



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У
НОВОМ САДУ



Ненад Ловчевић

**Једна реализација апликативног нивоа
дигиталног ТВ пријемника са даљинским
управљањем**

МАСТЕР РАД

Нови Сад, 2017.



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:	Ненад Ловчевић	
Ментор, МН:	Проф. Др Илија Башичевић	
Наслов рада, НР:	Једна реализација апликативног нивоа дигиталног ТВ пријемника са даљинским управљањем	
Језик публикације, ЈП:	Српски / ћирилица	
Језик извода, ЈИ:	Српски	
Земља публиковања, ЗП:	Република Србија	
Уже географско подручје, УГП:	Војводина	
Година, ГО:	2017	
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)	7/41/0/1/19/0/0	
Научна област, НО:	Електротехника и рачунарство	
Научна дисциплина, НД:	Рачунарска техника	
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Дигитална телевизија, JSON, HTTP, HLS, DLNA	
УДК		
Чува се, ЧУ:	У библиотеци Факултета техничких наука, Нови Сад	
Важна напомена, ВН:		
Извод, ИЗ:	У овом раду је приказана једна реализација апликативног нивоа дигиталног ТВ пријемника са даљинским управљањем. Циљ рада је да се реализује дистрибуирани систем дигиталног ТВ пријемника који подржава дистрибуцију ТВ садржаја путем ИП мреже при чему је омогућена удаљена контрола са таблета, паметног телефона или неког сличног уређаја.	
Датум прихватања теме, ДП:		
Датум одбране, ДО:		
Чланови комисије, КО:	Председник: Др Милан Видаковић	
	Члан: Др Драган Пејић	Потпис ментора
	Члан, ментор: Др Илија Башичевић	



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 :	Nenad Lovčević
Mentor, MN :	PhD Ilija Bašičević
Title, TI :	One realization of the application layer of a digital TV receiver with remote control
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 :	2017
Publisher, PB :	Author's reprint
Publication place, PP :	Novi Sad, Dositeja Obradovica sq. 6
Physical description, PD : <small>(chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)</small>	7/41/0/1/19/0/0
Scientific field, SF :	Electrical Engineering
Scientific discipline, SD :	Computer Engineering, Engineering of Computer Based Systems
Subject/Key words, S/KW :	Digital Television, JSON, HTTP, HLS, DLNA
UC	
Holding data, HD :	The Library of Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia
Note, N :	
Abstract, AB :	This paper presents a realization of application layer of a digital TV receiver with remote control. The goal of this realization is to achieve distributed architecture of digital TV receiver which can deliver TV content through IP network. Digital TV receiver is remotely controlled using tablets, smartphones or a similar devices.
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	President: Phd Milan Vidaković
	Member: Phd Dragan Pejić
	Member, Mentor: PhD Ilija Bašičević
	Mentor's sign

Zahvalnost

Zahvaljujem se institutu RT-RK na pruženoj mogućnosti za realizaciju ovog rada.

Takođe se zahvaljujem mentoru dr Iliji Bašičeviću, stručnim saradnicima Jeleni Simić i Miroslavu Dimitraškoviću na pomoći prilikom izrade ovog rada.

Na kraju, zahvaljujem se svojoj porodici na pruženoj podršci tokom mog školovanja.

SADRŽAJ

1. Uvod.....	6
2. Teorijske osnove	8
2.1 Digitalna televizija	8
2.1.1 Set Top Box	10
2.1.2 Interaktivni sadržaji digitalne televizije.....	12
2.2 HTTP.....	14
2.3 HLS	15
2.4 JSON i XML	16
2.5 DLNA.....	18
2.6 Second screen.....	19
3. Koncept rešenja.....	21
3.1 Modul korisničke aplikacije.....	22
3.2 DLNA modul.....	22
3.3 HLS modul	23
3.4 Komunikacioni modul.....	23
4. Programsko rešenje.....	25
4.1 Komunikacioni modul.....	25
4.2 HLS modul	32
4.3 DLNA modul.....	35
5. Testiranje	37
6. Zaključak	40
7. Literatura.....	41

SPISAK SLIKA

Slika 2.1 Razlika u kvalitetu slike između analogne i digitalne televizije.....	9
Slika 2.2 Rasprostranjenost standarda za emitovanje digitalnog signala.....	10
Slika 2.3 Set Top Box uređaj	10
Slika 2.4 Teletekst servis.....	12
Slika 2.5 HbbTV servis	12
Slika 2.6 Elektronski programski vodič	13
Slika 2.7 HTTP korisnički zahtev i odgovor servera	15
Slika 2.8 JSON format podatka.....	18
Slika 2.9 XML format podatka	18
Slika 2.10 Upotreba Second Screen aplikacije kod mobilnih uređaja	20
Slika 3.1 Arhitektura programske podrške digitalnog TV prijemnika.....	21
Slika 4.1 Korisnički zahtev upućen digitalnom TV prijemniku	27
Slika 4.2 Odgovor digitalnog TV prijemnika korisniku	27
Slika 4.3 Tekstualna datoteka sa listom transpondera	30
Slika 4.4 Tekstualna datoteka sa listom kanala.....	31
Slika 4.5 Segmentacija video sadržaja poznate dužine trajanja.....	34
Slika 4.6 Segmentacija video sadržaja nepoznate dužine trajanja (live case).....	34
Slika 4.7 Dijagram razmene poruka u okviru sistema	36
Slika 5.1 Restlet client (korisnička aplikacija).....	37

SPISAK TABELA

Tabela 1. Rezultati testiranja funkcionalnosti digitalnog TV prijemnika	38
---	----

SKRAĆENICE

DTV	- <i>Digital Television</i> , digitalna televizija
DVB	- <i>Digital Video Broadcasting</i> , standard za emitovanje digitalne televizije
STB	- <i>Set top Box</i> , uređaj za prijem i obradu digitalnog TV signala
EPG	- <i>Electronic Program Guide</i> , elektronski programski vodič
PVR	- <i>Personal Video Recorder</i> , personalni video snimač
XML	- <i>Extensive Markup Language</i> , Proširivi meta jezik za označavanje tekstualnih dokumenata
JSON	- <i>JavaScript Object Notation</i> , JavaSkript notacija objekta
HTTP	- <i>HyperText Transport Protocol</i> , protokol za prenos podataka
HLS	- <i>HTTP Live Streaming</i> , HTTP dostavljanje sadržaja uživo
DLNA	- <i>Digital Living Network Alliance</i> , Protokol za deljenje digitalnog sadržaja između multimedijalnih sadržaja
UPnP	- <i>Universal Plug and Play</i> , Skup mrežnih protokola koji dozvoljavaju multimedijalnim uređajima da ostvare međusobne veze i uspostave razne mrežne usluge
URL	- <i>Uniform Resource Locator</i> , Jedinствena adresa resursa

1. Uvod

U današnje vreme televizija je jedan od najrasporstranjenijih i najuticajnijih medija. Televizija predstavlja telekomunikacioni sistem za emitovanje i prijem pokretnih slika i zvuka sa velikih daljina. Osnovni cilj ovog sistema je da omogući pretvaranje optičke slike i zvuka u elektronske signale koji se prenose do prijemnika gde se ponovo pretvaraju u optičku sliku i zvuk.

Televizija je tokom istorijskog razvoja prošla kroz niz promena u različitim segmentima kao što su način emitovanja slike (analogno zamenjeno digitalnim), kvalitet slike (unapređen kvalitet korišćenjem televizije visoke rezolucije (HDTV) i televizije ultra visoke rezolucije (UHDTV) umesto televizije niske rezolucije (SDTV)), tehnike emitovanja slike (crno-belo zamenjeno kolorizovanim), kao i prenosni put (zemaljski, satelitski, putem interneta pa sve do kablovskog). Televizijski uređaji su unapređeni i modernizovani pa su teški i kabasti TV uređaji sa katodnom cevi zamenjeni lakšim LCD (Liquid-crystal display) i LED (Light-emmiting diode) uređajima.

U okviru ovog rada opisano je jedno rešenje modula za daljinsko upravljanje digitalnim TV prijemnikom. Cilj realizacije je da se u okviru jedne mreže postigne komunikacija između Set Top Box (STB) uređaja i korisničkih aplikacija koja će korisniku omogućiti da upravlja i koristi određene funkcionalnosti digitalnog TV prijemnika.

Rad sadrži sedam poglavlja. Prvo poglavlje predstavlja uvod u rad i opisane su osnovne karakteristike televizije kao medija. Zatim su opisane teorijske osnove na kojima je rad zasnovan. Nakon toga detaljno je objašnjen koncept rešenja odnosno opšta slika realizovanog sistema kako bi trebao da izgleda i funkcioniše. Posle koncepta rešenja dato je i programsko rešenje u okviru kojeg je opisan svaki modul u sistemu i objašnjeno je koja je svrha svakog od

njih. U narednom poglavlju prikazani su rezultati testiranja datog programskog rešenja. Na samom kraju prikazan je zaključak svega onog što je realizovano u okviru ovog rada, dalji pravci razvoja postojećeg rešenja, kao i spisak literature koja je korišćena prilikom izrade ovog rada.

2. Teorijske osnove

2.1 Digitalna televizija

Najznačajniji napredak tokom razvoja televizije, nakon što je crno-belo emitovanje slike zamenjeno kolorizovanim, predstavlja prelazak sa analognog na digitalno emitovanje signala. Povod za ovaj prelazak je potreba za poboljšanjem kvaliteta TV slike, kao i taj što analogna televizija nije mogla da ispuni zahteve koje je nametao sam razvoj televizije. Digitalna televizija (DTV) predstavlja oblast potrošačke elektronike koja se bavi uređajima čija je osnovna namena prijem televizijskog signala i prezentacija audio i video sadržaja.

