



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У
НОВОМ САДУ



Милан Иванковић

**ЈЕДНО РЕШЕЊЕ ИМПЛЕМЕНТАЦИЈЕ
ДИГИТАЛНОГ СНИМАЧА НА АНДРОИД ТВ
ПЛАТФОРМИ**

ДИПЛОМСКИ РАД
- Основне академске студије -

Нови Сад, (2017)



КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:			
Идентификациони број, ИБР:			
Тип документације, ТД:	Монографска документација		
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал		
Врста рада, ВР:	Завршни (Bachelor) рад		
Аутор, АУ:	Милан Иванковић		
Ментор, МН:	проф. Др Илија Башичевић		
Наслов рада, НР:	Једно решење имплементације дигиталног снимача на Андроид ТВ платформи		
Језик публикације, ЈП:	Српски / латиница		
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)	7/52/20/1/27/0/0		
Научна област, НО:	Електротехника и рачунарство		
Научна дисциплина, НД:	Рачунарска техника		
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Андроид, дигитална телевизија, дигитални видео снимач, лични видео снимач		
УДК			
Чува се, ЧУ:	У библиотеци Факултета техничких наука, Нови Сад		
Важна напомена, ВН:			
Извод, ИЗ:	У овом раду је реализовано једно решење дигиталног снимача за Андроид базирани пријемник за дигиталну телевизију. Реализовано је проширење апликације у Јава програмском језику. У раду је приказана структура целог програмског система, начин на који се апликација повезује са средњим слојем, као и резултати испитивања.		
Датум прихватања теме, ДП:			
Датум одбране, ДО:			
Чланови комисије, КО:	Председник:	проф. Др Мирослав Поповић	
	Члан:	проф. Др Иван Каштелан	Потпис ментора
	Члан, ментор:	проф. 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:	Bachelor Thesis	
Author, AU:	Milan Ivanković	
Mentor, MN:	Ilija Bašičević, PhD	
Title, TI:	A realization of digital video recorder for Android TV platform	
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: (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendices)	7/52/20/1/27/0/0	
Scientific field, SF:	Electrical Engineering	
Scientific discipline, SD:	Computer Engineering, Engineering of Computer Based Systems	
Subject/Key words, S/KW:	Android, digital television, digital video recorder, personal video recorder	
UC		
Holding data, HD:	The Library of Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia	
Note, N:		
Abstract, AB:	This paper presents one solution of digital video recorder for a Android platform based digital television device. The solution is developed as an extension of Java application. In the paper, the software structure is described, as well as the communication between application and middle ware. The results of testing are provided, too.	
Accepted by the Scientific Board on, ASB:		
Defended on, DE:		
Defended Board, DB:	President:	Miroslav Popović, PhD
	Member:	Ivan Kaštelan, PhD
	Member, Mentor:	Ilija Bašičević, PhD
		Menthor's sign

Zahvalnost

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

Takođe, zahvaljujem se mentoru dr Iliji Bašičeviću i stručnim saradnicima Darku Dejanoviću i Sretenu Tanackoviću na savetima i pomoći tokom izrade završnog rada. Posebno se zahvaljujem porodici na pruženoj podršci tokom dosadašnjeg školovanja.

SADRŽAJ

1.	Uvod.....	1
2.	Teorijske osnove	3
2.1	Android platforma.....	3
2.2	Digitalna televizija	6
2.3	Digitalni TV prijemnik.....	7
2.4	Fizička arhitektura STB-a	8
2.5	Programska podrška DTV-a.....	10
2.6	Android programska podrška TV prijemnika - TIF	12
2.6.1	Komponente Android programske podrške za TV uređaje	12
2.6.2	TV snabdevač	14
2.6.3	TV ulazni rukovaoc	15
2.6.4	TV ulaz	15
2.6.5	TV aplikacija	16
2.7	Personalni video snimač - PVR.....	17
2.7.1	Snimanje sadržaja	18
2.7.2	Reprodukciјa sadržaja.....	18
2.7.3	Odloženo gledanje sadržaja	19
2.7.4	PVR u TIF-u	19
3.	Koncept rešenja.....	21
3.1	Komponente sistema	21
3.2	Karakteristike ciljne platforme i ograničenja	22
3.3	Tehnički opis programske podrške digitalnog snimača	23

4.	Programsko rešenje	27
4.1	Snimanje sadržaja.....	28
4.2	Skladištenje podataka	31
4.3	Reprodukција sadržaja	31
5.	Ispitivanje i verifikacija	35
6.	Zaključak	41
7.	Literatura.....	42

SPISAK SLIKA

Slika 2.1 - Arhitektura Android programskog steka [1]	4
Slika 2.2 - Način isporuke TVsadržaja	6
Slika 2.3 - Mapa sveta po odabranom DTV standardu	7
Slika 2.4 - Fizička arhitektura televizijskog prijemnika	9
Slika 2.5 - Proširenja Android programskog steka sa DTV funkcionalnostima	10
Slika 2.6 - Veza između elemenata fizičke arhitekture.....	12
Slika 2.7 - TIF Arhitektura.....	13
Slika 2.8 - TV snabdevač	14
Slika 2.9 - TV ulaz treće strane.....	16
Slika 2.10 - Prikaz PVR funkcionalnosti	20
Slika 3.1 - Razvojna platforma	22
Slika 3.2 - Gledanje uživo emitovanog TV programa bez podrške za digitalni snimač	24
Slika 3.3 - Gledanje uživo emitovanog TV programa sa podrškom za digitalni snimač.....	24
Slika 3.4 - Snimanje ili pauziranje uživo emitovanog TV programa.....	25
Slika 3.5 - Gledanje vremenski pomerenog sadržaja TV programa	25
Slika 3.6 - Gledanje vremenski pomerenog sadržaja TV programa uz istovremeno snimanje drugog sadržaja	26
Slika 3.7 - Gledanje sadržaja snimljenog i sačuvanog na trajnoj memoriji	26
Slika 4.1 - Sekvencijalni dijagram PVR snimanja sadržaja.....	30
Slika 4.2 - Sekvencijalni dijagram PVR reprodukovanja snimljenog sadržaja	34
Slika 5.1 - Dijagram JUnit testova	36
Slika 5.2 - Pokretanje snimnja sadržaja	37
Slika 5.3 - Odabir dužine trajanja snimanja	37

Slika 5.4 - Snimanje sadržaja uz mogućnost prekidanja.....	38
Slika 5.5 - Zaustavljanje snimanja sadržaja	38
Slika 5.6 - Lista dostupnih snimaka	39
Slika 5.7 - Opis snimka i moguće akcije.....	39
Slika 5.8 - Reprodukcija snimka	40

SKRAĆENICE

DTV	- <i>Digital Television</i> , Digitalna televizija
STB	- <i>Set-Top Box</i> , Uređaj za prijem TV signala
DVB	- <i>Digital Video Broadcasting</i> , Standard za digitalnu televiziju
PVR	- <i>Personal Video Recorder</i> , Lični video snimač
DVR	- <i>Digital Video Recorder</i> , Digitalni video snimač
HAL	- <i>Hardware Abstraction Layer</i> , Sloj programske podrške za apstrakciju fizičke arhitekture
MAL	- <i>Middleware Abstraction Layer</i> , prilagodni sloj programske podrške televizijskog prijemnika ka klijentskim aplikacijama
JNI	- <i>Java native interface</i> , sprega Java programskog jezika i C koda
TIF	- <i>TV input Framework</i> , Android programska podrška TV prijemnika
EIT	- <i>Event Information Table</i> , Tabela informacija o događajima na servisu
EPG	- <i>Electronic Program Guide</i> , Elektronski programski vodič
USB	- <i>Universal Serial Bus</i> , Univerzalna serijska magistrala
SQL	- <i>Structured Query Language</i> , Strukturirani jezik za upite
LAN	- <i>Local Area Network</i> , Lokalna mreža
WLAN	- <i>Wireless Local Area Network</i> , Bežična lokalna mreža
URI	- <i>Uniform Resource Identifier</i> , Jedinstveni identifikator resursa
API	- <i>Application program interface</i> , Aplikativna programska sprega

1. Uvod

U ovom radu je opisan problem, koncept i realizacija podrške za osnovnu funkcionalnost digitalnog snimača na Android Nougat baziranom prijemniku za digitalnu televiziju, odnosno PVR funkcionalnost (eng. Personal Video Recorder). Podrška je realizovana proširenjem postojećeg prilagodnog sloja za Broadcom 7252S platformu, koja je odabrana kao ciljna platforma. Dat je prikaz realizacije sprege Java programskog jezika i C koda potrebne za realizaciju funkcionalnosti digitalnog snimača i komunikaciju sa programskom podrškom digitalnog televizijskog prijemnika.

Televizija podrazumeva telekomunikacioni medijum za slanje i prijem pokretnih slika i zvuka [1]. Moderna domaćinstva teže ka povezivanju raznih uređaja u jedinstven sistem koji čine: digitalni televizijski prijemnici, personalni računari, prenosivi računari, tableti, pametni telefoni itd. Kućne bežične mreže povezuju uređaje u cilju omogućavanja deljenja podataka između uređaja, prenosa multimedijalnog sadržaja u realnom vremenu i daljinskog upravljanja uređajima. Digitalni televizijski prijemnik predstavlja jedan od centralnih uređaja u sferi kućne zabave i njegov neprestan razvoj otvara niz novih mogućnosti kao što su prenos digitalnog medijskog sadržaja, mozaik i snimanje i reprodukcija dostupnog sadržaja. Fizička arhitektura televizijskog prijemnika prvo bitno je omogućavala osnovne funkcionalnosti poput prijema televizijskog signala, njegove obrade i prikaza, što je zahtevalo jednostavnu programsku podršku. Dodavanjem različitih tipova fizičkih dekodera, tvrdih diskova (engl. Hard disk), uređaja za čitanje optičkog medijuma (engl. Compact disk), USB uređaja (engl. Universal Serial Bus), LAN (engl. Local Area Network) i WLAN (engl. Wireless Local Area Network) sprežnih sistema usložnjava se programska podrška digitalnog televizijskog prijemnika.

Android Nougat predstavlja sedmu verziju Android platforme. Zvanično je pušten u rad 22.8.2016. Za uređaje koji koriste verziju Android 7.0 [4] i iznad, TV aplikacija mora da podržava Android programski okvir za podršku, snimanje i prikaz TV sadržaja (eng. Android Framework TV Recording API). Ovo omogućava proizvođaču uređaja da ugradi svoj PVR (eng. Personal Video Recorder) sistem u programsku podršku DTV (end. Digital Television) uređaja i drastično smanji napor potreban da se integrišu i omoguće PVR funkcionalnosti na TV uređaju. Pored snimanja uživo sadržaja, TV aplikacija takođe rukuje konfliktima više resura. Na primer, ako uređaj ima dva frekvencijski odabirača, može da se snime dva programa u isto vreme. Ako korisnik traži da se snime tri programa, TV aplikacija mora obavestiti korisnika da odusatane od snimanja ili izabere prioritetne zahteve za snimanje. TV aplikacije takođe mogu implementirati sofisticiraniju logiku koja omogućava korisniku da zabeleži sve buduće epizode serije kada zahteva da snimi jednu od epizoda.

Rad je sačinjen od sedam poglavlja. Prvo poglavlje sadrži osnovne podatke o radu i opis rada, odnosno kraći uvod.

Druge poglavlje sadrži opis i namene Android platforme, koncept digitalne televizije, opis programske podrške za digitalnu televiziju koja koristi Android platformu i opis koncepta i funkcionalnosti PVR snimanja sadržaja.

Treće poglavlje daje kratak opis ciljane platforme, ograničenja koja postavlja i pregled slojeva sistema koji opisuju predlog rešenja, realizacije i prikaza funkcionalnosti digitalnog snimača na prijemniku digitalnog televizijskog signala koji je zasnovan na Android platformi.

Četvrto poglavlje sadrži detaljan opis programskog rešenja, odnosno realizacije funkcija digitalnog snimača u okviru programske podrške televizijskog prijemnika kao i viših slojeva programske podrške potrebnih za kompletну funkcionalnost digitalnog snimača na prijemniku digitalnog televizijskog signala koji je zasnovan na Android platformi.

Peto poglavlje je sačinjeno od opisa provera koje su urađene nakon realizacije funkcionalnosti digitalnog snimača. U ovom poglavlju su opisani i dobijeni rezultati.

Šesto poglavlje sadrži kratak pregled onoga što je urađeno u ovom radu i kakvi su dalji pravci razvoja.

U sedmom poglavlju je dat spisak korišćene literature tokom izrade ovog rada.

2. Teorijske osnove

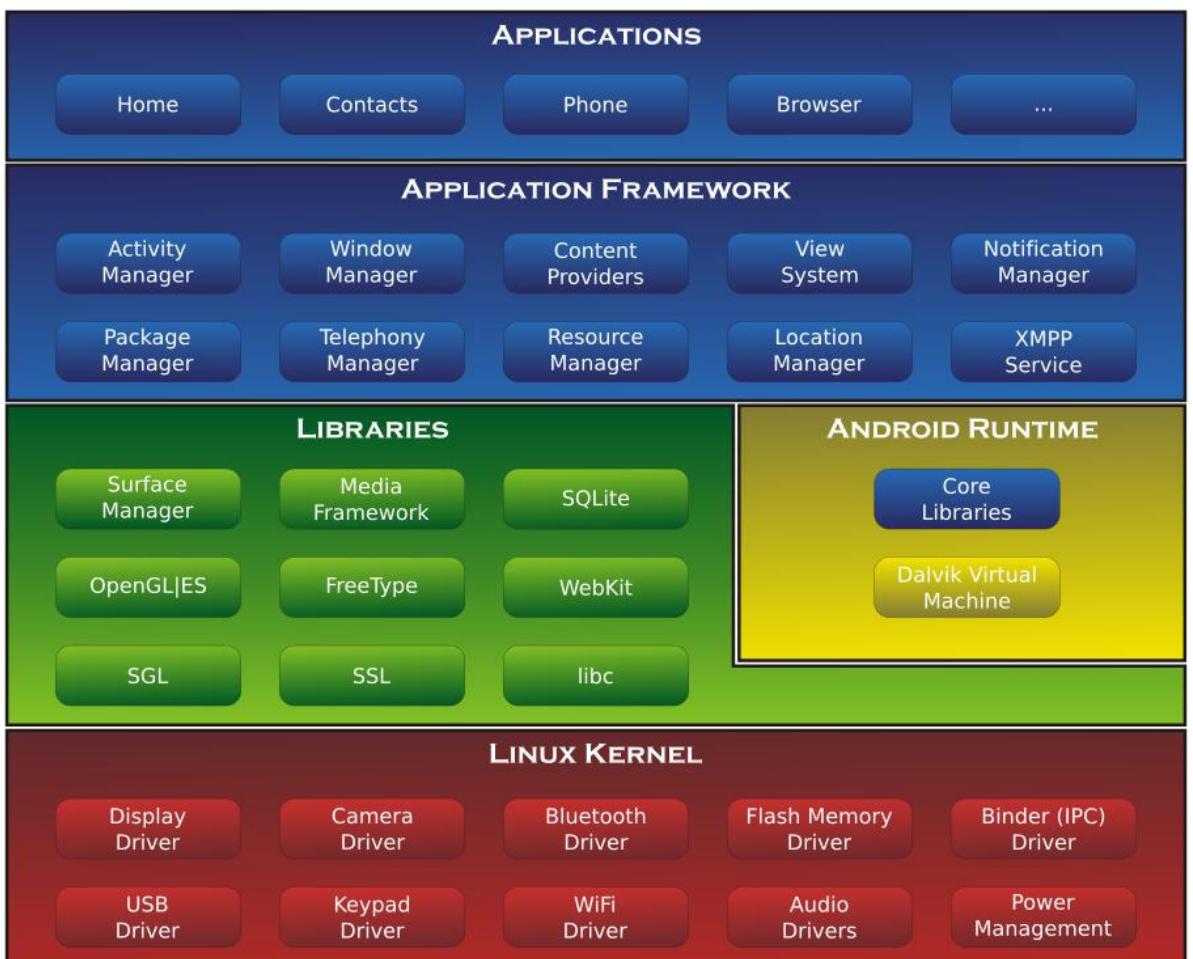
U ovom poglavlju dati su opis i namena Android platforme, koncept digitalne televizije, opis programske podrške za digitalnu televiziju koja koristi Android platformu i opis koncepta i funkcionalnosti PVR snimanja sadržaja.

2.1 Android platforma

Android je platforma pre svega namenjen mobilnim telefonima i tablet računarima. Za razliku od ostalih, Android je otvorenog koda što omogućava korisniku određeni stepen slobode u prilagođenju svojim potrebama. Android aplikacije su nezavisne od fizičke arhitekture, odnosno mogu se izvršavati na raznim platformama. Sve ovo čini Android jednim od najpopularnijih platformi za mobilne uređaje pre svega, ali u poslednje vreme i za druge uređaje kao na primer DTV prijemnike.

Na slici 2.1 je prikazana arhitektura Android platforme. Kao što vidimo Android stek možemo podeliti u različite slojeve i to su:

- operativni sistem
- srednji sloj (engl. middleware)
- aplikativni sloj



Slika 2.1 - Arhitektura Android programskega steka [1]

Android programski stek zasnovan je na linux jezgru. Linux jezgro je zaduženo za komunikaciju sa fizičkom arhitekturom i u ovom sloju se nalaze svi potrebni rukovaoci elementima fizičke arhitekture. Ovaj sloj u isto vreme deluje i kao apstrakcioni sloj između fizičke arhitekture i ostalih slojeva programske podrške. Linux jezgro je zaduženo i za upravljanje memorijom, upravljanje procesima, mrežne operacije, sigurnosna podešavanja itd.

