



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У  
НОВОМ САДУ



Немања Поповић

# Једно решење хибридног сет топ бокс уређаја на Андроид оперативном систему

МАСТЕР РАД

Нови Сад, 2016.



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


## КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, <b>РБР:</b>	
Идентификациони број, <b>ИБР:</b>	
Тип документације, <b>ТД:</b>	Монографска документација
Тип записа, <b>ТЗ:</b>	Текстуални штампани материјал
Врста рада, <b>ВР:</b>	Дипломски – мастер рад
Аутор, <b>АУ:</b>	Немања Поповић
Ментор, <b>МН:</b>	Проф. др Илија Башичевић
Наслов рада, <b>НР:</b>	Једно решење сет топ бокс уређаја на Андроид оперативном систему
Језик публикације, <b>ЈП:</b>	Српски / латиница
Језик извода, <b>ЈИ:</b>	Српски
Земља публиковања, <b>ЗП:</b>	Република Србија
Уже географско подручје, <b>УГП:</b>	Војводина
Година, <b>ГО:</b>	2016
Издавач, <b>ИЗ:</b>	Ауторски репринт
Место и адреса, <b>МА:</b>	Нови Сад; трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, <b>ФО:</b> (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)	7/42/0/2/16/0/0
Научна област, <b>НО:</b>	Електротехника и рачунарство
Научна дисциплина, <b>НД:</b>	Рачунарска техника
Предметна одредница/Кључне речи, <b>ПО:</b>	Дигитална телевизија, ДВБ, Сет топ бокс, ХЛС, ИП, Андроид
<b>УДК</b>	
Чува се, <b>ЧУ:</b>	У библиотеци Факултета техничких наука, Нови Сад
Важна напомена, <b>ВН:</b>	
Извод, <b>ИЗ:</b>	У овом раду приказан је опис основних ДВБ функционалности и начин њихове контроле из Јава окружења. Описано је проширење Андроид медиа плејера подршком за HLS репродукцију. При томе је омогућено добављање и комбиновање улазних података са ДВБ транспортног тока и са мрежног послуживоца, као и контрола и репродукција различитих типова садржаја на хибридном сет-топ бокс уређају.
Датум прихватања теме, <b>ДП:</b>	
Датум одбране, <b>ДО:</b>	15.07.2016
Чланови комисије, <b>КО:</b>	Председник: Проф. др Мирослав Поповић
	Члан: Проф. др Растислав Струхарик
	Члан, ментор: Проф. др Илија Башичевић
	Потпис ментора



## KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, <b>ANO</b> :	
Identification number, <b>INO</b> :	
Document type, <b>DT</b> :	Monographic publication
Type of record, <b>TR</b> :	Textual printed material
Contents code, <b>CC</b> :	Master Thesis
Author, <b>AU</b> :	<b>Nemanja Popović</b>
Mentor, <b>MN</b> :	<b>PhD Ilija Bašičević</b>
Title, <b>TI</b> :	<b>One solution of hybrid Android operating system powered set-top box device</b>
Language of text, <b>LT</b> :	Serbian
Language of abstract, <b>LA</b> :	Serbian
Country of publication, <b>CP</b> :	Republic of Serbia
Locality of publication, <b>LP</b> :	Vojvodina
Publication year, <b>PY</b> :	<b>2016</b>
Publisher, <b>PB</b> :	Author's reprint
Publication place, <b>PP</b> :	Novi Sad, Dositeja Obradovica sq. 6
Physical description, <b>PD</b> : <small>(chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)</small>	<b>7/42/0/2/16/0/0</b>
Scientific field, <b>SF</b> :	Electrical Engineering
Scientific discipline, <b>SD</b> :	Computer Engineering, Engineering of Computer Based Systems
Subject/Key words, <b>S/KW</b> :	<b>Digital television, DVB, Set Top Box, HLS, IP, Android</b>
<b>UC</b>	
Holding data, <b>HD</b> :	The Library of Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia
Note, <b>N</b> :	
Abstract, <b>AB</b> :	<b>This master thesis contains description of basic DVB functionality, and the mechanism for its control in the Java environment. An extension of Android media player with the support for HLS playback has been described. The software enables reception and combined use of input data both from the DVB transport stream and the Internet server, as well as control and playback of different types of content on the hybrid set top box device.</b>
Accepted by the Scientific Board on, <b>ASB</b> :	
Defended on, <b>DE</b> :	15.07.2016
Defended Board, <b>DB</b> :	President: <b>PhD Miroslav Popović</b>
	Member: <b>PhD Rastislav Struharik</b>
	Member, Mentor: <b>PhD Ilija Bašičević</b>
	Menthor's sign

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

(Податке уноси предметни наставник - ментор)

СТУДИЈСКИ ПРОГРАМ:	Рачунарство и аутоматика
РУКОВОДИЛАЦ СТУДИЈСКОГ ПРОГРАМА:	проф. др Мирослав Поповић

Студент:	Немања Поповић	Број индекса:	E2 7/2014
Област:	Дигитална телевизија		
Ментор:	проф. др Илија Башичевић		

НА ОСНОВУ ПОДНЕТЕ ПРИЈАВЕ, ПРИЛОЖЕНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ И ОДРЕДБИ СТАТУТА ФАКУЛТЕТА ИЗДАЈЕ СЕ ЗАДАТАК ЗА МАСТЕР РАД, СА СЛЕДЕЋИМ ЕЛЕМЕНТИМА:

- проблем – тема рада;
- начин решавања проблема и начин практичне провере резултата рада, ако је таква провера неопходна;

### НАСЛОВ МАСТЕР РАДА:

Једно решење сет топ бокс уређаја на Андроид оперативном систему

### ТЕКСТ ЗАДАТКА:

У задатку је потребно проширити програмску подршку постојећег сет топ бокс уређаја заснованог на Андроид оперативном систему. Проширење треба да омогући репродукцију садржаја по ХЛС протоколу. Развијени хибридни уређај треба да омогући комбиновање улазних података из ДВБ транспортног тока и са Интернет послуживоца, као и репродукцију различитих типова мултимедијалног садржаја.