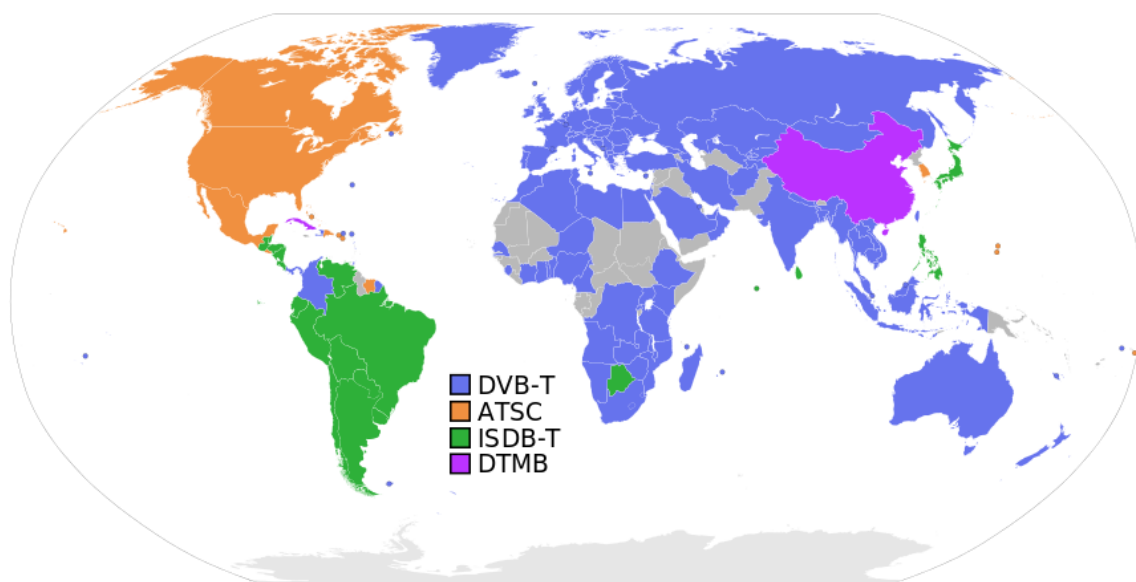
Digital Video Broadcasting (DVB) standard odnosno standard za digitalno emitovanje televizije je grupa internacionalno prihvaćenih standarda za digitalnu televiziju. DVB standard je osim samog kvaliteta slike obezbedio niz različitih prednosti u odnosu na analognu televiziju. Otpornost na smetnje kojima su izloženi TV slika i ton je značajno povećana. Signal koji se ošteti na putu od televizijskog studija do korisnika usled raznih smetnji može da se obradi i rekonstruiše putem odgovarajućeg TV prijemnika i da se dobiju visoko kvalitetni slika i zvuk. Zatim je uvedeno mnogo efikasnije korišćenje kapaciteta jednog TV kanala. Omogućeno je emitovanje više digitalnih kanala na istom frekvencijskom opsegu. Efikasnijem korišćenjem memorije stvorena je mogućnost da se putem digitalnog TV signala prenosi i interaktivni sadržaj kao što su elektronski programski vodič (engl. EPG), snimanje digitalnog sadržaja(engl. PVR), podrška za više audio jezika i prevoda, HbbTV i ostale.



Slika 1.1 Razlika u kvalitetu slike između analogne(levo) i digitalne(desno) televizije

Za potrebe emitovanja digitalnog TV signala u svetu su razvijena četiri različita standarda:

- DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial) standard se prvi put pominje 1997. godine, a prvi put je upotrebljen 1998. godine u Velikoj Britaniji. Pripada grupi DVB standarda za prenos slike putem zemaljskog signala (DVB-T), zatim putem satelitskog signala (DVB-S), kao i putem kablovskog signala (DVB-C). Trenutno se koristi u Evropi, Australiji i na Novom Zelandu.
- ATSC (Advanced Television Systems Committee) standard je razvijen početkom devedesetih godina u Sjedinjenim Američkim Državama i primenjuje se u digitalnom TV prenosu zemaljskim vezama. Zemlje koje su prihvatile ovaj standard su Sjedinjene Američke Države, Kanada, Meksiko, Južna Koreja, Dominikanska Republika i Honduras.
- ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial) je standard za prenos slike visoke rezolucije. Počeo je da se razvija u Japanu šezdesetih godina što je iniciralo da i Sjedinjene Američke Države porade na izradi sopstvenog standarda. Trenutno se ovaj standard koristi u Japanu i na Filipinima, mada takođe postoji i internacionalna adaptacija ovog standarda koja se koristi u većini Južno-Američkih država kao i u Afričkim zemljama portugalskog govornog područja.
- DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast) standard je nastao 2002. godine i upotrebljava se u Narodnoj Republici Kini, uključujući Hong Kong i Makao.



Slika 2.2 Rasprostranjenost standarda za emitovanje digitalnog signala

2.1.1 Set Top Box

Tehnički uslov za prijem digitalnog signala na strani korisnika je poseban uređaj koji se naziva Set Top Box (STB). Osnovna namena ovog uređaja je prijem digitalnog zemaljskog, kablovskog ili satelitskog televizijskog i radio signala iz odgovarajućeg mrežnog ili modulacionih signala i njegovo prosleđivanje na monitor ili televizor.

Prvi ovakvi uređaji proizvedeni su 1960-ih godina, primali su signal sa kablovske mreže i osnovna namena im je bila prevođenje sa ultravisokih frekvencija (UHF) na visoke frekvencije. Napretkom digitalne televizije došlo je i do razvitka STB uređaja, pa današnji STB uređaji predstavljaju uređaje koji imaju većinu osobina personalnog računara.



Slika 3.3 Set Top Box uređaj

Savremeni STB uređaji osim osnovne funkcionalnosti obrade digitalnog signala pružaju niz različitih funkcionalnosti: obezbeđuje se zaštita signala od neovlašćenog pristupa (uređaj dekriptuje signal na osnovu PID-a koji definiše vezu između paketa i kanala), mogućnost razdvajanja audio i video paketa pomoću demultipleksera prilikom obrade audio i video podataka i mogućnost interakcije korisnika sa STB uređajem predstavlja možda i najznačajniju funkcionalnost savremenog STB uređaja. Ova interakcija omogućava korisniku da pomoću daljinskog upravljača bira koji će trenutno sadržaj da gleda, da snimi određenu emisiju, da koristi usluge elektronskog programskog vodiča, roditeljske kontrole kao i mnoge druge. Ovaj vid komunikacije između korisnika i STB uređaja je takođe značajan i za operatere pošto se njima šalju povratne informacije i na osnovu tih informacija mogu da unaprede i poboljšaju svoju ponudu.

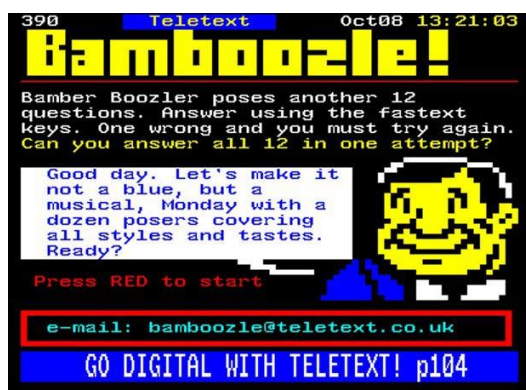
Najznačajnija podela Set Top Box uređaja jeste prema načinu na koji signal stiže do uređaja:

- Satelitski STB – prenos satelitskog signala je definisan DVB-C standardom, pa ovakav uređaj mora da zadovolji ovaj standard da bi uspešno primio signal. Kod ovakvog tipa STB uređaja neophodan je demodulator jer je signal koji se prima modulisan QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) postupkom. Ulazni interfejs je koaksijalni ili antenski RF.
- Kablovski STB – ima velikih sličnosti sa satelitskim STB uređajem. Standard za prenos signala kod ovog tipa je takođe DVB-C, a osnovna razlika u odnosu na satelitski je što se umesto QPSK modulacije koristi QAM (Quadrature amplitude modulation) modulacija.
- IPTV STB – ova vrsta se koristi za prijem signala iz IP mrežnog okruženja. Ulazni interfejs predstavlja mrežni kabl, dok signal u okviru mreže nije modulisan pa samim tim nije potreban ni demodulator.
- HYBRID STB – tip uređaja koji predstavlja kombinaciju gore navednih vrsta STB uređaja. Ima mogućnost da primi signal iz više različitih izvora, i zbog ove svoje pogodnosti hibridni STB uređaji su na tržištu najskuplji.

2.1.2 Interaktivni sadržaji digitalne televizije

Uvođenjem digitalne televizije stvoreni su uslovi za interakciju na relaciji korisnik – TV uređaj. Osim slike i zvuka, a zbog boljeg iskorišćenja memorije stvorena je mogućnost da se putem digitalnog signala različiti sadržaji informativnog karaktera koji stvaraju širi opseg upotrebe TV uređaja. Interaktivni sadržaji koji se koriste u okviru digitalne televizije su teletekst, elektronski programski vodič (engl. EPG), personalni video snimač (engl. PVR) i mnogi drugi.

Teletekst je razvijen u Velikoj Britaniji 1970-tih godina i predstavlja televizijski informacijski servis. Pomoću teksta i jednostavnih geometrijskih oblika formira se mozaik slika na TV ekranu. Ovim servisom se nudi veliki izbor tekst baziranih informacija, kao što su internacionalne, nacionalne i sportske vesti, vremenska prognoza i TV program. Na jednom TV programu moguće je imati i do 800 stranica kojima korisnik može da pristupi. Teletekst je postojao i u analognoj televiziji, pa je zbog svoje popularnosti nastavio da postoji i u digitalnoj televiziji. Slični servisi koji su nastali uvođenjem digitalne televizije su HbbTV(engl. Hybrid Broadcast Broadband TV) i MHEG-5 (engl. Multimedia and Hypermedia Experts Group). Osnovna prednost ova dva servisa u odnosu na teletekst je kombinovanje internet sadržaja sa trenutno gledanim TV programom. Takođe i grafički prikazi ovih servisa su značajno unapređeni u odnosu na jednostavne prikaze kod teleteksta. HbbTV servis se najčešće koristi u Španiji, Nemačkoj, Francuskoj, kao i u ostalim zemljama Evrope, dok je MHEG-5 najpopularniji u Velikoj Britaniji, Hong Kongu, Južnoafričkoj Republici i na Novom Zelandu.



Slika 4.4 Teletekst servis



Slika 2.5 HbbTV servis

Elektronski programski vodič ili EPG prvi put se pojavljuje 1981. godine u Severnoj Americi. Predstavlja servis koji korisnicima digitalne televizije omogućava ažurne informacije o rasporedu emitovanja televizijskih emisija po kanalima i vremenima njihovog emitovanja. EPG je obično prikazan u vidu tabele, a svaki EPG podatak predstavlja jednu televizijsku emisiju. Za svaku emisiju mogu se dobiti informacije o nazivu emisije, vremenu početka i završetka kao i

kratak opis. Dodatna mogućnost koja se pruža korisnicima je postavljanje podsetnika na određenu emisiju koju ne žele da propuste. Implementacija samog programskog vodiča kojim će se prezentovati podaci je proizvoljna i prepušta se samim proizvođačima TV uređaja.



Slika 2.6 Elektronski programski vodič

Koncept personalnog video snimača (engl. PVR) prvi put se pominje 1985. godine, dok je prvi patent ovakvog tipa objavljen 1988. godine. Prvi video snimači predstavljeni su 1999. godine u Las Vegasu. Prelaskom na digitalnu televiziju došlo je do unapređenja snimanja audio i video sadržaja. Stvoreni su uslovi da snimljeni sadržaj bude gotovo identičan izvornom sadržaju tj. da ne dolazi do gubitka kvaliteta slike čak i kod visokih rezolucija. Snimljeni sadržaj se čuva na masovnoj memoriji za trajno skladištenje podataka, USB flash memoriji, SD memorijskoj kartici ili nekom drugom uređaju za skladištenje podataka.

Personalni video snimač sadrži niz osnovnih funkcionalnosti: snimanje trenutno emitovanog TV sadržaja (engl. Recording), reprodukcija snimljenog TV sadržaja (engl. Playback), mogućnost brzog premotavanja unapred (engl. Fast-forward) i unazad (engl. Fast-Rewind) snimljenog TV sadržaja i odloženo gledanje (engl. Timeshift). Personalni video snimač je usko povezan sa elektronskim programskim vodičem što omogućava korisniku da putem elektronskog programskog vodiča zakaže automatsko snimanje određenog TV sadržaja za dati kanal i željeni vremenski termin. Pored automatskog snimanja, ukoliko Set Top Box uređaj sadrži dva ili više odabirača kanala postoji mogućnost istovremenog snimanja jednog TV sadržaja za vreme gledanja drugog TV sadržaja.