Sledeći sloj predstavljaju nativne biblioteke. Pored nativnih biblioteka Android obuhvata i skup osnovnih biblioteka koje sadrže najveći deo funkcionalnosti sadržan u bibliotekama Java programskega jezika.

Aplikativni sloj se sastoji od aplikacijskog okvira (engl. Application Framework) i samih aplikacija. Aplikacijski okvir sadrži programe koji upravljaju osnovnim resursima, dok aplikacije direktno koriste ove programe.

Android ima aktivnu zajednicu programera [2] koji koriste Android projekat otvorenog koda (eng. Android Open Source Project - AOSP) da bi razvili i proizveli njihove lične verzije ovog operativnog sistema. Izdanja koja napravi ova zajednica obično donose nove dodatke i nadogradnje uređajima brže nego što bi to uradio zvanični proizvođač, sa uporedivim nivoom

kvaliteta. Takođe oni nastavljaju sa pružanjem podrške za zastarele uređaje koji više ne dobijaju zvanične nadogradnje ili spuštaju Android na uređaje koji su prvobitno bili namenjeni za neke druge operativne sisteme. Ova izdanja često pružaju korisniku sva prava i dozvole i sadrže izmene koje nisu obezbeđene od strane prodavca, kao što je mogućnost promena takta i napona procesora uređaja.

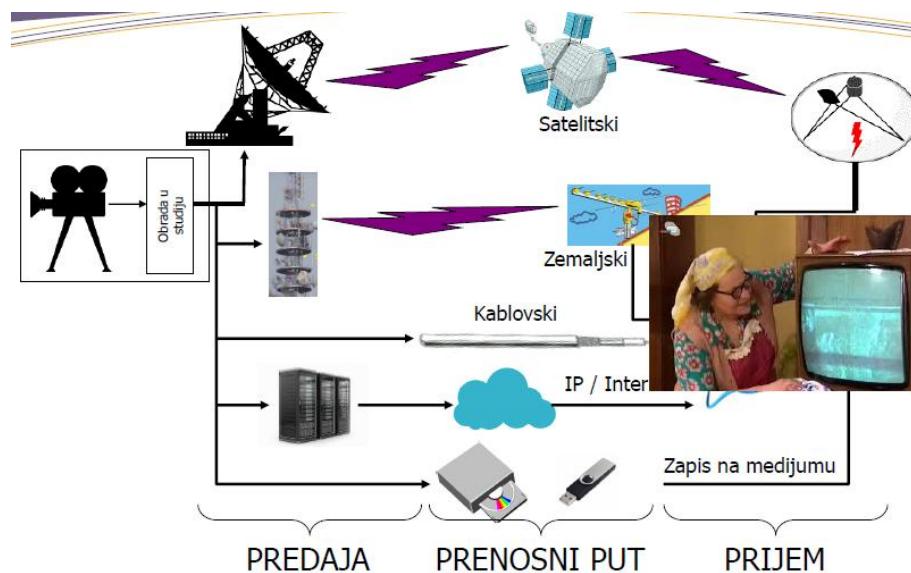
Google Mobile Services (skr. GMS) [3] su aplikacije i servisi obezbeđeni od strane Gugla u nameri da poboljšaju korisničko iskustvo prilikom korišćenja mobilnih, kao i DTV uređaja. GMS se razlikuje od Androida jer svi servisi i aplikacije ostaju pod potpunom “odvojenom licencom” od strane Gugla. Neki od pripadnika ovih aplikacija i servisa su:

- Gmail – Guglov lični email snabdevač
- Chrome – Guglov internet pretraživač
- Google+ - Guglova društvena mreža
- Google Maps – Guglove mape
- YouTube – sajt za reprodukciju video sadržaja
- Google Docs – Aplikacija koja omogućuje korisniku da pravi, menja ili posmatra različite vrste dokumenata
- Google Translate – Guglova stranica za prevodenje reči sa jednog jezika na drugi
- Waze – Pomaže korisnicima prilikom svakodnevnih vožnji. To je programska podrška u realnom vremenu koja daje informacije o saobraćaju

Dok AOSP obezbeđuje uobičajene funkcionalnosti poput elektronske pošte i poziva, GMS nije deo AOSP-a. GMS je jedino dostupan putem Guglove licence i sa sobom donosi pun diapason popularnih aplikacija i servisa koji su bazirani na oblaku (eng. Cloud). Najbolja strana GMS-a je to što prilikom njegovog instaliranja na uređaj ne zahteva dodatno nadoknade i plaćanja. Korisnik sam može da izabere da unapred instalira GMS aplikacija, isto kao i sopstvene unapred instalirane aplikacije, aplikacije koje su napravljene od strane trećeg lica ili AOSP aplikacije. Naravno, korisnik može da instalira takođe i ostale aplikacije koje izabere u Guglovoj prodavnici (eng. Google Play Service).

2.2 Digitalna televizija

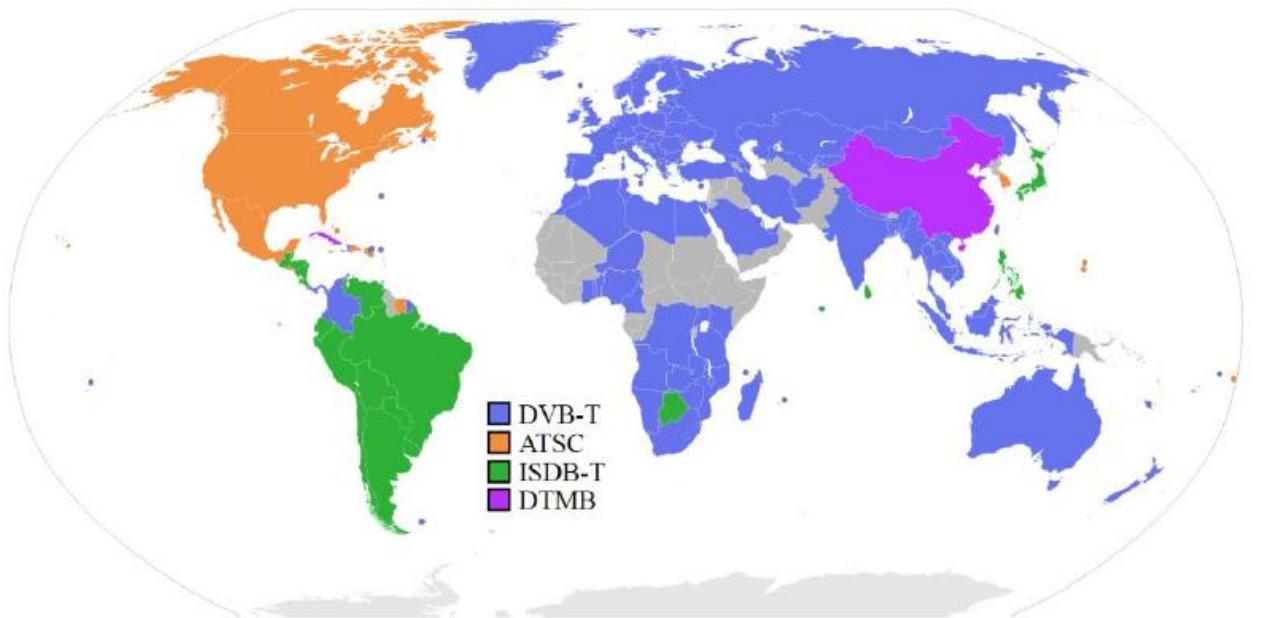
Digitalna televizija predstavlja prenos audio i video zapisa, kao i dodatnih informacija u digitalnom formatu.



Slika 2.2 - Način isporuke TVsadržaja

Prednosti digitalne televizije u odnosu na analognu su pre svega kvalitetniji zvuk i slika. Takođe, digitalna televizija omogućuje prenos više TV servisa na jednoj frekvenciji i uopšte veću količinu informacija. Digitalni TV prijemnici uglavnom poseduju i pristup internetu, kao i mogućnost izvršavanja mnogobrojnih aplikacija pisanih u Javi, HTML-u i drugim programskim jezicima, što dovodi do postojanja interaktivne televizije. Takođe, kao posledica veće količine informacija koje se prenose tokom podataka u digitalnoj televiziji gledalac je u mogućnosti da bira između različitih video ili audio zapisa, jezika prevoda na jednom TV servisu, kao i da koristi TV aplikacije poput programskog vodiča ili ličnog video snimača (PVR). Najznačajniji standardi digitalne televizije su:

- DVB – grupa standarda koja se koristi u Evropi ali i u većem delu sveta
- ATSC – standardi koji se primenjuju u digitalnom TV prenosu zemaljskim vezama u SAD, Kanadi, Meksiku, Južnoj Koreji
- OCAP – standard koji se koristi u SAD u kablovskoj digitalnoj televiziji
- ISDB – grupa DTV standarda nastala u Japanu
- DTMB – grupa DTV standarda nastala u Kini



Slika 2.3 - Mapa sveta po odabranom DTV standardu

2.3 Digitalni TV prijemnik

Digitalni televizijski prijemnik [5] je uređaj koji vrši konverziju televizijskog signala sa zemaljske (engl. Digital Video Broadcasting – Terrestrial - DVB-T), kablovske (engl. Digital Video Broadcasting – Cable - DVB-C) ili satelitske (engl. Digital Video Broadcasting – Satellite-DVB-S) mreže sa ciljem prikaza sadržaja na standardnim LCD (engl. Liquid Crystal Display), LED (engl. Light emitting diode) ili analognim televizorima. Prijemnik može biti ugrađen u TV uređaj ili odvojen uređaj tj. STB (engl. STB – Set Top Box) [6].

Koncept STB se pojavljuje 60-tih godina 20. veka kao uređaj za prevođenje UHF (engl. Ultra High Frequency) frekvencija na VHF (engl. Very High Frequency) frekvencije. Iсторијски, први digitalni STB uređaji su primali signal sa kablovske mreže. Уведен су да надокнаде недостатке изазване разликама између emitovanog i kablovskog signala. [7] Међутим, у digitalnoj eri uloga digitalnog STB uređaja nije samo prijem signala, već uređaj koji ima većinu osobina personalnog računara i multimedijalnog uređaja [8].

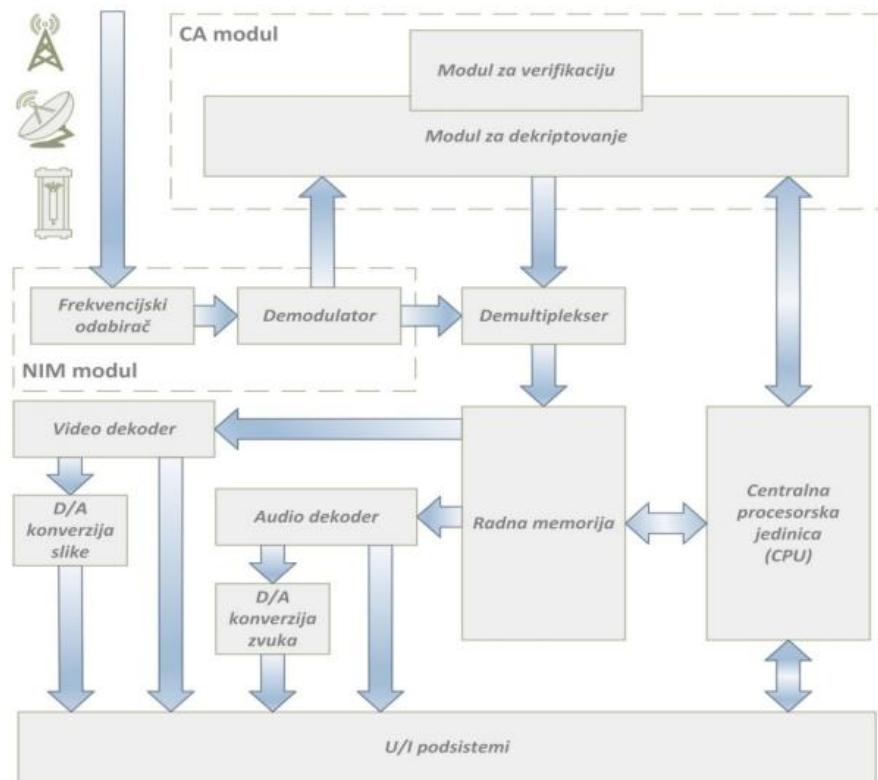
Za prenos signala preko različitih medijuma se koristi MPEG 2 standard. Razvoj MPEG (engl. Motion Picture Experts Group) standarda je unapredio kompresiju signala na MPEG 4 standard na sva tri medijuma.

Osnovne funkcionalnosti STB uređaja su:

- Obrada emitovanog signala – Sposobnost da se obradi emitovani DVB signal predstavlja osnovnu funkcionalnost STB uređaja. Emitovani signal je u analognom obliku sa opsegom signala kanala od 8MHz. STB uređaj mora da odabere opseg radio frekvencije (engl. RF - Radio Frequencies) koja je vezan za odabrani kanal.
- Sigurnost – Obezbeđivanje zaštite signala od neovlašćenog pristupa. STB uređaj dekriptuje signal na osnovu PID-a (engl. Packet Identifier) koji definiše vezu između paketa i kanala. ECM (engl. Entitlement Control Messages) i EMM (engl. Entitlement Management Messages) paketi sa dodatnim CA nosiocima podataka se dobavljaju u toku demultiplesiranja i šalju CA modulu na potvrdu. Ako CA modul ne potvrdi da je sadržaj dostupan korisniku signal se ne dekriptuje, pri čemu je zadovoljena sigurnost na STB uređaju.
- Obrada audio i video podataka – Audio i video paketi se pomoću demultiplesera razdvajaju. MPEG2 video signal je enkodovan u Y/Cr/Cb formatu koji se pretvara u format koji se može prikazati na monitoru.
- Interakcija sa korisnikom – Korisnik može da odabere sadržaj koji želi da gleda pomoću daljinskog upravljača. Da bi se poboljšala usluga, operaterima se šalje povratna informacija o kanalima koji korisnik gleda.

2.4 Fizička arhitektura STB-a

Fizička arhitektura personalnih računara se često koristi kao referenca STB fizičkoj arhitekturi. Personalni računari imaju brze procesore, veliku količinu memorije i grafičke kartice koje obrađuju audio i video signal u realnom vremenu. Za razliku od personalnih računara koji izvršavaju širok spektar programa, STB uređaji su projektovani da obrade DTV signal sa ograničenim brojem aplikacija. Za projektovanje arhitekture STB uređaja koriste se dva koncepta: otvorena arhitektura (engl. Open Arhitecture) [9] i interoperabilan koncept (engl. Interoperable) [10]. STB uređaj je sačinjen od različitih nezavisnih funkcionalnih modula koji sadrže komponente fizičke arhitekture i/ili programske podrške koje su povezane i predstavljaju intelektualnu svojinu. Otvorena arhitektura znači da su svi moduli u STB uređaju ponašaju po FRND [11] (engl. Fair Reasonable Non Discriminatory) uslovima postavljenim od strane priznatih međunarodnih tela. Interoperabilnost podrazumeva da STB uređaj treba da ima mogućnost prijema signala sa svih medijuma.



Slika 2.4 - Fizička arhitektura televizijskog prijemnika

Arhitektura STB uređaja je sačinjena od:

- Mrežnog sprežnog modula (engl. Network Interface Module - NIM)
- Demultipleksera
- Radne memorije
- Centralnog procesora
- D/A konvertera zvuka i slike
- Video i audio dekodera
- Izlazno/Ulazni podsistema
- CA modula

Mrežno sprežni modul je sačinjen od frekvenčnog odabirača i demodulatora. Frekvenčni odabirač služi da se STB uređaj poveže na frekvenčni opseg. Fizička arhitektura je slična za sve DVB STB uređaje osim demodulatora koji je različit za različite medijume prenosa signala. Sličnost u arhitekturi STB uređaja je dovela do smanjenja cene proizvodnje uređaja koji podržavaju prijem signala sa sva tri medijuma. Demodulator služi da pretvori RF (eng. Radio frequency) signal sa frekvenčnog odabirača u originalni signal.

Zadatak demultipleksera je da iz toka podataka odvoji sve pakete u njihov specifičan format. Podaci nad kojima se vrši demultiplexiranje sadrže audio, video i DVB pakete (SI-Service information i PSI-Program-specific information tebele).

Dekoder je uređaj koji prima tok podataka koji izlazi sa demultipleksera i vrši dekompresiju zahtevanog video sadržaja. Danas najčešće korišćeni fizički dekoderi u STB uređajima su dekoderi koji vrše dekompresiju MPEG 2 i MPEG 4 formata.