Руководилац студијског програма:	Ментор рада:

Примерак за:  - Студента;  - Ментора

## **Захвалност**

Захваљујем се ментору проф. др Илији Башичевић на стручној помоћи током израде овог рада.

Посебно се захваљујем Владимиру Живков на стручној помоћи, саветима, утрошеном времену и стрпљењу током израде овог рада.

Захваљујем се свим колегама из канцеларије који су ми помагали и пружали подршку у сваком моменту током израде овог рада.

На крају се захваљујем свима онима који су на било који начин допринели изради овог рада.

## САДРЖАЈ

1. Увод.....	1
2. Теоријске основе.....	3
2.1 Андроид платформа.....	3
2.2 Андроид оперативни систем на сет-топ бокс уређајима.....	5
2.3 Дигитална телевизија.....	6
2.3.1 DVB-T/DVB-T2 пренос података.....	7
2.4 Адаптивни преносни ток података.....	10
2.5 Хибридни сет-топ бокс уређај.....	11
3. Концепт решења.....	13
3.1 Опис циљне платформе.....	13
3.2 Архитектура система на којој је реализовано решење хибридног ТВ пријемника.....	14
3.3 Прилагођавање ДТВ програмске подршке руковооцу физичком архитектуром фреквентног одабирача.....	15
3.4 Концепт решења ХЛС програмске подршке.....	16
3.4.1 Архитектура андроид мултимедијалног решења.....	18
3.5 Опис програмске подршке која је проширена подршком за комбиновање ДВБ и мрежних података.....	20
4. Програмско решење.....	22
4.1 Програмско решење прилагођавања фреквентног одабирача функцијама за рад са физичком архитектуром сет топ бокс уређаја.....	22
4.2 Додавање ХЛС програмске подршке у андроид мултимедијално окружење.....	26

---

4.3	Спајање података добијених путем ДВБ тока података и података са мрежног послужиоца .....	28
4.4	Проширење постојеће програмске подршке сервисом за спајање ДВБ података и података са мрежног послужиоца .....	30
4.5	Системска права ТВ сервиса .....	32
5.	Тестирање .....	33
5.1	Функционална верификација имплементације прилагођавања програмске подршке функцијама за руковање фреквентним одабирачем .....	33
5.2	Функционална верификација реализованог проширења Андроид мултимедијалног окружења .....	36
5.3	Тестирање спајања података у електронском програмском водичу .....	38
6.	Закључак .....	39
7.	Литература .....	41

## СПИСАК СЛИКА

Слика 2.1 Архитектура андроид оперативног система .....	4
Слика 2.2 Андроид оперативни систем прилагођен за рад на сет-топ бокс уређајима.	5
Слика 2.3 Канално дељење.....	7
Слика 2.4 Уметање подносиоца.....	8
Слика 2.5 Уметање заштитног интервала.....	8
Слика 2.6 Уметање заштитних подносиоца .....	9
Слика 3.1 Блок шема циљне платформе .....	13
Слика 3.2 Архитектура система постојећег ДТВ пријемника .....	14
Слика 3.3 Систем у којем се може применити ХЛС адаптивни ток података са могућношћу прилагођавања различитим битским брзинама и различитим резолуцијама приказивања видео садржаја .....	17
Слика 3.4 Приказ Андроид Медиа Сервера и његова функција унутар Андроид оперативног система.....	19
Слика 3.5 Архитектура постојеће програмске подршке .....	20
Слика 4.1 Приказ Андроид мултимедијалног окружења са програмским подршкама за репродукцију мултимедијалних садржаја, са посебним фокусом на новододату програмску подршку за видео токове .....	28
Слика 4.2 Архитектура система хибридног ДТВ пријемника.....	29
Слика 4.3 СТБ програмска подршка проширена подршком за обраду мрежних података.....	31
Слика 5.1 Уређај помоћу којег су верификовани јачина и квалитет сигнала .....	36
Слика 5.2 Архитектура система за испитивање програмске подршке за репродукцију адаптивних транспортних токова .....	37

**СПИСАК ТАБЕЛА**

Табела 5.1 Тестирање брзине аутоматског претраживања .....	33
Табела 5.2 Листа тестова помоћу које је верификован правилан рад фреквентног одабирача .....	35

