske

sprege digitalnog prijemnika. Pošto postoje dva načina prijema RTP sadržaja, prijem sadržaja u realnom vremenu i video na zahtev (eng. Video on Demand), kreirane su zasebne klase.



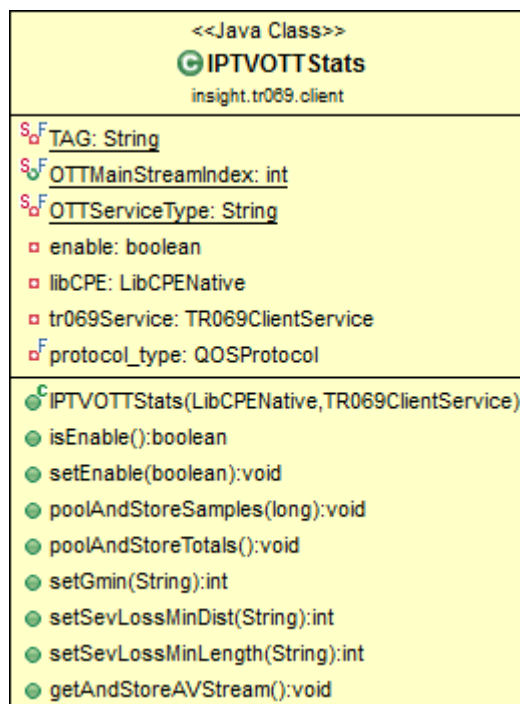
Slika 4.6 Klasa IPTVRTSPStats



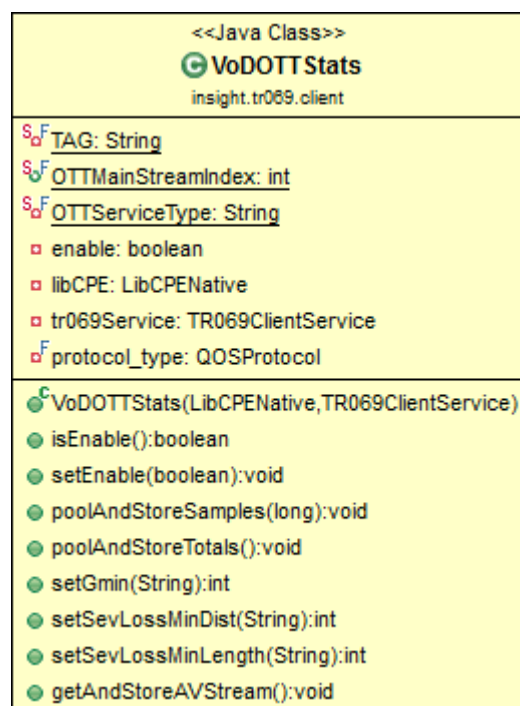
Slika 4.7 Klasa VoDRTSPStats

4.1.3.4 Klase IPTVOTTStats i VoDOTTStats

Klase *IPTVOTTStats* i *VoDOTTStats* (Slike 4.8 i 4.9) predstavljaju module koji objedinjuju funkcionalnosti za čitanje parametara signala HLS protokola i upis dobijenih podataka u TR-069 klijentskog agenta. Ove klase čitaju podatke pozivom proširene programske sprege digitalnog prijemnika. Pošto postoje dva načina prijema HLS sadržaja, prijem sadržaja u realnom vremenu i video na zahtev (eng. Video on Demand), kreirane su zasebne klase.



Slika 4.8 Klasa IPTVOTTStats



Slika 4.9 Klasa VoDOTTStats

5. Ispitivanje i verifikacija

5.1 Opis ciljne platforme

Ciljna platforma (Slika 5.1) raspolaže sledećim ključnim komponentama:

- procesor ARM familije Marvell BG2Q 88DE3100 radnog takta 1,2GHz
- 1GB DDR3 operativne memorije
- 8GB NAND memorije
- DVB-T birač kanala
- 1 HDMI izlaz
- 1 S/PDIF izlaz
- 1 Ethernet port
- WiFi podrška
- 1 USB priključak
- priključak za SD memorijsku karticu.

Na platformu je instaliran Google TV operativni sistem zasnovan na Android Jelly bean verzije 4.2.2. Upravo zbog ovih karakteristika ova platforma je izabrana kao ciljna platforma jednog prijemnika digitalnog televizijskog signala.