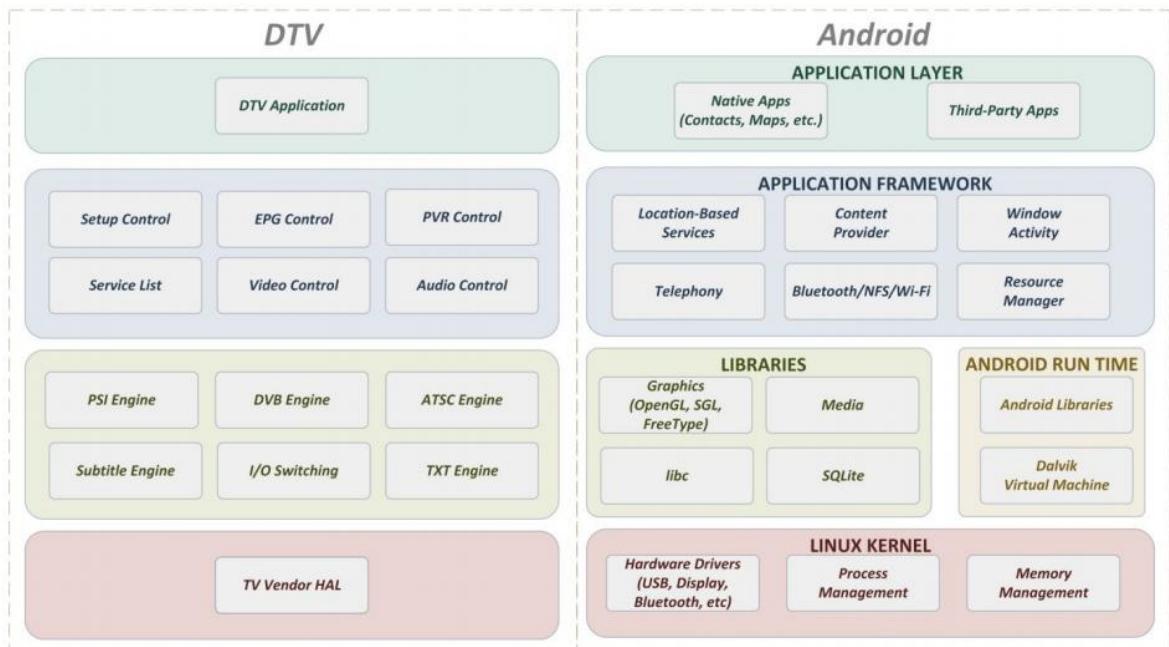
Centralni procesor predstavlja ključnu komponentu za ispravan rad uređaja za prijem DTV signala. On obavlja inicijalizaciju i konfiguraciju svih komponenti uređaja, izdaje komande blokovima fizičke arhitekture i nadgleda njihov rad. Dodatno, centralni procesor rukuje mašinom stanja na aplikativnom nivou, odnosno, obezbeđuje rad DTV aplikacije koja komunicira sa korisnicima uređaja. Centralni procesor i programska podrška koja se na njemu izvršava su od centralnog značaja za rad DTV uređaja.

CA modul je jedan od najvažnijih elemenata u STB uređajima. Ovaj modul je bitan za vodeće proizvođače STB uređaja, jer omogućava televizijskim kompanijama da naplaćuju emitovanje. ICAM (engl. Integrated Conditional Access Modul) se nalazi ispred demultipleksera i vrši dekripciju enkriptovanog signala.

Memorija STB uređaja najčešće podrazumeva ROM (engl. Read Only Memory), RAM (engl. Random Access Memory) i Flash memoriju.

2.5 Programska podrška DTV-a

Programska podrška digitalnog televizijskog prijemnika zasnovanog na Android programskom steku je prikazana na Slici 2.5.



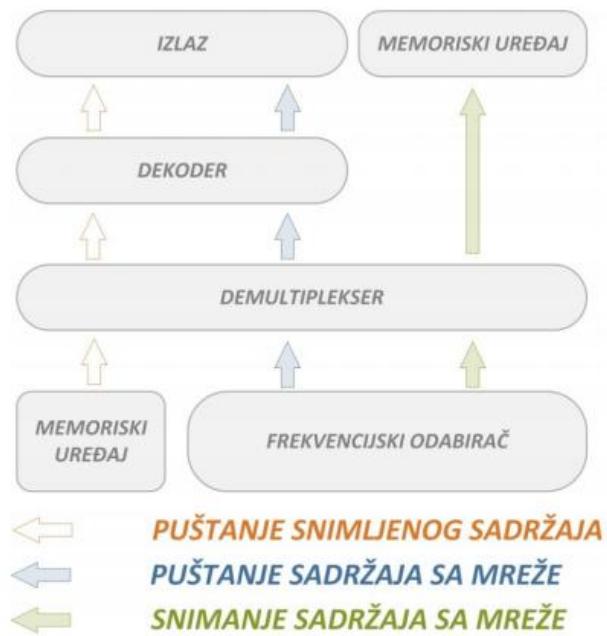
Slika 2.5 - Proširenja Android programskog steka sa DTV funkcionalnostima

TV HAL (engl. Hardware Abstraction Layer) [12] je programska podrška koja apstrahuje fizičku arhitekturu digitalnog televizijskog prijemnika. Ovaj sloj je specifičan za svakog proizvođača STB uređaja. U istom nivou gde su biblioteke u Android programskom steku se nalaze srednji sloj DTV prijemnika (eng. Middleware). Srednji sloj [13][14] je ključni elemenat kod distribuiranih, heterogenih sistema. Cilj razvoja ove tehnologije je obezbeđenje interoperabilnosti u heterogenom okruženju. Pod interoperabilnošću se podrazumeva sposobnost za zajednički rad različitih sistema, tehnika ili organizacija.

Srednji sloj se implementira kao programska podrška koja se nalazi između aplikacija i bazne programske podrške sistema (upravljači fizičkom arhitekturom, operativni sistem, mrežne funkcije). Upotrebom zajedničke sprege za programiranje (engl. application programming interface - API) „maskira“ se kompleksnost entiteta (aplikacija ili baza podataka) koji se povezuje i platforme na kojima se oni nalaze. Srednji sloj kod DTV uređaja se deli na tri nivoa. Donji nivo (HAL - Hardware Abstraction Layer) je sloj koje adaptira programsku podršku proizvođača za jezgro srednjeg sloja. U sredini se nalazi jezgro srednjeg sloja koje je sačinjeno od: modula za povezivanje izvršnog toka, modula za obradu teleteksta, modula za obradu prevoda, modula za parsiranje digitalnog toka, modula za prikupljanje podataka za programski vodič, modula za podršku snimanja itd. Moduli za povezivanje izvršnog toka podrazumevaju povezivanje elemenata fizičke arhitekture (frekvencijskog odabirača, demultiplexera, dekodera, memorijskih uređaja i izlaznih uređaja) koji su apstrahovani u HAL sloju da omoguće funkcionalnosti kao što su reprodukcija, snimanje, odloženo gledanje (Slika 2.6). Moduli čija je funkcionalnost podrška za snimanje omogućavaju kreiranje i rukovanje vremenskim okidačima i podsetnicima. Pomoću vremenskih okidača korisnik može da zakaže snimanje emisije. Snimanje emisije počinje kada se događaj u EIT (engl. Event Information Table – tabela informacija o programu) tabeli poklopi sa događajem podešenim u vremenskom okidaču.

Iznad jezgra srednjeg sloja se nalazi sloj za apstrakciju srednjeg sloja (engl. MAL - Middleware Abstraction Layer). MAL sloj vrši skupljanje svih funkcionalnosti srednjeg sloja u jednu korisničku spregu. U MAL sloju su grupisane programske sprege za kontrolu snimanja, reprodukcije, odloženog gledanja, kao i rukovanje snimcima.

Android servis koji se nalazi na nivou aplikacionog okvira je sprega između programske podrške televizijskog prijemnika i aplikacija. Da bi se omogućila komunikacija između Android DTV servisa i programske podrške TV prijemnika napisane u C ili C++ programskom jeziku (nativnom sloju) koristi se JNI (engl. Java Native Interface). JNI direktno komunicira sa MAL slojem. Svaki modul (kontrola) koji je apstrahovana u MAL sloju je preko JNI sloja preslikan na kontrole DTV servisa. Na najvišem nivou se nalazi TV aplikacija [15] koja predstavlja aplikaciju za prikaz DTV funkcionalnosti.



Slika 2.6 - Veza između elemenata fizičke arhitekture

2.6 Android programska podrška TV prijemnika - TIF

Android programska podrška za TV uređaje (eng. TV Input Framework, TIF) [4] definiše aplikativnu programsku spregu i standardizuje način implementacije dopremanja emitovanog sadržaja do TV aplikacije. TIF omogućuje implementaciju TV ulaza preko kog je moguće reprodukovati sadržaj sa mrežnog poslužioca i/ili iz DVB transportnog toka podataka kao i pretragu televizije uživo. Programska podrška ne teži ka tome da implementira TV standarde ili regionalne zahteve, ali proizvođačima uređaja omogućava da lakše ispune regionalne digitalne TV standarde bez ponovne implementacije.

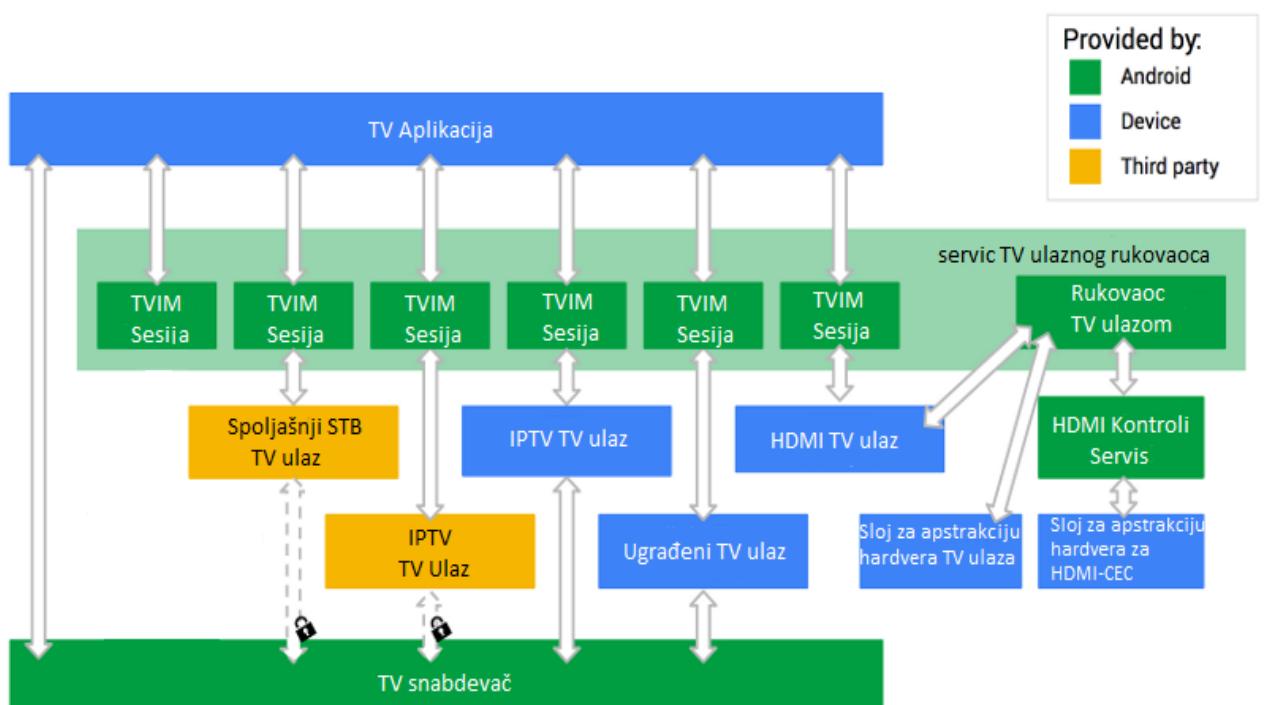
2.6.1 Komponente Android programske podrške za TV uređaje

TV aplikacija putem TIF-a pristupa ugrađenim modulima koji su isporučeni od strane proizvođača ili neke druge strane putem TV ulaznog rukovaoca. TIF se sastoji od:

- TV aplikacija (eng. TV Application): aplikacija pomoću koje korisnik rukuje sa hibridnom programskom podrškom za TV uređaje
- TV ulazni rukovaoc (eng. TV Input Manager): omogućuje TV ulazima da komuniciraju sa TV aplikacijom
- TV snabdevač (eng. TV Provider): baza podataka sa kanalima, programima i pratećim dozvolama

- TV ulaz (eng. TV Input): aplikacija koja predstavlja jedan izvor TV sadržaja
- Ulazna TV fizička arhitektura (eng. TV Input Hardware Abstraction Layer): fizička definicija arhitekture koja omogućuje sistemskim TV ulazima pristup fizičkoj arhitekturi specifičnoj za televiziju
- Roditeljska kontrola (eng. Parental Control): tehnologija koja omogućuje blokiranje kanala i programa
- HDMI-CEC: tehnologija koja omogućuje daljinsku kontrolu raznih uređaja putem HDMI-CEC poruka

Ove komponente će detaljnije biti objašnjene u tekstu koji sledi. Dijagram ispod vizuelno oslikava arhitekturu TIF-a.



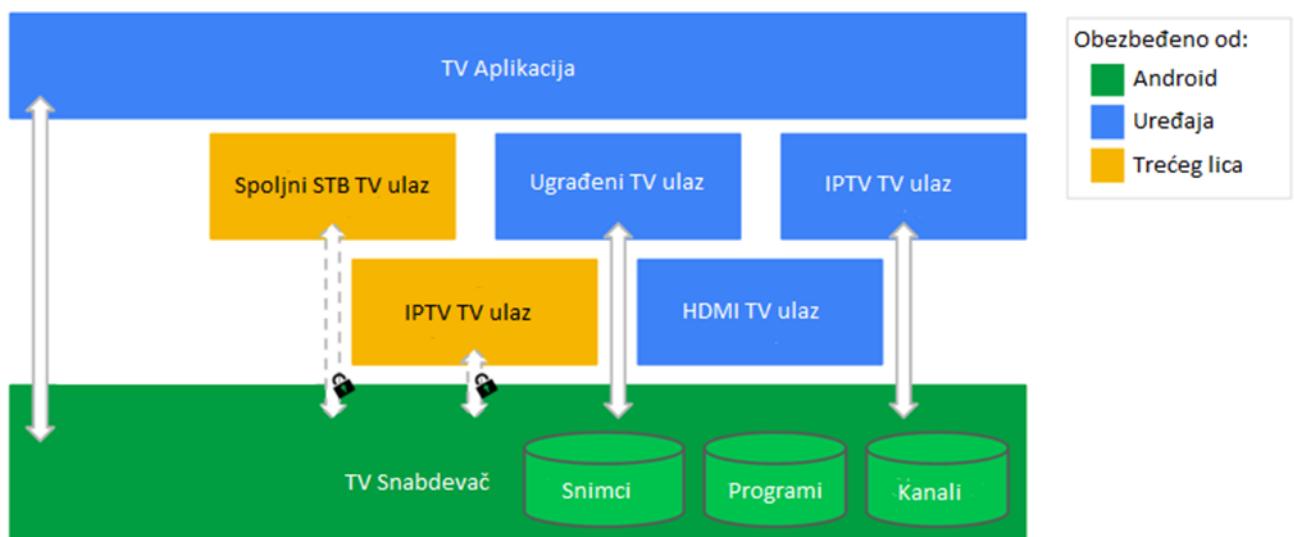
Slika 2.7 - TIF Arhitektura

Na osnovu arhitekture sa slike se može zaključiti:

- Da korisnik može da vidi i da bude u direktnom kontaktu sa TV aplikacijom
- TV aplikacija prikazuje sadržaj sa TV ulaza
- TV aplikacija nije u mogućnosti da direktno komunicira sa TV ulazima, već je komunikacija ostvarena pomoću rukovaoca TV ulazom koji identificiše stanje TV ulaza za TV aplikaciju

2.6.2 TV snabdevač

TV snabdevač (eng. TV Provider) je komponenta koja u sebi sadrži bazu u kojoj se čuvaju lista kanala, programa (EPG) i snimljenog sadržaja. TV snabdevač podatke dobavi od strane TV ulaza (eng. TV Input). TV snabdevač takođe obezbeđuje i rukuje pratećim dozvolama kako bi TV ulazi bili u mogućnosti da vide samo svoje zapise, odnosno kako ne bi mogli da vide servise i programe drugih TV ulaza. Na taj način obezbeđena je konzistentnost podataka koji su popunjeni od strane drugih tv ulaza.



Slika 2.8 - TV snabdevač

Samо aplikacije koje se nalaze u privilegovanoj sistemskoj particiji mogu da čitaju podatke iz baze podataka TV snabdevača, dok samostalne aplikacije mogu da pristupe samo onim poljima u bazi podataka koje su oni popunili. Kao dodatak standardnim poljima za kanale i programe, baza podataka TV snabdevača takođe nudi i polja za binarno velike objekte (eng. BLOB- Binary Large Object), u svakoj tabeli koju TV ulazi koriste za skladištenje proizvoljnih podataka. Binarni podaci mogu da sadrže prilagođene informacije, kao što je na primer frekvencija povezanog frekventnog odabirača. Dostupno je i polje, column_searchable, koje može da izuzme neke kanale iz pretrage (kako bi podržale specifične zahteve pojedinih država za zaštitu sadržaja). Pretraga može biti tekstualna ili glasovna. Sva polja su vidljiva svakome sa pravom pristupa odgovarajućem redu. Nijedno polje nije direktno pristupačno korisniku. Korisnik samo vidi ono što TV aplikacija, sistemske aplikacije ili TV ulazi prikažu.

2.6.3 TV ulazni rukovaoc

TV ulazni rukovaoc (eng. TV Input Manager) obezbeđuje centralnu sistemsku aplikativnu spregu (eng. API, Application Programming Interface) za ceo TIF. TV ulazni rukovaoc nadgleda interakciju između aplikacija i TV ulaza i obezbeđuje funkcionalnost roditeljske kontrole. Sesija TV ulaznog rukovaoca mora biti kreirana jedan na jedan sa TV ulazom. Ovaj deo TIF-a može da dozvoli pristup aplikacijama TV ulazu tako da aplikacije mogu da:

- Listaju TV ulaze i proveravaju njihove statuse
- Naprave sesiju i rukuju slušaocima

Što se tiče sesija, TV aplikacije mogu da se povežu na TV ulaze samo preko URI-ja koji su dodale u bazu podataka TV snabdevača, osim prolaznih TV ulaza na koje se mogu povezati koristeći *TvContract.buildChannelUriForPassthroughInput()*. TV ulazi koji su obezbeđeni i imaju potpisani sertifikat od strane proizvođača uređaja ili druge aplikacije instalirane u sistemsku particiju imaju potpun pristup bazi podataka TV snabdevača. Ovaj pristup može da se iskoristi da se realizuju aplikacije koje će pretraživati sve dostupne TV kanale i programe.