## СКРАЋЕНИЦЕ

<b>CPU</b>	- <i>Central Processor Unit</i> , Централни процесор
<b>STB</b>	- <i>Set Top Box</i> , Сет топ бокс
<b>IP</b>	- <i>Internet Protocol</i> , Интернет протокол
<b>HLS</b>	- <i>HTTP Live Streaming</i> , Пренос уживо путем интернет протокола
<b>DVB</b>	- <i>Digital Video Broadcasting</i> , Дигитално видео емитовање
<b>PVR</b>	- <i>Personal Video Recorder</i> , Персонални видео снимач
<b>VOD</b>	- <i>Video On Demand</i> , Видео на захтев корисника
<b>HAL</b>	- <i>Hardware Abstraction Layer</i> , Слој за апстракцију физичке архитектуре
<b>ATSC</b>	- <i>Advanced Television Systems Committee</i> , Стандард са дигиталну телевизију који се користи у Америци
<b>ISDB</b>	- <i>Integrated Services Digital Broadcasting</i> , Јапански стандард за дигиталну телевизију
<b>DTMB</b>	- <i>Digital Terrestrial Multimedia Broadcast</i> , Стандард за дигиталну телевизију који је користи у Кини, Хонг Конгу, Куби
<b>DMB</b>	- <i>Digital Multimedia Broadcasting</i> , Дигитално мултимедијално емитовање
<b>EPG</b>	- <i>Electronic Program Guides</i> , Електронски програмски водич
<b>OFDM</b>	- <i>Orthogonal frequency-division multiplexing</i> , Ортогонална фреквенцијска модулација
<b>COFDM</b>	- <i>Coded Orthogonal frequency-division multiplexing</i> , Кодована ортогонална фреквенцијска модулација

---

<b>HDMI</b>	- <i>High-Definition Multimedia Interface</i> , Мултимедијска спрега високе резолуције
<b>USB</b>	- <i>Universal Serial Bus</i> , Универзална серијска магистрала
<b>UHF</b>	- <i>Ultra High Frequency</i> , Ултра висока фреквенција
<b>VHF</b>	- <i>Very High Frequency</i> , Веома висока фреквенција
<b>ABR</b>	- <i>Adaptive Bit Rate</i> , Адаптивни ток података
<b>API</b>	- <i>Application Programming Interface</i> , Апликативна програмска спрега
<b>ANR</b>	- <i>Application Not Responding</i> , Андроидов механизам када апликација не реагује на активности (остане блокирана)
<b>URL</b>	- <i>Uniform Resource Locator</i> , Јединствени локатор садржаја

## 1. Увод

У овом раду приказано је једно решење хибридног сет-топ бокс уређаја заснованог на Андроид платформи. Како је сет-топ бокс наменски уређај који кориснику омогућава функционалности дигиталне телевизије, на њему је потребно обезбедити његове главне функционалности које представљају претраживање и репродуковање дигиталних ТВ сервиса. Поред главних функционалности, описано је и прилагођавање уређаја за репродукцију дигиталних ТВ сервиса добијених са мрежног послуживоца (ИП базираних сервиса). За репродуковање оваквог садржаја неопходно је било извршити проширење Андроид мултимедијалног окружења подршком за репродуковање ИП базираног садржаја путем ХЛС мрежног протокола.

Андроид платформа по својој природи представља системску програмску подршку која се јако брзо развија, константно пружа нове могућности корисницима, појављује се на све већем броју мобилних телефона, преносних уређаја (енг. *Tablet*), телевизора, сет-топ бокс уређаја и аутомобила. Самим тим што се појављује на великом броју различитих типова уређаја, корисницима је битно обезбедити да на исти или веома сличан начин могу да користе све те уређаје. Пошто хибридни сет-топ бокс уређаји поседују мрежну спрежну везу, Андроид платформа нуди корисницима мноштво интернет базираних апликација. Те апликације могу да буду уграђене ТВ апликације које нуде:

1. основне функционалности СТБ уређаја, као што је претраживање, репродуковање, пребацивање ДВБ сервиса и приказ телетекста
2. напредне функционалности, као што су персонални видео снимач (енг. *Personal Video Recorder - PVR*), временско померање (енг. *Timeshift*) репродуковање видео садржаја са мрежног послуживоца, видео на захтев (енг. *Video on Demand - Vod*), персонални снимач видео садржаја са мрежног

---

послужиоца (енг. *Network Personal Video Recorder* - nPVR), електронски програмски водич и слично

3. самосталне апликације, као што су апликације скинуте са различитих врста интернет базираних продавница, интернет претраживачи и слично.

Када су у питању самосталне апликације, оне у већини случајева користе програмске или платформске ресурсе на себи специфичан начин. У овом раду је, између осталих, описано једно решење руковања расположивим ресурсима сет-топ бокс уређаја када је у питању прелазак и позивање самосталних апликација из ТВ апликације или прелазак из једне у другу самосталну апликацију.

Овај рад се састоји од шест целина. У првом делу рада дате су теоријске основе неопходне за разумевање основних начина функционисања Андроид платформе, као и начин функционисања његовог мултимедијалног окружења, које је проширено подршком за репродуковање телевизијског садржаја добијеног са мрежног послужиоца.

У другом делу рада је представљена платформа на којој је реализовано решење сет-топ бокс уређаја. Такође, у овом делу је представљен концепт решења хибридног сет-топ бокс уређаја, детаљније је описан принцип рада Андроидових системских сервиса, начин интеграције ДТВ програмске подршке у Андроид програмско решење, њено покретање као системски сервис при укључивању платформе, као и контролисање ресурса сет-топ бокс уређаја коришћењем сет-топ бокс апликације.

Треће поглавље говори о програмском решењу рада у којем је описано проширење Андроид мултимедијалног решења подршком за репродуковање садржаја добијеног са мрежног послужиоца. Представљено је и програмско решење прилагођавања системске програмске подршке за комбиновање података добијених путем фреквентног одабирача и са мрежног послужиоца, покретање и контрола самосталних апликација помоћу даљинског управљача, као и начин на који се контролишу системски ресурси потребни за коришћење ових апликација.