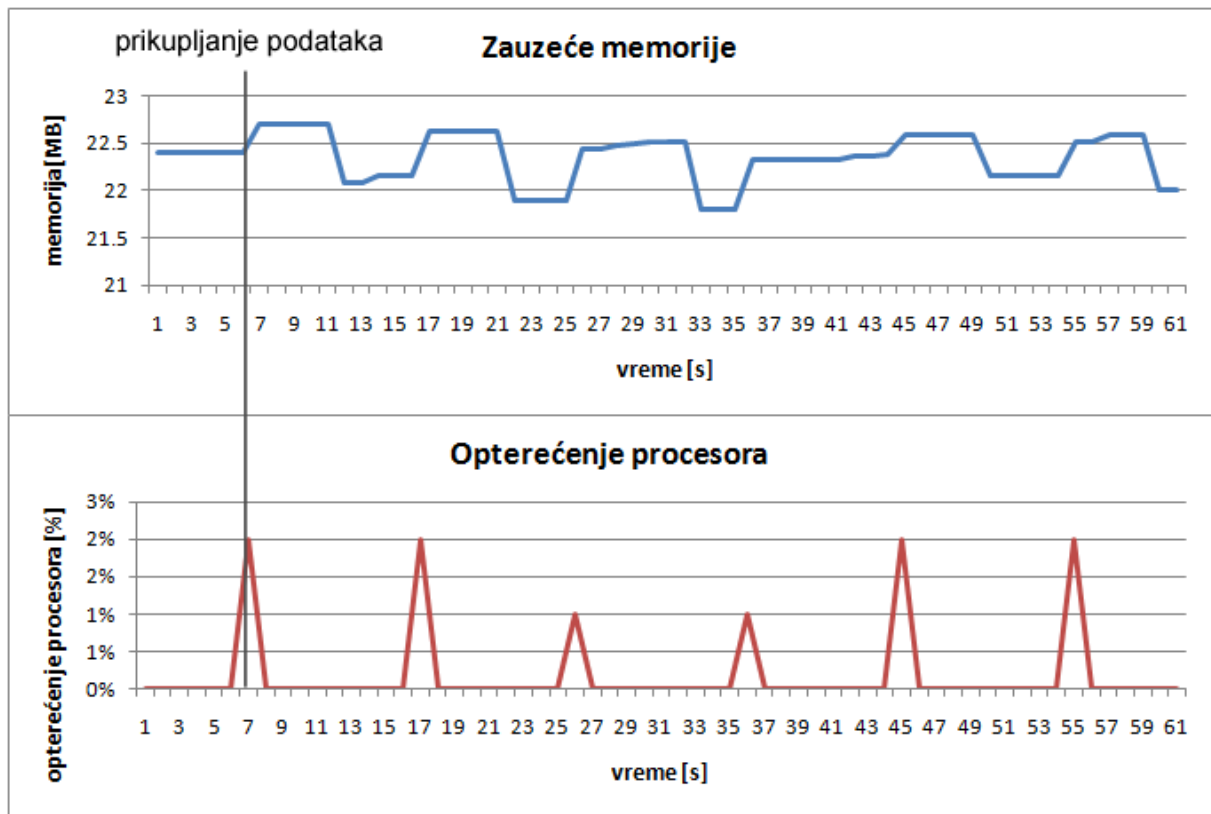
Slika 5.1 Ciljna platforma

5.2 Ispitavanje rešenja

Ispitivanje je obuhvatalo merenje zauzeća operativne memorije, opterećenja procesora i proveru kvaliteta napisanog koda. Za ispitivanje je korišćena ugrađena Linux komanda *top*. *Top* komanda ispisuje listu aktivnih procesa sa statistikom iskorišćenja resursa platforme.

Period između dva čitanja parametara za nadgledanje kvaliteta signala u servisu je podešen na deset sekundi, a period osvežavanja ispisa *top* komande je podešen na jednu sekundu. Dobijeni rezultati merenja su preusmereni u tekstualnu datoteku, potom parsirani radi kreiranja grafika.

Ispitivanje je pokazalo da QoS servis najviše vremena provodi u stanju mirovanja, tj. koristi manje od 0.5% procesorskog vremena. Prilikom prikupljanja podataka o kvalitetu signala servis prelazi u aktivno stanje i opterećenje procesora poraste do 2% na kratak vremenski period. Prosečno zauzeće operativne memorije od strane QoS servisa sa TR-069 klijentskim agentom iznosi 22.35MB. U aktivnom stanju potrošnja memorije raste što je potpuno logično jer se zauzimaju resursi za čuvanje pročitanih statistika, posle postavljanja statistika u TR-069 klijentskog agenta zauzeti resursi se oslobađaju i potrošnja memorije počinje opadati. Prelazak između aktivnog stanja i stanja mirovanja se jasno može videti na Slici 5.2.