Aplikacije mogu da naprave i prijave *TvInputCallback* koji će da pozove *android.media.tv.TvInputManager* ukoliko se promeni stanje TV ulaza ili ukoliko se doda ili ukloni neki od TV ulaza. Na primer, TV aplikacija može da reaguje kada se neki TV ulaz isključi tako što će ga prikazati kao isključenog i zabraniće mogućnost biranja istog.

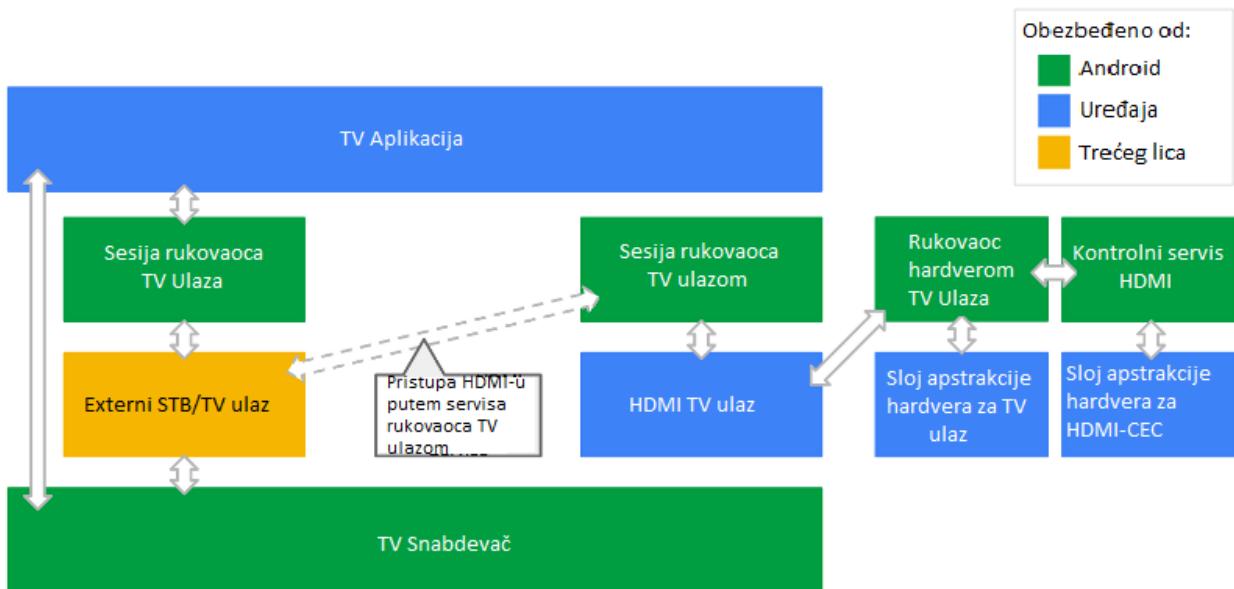
Rukovaoc TV ulazima apstrahuje komunikaciju između TV aplikacije i TV ulaza. Standardna sprega između rukovaoca TV ulazima i TV ulaza dozvoljava da više proizvođača naprave svoje TV aplikacije dok pomažu svim samostalnim TV ulazima da rade sa svim TV aplikacijama.

2.6.4 TV ulaz

TV ulazi (eng. TV input) su Android aplikacije u smislu da imaju *AndroidManifest.xml* i instaliraju se. Android TV podržava unapred instalirane sistemske aplikacije, aplikacije sa potpisanim sertifikatom od strane proizvođača uređaja i samostalne (eng. Third party) TV ulaze.

Neki ulazi, kao što je na primer HDMI (eng. High-Definition Multimedia Interface) ulaz ili ugrađeni ulaz frekventnog odabirača, mogu biti obezbeđeni samo od strane proizvođača zato što oni komuniciraju direktno sa fizičkom arhitekturom. Drugi, kao na primer IPTV ili spoljni STB, mogu biti u vidu APK (eng. Android Package Kit) datoteka. Jednom kada se preuzmu i instaliraju takve aplikacije, novi ulazi mogu biti izabrani u samoj TV aplikaciji.

U nastavku teksta će biti opisan primer spoljašnjeg samostalnog STB TV ulaza.



Slika 2.9 - TV ulaz treće strane

S obzirom da TV ulaz ne može direktno da pristupi HDMI video izvoru koji pristiže, mora da pristupi preko TV rukovaoca ulazom i da koristi TV ulaz dobavljen od strane proizvođača uređaja.

Pomoću rukovaoca TV ulaza, spoljni STB TV ulaz može da komunicira sa HDMI TV ulazom i da ga „pita“ da prikaže video putem HDMI1. Na taj način STB TV ulaz može da kontroliše TV dok HDMI TV ulaz, koji je obezbeđen od strane proizvođača, obrađuje video.

2.6.5 TV aplikacija

Sistemska TV aplikacija (eng. TV application) [11] prezentuje TV sadržaj korisniku. Referentna TV aplikacija (Live TV) je obezbeđena zajedno sa Android platformom, koja može biti korišćena takva kakva jeste, može se promeniti, proširiti ili zameniti od strane proizvođača uređaja.

Najmanje što sistemska TV aplikacija mora da podrži na verziji Android Nugat je:

1. Podešavanje i konfiguracije:
 - Automatska detekcija TV ulaza
 - Da omogući TV ulazima da inicijalizuju postavke kanala
 - Kontrolu roditeljskih podešavanja
 - Promene (eng. Editing) kanala

2. Gledanje:

- Pristup i navigacija svim TV kanalima
- Pristup informacionim podacima TV programa
- Prikaz elektronskog programskog vodiča
- Podrška za više zvučnih i prevod traka
- Prikaz PIN zahteva roditeljske kontrole (eng. PIN Challange)
- Popunjavanje rezultata pretrage za TV kanale i programe
- Rukovanje snimanjem digitalnog sadržaja i odloženo gledanje sadržaja
- Slika u slici (eng. PIP- Picture in picture)

Ovaj skup funkcija će se povećavati sa novijim Android verzijama kako se i TIF API-ji budu proširivali. Da bi se proverilo da li aplikacija ima sve potrebne komponente postoji aplikacija CTS verifikator (eng. Compatibility test suite) [20] koja obezbeđuje ispitivanje usklađenosti. Proizvođači moraju da implementiraju TV aplikaciju koja uključuje rezultate pretrage koji će biti uključeni u globalnu pretragu kako bi osigurali najbolje korisničko iskustvo. Referentna, Live TV, aplikacija pruža implementaciju koja obezbeđuje rezultate samostalnih ulaza kao i rezultate ugrađenih ulaza.

2.7 Personalni video snimač - PVR

Televizija zasigurno predstavlja jedan od najznačajnijih masovnih medija današnjice. Tako je bilo i u prošlosti od prvih pojavnih oblika kućnih aparata – televizora. Od tada, pa do danas, postoji potreba za snimanjem i reprodukcijom sadržaja emitovanog putem televizije. Sredinom šezdesetih godina prošlog veka predstavljen je prvi kućni video snimač koji je omogućavao snimanje televizijskog sadržaja u crno – beloj tehnologiji u maksimalnom trajanju od dvadeset minuta. Koncept digitalnog snimača potiče još iz 1985. godine, dok je prvi patent jednog ovakvog uređaja objavljen 1988. godine. Prvi digitalni snimači ReplayTV i TiVo su predstavljeni 1999. godine u Las Vegasu na sajmu Consumer Electronics Show. Danas postoji nekoliko proizvođača i tipova digitalnih snimača na tržištu, a neki kablovski i satelitski operateri nude svojim mušterijama uređaje ovakvog tipa na iznajmljivanje. Savremeni digitalni snimači mogu da snimaju sadržaj visoke rezolucije bez gubitaka kvaliteta slike. Kao medijum za čuvanje snimljenog sadržaja, digitalni snimači poseduju hard disk, USB flash memoriju, SD memorijsku karticu ili neki drugi lokalni ili umreženi uređaj za skladištenje podataka. Razvoj programske podrške predstavlja jedan od ključnih faktora pri stvaranju fleksibilnog i potpuno funkcionalnog PVR sistema. Uvažavanjem te činjenice, jasna je potreba za definisanjem osnovnih elemenata koji će, kako u statičkom tako i u dinamičkom smislu, opisivati jedan PVR sistem i time olakšati

rad na programskoj podršci. Iz tog razloga, elementi PVR sistema su, takođe, definisani DVB standardom. Funkcionalnost sistema za lični video snimač opisana je u standardu pod oznakom ETSI TS 102 816 koji predstavlja deo grupe standarda za digitalnu televiziju – DVB [18]. U velikoj meri se oslanja na standard pod oznakom ETSI EN 300 468 koji je, takođe, deo DVB standarda i opisuje način prenosa servisnih informacija kroz digitalni tok podataka [19].

Osnovne funkcionalnosti digitalnih snimača su: snimanje uživo emitovanog TV programa (eng. Recording), reprodukcija snimljenog TV programa (eng. Playback) uz mogućnost brzog premotavanja (eng. Fast-forward), odloženo gledanje (eng. Timeshift, pauziranje uživo emitovanog TV programa, reprodukcija sadržaja koji je snimljen za vreme pauze i povratak na uživo emitovan TV program). Digitalni snimač se koristi i u kombinaciji sa elektronskim programskim vodičem (eng. EPG) gde se izborom određenog TV sadržaja iz liste sadržaja za određeni dan i TV program, može zakazati njegovo snimanje u vreme emitovanja. Ukoliko digitalni snimač ili uređaj koji ima funkciju digitalnog snimača poseduje dva ili više birača kanala, moguće je istovremeno snimati sadržaj koji se emituje na jednom TV programu i gledati sadržaj koji se emituje na drugom TV programu. Takođe je moguće istovremeno snimati jedan, a reprodukovati drugi već snimljeni sadržaj.

2.7.1 Snimanje sadržaja

Snimanje predstavlja skladištenje digitalnog toka podataka na neki od masovnih medija. DVB standardom je definisano da PVR sistem mora imati mogućnost snimanja najmanje jedne video, dve audio i dve komponente za prevod ukoliko postoje u okviru jednog servisa. DVB standard definiše i opcionu mogućnost snimanja drugih tipova podataka koji su, takođe, deo snimanog servisa i čija sadržina može koristiti pri korišćenju samog ličnog video snimača. To mogu biti jedna ili više teletekst komponenti servisa.

2.7.2 Reprodukcija sadržaja

Reprodukcijska funkcija predstavlja prikaz podataka, skladištenih na masovnom mediju, na nekom od izlaza definisanih od strane korisnika. Ona mora da predstavlja verodostojan prikaz televizijskog servisa u smislu kvaliteta njegovih komponenti – zvuka, slike, teleteksta i prevoda i u smislu sinhronizacije njihovog predstavljanja. DVB standard definiše mogućnosti koje PVR sistem mora da pruži u smislu upravljanja reprodukcijom, a to su pauziranje, premotavanje unapred i unazad kao i traženje određenih sekvenci na osnovu vremenskih odrednica. Kvalitet i preciznost navedenih funkcionalnosti nisu definisane standardom, ali je naznačeno da prilikom njihovog korišćenja ne sme doći do devijacije u vidu verodostojnosti i kvaliteta prikaza. Standard, ipak,

definiše određene načine na koje se funkcionalnosti reprodukcije moraju oslanjati. Tako, prilikom premotavanja unapred i dolaska do kraja snimljenog sadržaja, reprodukcija mora preći u stanje mirovanja (pauze) sa prikazom na poslednju sliku reprodukovanih digitalnih tokova. Slično, prilikom premotavanja unazad i dolaska do početka snimljenog sadržaja, reprodukcija mora preći u stanje mirovanja sa prikazom na prvu sliku iz reprodukovanih digitalnih tokova.

2.7.3 Odloženo gledanje sadržaja

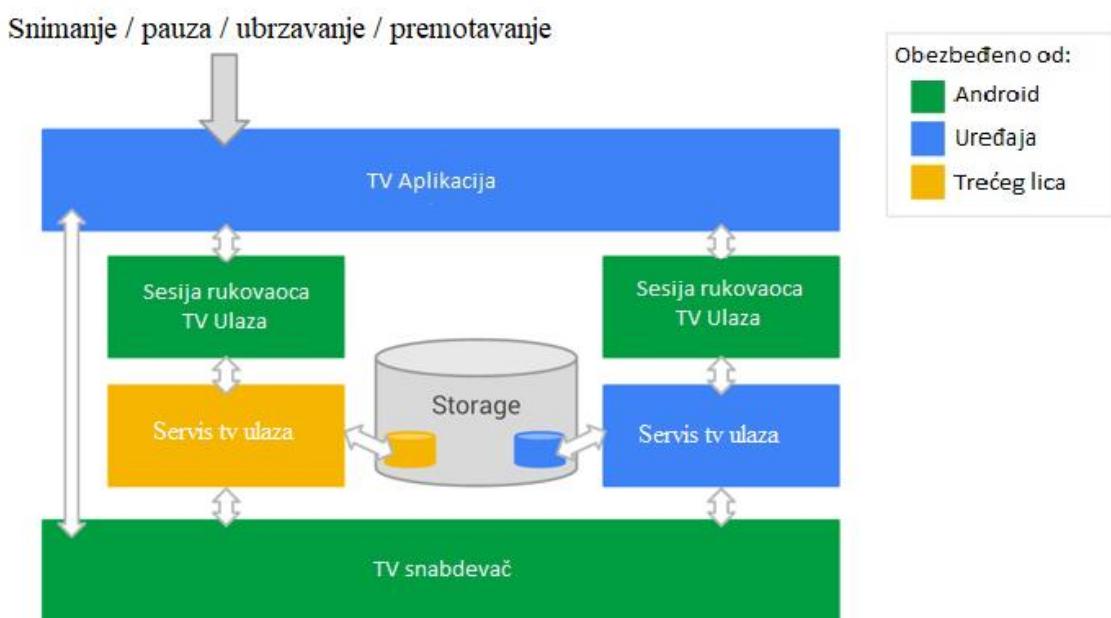
Odloženo gledanje predstavlja istovremeno izvođenje snimanja i reprodukcije digitalnog tokova sadržaja u cilju dobijanja odloženog emitovanja servisa. Prepostavlja se da ima sve odlike snimanja i reprodukcije. Dinamika ove funkcionalnosti je takva da je potrebno izvršiti zaustavljanje (na određenoj slici – pauziranje) servisa koji se emituje uživo i započeti snimanje, a zatim nastaviti sa reprodukcijom i svim mogućnostima koje ona pruža. DVB standard, kao i u slučajevima snimanja i reprodukcije, predlaže način korišćenja funkcionalnosti odloženog gledanja. Definicije ponašanja koje važe u vezi sa snimanjem i reprodukcijom, važe i za odloženo gledanje sa izuzetkom da pri premotavanju unapred i dolaska do kraja reprodukovanih sadržaja, PVR sistem je dužan da obezbedi automatsko prebacivanje aktivne funkcionalnosti na servis koji se emituje uživo. Standard dodatno definiše postojanje bafera za odloženo gledanje (eng. timeshift buffer) koji predstavlja skladište na koje će biti smeštan snimljeni sadržaj. On treba da ima fiksno definisanu veličinu i da bude u mogućnosti da funkcioniše na cirkularan način. Njegov način realizacije nije definisan standardom, ali obično se realizuje u vidu datoteke koja se nalazi na masovnom mediju.

2.7.4 PVR u TIF-u

Funkcionalnost PVR snimanja u TIF-u obuhvata sledeće korake [4]:

- Servis TV ulaza (TV Input Service) šalje TV aplikaciji koliko frekvencijskih odabираča je dostupno da bi aplikacija mogla da rukuje sa mogućim konfliktima.
- TV aplikacija prima zahtev iniciran od korisnika za snimanje TV sadržaja.
- TV aplikacija čuva podatke o vremenu zakazanog snimanja u svoju unutrašnju bazu podataka.
- Kada je vreme za snimanje, TV aplikacija šalje zahtev za kačenje na frekvenciju kanala koji je potrebno snimati.
- Servis TV ulaza prima zahtev, odgovara da li postoje odgovarajući resursi, i zakači se na frekvenciju datog kanala.

- TV aplikacija prosledi zahtev za početak snimanja rukovaocu TV ulazom (TV Input Manager).
- Servis TV ulaza prima zahtev i započinje snimanje.
- Servis TV ulaza čuva video podatke u svoju bazu podataka, koje može biti spoljna memorija ili oblak (eng. Cloud) baza podataka.
- Kada je vreme da se završi snimanje, TV aplikacija šalje zahtev za zaustavljanje snimanja rukovaocu TV ulaznom
- Servis TV ulaza prima zahtev, zaustavlja snimanje i dodaje podatke o snimku u bazu podataka, kako bi TV aplikacija mogla da prikaže listu snimaka na korisnikov zahtev.