У четвртом делу рада је описан начин тестирања овог решења хибридног сет-топ бокс уређаја на платформи заснованој на *Android Lollipop 5.1.1* верзији Андроид платформе.

Пети део рада обухвата закључак, и правце даљег унапређења програмског решења.

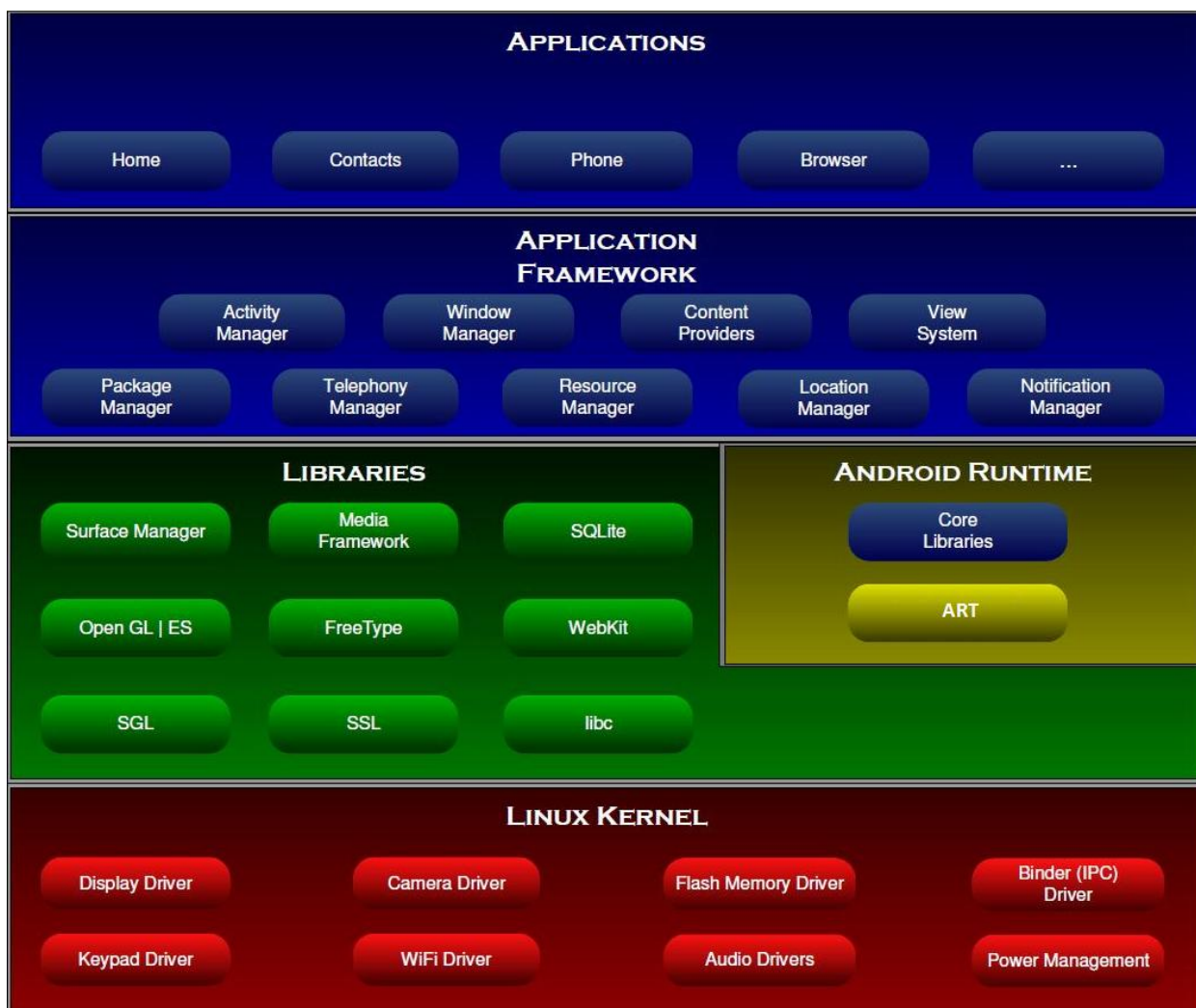
Шесто поглавље садржи литературу коришћену током израде рада.

## 2. Теоријске основе

### 2.1 Андроид платформа

Андроид програмско решење представља вишенаменски оперативни систем. Његова основна улога је била руковање мобилним телефонима и преносним уређајима, али се све више почео појављивати и као оперативни систем за наменске уређаје, сет-топ бокс уређаје, телевизоре, ручне сатове, а у последње време се јавља чак и у аутомобилској индустрији. Његова архитектура је таква да се он заснива на Линукс језгру (eng. *Linux kernel*), али пошто не подржава стандардни *X Window System* или стандардни *GNU* скуп библиотека, није у могућности да покреће стандардне апликације развијене за Линукс оперативни систем. Покретање самих Андроид апликација се врши у окружењу одвојеном од остатка система, где се добија само одређени део системских ресурса који су потребни за рад апликација, док им остатак ресурса није на располагању. Такође током преузимања апликација корисник добија листу свих дозвола које једна апликација захтева да би се она преузела. Овим се кориснику даје на увид листа ресурса који могу да утичу на успоравање рада уређаја, повећану потрошњу батерије или могућност коришћења одређених сервиса који могу да угрозе приватност корисника.

На следећој слици је представљена архитектура Андроид оперативног система, његови слојеви, као и главни модули тих слојева.