2.2 HTTP

HTTP (HyperTextTransferProtocol) je mrežni protokol i predstavlja najzastupljeniji metod prenosa informacija na internetu. Razvoj ovog protokola počinje 1989. godine u Cernu pod vodstvom Tim Berners-Lee-a. Prva verzija HTTP/1.1 koja se našla u upotrebi pojavila se u okviru RFC2068 1997.godine. Kasnije verzije ovog protokola su standardizovane 2015. godine (HTTP/2) i trenutno je podržan od strane vodećih web servera. Za razvoj i standardizaciju HTTP protokola zaduženi su IETF (Internet Engineering Task Force) i W3C (World Wide Web Consortium).

Osnovna namena protokola je dostavljanje hiperteksta u okviru kojeg su opisane logičke veze između čvorova. Zasnovan je na komunikaciji između korisnika i servera, a komunikacija koja se odvija između njih bazira se na principu zahtev/odgovor. Server konstantno osluškuje na određenom mrežnom komunikacionom prolazu (engl. port) i čeka da se jedan ili više korisnika povežu sa njim i pošalju željeni zahtev. Zahtev koji korisnik šalje sastoji se od HTTP komande čija sintaksa je određena standardom (sastoji se od naziva komande, verzije podržanog HTTP-a kao i imena traženog dokumenta), zaglavlja koje sačinjava nekoliko redova teksta i eventualno od proizvoljne poruke koje korisnik želi da pošalje serveru. Zahtev koji je uspešno poslat obrađuje se na starni servera i na osnovu mogućnosti zadovoljavanja traženog zahteva šalje se odgovarajući odgovor korisniku. Odgovor na zahtev je slične sintakse kao i sam zahtev. Sadrži zaglavlje, zatim izveštaj o statusu zahteva u okviru kojeg se najčešće nalazi trocifreni broj i kratak deskriptivni tekst (npr. za uspešan odgovor se šalje 200 OK) i samog sadržaja koji se tražio poslatim zahtevom. U zavisnosti od toga koji se HTTP protokol koristi nakon poslatog odgovora veza između korisnika i servera se raskida ili se koristi za slanje novih zahteva čime se dobija na uštedi vremena.

Komande koje su definisane HTTP protokolom su sledeće:

- GET – zahteva reprezentaciju određenog resursa. Osim prostog dobavljanja podataka ova metoda ne treba da ima više nikakvih efekata.
- HEAD – koristi se za dobavljanje metapodataka koji se nalaze u zaglavlju. Odgovor koji očekuje je isti kao i kod GET metode, samo bez samih podataka.
- POST – šalju se podaci na određeni URI i očekuje se da resurs zna šta će da uradi sa poslatim podacima na zadatom URI-ju.
- PUT – prosleđuju se podaci na određeni URI. Ukoliko na toj adresi postoji već resurs on se modifikuje, u suprotnom se pravi novi.
- DELETE – metoda koja briše zadati resurs.

-
- TRACE – vraća odgovor korisniku na poslati zahtev iz kojeg korisnik može da vidi koje su promene nastale delovanjem posredničkih servera.
 - OPTIONS – vraća listu dostupnih HTTP metoda koje server podržava na zadatom URL-u.
 - CONNECT – pretvara zahtev za konekcijom u transparentni TCP/IP tunel da bi se olakšala SSL kodirana komunikacija (HTTPS) pomoću nezaštićenog HTTP proksija.
 - PATCH – metoda kojom se unose delimične izmene u okviru resursa.

```
GET /index.html HTTP/1.1
Host: www.example.com

HTTP/1.1 200 OK
Date: Mon, 23 May 2005 22:38:34 GMT
Server: Apache/1.3.27 (Unix) (Red-Hat/Linux)
Last-Modified: Wed, 08 Jan 2003 23:11:55 GMT
Etag: "3f80f-1b6-3e1cb03b"
Accept-Ranges: bytes
Content-Length: 438
Connection: close
Content-Type: text/html; charset=UTF-8
...
```

Slika 2.7 HTTP korisnički zahtev i odgovor servera

2.3 HLS

HTTP Live Streaming poznatiji kao HLS je HTTP zasnovan komunikacioni protokol za prenos sadržaja putem mreže razvijen od strane AppleInc kao deo QuickTime, Safari, OS X i iOS programske podrške. Koristi se za prenos ograničenog i neograničenog toka podataka. Primer za ograničeni prenos podataka je video na zahtev – VOD (engl. Video on Demand) odnosno prenos prethodno snimljenog sadržaja, dok kod neograničenog toka podataka prenose se podaci koji se uživo emituju (engl. broadcast). Obzirom da HLS koristi samo standardne HTTP transakcije strimovanje se uspešno izvršava preko bilo kojeg firewall-a ili proksi servera koji podržavaju standardni HTTP saobraćaj za razliku od UDP baziranih protokola kakav je na primer RTP (Real Time Transport Protocol). Ovo omogućava da sadržaj bude ponuđen putem konvencionalnih HTTP servera i isporučen putem HTTP baziranih mreža za isporuku sadržaja.

Arhitektura HTTP Live Streaming se sastoji od 3 modula:

- Modul koji se nalazi na serveru – preuzima ulazni sadržaj, zatim vrši njegovo digitalno kodiranje i na kraju pakuje u oblik pogodan za isporuku.
- Modul za isporuku – sastoji se od standardnih web servera. Prihvata zahteve od korisnika i isporučuje prethodno primljen sadržaj neophodan za strimovanje.
- Modul korisničke programske podrške – zahteva i obezbeđuje sve neophodne podatke i sadržaje i vrši njihovo ujedinjavanje na taj način da korisniku obezbedi kontinuirani video protok.

HTTP Live Streaming je adaptivni protokol što znači da omogućava da se kvalitet slike i zvuka menja tokom samog gledanja video i audio sadržaja. HLS deli stream na više manjih HTTP baziranih odsečaka (engl. chunk) čije je trajanje najčešće deset sekundi. Ovi odsecci se smeštaju na web servere. U zavisnosti od brzine protoka podataka HLS pravi nizove ovih odsečaka koji će kasnije biti učitavani od strane korisnika. Za svaki ovakav niz server pravi URL indeksne datoteke koje kasnije dostavlja korisniku. Korisnik započinje strimovanje određenog sadržaja tako što učitava URL datoteku, a nakon toga HLS prati brzinu prenosa podataka na mreži i na osnovu toga povećava ili smanjuje kvalitet slike i zvuka. Ovakav način strimovanja omogućava da emitovanje bude kontinuirano odnosno da ne dolazi do prekida usled pada brzine prenosa podataka. HTTP Live Streaming koristi H.264 (MPEG-4 Part 10) kao video enkoder, dok se za audio enkodere koriste AAC (Advanced Audio Coding), MP3 (MPEG-2 Audio Layer III), AC-3 (Dolby Digital) i EC-3 (Dolby Digital Plus).

2.4 JSON i XML

JSON odnosno JavaScript Object Notation je tekstualni otvoreni standard za razmenu podataka. Dizajniran je tako da bude razumljiv ljudima i jednostavan za upotrebu. Najčešće se primenjuje pri razmeni podataka između servera i web aplikacija. JSON format serializuje ove podatke i prenosi ih putem mrežne veze. Uprkos tome što je izveden iz JavaScript jezika JSON standard je jezički nezavisan, ali koristi konvencije koje su poznate programerima C-porodice jezika kao što su C, C++, Java, JavaScript, Perl, Python i mnogi drugi.

Tipovi podataka koji se koriste u okviru JSON strukture su sledeći:

- Broj – JavaScript format u pokretnom zarezu sa dvostrukom preciznošću.
- String – Unicode format, sa dvostrukim navodnicima, kao izlazna sekvenca se koristi backslash.
- Boolean – true ili false.
- Niz – uređena sekvenca vrednosti, odvojena zarezima i uokvirena kockastim zagradama, vrednosti ne moraju biti istog tipa.

-
- Objekat – neuređena kolekcija ključ:vrednost parova sa ‘:’ karakterom koji razdvaja ključ i vrednost, razdvojeni zarezima i uokvireni vitičastim zagradama. Isti ključ ne sme da se ponovi.
 - Null – prazno.

Za definisanje strukture JSON podataka koristi se posebna specifikacija koja se naziva JSON šema. Osnovni zadatak ove šeme je da obezbedi validaciju, dokumentaciju i kontrolu interakcije sa JSON podacima. Takođe, u okviru aplikacije JSON šema definiše za čega se koriste odoređeni JSON podaci i kako se oni mogu menjati.

Osim JSON standarda, za razmenu podataka koriste se i mnogi drugi standardi. Među svim ovim standardima najveću primenu ima XML (Extensible Markup Language). Osnovna namena XML-a je da omogući deljenje podataka kroz različite informacione sisteme. Formati podataka koji su stvoreni korišćenjem XML-a su platformski nezavisni i postoji podrška za različite govorne jezike (upotreba Unicode standarda). Formati dokumenata koji koriste sintaksu ovog standarda su RSS (Rich Site Summary), SOAP (Simple Object Access Protocol), XHTML (Extensible Hypertext Markup Language), Atom i mnogi drugi.

Termini koji se mogu pojaviti u okviru jednog XML formata podatka su:

- Oznaka (engl. tag) – konstrukcija koja počinje sa karakterom „<” a završava se karakterom „>”. Pomoću oznake se označava jedan element. Postoje tri vrste oznaka:
 - Početna oznaka (<element>)
 - Završna oznaka (</element>)
 - Oznaka praznog elementa (<element/>)
- Karakter - XML predstavlja niz karaktera. Skoro svaki Unicode karakter može da se pojavi u okviru XML dokumenta.
- Element – logička komponenta koja počinje sa početnom oznakom, a završava se sa završnom oznakom ili sadrži samo oznaku praznog elementa. Karakteri koji se nalaze između početne i završne oznake predstavljaju sadržaj elementa. U sadržaju elementa mogu da se nađu i drugi elementi koji se tada nazivaju potmoci (engl. child).
- Atribut – sastoji se od naziva i svoje vrednosti. Koristi se da bi se dodatno opisao element. Vrednost i ime atributa su razdvojeni znakom jednakosti (=), dok se vrednost atributa nalazi unutar znakova navoda („ ”).
- Deklaracija – početak XML dokumenta u okviru koje se nalaze osnovne informacije o samom dokumentu.

```

{ "users": [
  {
    "firstName": "Ray",
    "lastName": "Villalobos",
    "joined": {
      "month": "January",
      "day": 12,
      "year": 2012
    }
  },
  {
    "firstName": "John",
    "lastName": "Jones",
    "joined": {
      "month": "April",
      "day": 28,
      "year": 2010
    }
  }
]
}

```

Slika 2.8 JSON format podatka

```

<catalog>
  <book id="bk501">
    <author>John Doe </author>
    <title>Introduction to Photography</title>
    <genre>Photography</genre>
    <price>44.95</price>
    <publish_date>2000-10-01</publish_date>
  </book>
  <book id="bk509">
    <author>Jane Doe</author>
    <title>All About Light</title>
    <genre> Photography </genre>
    <price>6.95</price>
    <publish_date>2000-11-02</publish_date>
  </book>
</catalog>

```

Slika 2.9 XML format podatka

Kao bolja opcija za razmenu podataka u okviru ovog rada izabaran je JSON format jer ne koristi oznake (engl. tag) i ima kraći kod koji je lakši za pisanje i razumljiviji za čitanje. Osim toga za parsiranje JSON podataka postoji standardna JavaScript funkcija dok se za parsiranje XML podataka koriste razni XML parseri.