Slika 2.10 - Prikaz PVR funkcionalnosti

3. Koncept rešenja

Ovo poglavlje sadrži analizu zadatog problema i koncept rešenja koji je prikazan i objašnjen kroz primere rada digitalnog snimača. Integracija digitalne televizije na Android platformu zahteva postojanje više slojeva programske podrške. Svaki od slojeva predstavlja prilagođen servis za druge slojeve. Potrebni elementi sistema i ciljna platforma su opisani u nastavku.

3.1 Komponente sistema

Na najvišem nivou apstrakcije sistema ka krajnjim korisnicima nalaze se Android aplikacije koje obavljaju grafičko prikazivanje videa, prikazivanje informacija elektronskog programskog vodiča, liste dostupnih kanala i drugih informacija značajnih za televizijski program. Nakon integracije digitalne televizije na Android platformi i izlaganja Java programske sprege ka programerima, različite televizijske aplikacije se mogu pisati na identičan način kao i ostale Android aplikacije. Sledeći sloj čini skup funkcija u obliku programske sprege koji omogućava razmenu podataka između Android aplikacija i programske podrške televizijskog prijemnika. Postojanjem takve programske sprege programer više ne mora da bude upoznat sa realizacijom programske podrške samog televizijskog prijemnika. Vezu između skupa funkcija datog u obliku programske sprege i sprežnog sloja programske podrške televizijskog prijemnika predstavlja JNI sloj. Nakon ovog sloja, sledi prilagodni sloj programske podrške televizijskog prijemnika. Ovaj sloj ujedinjava programske sprege ka višim slojevima programske podrške (u ovom slučaju Java sloj). Ukoliko dođe do zamene sprežnog sloja programske podrške televizijskog prijemnika jednog proizvođača sa programskom podrškom drugog proizvođača, ovaj sloj i svi iznad ostaju nepromenjeni. Srž sistema predstavlja sledeći sloj, to jest sprežni sloj programske podrške televizijskog prijemnika, koji mora biti definisan i realizovan u skladu sa DVB standardima. Sledeći sloj je sloj apstrakcije fizičke arhitekture, predstavljen kao sloj

između operativnog sistema i programske podrške televizijskog prijemnika. Da bi se izvršilo prilagođenje aplikacije i programske podrške televizijskog prijemnika nekoj drugoj platformi dovoljno je izvršiti promenu samo ovog sloja. Ukoliko se desi neki asinhron događaj karakterističan za televizijski prijemnik, a za čije promene se korisnik prijavio, programska podrška obaveštava JNI sloj koji poziva određenu funkciju u Android okruženju. Funkcija, po potrebi, javlja prijavljenim aplikacijama da se promena određenog tipa upravo desila.

3.2 Opis ciljne platforme i ograničenja

DTV prijemnik koji je korišćen pri izradi ovog rada je Broadcom 7252S. Ova platforma sadrži sledeće komponente:

- 2 Video dekodera 4K UHD HEVC 2048p60/MP4/MPEG2/VP9/HDR
- 6 Audio dekodera MPEG-1 layers 1,2, AAC LC, HE-AACv1/2, MP3
- Dvojezgreni procesor: ARMv7 Processor rev 3 (v7l) @1200MHz
- RAM memorija - SDRAM 2GB DDR4 (64-bit memory bus)
- Wi-Fi i BlueTooth 802.11ac 3x3 2.4GHz/5GHz
- 4 frekvencijska odabirača - RF NorDig compliant DVB-C quad tuner (BCM31584)
- USB 3.0 priključak
- HDMI 2.0a Tx (HDCP 2.2 & CEC supported) izlaz
- Ethernet utičnicu
- 2D grafički procesor brzine 2x 800Mpix/s
- 3D grafički procesor brzine 2.7Gpix/s OpenGL ES 2.0/3.0



Slika 3.1 - Razvojna platforma

3.3 Tehnički opis programske podrške digitalnog snimača

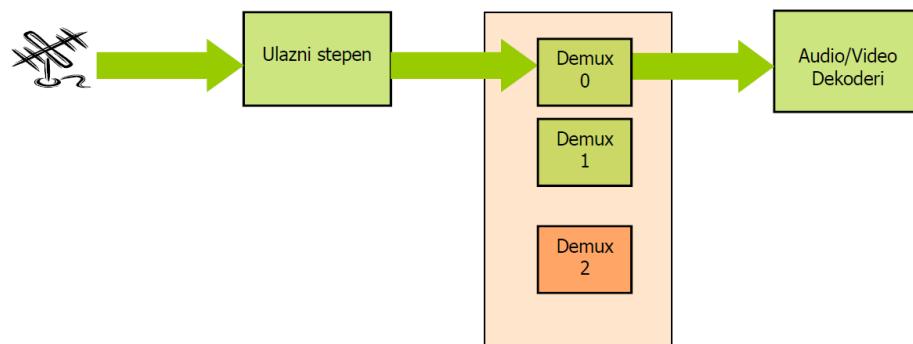
Elementi koji omogućavaju realizaciju PVR sistema na nivou sloja apstrakcije fizičke arhitekture su:

- **Ulagani stepen** predstavlja frekvencijski odabirač kanala koji ima funkciju da na osnovu korisničkog izbora koji mu se na posredan način u vidu tačno definisanih parametara prosleđuje, izabere fizički kanal odnosno multipleks. Definisani element podrazumeva prihvatanje analognog signala, njegovu demodulaciju, i slanje digitalnog signala ka sledećem elementu.
- Funkcionalnost **demultipleksera** se svodi na demultiplexiranje dobijenog signala. Demultiplexiranje predstavlja filtriranje paketa iz digitalnog toka podataka (eng. Transport Stream packet, u daljem tekstu TS paket) u skladu sa parametrima pomoću kojih se ovaj element upravlja. Definisani element ima osobinu da na izlaz pošalje signal u vidu filtriranih, nepromenjenih TS paketa ili da takve pakete prethodno obradi. Na izlaz može da se pošalje i elementarni tok podataka u sirovom obliku (eng. Elementary Stream, u daljem tekstu ES) ili u obliku paketa (eng. Packetized Elementary Stream, u daljem tekstu PES paket).
- **Memorijski bafer** predstavlja skladište u koje se smeštaju TS paketi. Bafer je realizovan u obliku kružnog memorijskog bafera što znači da ima fiksnu veličinu i ukoliko dođe do njegovog popunjavanja, novopristigli podaci se smeštaju na početak bafera brišući pritom podatke koji su se tu prvo bitno nalazili.
- **Dekoderi zvuka i slike** imaju funkcionalnost da dekoduju pristigle podatke u ES ili PES obliku. Na izlaz šalju signal koji verodostojno interpretira zvuk i sliku emitovane od strane proizvođača. Predstavljaju jednu od najbitnijih i najosetljivijih celina jednog televizijskog prijemnika i obično su realizovani u njegovoј fizičkoj arhitekturi.
- **Tvrdi disk** - masovna memorija ima funkcionalnost skladišta podataka (najčešće u obliku TS paketa) odakle se isti kasnije čitaju.

U zavisnosti od PVR funkcionalnosti koju je potrebno realizovati, svi prethodni elementi mogu da se kombinuju na različite načine da bi se omogućio odgovarajući režim rada za snimanje ili reprodukovanje sadžaja. Moguće je i postojanje više istih elemenata. Na primer postojanje više birača kanala omogućuje istovremenu funkcionalnost gledanja jednog a snimanja drugog kanala ili odloženo gledanje jednog i snimanje drugog kanala, ili bilo koja druga varijanta koja može biti ostvarena u jednom realnom sistemu.

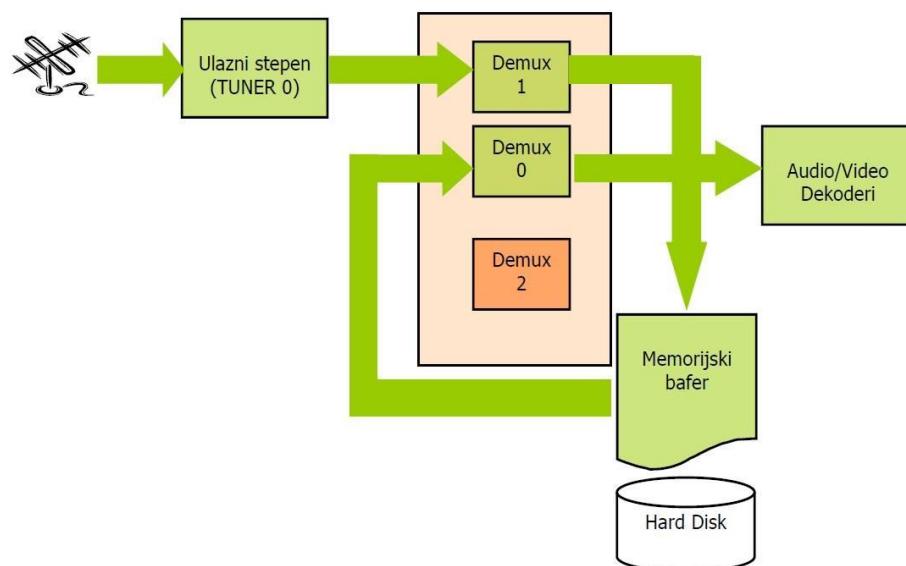
Da bi se omogućila funkcionalnost digitalnog snimača potrebno je promeniti način upravljanja prenosnim tokovima podataka. Za potrebe upravljanja prenosnim tokovima podataka, napravljen je poseban blok koji predstavlja spregu ka elementima fizičke arhitekture.

Na slici 3.2 prikazano je usmeravanje podatka između sastavnih delova fizičke arhitekture tokom emitovanja programa uživo. Slika prikazuje upravljanje programskim tokom od ulaznog stepena do demultipleksera i to predstavlja osnovnu funkcionalnost, gledanje uživo emitovanog TV programa.



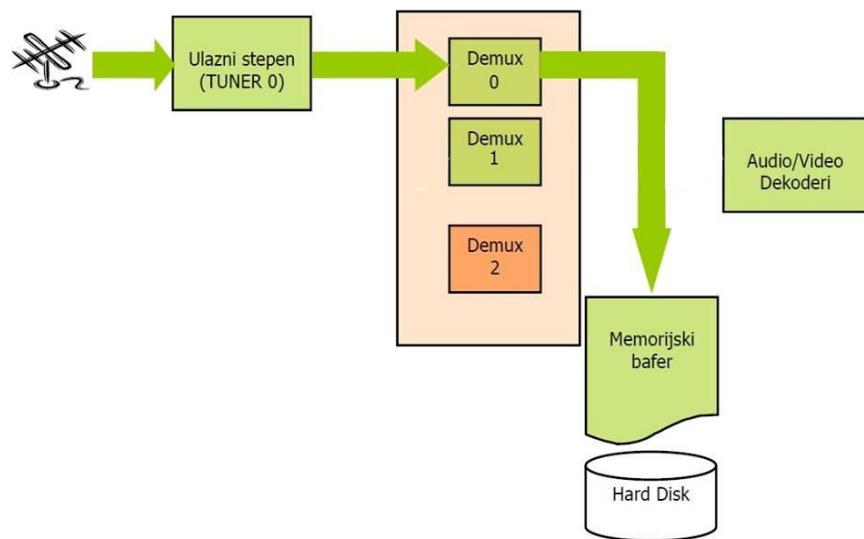
Slika 3.2 - Gledanje uživo emitovanog TV programa bez podrške za digitalni snimač

Na slici 3.3 prikazano je usmeravanje podatka između delova fizičke arhitekture kada je prisutna podrška za digitalni snimač. Slika prikazuje upravljanje programskim tokom od ulaznog stepena do demultipleksera koji podatke prosleđuje u kružnu memoriju. Podaci se dalje iz kružne memorije kroz demultiplekser prosleđuju dekoderima slike i zvuka. Opisan način upravljanja programskim tokom predstavlja gledanje uživo emitovanog TV programa u slučaju prisustva podrške za digitalni snimač.



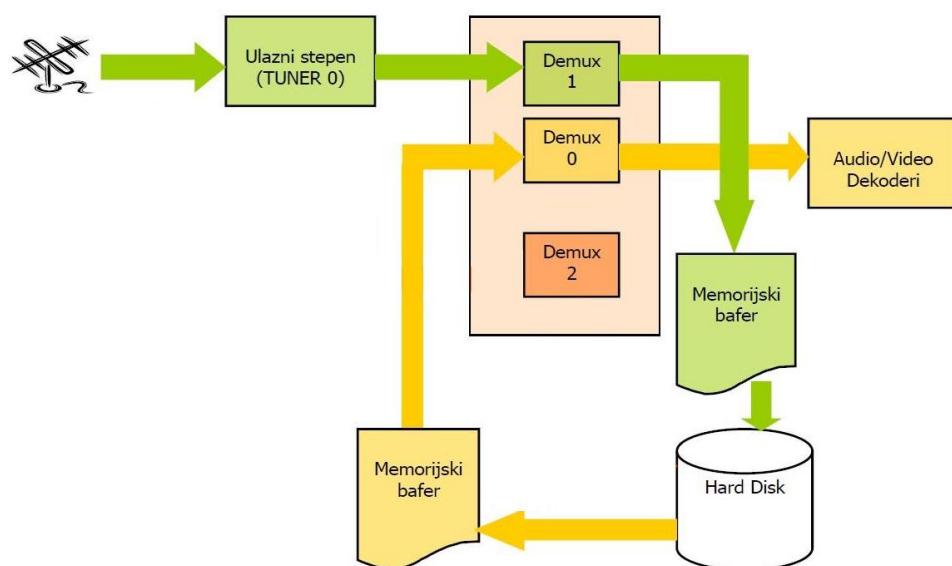
Slika 3.3 - Gledanje uživo emitovanog TV programa sa podrškom za digitalni snimač

Na slici 3.4 prikazan je način usmeravanja i veze između sastavnih delova fizičke arhitekture kada se vrši snimanje uživo emitovanog TV programa ili pauziranje i snimanje uživo emitovanog TV programa, odnosno odloženo gledanje (eng. Timeshift).



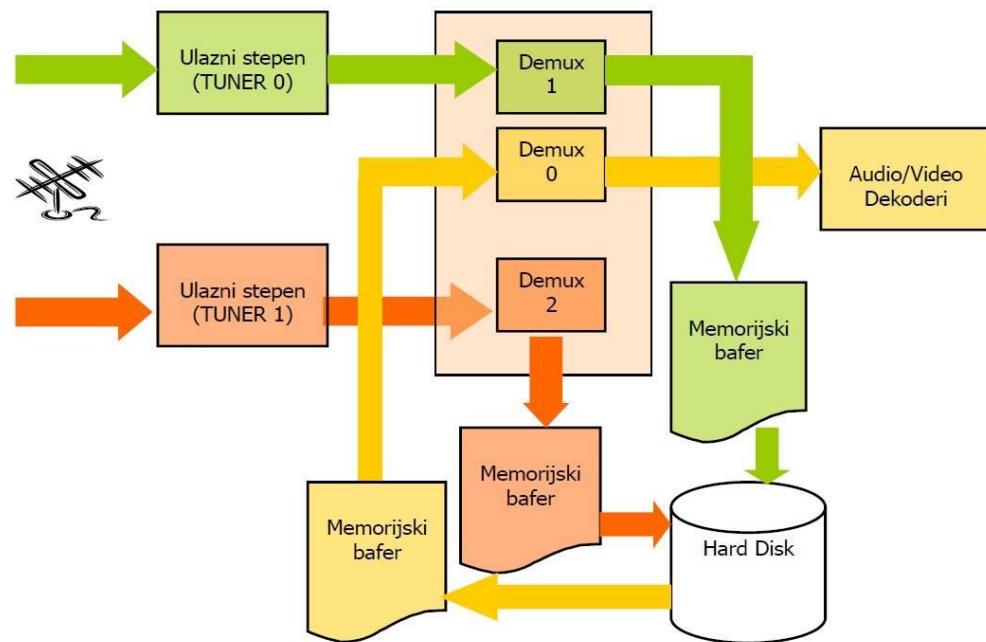
Slika 3.4 - Snimanje ili pauziranje uživo emitovanog TV programa

Slika 3.5 prikazuje organizaciju i veze između sastavnih delova fizičke arhitekture tokom odloženog gledanja snimljenog sadržaja TV programa. Sadržaj izabranog TV programa se i dalje snima na trajnu memoriju, a gleda se sadržaj koji je snimljen i koji je vremenski pomeren u odnosu na uživo emitovan sadržaj (eng. Timeshifted). Pored promena načina usmeravanja, dodata je još jedna kružna memorija kao posrednik između trajne memorije i demultipleksera koji podatke prosleđuje dekoderima slike i zvuka.