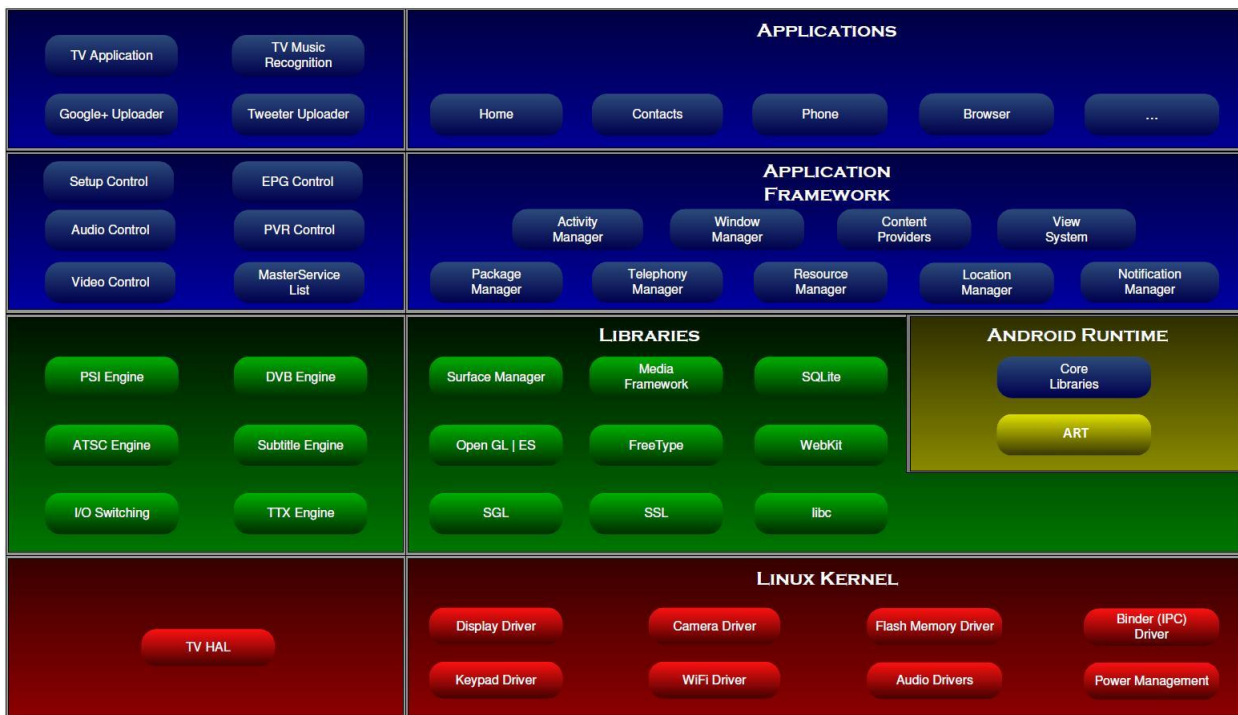


Слика 2.1 Архитектура андроид оперативног система

Са техничке стране гледано, Андроид представља Линукс оперативни систем развијен за АРМ x86 архитектуру и састоји се од Линукс језгра модификованог за рад са хардверском подршком, са функцијама ниског нивоа, скупом библиотека задужених за додатне подршке као што су исцртавање графике, подршке за декодовање аудио и видео садржаја итд. У склопу *Android Runtime* modula се налазе основне библиотеке и ART модул који замењује претходно коришћену *Dalvik* виртуелну машину за покретање Јава апликација. *Dalvik* виртуелна машина је од Андроида верзије *Lollipop* (Андроид 5.0) замењена *ART* модулом који од тада обавља њен посао. На вишем нивоу од библиотека се налазе системске апликације неопходне за употребу система од стране корисника и ту се налазе менаџери за руковање прозорима, ресурсима, инсталационим пакетима, као и апликације задужене за обављање основних функција везаних за уређаје на којима је инсталиран Андроид. На највишем нивоу се налазе крајње корисничке апликације. Андроид има могућност и исцртавања 3Д графике. За такво исцртавање се користи библиотека заснована на *OpenGL ES 2.0*[2] спецификацији.

## 2.2 Андроид оперативни систем на сет-топ бокс уређајима

Да би Андроид могао да функционише на сет-топ бокс уређајима, потребно је проширити постојећу програмску подршку подршком специфичном за сет-топ бокс и ТВ уређаје. Та проширења се огледају у свим слојевима Андроид платформе. На следећој слици је представљена архитектура Андроид оперативног система прилагођена за рад на сет-топ бокс уређајима.



Слика 2.2 Андроид оперативни систем прилагођен за рад на сет-топ бокс уређајима

На претходној слици је представљено једно решење проширења Андроид програмске подршке [1] која обухвата проширења свих слојева стандардног оперативног система и интеграцију нових модула у сваки од слојева. Сама природа ДТВ програмске подршке је таква да је она лако прилагодљива за рад на различитим оперативним системима. На најнижем нивоу те подршке се налази *TV HAL* модул у који представља прилагодни слој. Он директно налаже на системске функције намењене за рад са датотекама и функције за рад са оперативном и радном меморијом. Системски ниво библиотека се проширује библиотекама за рад са улазно-излазним уређајима, управљање сет-топ бокс уређајем преко ДТВ програмске подршке, руковање преводима и телетекстом итд. Како би се из Јава сет-топ бокс апликације могло приступати апликативном спрежном слоју и користити његове функције, овај слој се проширује подршком за руковање аудио и видео садржајем, као и подршком за коришћење функционалности дигиталног персоналног снимача, електронског програмског водича, руковање сервисним листама и опцијама за подешавање сет-топ бокс уређаја. Да би корисницима било омогућено руковање сет-топ

боксом помоћу даљинског управљача, на највишем, апликативном, слоју се налази сет-топ бокс Јава апликација, апликације за надоградњу ДТВ програмске подршке и самосталне (eng. *3<sup>rd</sup> Party*) Андроид апликације.