2.5 DLNA

Digital Living Network Alliance (DLNA) je napravljen 2003. godine od strane firme Sony kao Digital Home Working Group (DHWG), da bi godinu dana kasnije kada je objavljen prvi set instrukcija za njegovo korišćenje promenio ime u DLNA koje se i dan danas koristi.

DLNA standard je stvoren sa ciljem da se prevaziđe problem nekompatibilnosti između velikog broja protokola i tehnologija koji se danas nalaze na tržištu. Definisani su skup pravila koji omogućavaju različitim uređajima kao što su računari, televizori, tableti, pametni telefoni i mnogi drugi da pristupe određenim sadržajima i prikažu ih. Svi sadržaji koji se dele između različitih uređaja nalaze se unutar lokalne mreže. Dva osnovna preduslova za komunikaciju između uređaja je da se nalaze u okviru iste lokalne mreže i da su DLNA sertifikovani uređaji. DLNA u osnovi koristi UPnP protokol putem kojeg se određuju mehanizmi za pristup medijima preko mreže, vrste formata medijske datoteke, kodiranja, rezolucija koju uređaj mora da podržava kao i tip samog uređaja. Osim UPnP standarda koriste se još i Wi-Fi, Ethernet, IPv4 i HTTP. Osnovna razlika između UPnP-a i DLNA je da DLNA mora da podržava određene audio i video standarde da bi uređaji mogli da reprodukuju poslani sadržaj. Najveće mane ovog standard su mali broj podržanih kodeka kao i rad sa nezaštićenim sadržajem.

Svi DLNA uređaji su podeljeni u tri osnovne grupe:

- Kućni mrežni uređaji – ovoj grupi pripadaju DMS (Digital Media Server – čuvanje podataka i stavljanje istih na raspolaganje DMP-u i DMR-u), DMP (Digital Media Player – pretraživanje, pretraživanje i prikaz sadržaja DMS-a), DMR (Digital Media Renderer – reprodukcija sadržaja primljenog od DMC-a), DMC (Digital Media Controller – pronalazi sadržaj DMS-a i DMR-u šalje zahtev da prikaže isti) i DMPr (Digital Media Printer – pružanje usluge štampanja).
- Mobilni uređaji – u ovoj grupi se nalaze M-DMS (Mobile Digital Media Server – čuvanje podataka i stavljanje na raspolaganje M-DMP-u, DMR-u i DMPr-u), M-DMP (Mobile Digital Media Player – pretraživanje sadržaja DMS-a i M-DMS-a), M-DMU (Mobile Digital Media Uploader – slanje sadržaja na DMS ili M-DMS), M-DMD (Mobile Digital Media Downloader – pronalaženje i prihvatanje sadržaja sa DMS-a i M-DMS-a) i M-DMC (Mobile Digital Media Controller – pronalaženje sadržaja na DMS-u i M-DMS-u i njegovo prosleđivanje DMR-u).
- Kućni infrastrukturni uređaji – ovu grupu sačinjavaju M-NCF (Mobile Network Connectivity Function – povezivanje između kućnih mrežnih uređaja i mobilnih uređaja) i MIU (Media Interoperability Unit – transformacija multimedijalnog sadržaja u format koji podržavaju DLNA uređaji).

2.6 Second screen

Second screen tj. drugi ekran podrazumeva upotrebu uređaja koji nisu TV (pametni telefoni, tableti, laptop i PC računari) da bi se obezbedio kvalitetniji doživljaj prilikom gledanja sadržaja na televizoru. Mnoga istraživanja su pokazala da sve više korisnika dok gleda televiziju istovremeno koristi i druge uređaje. Najčešće su u upotrebi tableti i pametni telefoni. Stvara se mogućnost da gledalac dok gleda određenu emisiju nađe u isto vreme na internetu informacije o njoj ili da komentariše putem društvenih mreža kao što su Facebook ili Twitter tj. omogućava se online rasprava o trenutno prikazivanom sadržaju. Od ovog koncepta imaju korist i same televizijske kuće jer uspevaju da zainteresuje gledaoca i zadrže njegovu pažnju obezbeđivanjem interakcije korisnika i TV uređaja (glasanje, rasprava, pozadinske informacije o emisiji) pa se samim tim povećavaju i prihodi od reklama.

Mobilni uređaji najčešće primenjuju Second Screen aplikacije u sledećim slučajevima: gledanje internet televizije, za potrebe socijalne interakcije, pristup metapodacima (IMDb, Wikipedia), pristup portal aplikaciji IPTV operatera, u sinergiji sa Set Top Box uređajem, pristup Smart Home aplikaciji i upravljanje lokalnim uređajima (TV Remote) ili Cast. Interakcija koja se

uspostavlja između mobilnog uređaja i televizora odvija se u okviru lokalne mreže ili putem internet servisa.

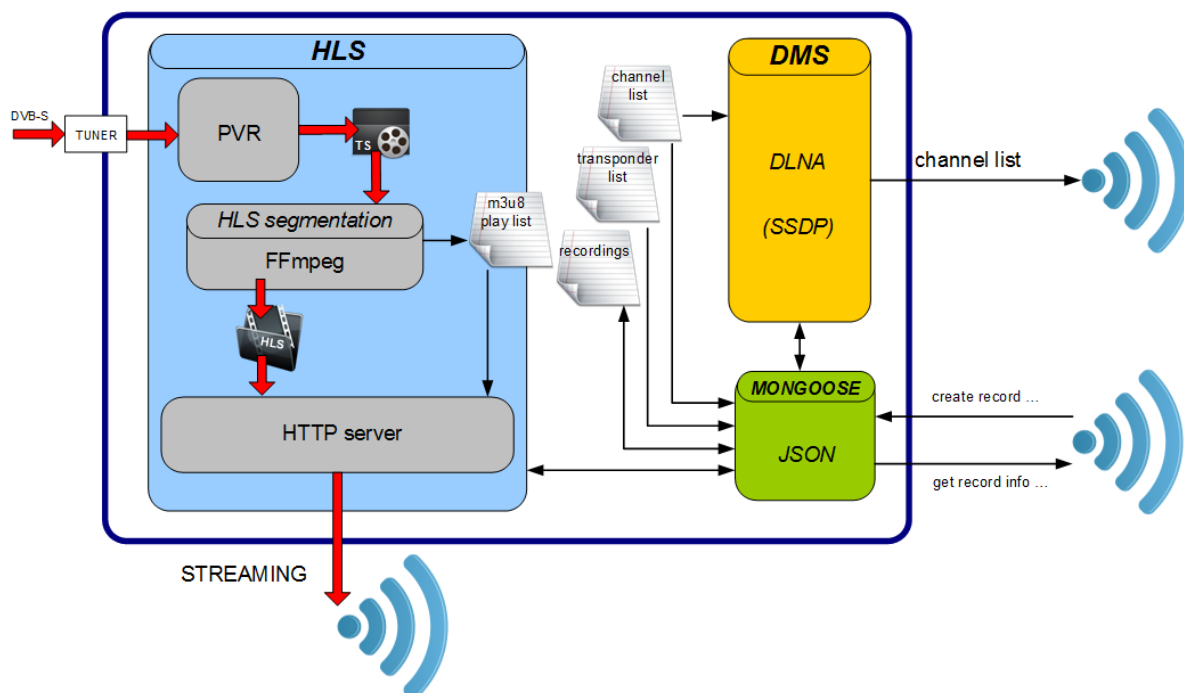


Slika 2.10 Upotreba Second Screen aplikacije kod mobilnih uređaja

3. Koncept rešenja

Osnovni cilj prilikom izrade ovog rada je da se realizuje digitalni TV prijemnik koji podržava distribuciju saobraćaja putem mreže pri čemu je omogućena udaljena kontrola sa tableta, pametnog telefona ili nekog sličnog uređaja. Mreža putem koje se odvija razmena podataka može biti Wi-Fi ili Ethernet. Sistem koji realizuje rešenje se sastoji od četiri modula:

- Modul korisničke aplikacije
- DLNA (Digital Living Network Alliance) modul
- HLS (HTTP Live Streaming) modul
- Komunikacioni modul



Slika 3.1 Arhitektura programske podrške digitalnog TV prijemnika

3.1 Modul korisničke aplikacije

Modul korisničke aplikacije je jedini modul iz sistema koji se ne nalazi u okviru digitalnog TV prijemnika. Osnovni zadatak korisničke aplikacije je da uspostavi vezu sa digitalnim TV prijemnikom putem koje će se vršiti komunikacija. Veza odnosno mreža preko koje se odvija ova komunikacija je Wi-Fi (Wireless-Fidelity). Nakon što je veza uspešno uspostavljena korisnik može da šalje zahteve i da vrši udaljenu kontrolu digitalnog TV prijemnika.

Postoje dve vrste korisničkih aplikacija: pametna korisnička aplikacija i obična korisnička aplikacija. U okviru sistema može se nalaziti jedna pametna i više običnih aplikacija. To znači da se unutar mreže u kojoj se nalazi jedan digitalan TV prijemnik može naći samo jedna pametna aplikacija i proizvoljan broj običnih aplikacija. Osnovna razlika između ova dva tipa aplikacija je u broju funkcionalnosti koje su im omogućene. Obična korisnička aplikacija ima mogućnost da zahteva da joj se dostavi spisak svih trenutno dostupnih TV sadržaja, kao i da odabere koji će se TV sadržaj prikazati na aplikaciji. Za razliku od obične, pametna korisnička aplikacija ima mogućnost da koristi sve funkcionalnosti digitalnog TV prijemnika koje su realizovane u okviru sistema kao što su dobavljanje liste kanala, snimanje video sadržaja, dobavljanje informacija o snimljenim sadržajima, brisanje video sadržaja, dobavljanje i postavljanje trenutnog vremena i mnoge druge.

Uspostava veze između korisničkih aplikacija i digitalnog TV prijemnika odvija se između modula korisničke aplikacije i DLNA modula, dok se sva komunikacija u okviru sistema realizuje između modula korisničke aplikacije i komunikacionog modula.

3.2 DLNA modul

Digital Living Network Alliance (DLNA) modul je jedan od tri modula koji se nalaze u okviru digitalnog TV prijemnika. Osnovna namena ovog modula je da omogući povezivanje TV prijemnika sa korisnicima. To se postiže time što DLNA modul pomoću određenih protokola prijavljuje prijemnik na mrežu, na koju će se kasnije prijaviti i korisnici. Ukoliko je povezivanje prijemnika i korisnika na mrežu uspešno izvršeno moguće je započeti komunikaciju odnosno korisnik može da šalje zahteve i time upravlja digitalnim TV prijemnikom.