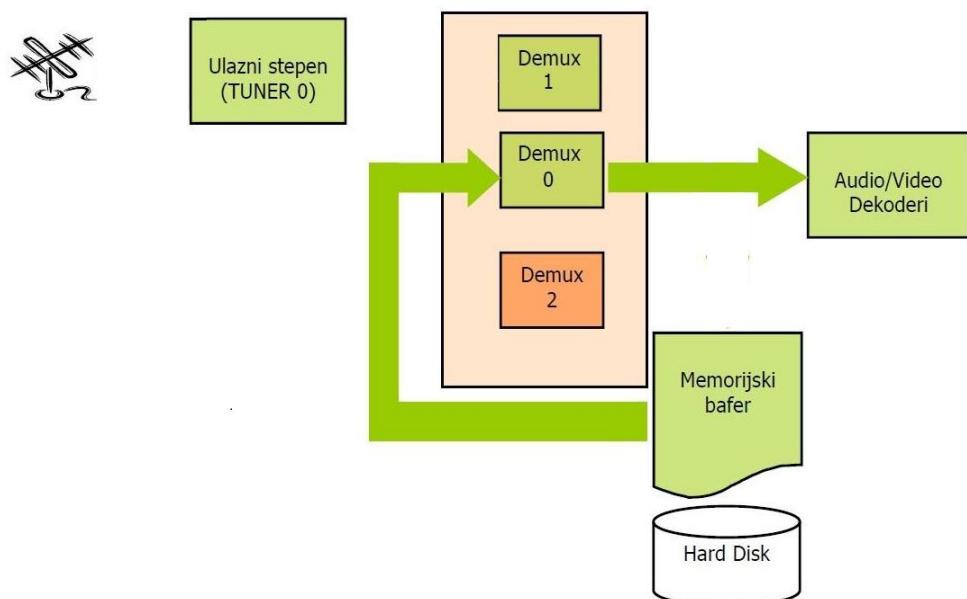
Slika 3.5 - Gledanje vremenski pomerenog sadržaja TV programa

Slika 3.6 prikazuje organizaciju i veze između sastavnih delova fizičke arhitekture tokom odloženog gledanja snimljenog sadržaja TV programa uz istovremeno snimanje nekog drugog sadržaja sa drugog ulaznog stepena.



Slika 3.6 - Gledanje vremenski pomerenog sadržaja TV programa uz istovremeno snimanje drugog sadržaja

Ukoliko postoji sadržaj koji je snimljen i sačuvan na trajnoj memoriji moguće ga je pogledati u proizvolnjem trenutku. Gledanje snimljenog sadržaja (eng. Playback) je moguće u organizaciji sastavnih delova fizičke arhitekture i veza između njih prikazanoj na slici 3.8.



Slika 3.7 - Gledanje sadržaja snimljenog i sačuvanog na trajnoj memoriji

4. Programsko rešenje

U ovom poglavlju će detaljno biti opisano programsko rešenje PVR sistema. Android aplikacija koja koristi funkcionalnosti programske podrške televizijskog prijemnika se razvija korišćenjem dostupnih funkcija i elemenata u Android okruženju. Kao što je prikazano u prethodnom poglavlju aplikativni deo se oslanja na niže delove, pa će korišćene funkcije biti predstavljene kroz sve slojeve na koje naležu.

Android aplikacija je razdvojena na zasebne delove koji se bave prikazom grafičkih komponenti i prikupljanjem informacija sa strane daljinskog upravljača i delove koji se koriste za upravljačku logiku aplikacije. Određeno je kako će događaji biti prosleđeni programskoj podršci televizijskog prijemnika, i kako će informacije iz programske podrške televizijskog prijemnika biti prosleđene krajnjem korisniku putem grafičkih komponenti aplikacije. U delu zaduženom za upravljačku logiku se prozivaju određene funkcije programske podrške televizijskog prijemnika, koje prvo dolaze do JNI sloja. U JNI sloju se vrši presipanje objekata koji su stigli iz Java kao parametri funkcija, u C strukture koje se dalje prosleđuju MAL sloju programske podrške televizijskog prijemnika. Iz MAL sloja programske podrške dolazi do pozivanja određenih metoda iz srednjeg sloja programske podrške, to jest njenih određenih modula, u zavisnosti od definisane akcije, koji završavaju na HAL sloju.

Prvi korak razvoja Android aplikaciji predstavlja omogućavanje TV servisu ulaza (TV input service) podršku za snimanje, dodavanjem sledećeg koda u XML datoteku [17].

```
<tv-input xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    android:canRecord="true"
    android:setupActivity="com.example.sampletvinput.SampleTvInputSetupActivity" />
```

4.1 Snimanje sadržaja

Klasa *PVRSession*, koja nasleđuje klasu *TvInputService.onCreateRecordingSession()*, zadužena je za pristup željenom sadržaju, njegovo snimanje i obaveštavanje sistema o statusu snimanja.

U klasi *PVRSession* registruje se mehanizam povratne funkcije *IPvrCallback* pozivom funkcije *registerCallback()* iz paketa *android.dtv.pvr* klase *PvrControl.java* koji predstavljaju deo DTV programske sprege, a istoj se kao parametar prosledi instanca date povratne funkcije. Dati mehanizam služi za komunikaciju Android aplikacije i programske podrške DTV uređaja.

Kada sistem pozove *RecordingSession.onTune()* prosledi se URI (Uniform Resource Identifier) kanala koji treba snimiti. Zatim sistem poziva *onStartRecording()* metodu koja momentalno treba da počne snimanje željenog sadržaja ili da počne snimanje u zakazanom trenutku ako joj je prosledjen URI programa za snimanje iz elektronskog programske vodiča. Sekvencijalni dijagram PVR snimanja sadržaja prikazan je na slici 4.1.

Početak snimanja, odnosno korisnikov pritisak određenog dugmeta za snimanje na daljinskom upravljaču rezultuje pozivanje funkcije *createOnTouchRecord()* iz paketa *android.dtv.pvr* i njegove klase *PvrControl.java* koji predstavljaju deo DTV programske sprege. Funkciji se kao parametri moraju proslediti putanja podataka na kojoj treba otpočeti snimanje, identifikator kanala na kome treba otpočeti snimanje i identifikator snimanja. Data funkcija na MAL sloju naleže na poziv funkcije iz *mal_pvr* modula,

MAL_PVR_ErrorCode MAL_PVR_CreateOnTouchRecord(

```
const MAL_RouteID routeID,
const mal_uint32 serviceIndex,
MAL_PVR_Handle *recordHandle),
```

gde se obavljaju potrebne provere i poziva funkcija *PVR_record* modula. Ovaj modul obezbeđuje jednostavnu spregu aplikativnog sloja i srednjeg sloja programske podrške televizijskog prijemnika u smislu mogućnosti vezanih za snimanje emitovanih digitalnih televizijskih servisa. Poziv date funkcije naleže na modul za kontrolu snimanja srednjeg sloja programske podrške radi formiranja datog snimka na osnovu zadatih parametara.

Ukoliko se snimanje sadržaja inicira zakazivanjem iz elektronskog programske vodiča proziva se funkcija DTV programske podrške, iz paketa *android.dtv.pvr* i njegove klase *PvrControl.java*, *createSmartRecord()*. Datoj funkciji je potrebno kao parametre proslediti putanju podataka na kojoj treba obaviti snimanje i objekat *SmartCreateParams*, koji predstavlja događaj koji treba snimiti, sa parametrima identifikatora servisa (ID, naslov, trajanje...). U JNI sloju se proziva istoimena funkcija, tako da ti pozivi nisu posebno naglašeni. Data funkcija na MAL sloju naleže na poziv funkcije iz *mal_pvr* modula,

MAL_PVR_ErrorCode MAL_PVR_CreateSmartRecord()

```

const MAL_RouteID routeID,
const mal_uint32 serviceIndex,
const MAL_PVR_Event *event,
MAL_PVR_Handle *recordHandle),
```

gde se obavljaju potrebne provere i poziva funkcija *PVR_record* modula. Ovaj modul obezbeđuje jednostavnu spregu aplikativnog sloja i srednjeg sloja programske podrške televizijskog prijemnika u smislu mogućnosti vezanih za snimanje emitovanih digitalnih televizijskih servisa. Poziv date funkcije naleže na modul za kontrolu snimanja srednjeg sloja programske podrške radi formiranja datog snimka na osnovu zadatih parametara. Sve funkcije u slučaju greške vraćaju kod greške, tako da se iz istog može zaključiti zašto tražena akcija nije otpočeta.

Nakon završenog snimanja, bilo da je prekinuto od strane krajnjeg korisnika pritiskom na određeno dugme daljinskog upravljača, ili da je završen događaj čije je snimanje zakazano, informacija o tome će biti prosleđena do krajnjeg korisnika preko mehanizma povratne funkcije, a putem grafičkih komponenti Android aplikacije. U aplikaciji će biti pozvana metoda *onStopRecording()* klase *PVRSession* u kojoj se poziva funkcija *destroyRecord()* iz DTV Java programske podrške iz paketa *android.dtv.pvr* i njegove klase *PvrControl.java*. Funkcija kao parametar prima identifikator snimanja koje je potrebno zaustaviti. Data funkcija na MAL sloju naleže na poziv funkcije iz *mal_pvr* modula,

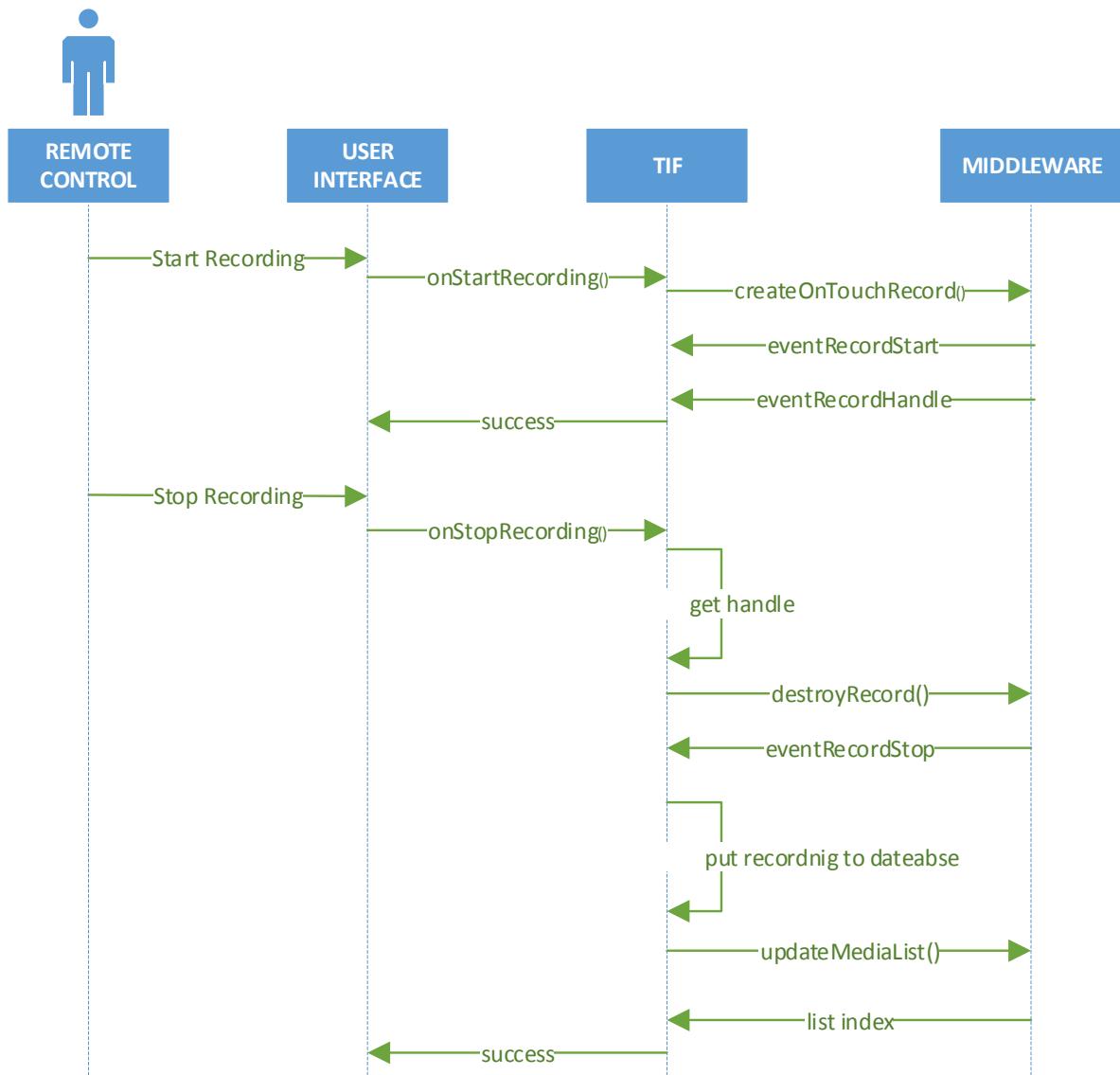
MAL_PVR_ErrorCode MAL_PVR_DestroyRecord (const MAL_PVR_Handle recordHandle), gde se obavljaju potrebne provere i poziva funkcija *PVR_record* modula. Poziv date funkcije naleže na modul za kontrolu snimanja srednjeg sloja programske podrške radi zaustavljanja datog snimka na osnovu zadatih parametara.

Nakon zaustavljanja snimanja upravljačka logika Android aplikacije poziva funkciju DTV Java programske podrške *updateMediaList()*, iz paketa *android.dtv.pvr* i njegove klase *PvrControl.java*, koja kao rezultat vraća broj dostupnih snimaka za prikazivanje. Data funkcija na MAL sloju naleže na poziv funkcije,

MAL_PVR_ErrorCode MAL_PVR_UpdateMediaList (mal_uint32 *mediaNum), iz *mal_pvr* modula, gde se obavljaju potrebne provere i poziva funkcija *PVR_library* modula. Dati modul obezbeđuje jednostavnu spregu aplikativnog sloja i srednjeg sloja programske podrške televizijskog prijemnika u smislu mogućnosti vezanih za upravljanje i manipulaciju snimljenih servisa. Poziv date funkcije naleže na *pvr_plugin* modul programske podrške radi provere sadržaja priključenog medijuma.

Pre nego što se u Android aplikacije pozove `notifyRecordingStopped()` sa parametrom URI snimljenog sadržaja za obaveštavanje sistema o prekidu snimanja, nad klasom `RecordedProgram` poziva se Builder Pattern, alat za kreiranje objekata i smeštanje podataka o snimljenom sadržaju u SQL bazu podataka. Pomoću klase `ContentResolver` kreira se URI snimljenog programa sa vrednostima koje opisuju dati snimak. Na osnovu jedinstvenog identifikatora snimanja povezuju se lokalna baza podataka aplikacije i baza podataka programske podrške. Identifikator se dobija kao parameter funkcije `CreateOnTouchRecord()` kojoj se prosledi kao vrednost “-1”, a funkcija vrati jedinstvenu vrednost koja karakteriše dati snimak. Mehanizmom povratne funkcije osvežava se vrednost identifikatora.

Jednostavnom logikom omogućeno je snimanje dva sadržaja u isto vreme, kreiranjem dve instance klase `Recording` sa potrebnim parametrima snimka. Zbog nemogućnosti drugačijeg rešenja uzeto je u obzir da će snimanje koje je prvo pokrenuto prvo i biti zaustavljeno.



Slika 4.1 - Sekvencijalni dijagram PVR snimanja sadržaja

4.2 Skladištenje podataka

Da bi se realizovala funkcionalnost digitalnog snimača, potrebno je imati kontrolu nad određenim medijumom za masovno skladištenje podataka. Kako radi pisanja informacija, tako i radi njihovog kasnijeg čitanja. Za ispravno funkcionisanje kontrole skladištenja zaduženi su moduli unutar srednjeg sloja programske podrške, i to *pvr_plugin* i njegova enkapsulacija u okviru *PVR* modula, *PVR_device*. Glavni zadatak *pvr_plugin* modula je da obavesti aplikaciju o postojećim uređajima za skladištenje podataka koji su priključeni na fizičku arhitekturu televizijskog prijemnika, tako da se u okviru *PVR_device* sprege obavljaju sledeće funkcije:

- registrovanje postojanja, povezivanja ili uklanjanja medija iz sistema,
- detekcija ispravnosti medija i njegovo formatiranje,
- detekcija kapaciteta medija kao i izračunavanje iskorišćenog i slobodnog prostora na njemu,
- registrovanje osnovnih operacija nad medijom (write, read, copy, delete...).

Na osnovu svih prethodno navedenih funkcionalnosti, a putem mehanizma funkcije povratnog poziva, krajnji korisnik aplikacije je obavešten o događajima vezanim za priključivanje medija u sistem i njegovo isključivanje iz sistema.

Upravljačka logika Android aplikacije poziva funkciju *setDevicePath()* sa parametrom putanja spoljašnjeg uređaja na koji će se snimati sadržaj. Putanja se dobija iz klase registrovanog *BroadcastReceiver-a* koji u metodi *onReceive()* na osnovu parametara Context i Intent dobija potrebne podatke o eksternom urađaju (URI, PATH, ACTION_MEDIA_MOUNTED, ACTION_MEDIA_UNMOUNTED). Data funkcija na MAL sloju naleže na poziv funkcije, *MAL_PVR_ErrorCode MAL_PVR_SetDevicePath (const mal_char *path)*, iz *mal_pvr* modula, gde se obavljaju potrebne provere i poziva funkcija *PVR_device* modula.

4.3 Reprodukcija sadržaja

Na prilagođenoj Android grafičkoj komponenti – dijalogu, prikazana je lista snimljenih sadržaja. Da bi se omogućila reprodukcija snimaka potrebno je u *TvInputService.Session* klasi Android aplikacije implementirati sledeće metode:

- *onTimeShiftGetCurrentPosition()*: Funkcija koju sistem poziva da dobavi trenutno vreme, odnosno poziciju reprodukovanih snimaka u milisekundama.
- *onTimeShiftGetStartPosition()*: Funkcija koju sistem poziva da dobavi početno vreme, odnosno početnu poziciju reprodukovanih snimaka u milisekundama.
- *onTimeShiftPause()*: Funkcija koja se poziva kada korisnik inicira pauziranje snimka.
- *onTimeShiftResume()*: Funkcija koja se poziva kada korisnik inicira nastavak reprodukovanja pauziranog snimka.