## 2.3 Дигитална телевизија

Дигитална телевизија представља пренос аудио/видео садржаја у дигиталном формату.

Највећа предност дигиталне телевизије је у томе што се на једном фреквенцијском опсегу може преносити више ТВ сервиса, док се коришћењем аналогне телевизије на једном фреквенцијском опсегу могао преносити само један канал. Поред преноса више сервиса на једној фреквенцији, дигитална телевизија корисницима нуди и бољу слику са већим резолуцијама емитовања. Постоје разни стандарди за емитовање дигиталног телевизијског сигнала као што су ДВБ [3], АТСЦ, ИСДБ, ДТМБ и ДМБ. Постоје неколико начина преноса дигиталног телевизијског сигнала, а то су:

1. Земаљски (eng. *Digital Video Broadcasting–Terrestrial - DVB-T/DVB-T2*) [4]
2. Кабловски (eng. *Digital Video Broadcasting–Cable - DVB-C*) [5]
3. Сателитски (eng. *Digital Video Broadcasting–Satellite - DVB-S/S2*) [6]
4. Пренос путем мобилних телефона (eng. *Digital Video Broadcasting–Handheld–DVB-H*)

АТСЦ је стандард који се користи у Северној Америци. ИСДБ дигитални телевизијски стандард заступљен у Јапану. ДТМБ је кинески телевизијски стандард (базиран већим делом на ДВБ стандарду). ДМБ (eng. *Digital Multimedia Broadcasting - DMB*) је стандард развијен у Јужној Кореји као национални пројекат за слање радио, телевизијских података и података за мобилне телефоне. Сваки од претходно наведених стандарда се ослања на МПЕГ-2 стандард[7]. Овај стандард дефинише начин компресовања дигиталних видео података. Познатији је још и као H262 стандард за компресовање дигиталног видео садржаја. Коришћењем оваквог начина кодовања аудио или видео података омогућен је степен компресије и до 100 пута. Неопходан проток за некомпресовани садржај је око 270 Mb/s, док се применом МПЕГ-2 начина кодовања овај проток може смањити на 2 или 4 Mb/s и да тако добијена слика има сасвим задовољавајући квалитет.

Неке од предности дигиталног ДВБ преноса телевизијског сигнала су електронски програмски водич, слика широког опсега (eng. *wide screen*) 16:9, слика високе резолуције (eng. *High-definition television - HDTV*), електронски програмски водич (eng. *Electronic Program Guide - EPG*), преводи на више језика, такође и аудио траке на више језика које

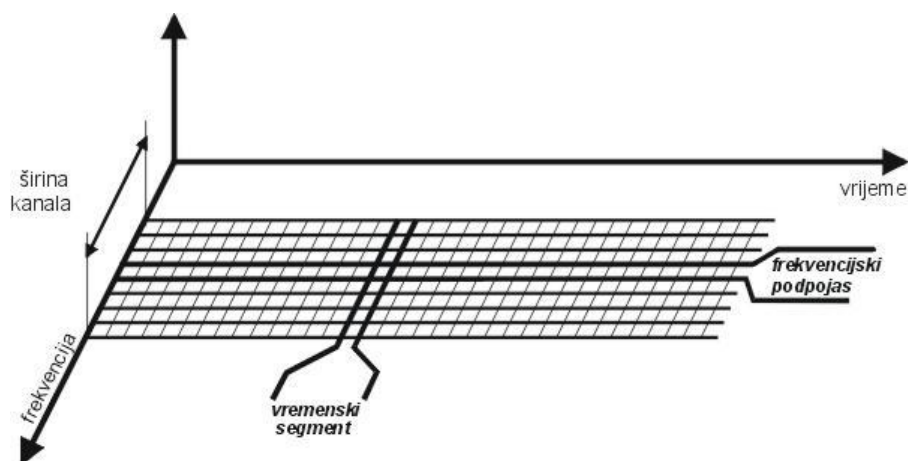
најчешће корисник може да бира из ТВ/СТБ апликације, док још пуно додатног садржаја нуди ИПТВ као што је видео на захтев корисника, богатији електронски програмски водич који може да садржи пуно више садржаја него што садржи ЕПГ садржај добијен путем ДВБ тока података. Тај садржај може да садржи информације као што су нпр. детаљи о неком филму који садрже називе главних глумаца, оцене филма, критике и слично. Подаци који се емитују путем интернет тока података добијају се са удаљеног сервера.