Pored ove osnovne funkcionalnosti, DLNA modul komunicira i sa ostalim modulima u okviru digitalnog TV prijemnika. Komunikacijom sa ostalim modulima ovaj modul stavlja na raspolaganje korisnicima različite informacije kao što su spisak trenutno dostupnih kanala, adrese na kojima korisnici mogu da pogledaju odabrani TV sadržaj i mnoge druge.

3.3 HLS modul

HLS (HTTP Live Streaming) modul se takođe nalazi u okviru digitalnog TV prijemnika. Primarna funkcionalnost mu je snimanje digitalnog TV sadržaja i omogućavanje korisnicima da gledaju željeni sadržaj. Sastoji se iz tri modula:

- PVR modul
- HLS segmentation modul
- HTTP server modul

PVR modul se koristi kao komunikacioni modul u okviru HLS modula i služi za prihvatanje korisničkih komandi preko komunikacionog modula. Komande koje korisnik šalje ovom modulu putem komunikacionog modula vezane su za snimanje digitalnog TV sadržaja. Nakon uspešnog prijema zahteva za snimanje koji sadrži određene informacije (izbor kanala na kojem će se snimati, vreme početka snimanja, dužina snimanja itd.) PVR modul prosleđuje odabrani sadržaj HLS segmentation modulu na dalju obradu.

HLS segmentation modul služi za obradu digitalnog TV sadržaja. Celokupan sadržaj se deli na više manjih segmenata jednake dužine (engl. chunk). Dužina svakog segmenta je najčešće deset sekundi, ali takođe može biti i proizvoljna odnosno zadata od strane korisnika. Za svaki snimljeni sadržaj modul definiše posebnu datoteku u koju ga smešta. U okviru svake datoteke nalaze se nizovi segmenata prethodno izdelfjenog sadržaja. Pošto uspešno podeli sadržaj i smesti ga u odgovarajuću datoteku HLS segmentation modul šalje poruku HTTP server modulu.

HTTP server modul se upotrebljava za distribuciju (engl. stream) digitalnog TV sadržaja. Za svaki snimljeni digitalni sadržaj modul stvara određenu adresu (URL) preko koje korisnik može da pristupi i pusti željeni sadržaj. Adresa koja se stvara u okviru ovog modula se korisniku na njegov zahtev dostavlja putem DLNA modula, dok sam HTTP server omogućava isporuku digitalnog sadržaja. Za svaku adresu se vezuje određena datoteka napravljena u okviru HLS modula. HTTP server obezbeđuje da se korisniku kontinuirano dostavljaju segmenti realizovani u okviru ovih datoteka.

3.4 Komunikacioni modul

Osnovni zadatak ovog modula je da obezbedi komunikaciju, kako u okviru samog digitalnog TV prijemnika, tako i između korisničkih aplikacija i TV prijemnika.

Oba tipa korisničkih aplikacija (pametna i obična) komuniciraju putem korisničkog modula sa TV prijemnikom. Osnovni preduslov da se omogući komunikacija je uspostava veze između aplikacije i TV prijemnika. Za uspostavu veze zadužen je DLNA modul. Nakon što je veza uspešno uspostavljena korisnici mogu da šalju zahteve i koriste funkcionalnosti TV prijemnika

(dobavljanje liste kanala, dobavljanje liste snimljenih sadržaja, informacije o snimljenom sadržaju, snimanje novog sadržaja, dobavljanje adrese putem koje mogu da gledaju željeni sadržaj itd).

Komunikacioni modul omogućava i komunikaciju u okviru samog digitalnog TV prijemnika. Nakon prijema zahteva od strane korisnika komunikacioni modul obrađuje zahtev, eventualno prikuplja neophodne informacije za izvršavanje tog zahteva i prosleđuje ih DLNA ili HLS modulu na dalju obradu. Pošto se zahtev uspešno izvrši komunikacionom modulu se šalje povratna informacija, vrši se ažuriranje podataka u okviru sistema i ukoliko je neophodno korisnik se obaveštava o nastalim promenama.

4. Programsko rešenje

U okviru programskog rešenja realizovana je programska podrška za digitalni TV prijemnik odnosno moduli koji se nalaze u okviru njega, a to su komunikacioni modul, DLNA modul i HLS modul. Pored ova tri modula u okviru sistema digitalnog TV prijemnika nalaze se još četiri tekstualne datoteke:

- Transponder list – lista dostupnih transpondera.
- Channel list – lista dostupnih kanala u okviru zadanog transpondera.
- Recordings – lista snimljenih video sadržaja sa osnovnim informacijama o svakom pojedinačno.
- m3u8 playlist - lista datoteka u okviru kojih se nalaze nizovi izdvojenih segmenata video sadržaja.

4.1 Komunikacioni modul

Osnovni zadatak ovog modula je da prihvata zahteve od korisničke aplikacije i prosleđuje ih na dalju obradu. Modul je realizovan pomoću open source verzije Mongoose servera. Protokol koji se koristi za razmenu poruka između korisničkih aplikacija i komunikacionog modula je HTTP.

Poruka koju korisnik šalje komunikacionom modulu se sastoji iz HTTP zaglavlja i samog tela poruke. U okviru HTTP zaglavlja nalaze se osnovne informacije o samom HTTP protokolu koji se koristi kao što su verzija HTTP protokola, tip komande koji se šalje, adresa i port sa koje je poruka poslata kao i mnoge druge. Komande koje korisnik može da prosledi TV prijemniku su GET, POST, PUT, DELETE, HEAD, TRACE, OPTIONS, CONNECT itd. U okviru ovog sistema korisnik najčešće šalje komandu POST pomoću koje zahteva od digitalnog TV

prijemnika da izvrši određenu funkcionalnost nakon čega u zavisnosti od toga da li je funkcionalnost uspešno izvršena dobija povratnu informaciju. Povratna poruka koju komunikacioni modul šalje korisnicima se takođe sastoji iz HTTP zaglavlja i tela poruke. U okviru HTTP zaglavlja nalazi se informacija o verziji HTTP protokola, statusni kod poruke, jezik, dužina i tip poruke, kao i o tome da li je korisnik i dalje povezan sa TV prijemnikom. Sledeći statusni kodovi mogu da se proslede korisniku:

- 200 OK – uspešno izvršen GET zahtev.
- 202 Accepted – uspešno izvršen POST ili DELETE zahtev.
- 400 Client error Bad request – greška nastala usled pogrešne sintakse ili prilikom prosleđivanja parametara u okviru zahteva.
- 404 Client error Not found – greška zbog nemogućnosti pronalaska zahtevanog resursa na serveru.
- 500 Server error Internal – greška unutar samog servera.
- 503 Server error Service unavailable – greška usled nemogućnosti servera da obradi više zahteva istovremena.

U okviru tela poruke nalaze se proizvoljne informacije koje sam korisnik osmisli u okviru sistema. Ova tela poruka mogu biti upakovana u različite formate kao što su na primer JSON, XML, YAML itd. U konkretnom slučaju u okviru sistema se koristi JSON format poruka jer je kod koji se piše dosta kraći i razumljiviji za čitanje. Pored toga za JSON format postoji standardna funkcija (*json_tokenizer_parse*) koja omogućava parsiranje samih JSON podataka što nije slučaj kod ostalih formata. Niz uređenih parova ključ - vrednost odvojenih karakterom ‘:’ čine svako telo poruke. Parsiranje odnosno izvlačenje informacija iz JSON poruka se vrši na osnovu ključeva.

Svako telo poruke koje korisnik šalje digitalnom TV prijemniku sastoji se minimum iz dva ključa: komande (vrednost predstavlja tip zahteva koji se prosleđuje prijemniku) i parametra (vrednost najčešće predstavlja novi niz uređenih parova ključ:vrednost). Telo poruke koje TV prijemnik šalje nazad korisniku nakon izvršene zahtevane funkcionalnosti se sastoji iz komande (zahtev koji je primljen od korisnika), statusnog koda i dela sa podacima (data – niz podataka formiranih u uređene parove ključ:vrednost koje je korisnik zahtevao). Statusni kodovi koji se mogu naći u okviru tela poruke prilikom odgovora TV prijemnika korisniku su sledeći:

- 00 – zahtev je uspešno izvršen.
- 201 – zahtev koji je prosleđen nije prepoznat od strane TV prijemnika (nepostojeći zahtev).
- 300 – u okviru zahteva nedostaje neki od neophodnih parametara za izvršenje istog.

- 301 – bar jedan od parametara sadrži vrednost koja nije iz skupa očekivanih vrednosti.
- 302 – TV prijemnik ne može da izvrši zahtev u željenom trenutku zbog nedostatka resursa, jer se istovremeno izvršava neki drugi zahtev koji koristi isti taj resurs.
- 303 – otkaz TV prijemnika iz nekog razloga koji nije među gore navedenim.

```
POST /ni/ResGetInfo HTTP/1.1
User-Agent: PCASTER-NI/1.0 MyApp/4.8 iphone4/6.1.3 (apple; ios7)
From: aa8c15fe4538cd5ec598beef564a65edf666aabb@My-App.com
Host: 192.168.1.1:1234
Accept: application/json

{"command":"ResGetInfo",
 "param":{}}
}
```

Slika 4.1 Korisnički zahtev upućen digitalnom TV prijemniku

```
HTTP/1.1 200 OK
Content-Language: en-gb
Content-Length: 165
Content-Type: application/json
Server: PCASTER-K5/125 PCASTER-NI/1.0
Connection: close

{"command":"ResGetInfo",
 "statusCode":"00",
 "data":{
   "pcaster-name":"PCASTER-K5",
   "pcaster-friendly-name":"PicoCasterLac",
   "software":"SW24",
   "model-series":"PROTO-V2",
   "manufacturer":"SMARTTV",
   "logo-href":" http://192.168.1.1:90/ni/picologo.jpg",
   "server-id":" 10101010-DEDE-01AA-0000-000100",
   "version":"1.0",
   "resources":{
     type:tuner,
     type:time,
     type:clu,
     type:book,
     type:record,
     type:cast,
     type:prd
   }
 }
}
```

Slika 4.2 Odgovor digitalnog TV prijemnika korisniku

Skup funkcionalnosti odnosno lista zahteva koje korisnik može da uputi digitalnom TV prijemniku zavisi od toga da li se radi o pametnoj ili običnoj korisničkoj aplikaciji. Pametna korisnička aplikacija ima mogućnost da koristi sve funkcionalnosti TV prijemnika koje su realizovane, dok obična ima ograničen broj funkcionalnosti koji može da koristi. Sledeće funkcionalnosti su realizovane u okviru digitalnog TV prijemnika:

-
- RES_GET_INFO – korisnik dobija informacije o osnovnim karakteristikama digitalnog TV prijemnika kao što su ime, verzija programske podrške, ime proizvođača, trenutna verzija itd.
 - TUNER_SAT_TUNE – omogućava korisniku da se tjunuje na željeni satelitski transponder. Odgovor TV prijemnika sadrži informacije o tome da li je tjunovanje uspešno, frekvenciji u megahercima kao i o jačini i kvalitetu signala.
 - TIME_GET – korisnik dobija informaciju o trenutnom vremenu na digitalnom TV prijemniku.
 - TIME_SET – korisnik prosleđuje željeno vreme digitalnom TV prijemniku koje želi da se postavi za trenutno.
 - CLU_GET_CHANNEL_LIST – korisnik dobija listu trenutno dostupnih kanala sa informacijama o njihovom nazivu, jedinstvenom identifikacionom broju i adresom na kojoj se nalazi logo kanala.
 - RECORD_GET_STAT – korisnik prosleđuje identifikacioni broj skladišta za koje zahteva da mu se dostavi informacija o memorijskom prostoru. TV prijemnik šalje informaciju o ukupnom kapacitetu skladišta, kao i o preostalom slobodnom prostoru u kilobajtima.
 - RECORD_CREATE – korisnik šalje zahtev da se napravi video sadržaj. Kao ulazne parameter digitalnom TV prijemniku šalje identifikacioni broj video sadržaja, identifikacioni broj demodulatora i tjunera, naziv videa, vreme kada će se početi sa snimanjem, trajane video sadržaja, identifikacioni broj kanala na kojem će se vršiti snimanje, identifikacioni broj skladišta u kojem će se čuvati snimljeni video sadržaj, dužina hls segmenata u sekundama na koje će biti izdelfen ceo video sadržaj i vrsta snimanja (linearno ili cirkularno). TV prijemnik nakon izvršene funkcionalnosti šalje poruku korisniku da li je snimanje uspešno izvršeno i ukoliko jeste koji je identifikacioni broj snimljenog sadržaja. Nakon uspešnog snimanja komunikacioni modul upisuje video sadržaj u tekstualnu datoteku snimljenih sadržaja (recordings).
 - RECORD_GET_LIST – korisnik dobija listu trenutno dostupnih sadržaja sa njihovim jedinstvenim identifikacionim brojevima.
 - RECORD_GET_INFO – korisnik zahteva informacije o određenom snimljenom video sadržaju. Kao parametar prosleđuje jedinstveni identifikacioni broj video sadržaja za koji zahteva informacije. TV prijemnik odgovara sa porukom koja sadrži identifikacioni broj skladišta, tip snimka (linearni ili cirkularni), identifikacioni broj kanala, početno vreme snimka, ukupno trajanje snimka, naziv snimka, status video sadržaja (uspešno snimljeno, snimanje u toku ili snimanje nije uspelo), veličina video

sadržaja u megabajtima, maksimalan bit-rate izražen u kilobitima po sekundi i identifikacioni broj demodulatora i tjunera.

- RECORD_DELETE – korisnik zahteva da se iz liste video sadržaja (recordings tekstualna datoteka) obriše video sadržaj sa određenim identifikacionim brojem.
- RECORD_CLEAR – korisnik zahteva da se izbrišu svi video sadržaji koji su prethodno snimljeni. Briše se cela recordings tekstualna datoteka.
- RECORD_GET_URL – korisnik prosleđuje jedinstveni identifikacioni broj video sadržaja koji želi da gleda. TV prijemnik prosleđuje adresu (URL) korisniku na kojoj može da pogleda željeni video sadržaj.
- RECORD_FROM_FREQ_AND_PID – korisnik zadaje TV prijemniku komandu za snimanje određenog video sadržaja. TV prijemnik šalje odgovor da li je snimanje uspešno izvršeno i ukoliko jeste prosleđuje jedinstveni identifikacioni broj snimka. Nakon uspešnog snimanja komunikacioni modul upisuje video sadržaj u tekstualnu datoteku snimljenih sadržaja (recordings). Ova komanda ima isto funkcionalnost kao i komanda RECORD_CREATE, s tim što se razlikuje u broju parametara koje sam korisnik prosleđuje TV prijemniku. Pored svih parametara koji se prosleđuju komandom RECORD_CREATE, ova komanda ima i dodatne parametra koji su neophodni da bi se snimio određeni video sadržaj, a to su audio, video i PCR(program clock reference) PID (packet identifier), kao i audio i video kodeci .

Pametna korisnička aplikacija ima mogućnost da koristi sve gore nabrojane funkcionalnosti digitalnog TV prijemnika. U okviru sistema može postojati samo jedna ovakva aplikacija. Za razliku od pametne korisničke aplikacije, sistem može da sadrži proizvoljan broj običnih korisničkih aplikacija. Osnovna razlika između pametnih i običnih aplikacija je u tome što obične nemaju mogućnost da upravljaju funkcionalnostima koje se odnose na snimanje novog video sadržaja, brisanje postojećeg, brisanje svih video sadržaja itd.

Pošto komanda RECORD_CREATE ne prima kao parametre audio PID, video PID, PCR PID, audio i video kodek koji su neophodni da bi se snimio neki video sadržaj u okviru sistema se koriste i dve dodatne tekstualne datoteke. U okviru jedne datoteke nalazi se lista sa svim dostupnim transponderima dok se u okviru druge liste nalaze svi dostupni kanali. Ove dve tekstualne datoteke su povezane putem dva parametra – original network id (onid) i transport stream id (tsid). Pomoću ova dva parametra digitalni TV prijemnik može da na osnovu zadatog transpondera nađe u drugoj datoteci sve kanale koji se nalaze u okviru njega i da za njih izvuče neophodne podatke.

```

{
  "odu_config": "astra-single-universal-lnb",
  "version": "01",
  "TS": [
    {
      "dvb-id": "1.1079",
      "transponder": [
        {
          "tuner-id": "0",
          "ku-frequency": "11954",
          "if-frequency": "1345",
          "lnb-power": "On",
          "polarization": "h",
          "22khz-continuous-tone": "on",
          "roll-off": "35",
          "modulation-system": "dvbs",
          "modulation-type": "qpsk",
          "pilot-tones": "on",
          "symbol-rate": "27500",
          "fec-inner": "34"
        }
      ]
    },
    {
      "dvb-id": "133.7",
      "transponder": [
        {
          "tuner-id": "0",
          "ku-frequency": "12148",
          "if-frequency": "1548",
          "lnb-power": "On",
          "polarization": "h",
          "22khz-continuous-tone": "on",
          "roll-off": "35",
          "modulation-system": "dvbs",
          "modulation-type": "qpsk",
          "pilot-tones": "on",
          "symbol-rate": "27500",
          "fec-inner": "34"
        }
      ]
    }
  ]
}

```

Slika 4.3 Tekstualna datoteka sa listom transpondera

```

{
  "list-name":"clear-SD-astra-demo",
  "version":1
  "channel":
  [
    {
      "chid":"001",
      "dvb-triplet":"1.1079.28007",
      "name":"3 sat",
      "logo-href":"",
      "video-pid":"210",
      "video-codec":"MPEG2",
      "pcr-pid":"200",
      "audio":[
        {"audio-pid":"220", "audio-language":"ger", "audio-codec":"MPEG"},
        {"audio-pid":"221", "audio-language":"mis", "audio-codec":"MPEG"}
      ]
    },
    {
      "chid":"002",
      "dvb-triplet":"1.1079.28008",
      "name":"KI.KA",
      "logo-href":"",
      "video-pid":"310",
      "video-codec":"MPEG2",
      "pcr-pid":"310",
      "audio":[
        {"audio-pid":"320", "audio-language":"ger", "audio-codec":"MPEG"},
        {"audio-pid":"321", "audio-language":"mis", "audio-codec":"MPEG"}
      ]
    },
    {
      "chid":"003",
      "dvb-triplet":"1.1079.28006",
      "name":"ZDF",
      "logo-href":"",
      "video-pid":"110",
      "video-codec":"MPEG2",
      "pcr-pid":"110",
      "audio":[
        {"audio-pid":"120", "audio-language":"ger", "audio-codec":"MPEG"},
        {"audio-pid":"121", "audio-language":"mis", "audio-codec":"MPEG"}
      ]
    }
  ]
}

```

Slika 4.4 Tekstualna datoteka sa listom kanala

Na slici 4.3 su prikazana dva transpondera sa svojim osnovnim karakteristikama. Uređeni par onid i tsid su redom 1.1079 i 133.7. Na osnovu ova dva parametra na slici 4.4 su prikazani svi kanali u okviru transpondera kod kojeg je onid 1, a tsid 1079. Nakon toga je moguće izvući neophodne podatke za snimanje zadatog video sadržaja, a to su audio, video i PCR PID-ovi, kao i audio i video kodeci određenog kanala.

4.2 HLS modul

Primarni zadatak ovog modula je da omogući korisnicima snimanje video sadržaja i njegovo prikazivanje. Da bi uspešno izvršio sve zahteve korisnika modul komunicira sa ostalim modulima u okviru digitalnog TV prijmenika (komunikacioni modul i DLNA modul). Sva komunikacija koja se odvija u okviru digitalnog TV prijemnika realizovana je pomoću IPC socket-a. HLS modul je sačinjen od tri manja modula: PVR modula, HLS segmentation modula i HTTP sever modula.

PVR modul prihvata zahteve korisnika putem komunikacionog modula. Nakon izvršenja tražene funkcionalnosti PVR modul šalje poruku komunikacionom ili DLNA modulu. Neki od zahteva se realizuju u okviru samog PVR modula, dok se ostali šalju na dalju obradu HLS segmentation modulu. Lista zahteva koju prihvata PVR modul je sledeća:

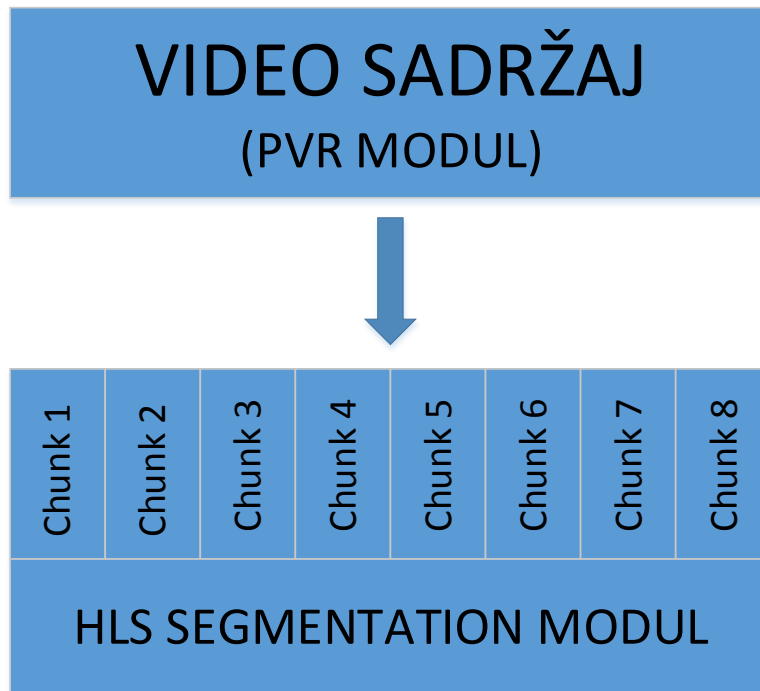
- TUNER_SAT_TUNE – tjunovanje na zadati satelitski transponder. Tjunovanje se vrši pomoću parametara koje korisnik sam određuje. To su sledeći parametri: identifikacioni broj tjunera i demodulatora, frekvencija izražena u kilohercima, modulacioni sistem (dvb ili dvbs2) i tip (qpsk ili 8psk) i symbol rate izražen u kSymb/s. Nakon izršenog tjunovanja vraća informacije o uspešnosti same operacije (lock/unlock), kvalitetu i jačini signala i frekvenciji u megahercima.
- RECORD_GET_STAT – izvršava se u okviru PVR modula. Na osnovu identifikacionog broja skladišta koje prosleđuje korisnik šalje se informacije o ukupnom kapacitetu i preostalom slobodnom prostoru u okviru skladišta izraženo u kilobajtima.
- RECORD_DELETE – brisanje video sadržaja sa određenim identifikacionim brojem iz skladišta. Brisanje se vrši u okviru PVR modula nakon čega se obaveštava komunikacioni modul koji briše video sadržaj sa tim identifikacionim brojem iz tekstualne datoteke (recordings).
- RECORD_CLEAR – brisanje svih video sadržaja koji se u tom trenutku nalaze u skladištu. Brisanje se takođe vršu u okviru PVR modula nakon čega se obaveštava komunikacioni modul koji briše sve video sadržaje u okviru recordings tekstualne datoteke.
- RECORD_CREATE – pravljenje novog video sadržaja na zahtev korisnika. Svi neophodni parametri se prosleđuju HLS segmentation modulu u okviru kojeg se pravi novi video sadržaj.
- RECORD_FROM_FREQ_AND_PID – ista funkcionalnost kao i kod RECORD_CREATE, samo što su parametri koje dobija komunikacioni modul