- *onTimeShiftSeekTo(long)*: Funkcija koja se poziva kada sistem treba da se pozicionira na određeno mesto između početne i krajnje pozicije snimka.
- *onTimeShiftSetPlaybackParams(PlaybackParams)*: Funkcija koja se poziva kada sistem treba da postavi određene parametre, u ovom slučaju brzinu reprodukovanih snimaka.
- *onTimeShiftPlay(Uri recordedProgramUri)*: Funkcija koja na osnovu URI paramtera dobavlja informacije iz baze podataka o snimku koji korisnik zahteva i reprodukuje ga. Na osnovu URI-a (koji je kreiran prilikom snimanja sadržaja) programa, pomoću klase *ContentResolver*, dobavlja se jedinstveni identifikator snimka iz baze podataka aplikacije na osnovu koga se dati snimak identificuje u bazi podataka programske podrške.

Po izboru snimka od strane korisnika, da bi se pokrenula reprodukcija, od strane upravljačke logike Android aplikacije poziva se *startPlayback()*, iz DTV Java programske podrške, iz paketa *android.dtv.pvr*, i njegove klase *PvrControl.java*. Funkcija kao parametar prima putanju podataka na kojoj se obavlja reprodukcija i identifikator snimka iz liste koji se reprodukuje. Data funkcija na MAL sloju naleže na poziv funkcije iz *mal_pvr* modula,

```
MAL_PVR_ErrorCode MAL_PVR_StartPlayback (
    const MAL_RouteID routeID,
    const mal_uint32 mediaIndex,
    MAL_PVR_Handle *playbackHandle),
```

gde se obavljaju potrebne provere i poziva funkcija *PVR_playback* modula. Dati modul obezbeđuje jednostavnu spregu aplikativnog sloja i srednjeg sloja programske podrške televizijskog prijemnika u smislu mogućnosti vezanih za reprodukciju snimljenog sadržaja. Poziv date funkcije naleže na modul za upravljanje komponentama DTV sadržaja srednjeg sloja programske podrške radi pokretanja reprodukcije na osnovu zadatih parametara. Sve funkcije u slučaju greške vraćaju kod greške, tako da se iz istog može zaključiti zašto tražena akcija nije otpočeta. Sekvencijalni dijagram PVR reprodukovanja sadržaja prikazan je na slici 4.2.

Nakon uspešno pokrenutih funkcionalnosti, kada prođu potrebne provere, obaveštenje o uspešno pokrenutoj akciji (koja je u ovom slučaju reprodukcija) se propagira mehanizmom povratne funkcije do korisnika preko grafičkih komponenti Android aplikacije. Takođe, informacije o vremenskim parametrima (koliko je vremena proteklo od početka reprodukcije, koliko je vremena još ostalo za reprodukciju) se na identičan način šalju do korisnika aplikacije preko grafičkih komponenti Android aplikacije. Nakon toga korisnik može da privremeno zaustavi odnosno kasnije nastaviti trenutno emitovani sadržaj, i to pozivanjem *controlSpeed()* iz DTV Java programske podrške iz paketa *android.dtv.pvr* i njegove klase *PvrControl.java*. Funkcija kao parametar prima vrednost “0” ako želimo da pauziramo snimak, a vrednost “100”

ako želimo nastaviti emitovanje. Data funkcija na MAL sloju naleže na poziv funkcije iz *mal_pvr* modula,

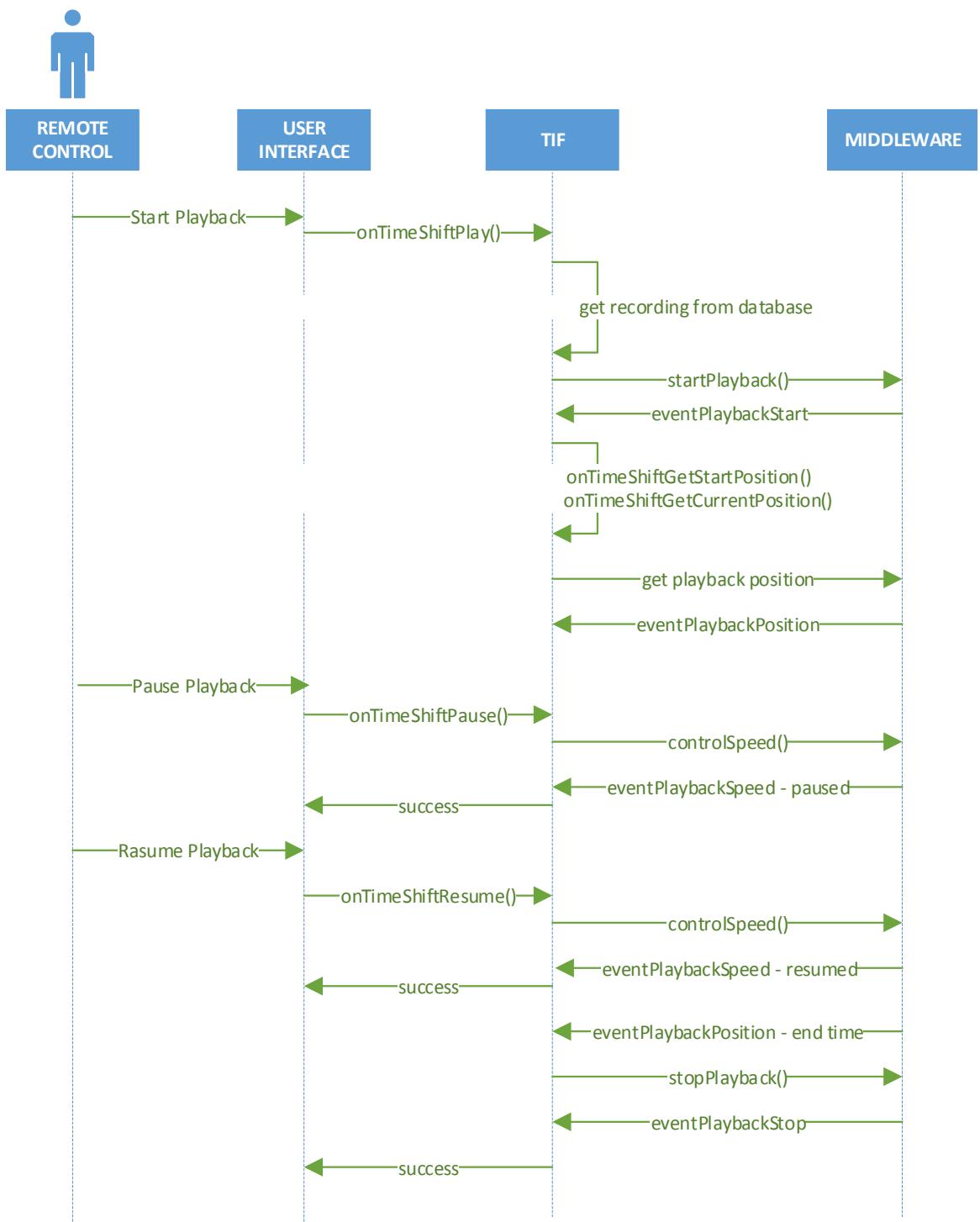
MAL_PVR_ErrorCode MAL_PVR_ControlSpeed(

```
const MAL_PVR_Handle handle,  
const MAL_PVR_Speed speed),
```

gde se obavljaju potrebne provere i poziva funkcija *PVR_playback* modula. Dati modul obezbeđuje jednostavnu spregu aplikativnog sloja i srednjeg sloja programske podrške televizijskog prijemnika u smislu mogućnosti vezanih za reprodukciju snimljenog sadržaja. Poziv date funkcije naleže na modul za upravljanje komponentama DTV sadržaja srednjeg sloja programske podrške radi izmene brzine reprodukcije na osnovu zadatih parametara. Pored toga, korišćenjem iste funkcije MAL sloja može se promeniti i brzina reprodukcije u smislu ubrzanja/vraćanja unazad (2X,4X,5X..) reprodukcije sadržaja, ukoliko korisnik želi da se vrati na određeni trenutak vremena, ili da preskoči određeni sadržaj koji mu nije od interesa. Funkcija *controlSpeed()* kao parametar prima putanju podataka na kojoj se obavlja reprodukcija i odgovarajući parametr brzine (za dva puta ubrzan snimak funkcija očekuje da joj se prosledi vrednost “200”, za 4X vrednost “400”, a za 5X vrednost “800”).

Nakon završetka reprodukovanja snimka upravljačka logika Android aplikacije zaustavlja reprodukciju pozivom funkcije *stopPlayback()* iz DTV Java programske podrške iz paketa *android.dtv.pvr* i njegove klase *PvrControl.java*. Funkcija kao parametar prima putanju snimka koji se zaustavlja i jedinstveni identifikator snimka. Data funkcija na MAL sloju naleže na poziv funkcije iz *mal_pvr* modula,

MAL_PVR_ErrorCode MAL_PVR_StopPlayback (const MAL_PVR_Handle playbackHandle), gde se obavljaju potrebne provere i poziva funkcija *PVR_playback* modula. Dati modul obezbeđuje jednostavnu spregu aplikativnog sloja i srednjeg sloja programske podrške televizijskog prijemnika u smislu mogućnosti vezanih za reprodukciju snimljenih servisa. Poziv date funkcije naleže na modul za upravljanje komponentama DTV sadržaja srednjeg sloja programske podrške radi zaustavljanja reprodukcije na osnovu zadatih parametara.



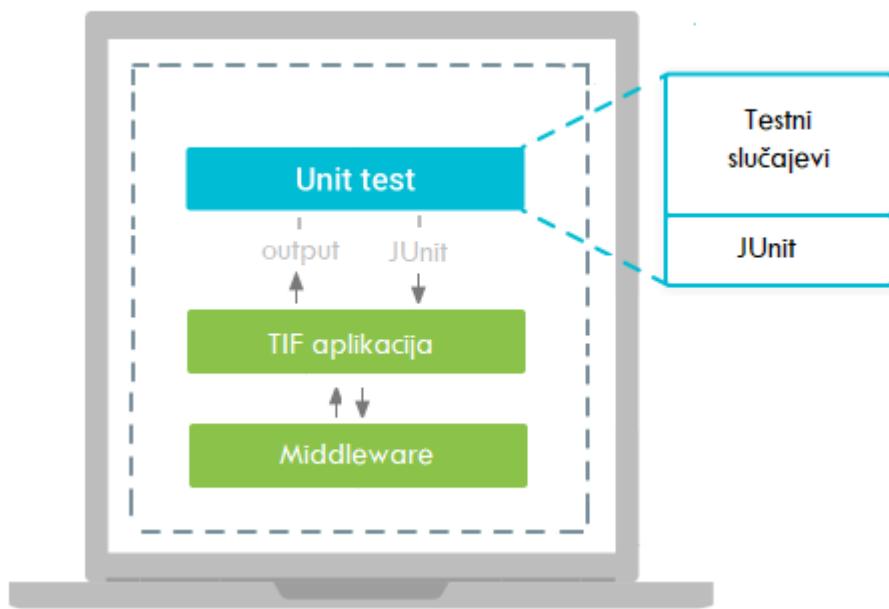
Slika 4.2 - Sekvencijski dijagram PVR reprodukovavanja snimljenog sadržaja

5. Ispitivanje i verifikacija

U okviru ovog rada obavljena su ispitivanja realizovanih modula. Ručno ispitivanje vršeno je u Guglovoj aplikaciji Live Channels. Druga vrsta ispitivanja definiše nezavisne JUnit ispitne slučajeve, kojima su verifikovani svi moduli koji su predmet ovog rada. Za potrebe ispitivanja i verifikacije u Android aplikaciji napravljen je poseban modul koji je sačinjen od niza funkcija grupisanih po vrsti testova. Modul je napisan kao JUnit 4 testna klasa. Korišćen je JUnit mehanizam (eng. JUnit rule, iz biblioteke Android Testing Support Library), *ServiceTestRule*, koji omogućava pokretanje servisa pozivom metode *startService()*. Izvršeni testovi prikazani su u tabeli 5.1 i potvrdili su ipravnost PRV funkcionalnosti.

TEST	REZULTAT
Pokretanje snimanja – startRecord()	PROŠAO
Zaustavljanje snimanja – stopRecord()	PROŠAO
Reprodukovanje snimka – StartPlayback()	PROŠAO
Zaustavljanje reprodukcije – StopPlayback()	PROŠAO
Pauziranje reprodukcije – PausePlayback()	PROŠAO
Nastavak reprodukcije – ResumePlayback()	PROŠAO
Kontrola brzine reproducovanog snimka – ControlSpeed()	PROŠAO

Tabela 5.1 – Tabela izvršenih ispitivanja

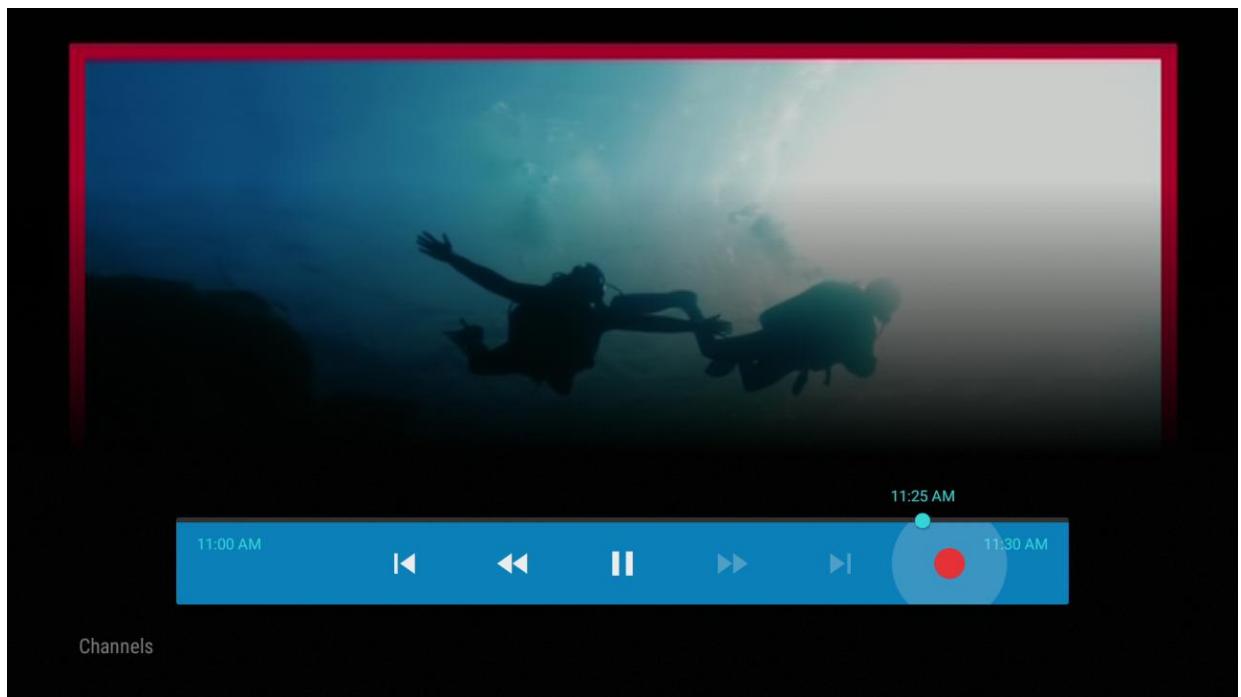


Slika 5.1 - Dijagram JUnit testova

Upoređivanjem ponašanja aplikacije sa rezultatima koje metode vraćaju prilikom *JUnit* ispitivanja utvrđeni su identični rezultati. Na taj način su potvrđene sledeće grupe ispitnih slučajeva:

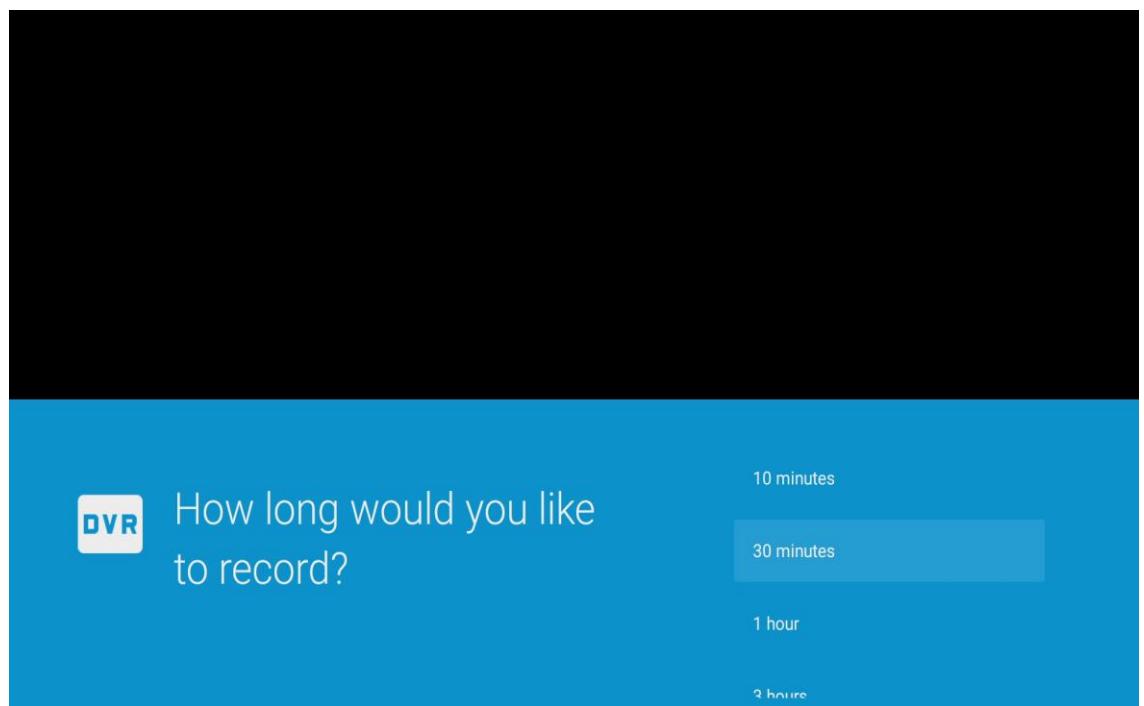
- Kontrola snimanja sadržaja,
- Kontrola prikaza prethodno snimljenog sadržaja,
- Kontrola dostupnosti informacija.