### 2.3.1 DVB-T/DVB-T2 пренос података

ДВБ-Т/ДВБ-Т2 је европски стандард за пренос телевизијских података. За пренос компресованог сигнала слике и звука користи се МПЕГ уз ОФДМ/ЦОФДМ модулацију. ОФДМ модулацију у основи чине следећа обележја:

1. Канално дељење
2. Уметање подносиоца
3. Уметање заштитног интервала
4. Уметање синхронизационих подносиоца

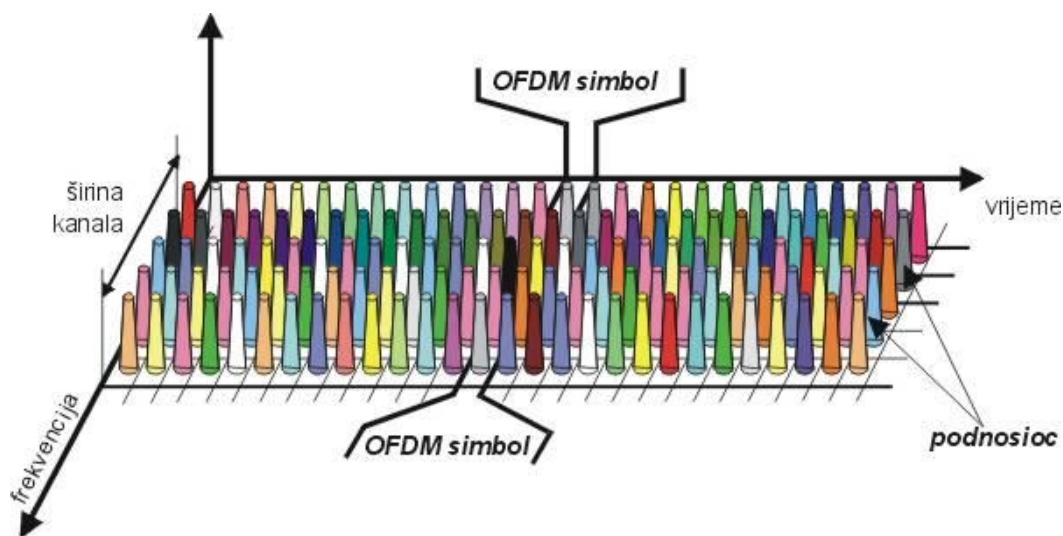
На следећој слици је приказано канално дељење:



Слика 2.3 Канално дељење

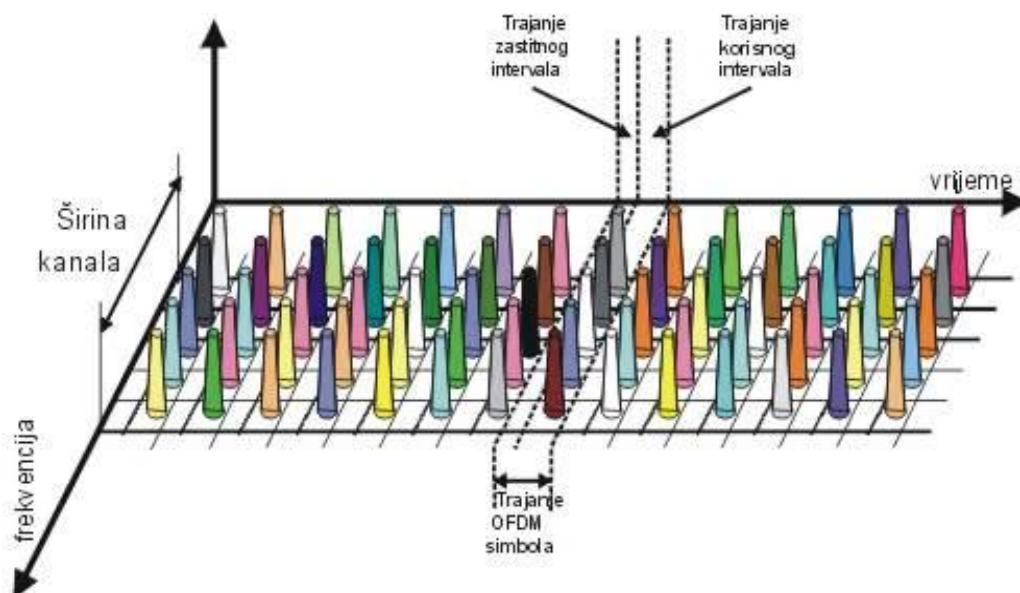
ЦОФДМ пренос података преноси податке тако што ради дељење земаљског канала у оба домена (у временском и у фреквентном домену), тако да је фреквентни канал организован као скуп уских “фреквенцијских под-појасева” и као скуп малих суседних “временских сегмената”.

Унутар сваког временског сегмента, названог ОФДМ симбол, убацује се један подносиоц у сваки фреквентни под-појас. Да би се избегла интерференција између носилаца, убацује се размак између њих који је једнак инверзном трајању симбола. Другим речима, под-носиоци су ортогонални. На следећој слици је приказано на који начин су они организовани.



Слика 2.4 Уметање подносиоца

На следећој слици је приказано на који начин се врши уметање заштитног интервала.