različiti. Komunikacioni modul izvlači neophodne parametre iz tekstualnih datoteka i kada ih prosledi HLS modulu ove dve funkcionalnosti se praktično svode na jednu istu.

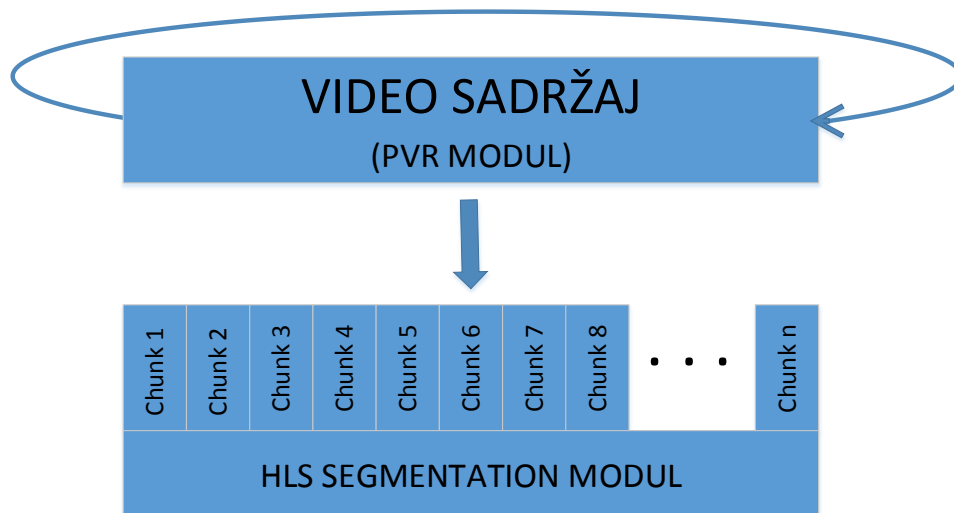
HLS segmentation modul realizuje snimanje video sadržaja, odnosno uz pomoć parametara koji su mu prosleđeni od strane PVR modula putem RECORD_CREATE i RECORD_FROM_FREQ_AND_PID komandi priprema video sadržaj za HTTP server kojim se omogućuje gledanje istog tog sadržaja. HLS segmentation modul koristi sledeće parametre da bi uspešno izvršio pripremanje video sadržaja za prikazivanje: tip snimanja (linearno ili cirkularno), identifikacioni broj skladišta, početno vreme snimanja, frekvenciju u kilohercima, simbol rate izražen u kSymb/s, video PID, audio PID, PCR PID, video kodek, audio kodek, ukupnu dužinu snimanja, naziv snimljenog sadržaja, vreme trajanja jednog segmenta, identifikacione brojeve tjunera, demodulatora i samog snimljenog sadržaja.

HLS segmentation modul nakon što primi sve neophodne parametre od strane PVR modula počinje sa segmentacijom video sadržaja. Za potrebe segmentacije video sadržaja se koristi open source biblioteka FFmpeg. Video sadržaj se deli na niz manjih video sadržaja jednakih dužina (chunk). Trajanje chunkova se izražava u sekundama i zadaje ga sam korisnik (najčešće deset sekundi). HLS segmentation modul pravi datoteku za svaki snimljeni video sadržaj odnosno index fajl (m3u8 ekstenzija) u okviru kojeg se nalaze nizovi izdvojenih chunkova datog video sadržaja. Da bi snimanje video sadržaja moglo da se realizuje neophodni su audio PID, video PID, PCR PID, audio kodek, video kodek kao i ime datoteke u koju će se smestiti snimljeni sadržaj. Nakon što je snimanje i segmentacija zadatog video sadržaja uspešno izvršena obaveštava se HTTP server modul.

Prilikom prosleđivanja video sadržaja od strane PVR modula ka HLS segmentation modulu i njegove same segmentacije moguća su dva slučaja. U prvom slučaju se zna dužina trajanja video sadržaja koji treba da se snimi i ceo video sadržaj se u istom trenutku prosleđuje na segmentaciju. U drugom slučaju se ne zna kolika će biti dužina video sadržaja koji treba da bude snimljen i prikazan korisniku pa se on šalje kontinualno HLS segmentation modulu na segmentaciju. Deljenje video sadržaja i njegovo prosleđivanje HLS segmentation modulu se vrši pomoću posebne funkcije *file2pipe*. Ova funkcija omogućava kontinualno prosleđivanje video sadržaja za segmentaciju, a samim tim omogućava se i kontinualna segmentacija i prikazivanje video sadržaja korisniku. Sve tri operacije (prosleđivanje, segmentacija i prikazivanje video sadržaja) se realizuju istovremeno i ovim konceptom se omogućava korisniku da gleda video sadržaj neograničene dužine uživo (live case).



Slika 4.5 Segmentacija video sadržaja poznate dužine trajanja



Slika 4.6 Segmentacija video sadržaja nepoznate dužine trajanja (live case)

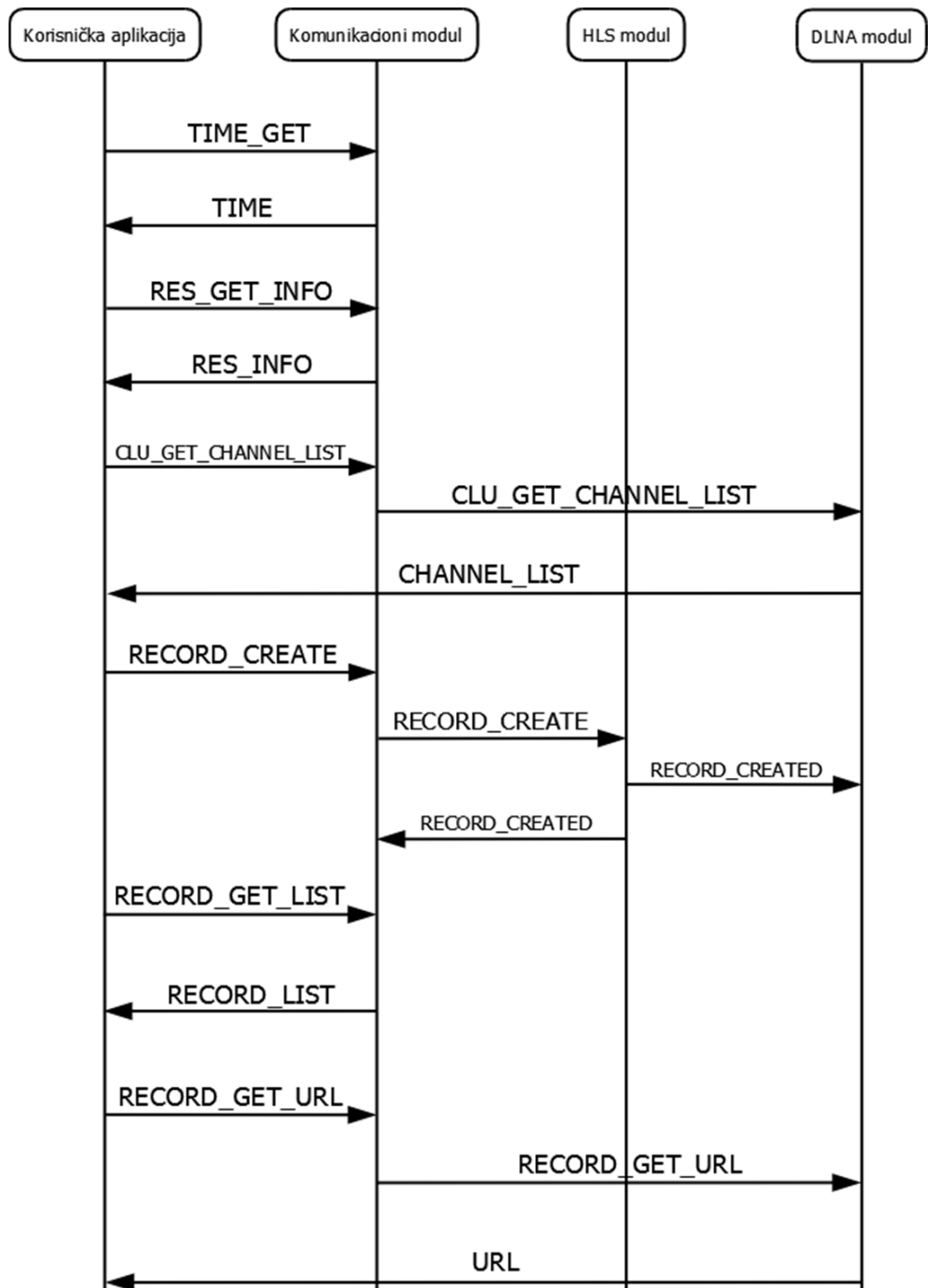
Osnovna funkcionalnost HTTP server modula je da obezbedi distribuciju video sadržaja do korisnika. Nakon što je snimanje video sadržaja uspešno izvršeno HTTP server za svaki video pravi posebnu URL adresu putem koje će korisnik moći da gleda željeni video. URL adresa se putem komunikacionog modula prosleđuje DLNA modulu koji na zahtev korisnika dostavlja URL traženog video sadržaja. Modul obezbeđuje kontinualnu distribuciju izdijeljenih delova video sadržaja – chunkova. Dodatna funkcionalnost koju obezbeđuje ovaj modul je promena kvaliteta video sadržaja u toku samog prikazivanja. Prilikom distribucije jednog chunka modul vrši testiranje brzine veze kojom se distribuira sadržaj i na osnovu toga određuje da li će sledeći

chunk koji šalje biti većeg ili manjeg kvaliteta (veća ili manja rezolucija). Ovim konceptom adaptivnog streaminga se omogućava da ne dolazi do seckanja prilikom gledanja video sadržaja.