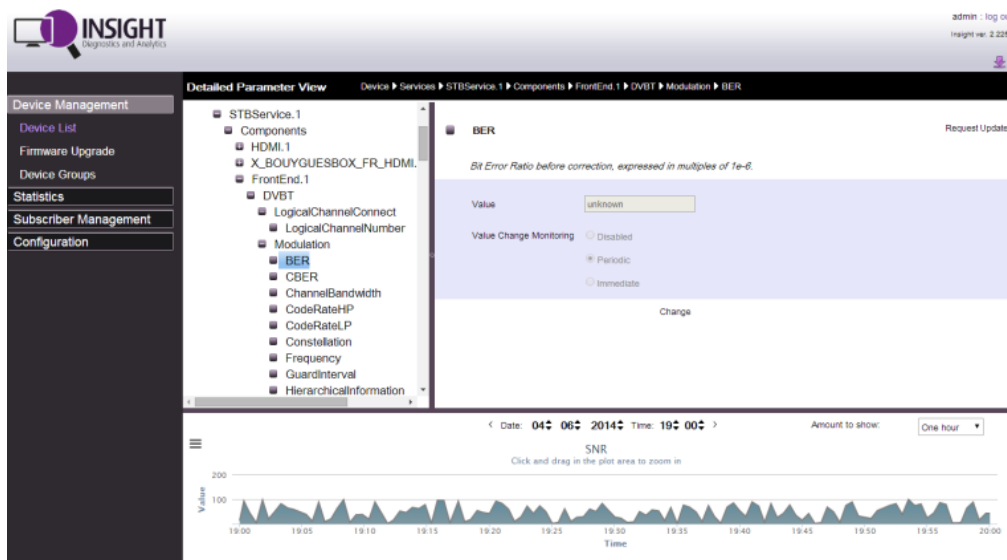


Slika 5.2 Grafici opterećenja sistema

Provera kvaliteta napisanog koda je vršena uz pomoć JavaNCCS[14] alata otvorenog koda. Rezultati pokazuju da je prosečna složenost metoda u servisu 4.26 po McCabe-ovom indeksu što ukazuje na to da se predstavljeno rešenje sastoji od grupe malih modula sa malim rizikom pojave grešaka.

5.3 Ispitivanje validnosti parametara

Validnost parametara i funkcionisanje celog sistema sa povratnim kanalom je ispitano korišćenjem InsightACS autokonfiguracionog poslužioca prikazanog na Slici 5.3. Ispitni slučajevi su obuhvatali proveru stanja uređaja (uključen/isključen), kretanje kroz stablo sa parametrima i proveru vrednosti parametara.



Slika 5.3 InsightACS

Povratni kanal je ispitivan nad skupom parametara u intervalu od tri perioda čitanja podataka sa strane InsightACS poslužioca. U isto vreme je na strani klijenta vršeno čitanje datog skupa parametara. Upoređivanjem vrednosti parametara sa strane poslužioca i klijentskog uređaja zaključilo se da nema greške i da povratni kanal ispravno funkcioniše. U Tabeli 5.1 su prikazani rezultati dobijeni na strani poslužioca.

Parametar	Period 1	Period 2	Period 3
LAN.IPAddress	192.168.237.101	192.168.237.101	192.168.237.101
LAN.TotalBytesReceived	14481263	14563687	14576767
LAN.TotalBytesSent	981202	1001707	1016120
LAN.TotalPacketsReceived	13279	13474	13567
LAN.TotalPacketsSent	9452	9593	9682
Services.STBService.1.Components. FrontEnd.1.DVBT.Modulation.BER	240	153	186
Services.STBService.1.Components. FrontEnd.1.DVBT.Modulation. CodeRateHP	1/2	1/2	1/2
Services.STBService.1.Components. FrontEnd.1.DVBT.Modulation. CodeRateLP	1/2	1/2	1/2
Services.STBService.1.Components.	64QAM	64QAM	64QAM