Ispitivanje kontrole snimanja sadržaja je potvrđeno obavljanjem odgovarajućih akcija za početak snimanja sadržaja na kanalu koji se uživo emituje (pritisak na crveno dugme za snimanje na daljinskom upravljaču ili u meniju aplikacije, takođe moguće je pokrenuti snimanje i pritiskom na taster "V" ukoliko je priključena tastatura na STB uređaj) što rezultuje pozivom odgovarajućih funkcija i pokretanjem snimanja datog kanala. Prikaz pokretanja snimanja je dat na slici 5.2.



Slika 5.2 - Pokretanje snimnja sadržaja

Nakon odgovarajuće akcije pokretanja snimanja korisniku su nudi mogućnost da željeni sadržaj snima određeni vremenski period (10 min, 30 min, 1h, 3h..) što je prikazano na slici 5.3.

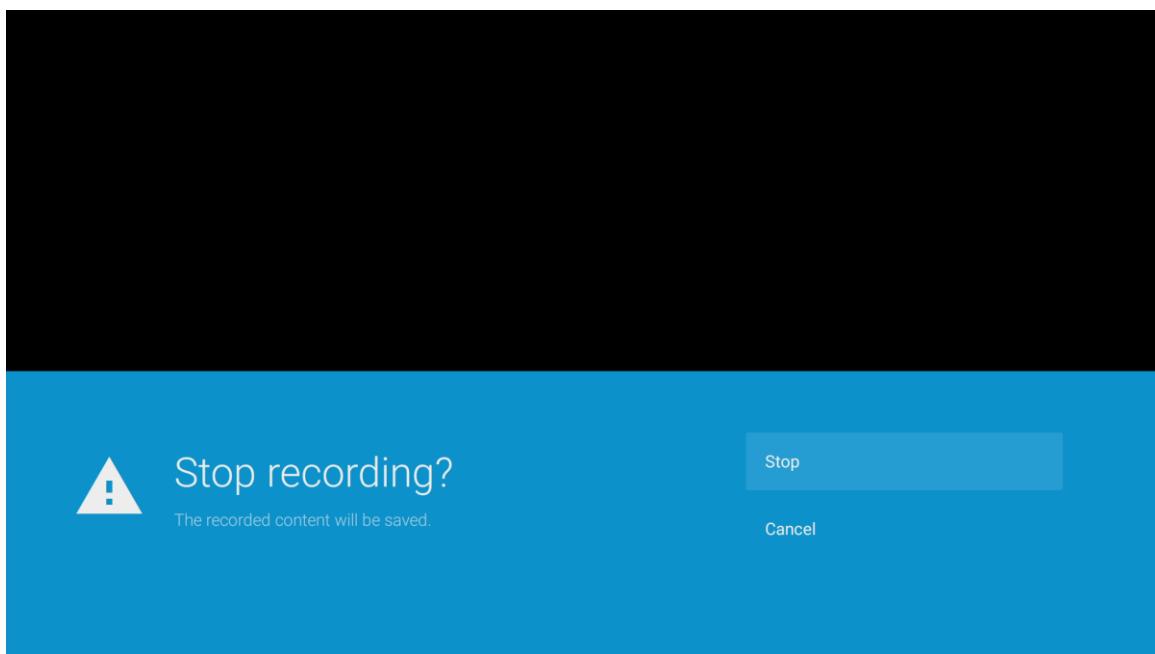


Slika 5.3 - Odabir dužine trajanja snimanja

Nakon isteka odabranog vremenskog perioda snimanje se samo zaustavlja ili korisnik može sam zaustaviti snimanje pritiskom na odgovarajuće “stop” dugme na daljinskom upravljaču (meniju ili tastaturi - “V”) što je prikazano na slikama 5.4 i 5.5.



Slika 5.4 - Snimanje sadržaja uz mogućnost prekidanja



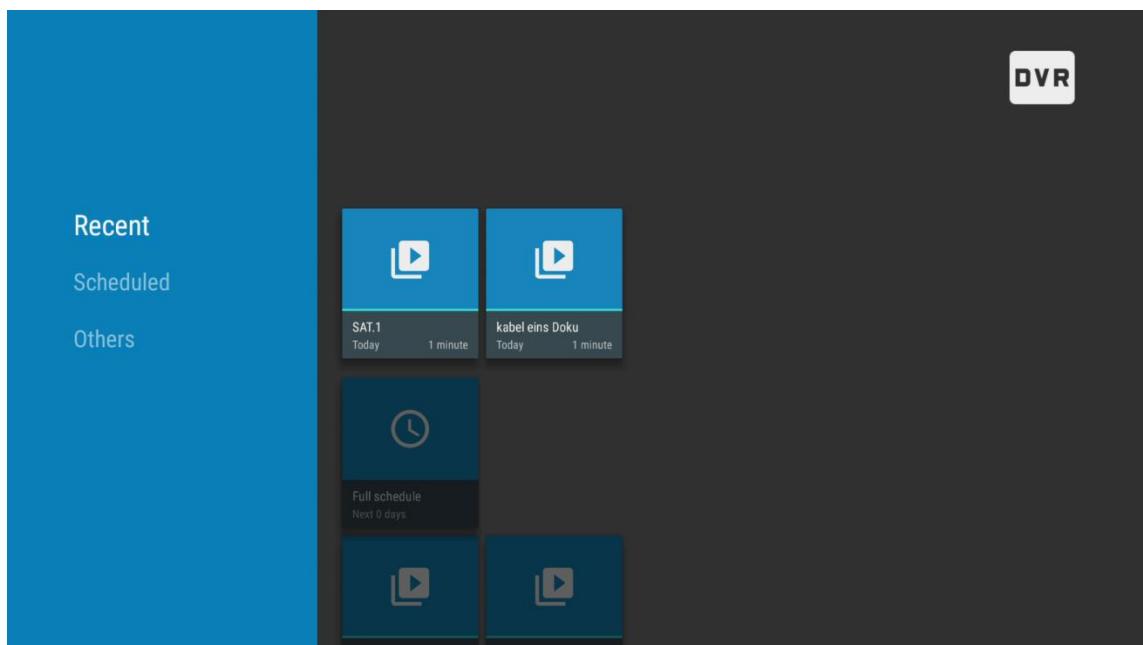
Slika 5.5 - Zaustavljanje snimanja sadržaja

Na osnovu prethodnih slika, može se potvrditi:

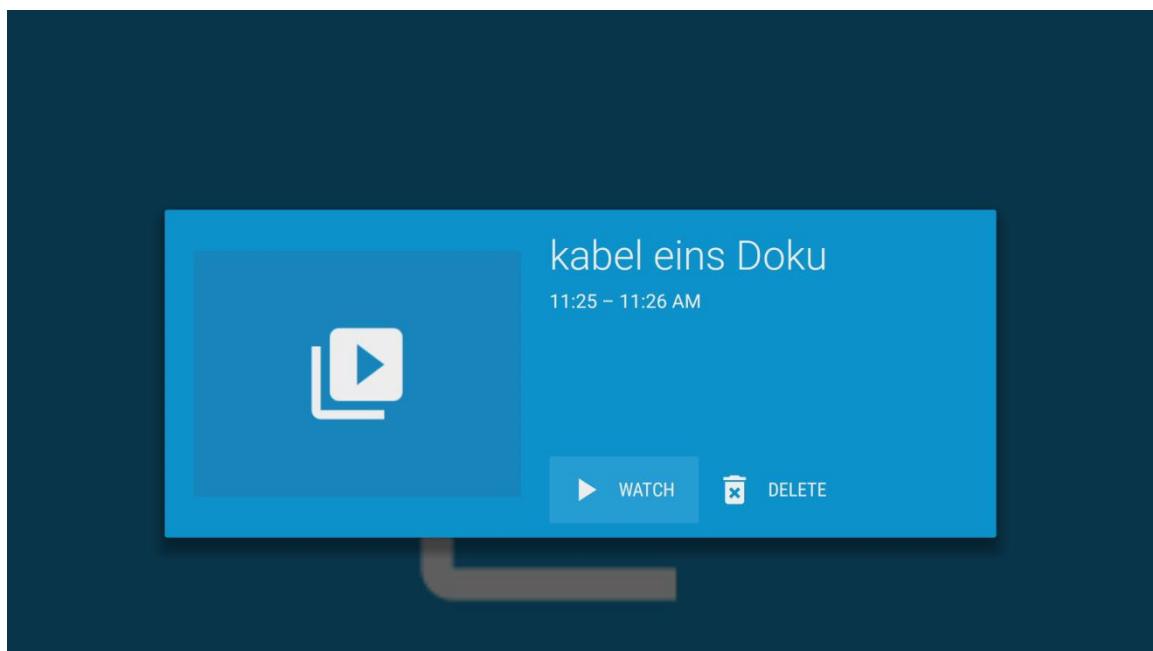
- da grafička aplikacija ispravno prati događaje na daljinskom upravljaču,
- da je programska podrška prešla u stanje snimanja,
- da su vremenski brojači aktivni i ažurni,
- da je programska podrška napustila stanje snimanja nakon zadate akcije,

- da su vremenski brojači vraćeni na početne vrednosti,
- da je o svemu prethodno navedenom grafička aplikacija obaveštena preko mehanizma funkcije povratnog poziva.

Ispitivanje funkcionalnosti kontrola prikaza prethodno snimljenog sadržaja je potvrđeno pozivanjem odgovarajućih funkcija i predstavljanjem poziva tih funkcija u obliku grafičke aplikacije. U odgovarajućem meniju aplikacije je prikazan sadržaj liste dosadašnjih snimaka (Slika 5.6). Korisnik ima mogućnost da date snimke prikaže ili obriše (Slika 5.7).



Slika 5.6 - Lista dostupnih snimaka



Slika 5.7 - Opis snimka i moguće akcije

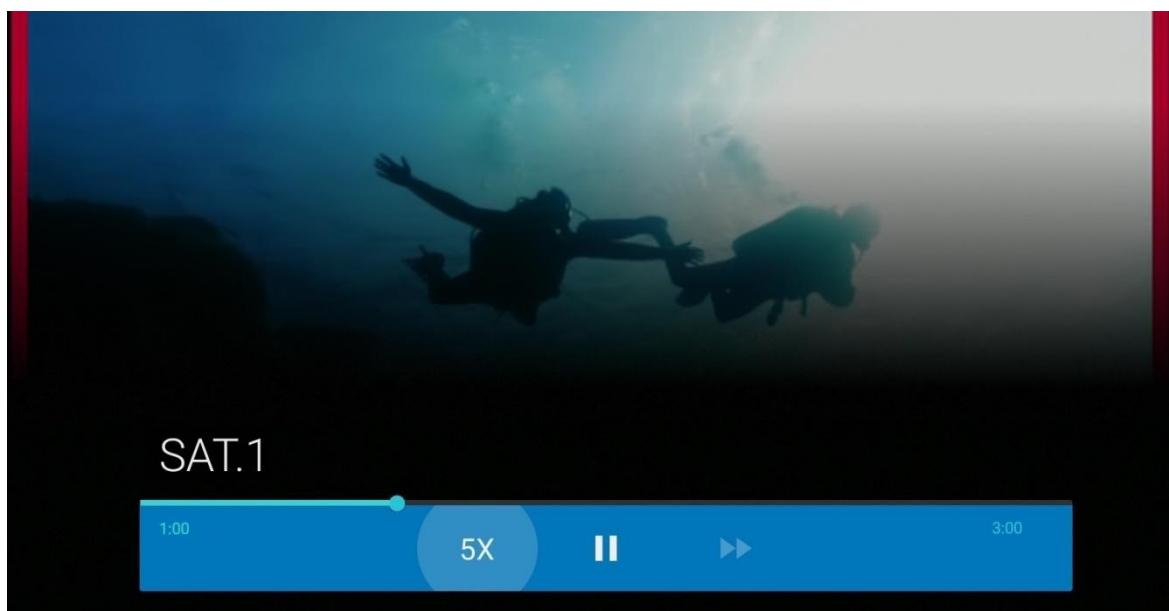
Po pokretanju reprodukcije možemo zaključiti:

- da je programska podrška ispravno prešla u stanje reprodukcije,
- da su informacije o servisu dostupne i prikazane,
- da su vremenski brojači pokrenuti,
- o svemu prethodno navedenom grafička aplikacija je ispravno obaveštena putem mehanizma funkcije povratnog poziva.

Nakon što je reprodukcija pokrenuta, pauziranjem reprodukcije (pritisak na dugme za pauziranje na daljinskom upravljaču ili iz menija), zaključuje se da je i ova funkcionalnost ispravno obavljena, jer je reprodukcija zaustavljena.

Nakon što je reprodukcija pokrenuta, menjanjem brzine reprodukcije (pritisak odgovarajućeg dugmeta na daljinskom upravljaču), zaključuje se da je i ova funkcionalnost ispravno obavljena, jer se video sekvence brže/sporije menjaju, u zavisnosti od izabrane brzine.

Nakon što je reprodukcija pokrenuta, zaustavljanjem reprodukcije (pritisak odgovarajućeg dugmeta na daljinskom upravljaču), zaključuje se i ova funkcionalnost ispravno obavljena, jer je reprodukcija zaustavljena, vremenski brojači vraćeni na početne vrednosti, a programska podrška iz stanja reprodukcije prešla u stanje emitovanja uživo kanala koji je bio aktivan pre početka reprodukcije.



Slika 5.8 - Reprodukcija snimka

6. Zaključak

U ovom radu je realizovana programska podrška digitalnog snimača na prijemniku digitalnog televizijskog signala koji je zasnovan na Android Nougat platformi. Dat je prikaz realizacije sprege Java programskog jezika i C koda potrebne za realizaciju digitalnog snimača i komunikaciju sa programskom podrškom digitalnog TV prijemnika. Opisan je načina korišćenja funkcionalnosti digitalnog snimača. Predloženo rešenje je realizovano na Broadcom 7252S platformi. Rešenje je ispitivano na ciljnoj fizičkoj arhitekturi i testiranjem je utvrđena funkcionalnost datog rešenja.

Dato rešenje može da se proširi funkcionalnošću da se nakon zahteva za snimanje jedne epizode serije ponudi mogućnost za snimanje narednih epizoda. Može se uvesti i funkcionalost preskakanja reklamnog sadržaja. Takođe funkcionalnost koja može da se doda predstavlja istovremeno snimanje dva uživo kanala, od kojih je jedan prikazan u PIP (eng. picture in picture) formatu. Stalan napredak Andorid platforme pruža i mogućnost za nadogradnju datog rešenja.

7. Literatura

- [1] Dr Milan Z. Bjelica, dr Nikola Teslić, mr Velibor Mihić, Softver u televiziji i obradi slike 1
- [2] Andorid, <https://source.android.com/>, jun 2017
- [3] GMS, <https://www.android.com/gms/>, jun 2017
- [4] TIF, <https://source.android.com/devices/tv/>, jun 2017
- [5] W. Fischer, Digital Video and Audio Broadcasting Technology, A Practical Engineering Guide, Springer; 3rd ed. 2010
- [6] 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
- [7] O'Driscoll G., "The Essential Guide to Digital Set-top Boxes and Interactive TV," Printice Hall PTR, Ireland, 2000.
- [8] Datta T., "Digital Covergence: the Set Top Box and Its Digital Interface," White paper,Enthink, July 1998
- [9] Open architecture set-top box, WO2002017638 A, William A Ruhnke, 21.02.2002, <http://www.google.com/patents/WO2002017638A1?cl=en>
- [10] Interoperability of set top box through smart card, WO2010119453 A2, K. Sridhara, P. V. Acharya, Dutta Pallab, Ravichandran Bharat, 21.10.2010, <http://www.google.com/patents/WO2010119453A2?cl=en>
- [11] Governance in "cyberspace : access and public interest in global communications, Klaus W Grewlich, The Hague, Kluwer Law Internat., 1999.
- [12] J. M. Myerson. "The Complete Book of Middleware". Auerbach Publications, 2002.
- [13] R. P. Bob Hulsebosch, Wouter Teeuw. "Middleware tintel state-of-the-art deliverable". 1999.

- [14] Hennadiy Pinus, “Middleware: Past and Present a Comparison”, June 2004. Available: <http://userpages.umbc.edu/~dgorin1/451/middleware/middleware.pdf>
- [15] M.Vidakovic, N.Teslic, T.Maruna, and V.Mihic: Android4TV: a proposition for integration of DTV in Android devices, IEEE 30th International Conference on Consumer Electronics (ICCE), Las Vegas, January 2012
- [16] The Java Native Interface: Programmer's Guide and Specification, Liang Sheng, Addison-Wesley Professional, 1999
- [17] <https://developer.android.com/training/tv/tif/content-recording.html#sessions>, jun 2017
- [18] ETSI TS 102 816 (V1.1.1): “Digital Video Broadcasting (DVB); Personal Video Recorder (PVR)/Personal Data Recorder (PDR), Extension to the Multimedia Home Platform”
- [19] ETSI EN 300 468 (V1.5.1): “Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems”
- [20] CTS, <https://source.android.com/compatibility/cts/> , jun 2017