4.3 DLNA modul

DLNA (Digital Living Network Alliance) modul se nalazi u okviru digitalnog TV prijemnika. Povezivanje korisničkih aplikacija sa digitalnim TV prijemnikom se realizuje putem ovog modula što ujedno predstavlja i najznačajniju funkcionalnost ovog modula. Povezivanje se realizuje pomoću UpNP (Universal Plug-and-Play) protokola. UpNP predstavlja skup mrežnih protokola putem kojih se mrežni uređaji (računari, štampači, mobilni uređaji, konvertori protokola) jednostavno međusobno „prepoznaju“ na mreži. Da bi se povezivanje uspešno izvršilo potrebno je proći kroz pet faza protokola: pribavljanje adrese, otkrivanje uređaja, predstavljanje (opisivanje) uređaja, upravljanje uređajem i objavljivanje događaja. Uređaji u okviru protokola su podeljeni u dve grupe: uređaj kojim se upravlja (digitalni TV prijemnik) i kontrolne tačke odnosno uređaji koji upravljaju digitalnim TV prijemnikom (korisničke aplikacije). UpNP omogućava TV prijemniku kada se prijavi na mrežu da objavi svoje prisustvo korisničkim aplikacijama. Sa druge strane korisničke aplikacije nakon prijave mogu da pretraže i nađu TV prijemnik kojem mogu da šalju zahteve. Poruka za otkrivanje uređaja se sastoji od tipa uređaja, jedinstvenog identifikacionog broja i opcionalnih podataka o stanju uređaja. TV prijemnik i korisničke aplikacije se prijavljuju na mrežu slanjem IP adrese i porta na koji žele da se prijave. Za komunikaciju u okviru protokola koriste se posebne ssdp poruke: byebye (isključivanje upravljanog uređaja sa mreže), update (šalje se prilikom promene broja mrežnih priključaka), discover (šalje korisnička aplikacija da bi pretražila mrežu).

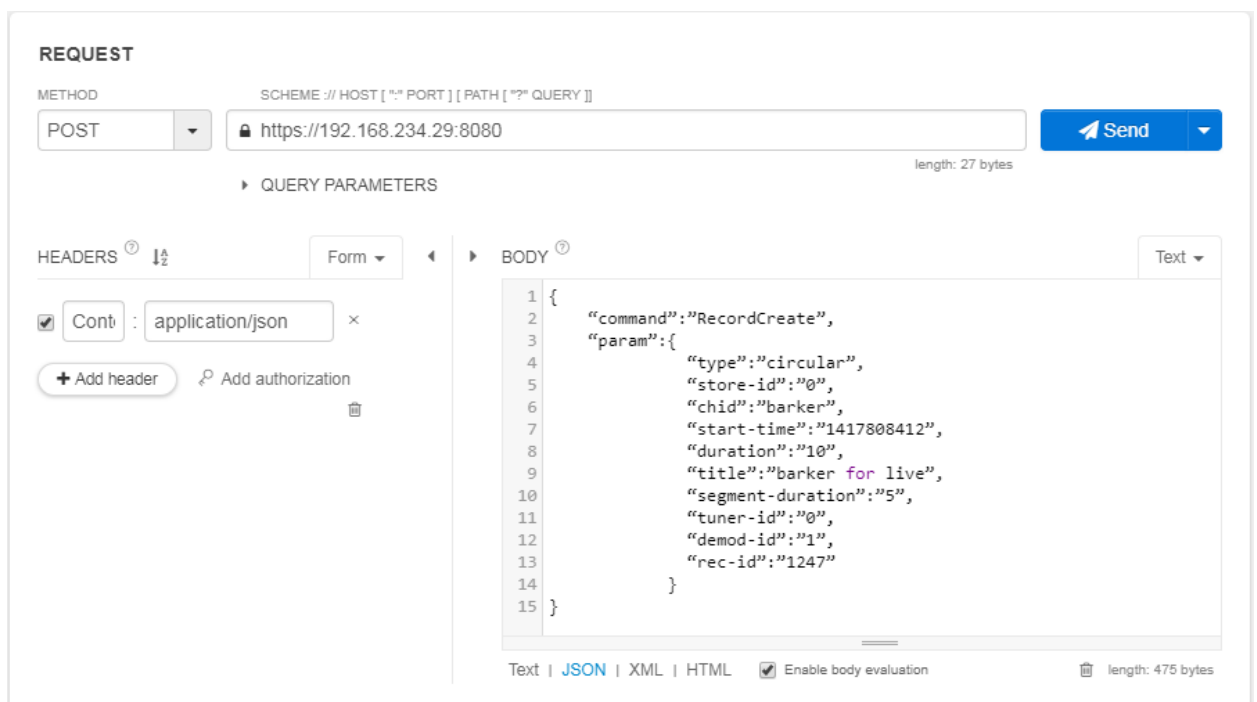
Osim same uspostave veze između korisničkih aplikacija i digitalnog TV prijemnika DLNA modul se koristi i za prosleđivanje određenih informacija. Nakon prijema zahteva od strane korisnika putem komunikacionog modula DLNA modul dostavlja listu svih trenutno dostupnih kanala. Takođe nakon što je snimanje određenog video sadržaja završeno i pripremljeno za distribuciju putem HTTP server modula DLNA modul prihvata od HTTP server modula sve URL adrese koje kasnije prosleđuje korisnicima na njihov zahtev. Pristupom na željene adrese korisnik može da gleda željeni video sadržaj koji se emituje od strane HTTP server modula.



Slika 4.7 Dijagram razmene poruka u okviru sistema

5. Testiranje

Za potrebe testiranja korišćena je Mstar razvojna ploča kao digitalni TV prijemnik, dok se za potrebe korisničke aplikacije koristio dodatak za google chrome Restlet client. Pomoću ovog HTTP klijenta je simulirana pametna korisnička aplikacija pomoću koje je uspostavljena veza sa digitalnim TV prijemnikom i omogućeno daljinsko upravljanje. Nakon dobavljanja URL adresa video sadržaj je prikazivan pomoću VLC media playera. Testirane su sve funkcionalnosti koji su realizovane u okviru digitalnog TV prijemnika, a tabela sa rezultatima je prikazana u tabeli 1.



Slika 5.1 Restlet client (korisnička aplikacija)

Redni broj testa	Korisnički zahtev	Opis testa	Rezultat testa
1.	RES_GET_INFO	Dobavljanje osnovnih informacija o digitalnom TV prijemniku.	Uspešan
2.	TUNER_SAT_TUNE	Tjunovanje digitalnog TV prijemnika na zadatu frekvenciju.	Uspešan
3.	TIME_GET	Dobavljanje trenutnog vremena sa digitalnog TV prijemnika.	Uspešan
4.	TIME_SET	Postavljanje prosleđenog vremena za trenutno vreme digitalnog TV prijemnika.	Uspešan
5.	CLU_GET_CHANNEL_LIST	Dobavljanje list svih trenutno dostupnih kanala koji se nalaze u okviru zadatog transpondera.	Uspešan
6.	RECORD_GET_STAT	Dobavljanje osnovnih informacija o memorijskom prostoru zadatog skladišta (ukupna veličina i slobodan prostor).	Uspešan
7.	RECORD_CREATE	Pravljenje novog video sadržaja.	Uspešan
8.	RECORD_GET_LIST	Dobavljanje liste svih trenutno dostupnih video sadržaja.	Uspešan
9.	RECORD_GET_INFO	Dobavljanje osnovnih informacija o jednom video sadržaju na osnovu njegovog jedinstvenog identifikacionog broja.	Uspešan
10.	RECORD_DELETE	Brisanje postojećeg video sadržaja iz liste svih trenutno dostupnih video sadržaja.	Uspešan

11.	RECORD_CLEAR	Brisanje svih video sadržaja iz zadatog skladišta.	Uspešan
12.	RECORD_GET_URL	Dobavljanje URL adrese oderđenog video sadržaja putem koje korisnik može da pristupi istom.	Uspešan
13.	RECORD_FROM_FREQ_AND_PID	Pravljenje novog video sadržaja.	Uspešan

Tabela 1. Rezultati testiranja funkcionalnosti digitalnog TV prijemnika

6. Zaključak

U ovom radu je prikazana jedna realizacija aplikativnog nivoa digitalnog TV prijemnika sa daljinskim upravljanjem. Osnovni cilj izrade rada bila je realizacija digitalnog TV prijemnika koji podržava distribuciju TV sadržaja putem IP mreže pri čemu je omogućena udaljena kontrola sa tableta, pametnog telefona ili nekog sličnog uređaja. Komunikacija između korisničkih aplikacija i digitalnog TV prijemnika je realizovana pomoću HTTP protokola, a poruke koje su se razmenjivale su pakovane u JSON format. Za potrebe snimanja video sadržaja korišćena je FFmpeg biblioteka. Testiranje je izvršeno pomoću Mstar razvojne ploče i Restlet HTTP klijenta koji je simulirao korisničku aplikaciju. Testirane su sve funkcionalnosti koje su realizovane u okviru digitalnog TV prijemnika i svi testovi su uspešno izvršeni.

Pravci daljeg razvoja se mogu odnositi na proširenje niza funkcionalnosti digitalnog TV prijemnika koje može korisnik da zahteva sa korisničke strane kao što su elektronski programski vodič, izbor audio traka, izbor jezika itd. Postojeće rešenje je moguće proširiti i dodavanjem novih protokola putem kojih bi se odvijala komunikacija između korisnika i digitalnog TV prijemnika (npr. WebSocket).

7. Literatura

- [1] W. Fischer, Digital Video and Audio Broadcasting Technology, A Practical Engineering Guide, Third Edition, Aug 2010
- [2] Pekowsky, S.; Jaeger, R., "The set-top box as "multi-media terminal"," Consumer Electronics, IEEE Transactions on , vol.44, no.3, pp.833,840, Aug 1998
- [3] Datta T., "Digital Covergence: the Set Top Box and Its Digital Interface, " White paper, Enthink, July 1998
- [4] Digital TV:A Cringley Crash Course – Digital Vs. Analog.Pbs.org., September 1998
- [5] U.Reimers, DVB: The Family of International Standards for Digital Video Broadcasting, July 2004
- [6] Ben Smith, Beginning JSON, March 2015
- [7] Steven Keller, JSON Book: Easy Learning of JavaScript Standard Object Notation, December 2016
- [8] Natanya Pitts, XML Black Book: The Complete Reference for XML Designers and Content Developers, Second Edition, November 2000
- [9] Erik T. Ray, Learning XML, Second Edition, September 2003
- [10] Nurzhan Nurseitov; Michael Paulson; Randall Reynolds; Clemente Izurieta, Comparison of JSON and XML data interchange format: A case study, January 2009
- [11] JSON C website, <https://github.com/json-c/json-c/wiki>, pristupio 20.06.2017.
- [12] R. Fielding, UC Irvine, J. Gettys, J. Mogul, H. Frystyk, L. Masinter, P. Leach, T. Berners-Lee, Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1, RFC 2616, IETF, 1999.
- [13] DVB-T & DVB-T2 Map, DVB Project, www.dvb.org , 2016 , pristupio 14.06.2017.