FrontEnd.1.DVBT.Modulation. Constellation			
Services.STBService.1.Components. FrontEnd.1.DVBT.Modulation. GuardInterval	1/32	1/32	1/32
Services.STBService.1.Components. FrontEnd.1.DVBT.Modulation. HierarchicalInformation	0	0	0
Services.STBService.1.Components. FrontEnd.1.DVBT.Modulation.Locked	true	true	true
Services.STBService.1.Components. FrontEnd.1.DVBT.Modulation.SNR	82	76	79
Services.STBService.1.Components. FrontEnd.1.DVBT.Modulation. TransmissionMode	8k	8k	8k
Services.STBService.1.ServiceMonitoring. MainStream.4.Sample.OTTStats. OTTTotalPacketsReceived	36	46	55
Services.STBService.1.ServiceMonitoring. MainStream.4.Sample.OTTStats. ChunksLost	0	0	0
Services.STBService.1.ServiceMonitoring. MainStream.4.Sample.OTTStats. ChunksExpected	36	46	55

Tabela 5.1 Ispitivanje validnosti parametara

6. Zaključak

U ovom radu je opisano jedno rešenje integracije mehanizama za praćenje kvaliteta DVB-T, RTP i HLS signala u digitalni TV prijemnik sa Google TV operativnim sistemom.

Dat je prikaz realizacije modula za praćenje kvaliteta signala i proširenje postojeće programske podrške digitalnog prijemnika. Detaljno su opisani svi nivoi programske podrške ciljne platforme. Programsko rešenje je realizovano modularno da bi se servis lako proširivao.

Rešenje je verifikovano korišćenjem Insight ACS verzije 2.2258. Ispitivanje je obuhvatalo proveru kvaliteta napisanog koda i proveru performansi implementiranog sistema. Za nadgledanje potrošnje memorije i korišćenje procesorskog vremena koristile su se ugrađene Linux komande.

U okviru integracije mehanizama za praćenje kvaliteta HLS sistema je dat predlog za proširenje TR-135 modela podataka za adaptivne HTTP zasnovane protokole za dostavljanje digitalnog televizijskog sadržaja.

Fokus daljeg rada će biti na optimizaciji QoS servisa po pitanju potrošnje operativne memorije, na dodavanju novih modula za vođenje statistika i na integraciji rešenja u druge platforme.

7. Literatura

- [1] Pixelmetrix Corporation: <http://www.pixelmetrix.com/> (otvoreno: 4.6.2014.)
- [2] Adaptive Device Cloud for Internet of Things Applications; Bjelica, Milan Z., Golan Giora, Radovanovic Sasa, Papp Istvan, Velikic Gordana; 2014 IEEE International Conference on Consumer Electronics – China; 2014
- [3] Specification of Guaranteed Quality of Service, <http://tools.ietf.org/html/rfc2212> (otvoreno 23.6.2014.)
- [4] ITU-T-FG IPTV, Focus Group Proceedings, 2008
- [5] RFC 3550: <http://tools.ietf.org/html/rfc3550> (otvoreno 5.6.2014.)
- [6] HTTP Live Streaming Overview:
https://developer.apple.com/library/ios/Documentation/NetworkingInternet/Conceptual/StreamingMediaGuide/Introduction/Introduction.html#//apple_ref/doc/uid/TP40008332-CH1-SW1 (otvoreno 5.6.2014.)
- [7] Android Developers, <http://developer.android.com/> (otvoreno: 17.6.2014.)
- [8] A java API interface for the integration of DTV services in embedded multimedia devices, Vidakovic, M. ; Maruna, T. ; Teslic, N. ; Mihic, V., Consumer Electronics, IEEE Transactions on (Volume:58 , Issue: 3), August 2012
- [9] Set – Top Box Agents | Witbe, <http://www.witbe.net/product/set-top-box-agents/> (otvoreno 23.6.2014.)
- [10] Web Collector | Witbe QoE, <http://www.witbe.net/product/web-collector/> (otvoreno 23.6.2014.)
- [11] Agama Technologies - Consumer-end monitoring, <http://www.agama.tv/> (otvoreno 23,6,2014,)
- [12] TR-106 Data Model Template for TR-069-Enabled Devices http://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-106_Amendment-3.pdf (otvoreno 22.6.2014.)

-
- [13] TR-135 Data Model for a TR-069 Enabled STB: <http://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-135.pdf> (otvoreno: 4.6 2014.)
 - [14] JavaNCSS - A Source Measurement Suite for Java:
<http://www.kclee.de/clemens/java/javancss/> (otvoreno: 4.6.2014.)