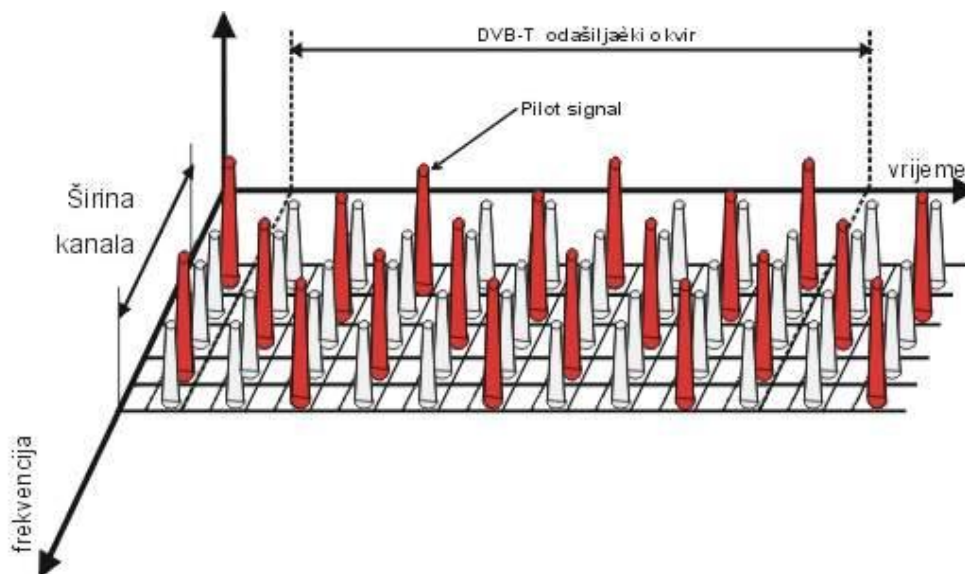


Слика 2.5 Уметање заштитног интервала

Ортогоналност под-појасева у ОФДМ поступку се може очувати и под-појасеви се могу у потпуности раздвојити применом брзе Фуријеове трансформације (eng. FFT – *Fast Furier Transformation*) у пријемнику само ако нема утицаја међусимболне интерференције и интерференције међу носиоцима, које су последица утицаја преносног медија који се користи. Како је спектар појединих под-појасева облика  $\sin(x)/x$ , линеарна изобличења као нпр. вишеструки пријем сигнала, расипају енергију једног под-појаса на суседне под-појасеве узрокујући међусобну интерференцију. Да би се она избегла, уметнут је заштитни интервал између ОФДМ симбола. Ако заштитни интервал у себи нема сигнала, приликом кашњења сигнала демодулатор неће моћи регистровати ортогоналност између носилаца јер се у времену анализирања ФФТ носиоци се разликују за цео период. Због

тога долази до интерференције између носиоца. Решење овог проблема је попуњавање заштитног интервала репликом задњег дела ОФДМ симбола у трајању заштитног интервала.

На следећој слици је приказано уметање синхронизационих подносиоца:



Слика 2.6 Уметање заштитних подносиоца

Да би се сигнал исправно демодулисао, пријемници га требају примити током корисног периода ОФДМ симбола (не током заштитног интервала). Временски прозор треба да буде тачно постављен у односу на тренутак где се појави сваки емитовани ОФДМ симбол. ДВБ-Т користи “пилот” подносиоце правилно распоређене у пријемном каналу као синхронизационе маркере.

У случају ДВБ-Т, постоје два избора за број носиоца познатих као 2К-мод или 8К-мод. То су заправо 1.705 или 6.817 под-носача који су око 4kHz или 1kHz. ДВБ-Т је усвојен или предложен за дигитално емитовање телевизијског програма у многим земљама, користећи углавном VHF 7 MHz и UHF 8 MHz канале, али и у земљама као што су Тајван, Колумбија, Панама, Тринидад и Тобаго и на Филипинима користи 6 MHz канале. ДВБ-Т је објављен као стандард ЕН 300 744 који обухвата урамљивање структуре у којој се шаље сигнал, канално кодирање и модулација за дигиталну земаљску телевизију. Овај стандард је доступан на интернет страници ЕТСИ, као што је ЕТСИ ТС 101 154, *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream*. За земље које су прихватиле ДВБ-Т стандард, дефинисано је шта све он обухвата. Ту спадају *D-Book* у Великој Британији, италијански *DGTVi*, ЕТСИ *E-Book* и скандинавијски *NorDig*. ДВБ-Т је даље развијао нове стандарде као што су ДВБ-Х (DVB-H - *Digital Video Broadcasting – Handheld*, Мобилна

дигитална телевизија на дохват руке), и након тога ДВБ-T2 који је првобитно завршен у августу 2011. године.

ДВБ-T2 стандард у поређењу са ДВБ-T стандардом омогућава знатно бољу искоришћеност ДТВ тока података. ДВБ-T2 је савремени систем који омогућава да се у мултиплексу РФ канала опсега 8 мегахерца емитује 15 до 18 сервиса стандардне дефиниције (енг. *Standard Definition* - SD), али само 4 до 6 сервиса високе дефиниције (енг. *High Definition* - HD), који имају много веће битске протоке.

## 2.4 Адаптивни преносни ток података

Сталним порастом брзине интернет протокола повећава се и могућност преноса све веће количине мултимедијалних података, што корисницима омогућава пренос и репродуковање видео података чији је садржај високог квалитета. Све већа популарност система за адаптивне транспортне протоколе и све већа популарност Андроид базираних уређаја у индустрији потрошачке електронике, произвела је потребу да се та два система некако повежу. Најједноставније решење за повезивање ова два система се проналази у проширењу Андроид програмског решења за руковање мултимедијалним садржајем, подршком за руковање адаптивним транспортним током података. Ово проширење је уређено да би се корисницима омогућило репродуковање и контрола аудио или видео садржаја који се емитује непрекидно (енг. *HTTP Live Streaming* - HLS)[11][12] или руковање видеом на захтев корисника (енг. *Video On Demand* - VoD).

Сама природа адаптивног транспортног тока података се намеће као добро решење за репродуковање видео садржаја који се преноси различитим брзинама мрежног протока података. Овај протокол омогућава пренос видео транспортног тока који је прилагођен брзини протока података корисничке интернет везе. Резолуција и квалитет видео садржаја који корисници могу репродуковати коришћењем овог протокола, директно су сразмерни брзини мрежног преноса података. Највећа предност адаптивног преносног тока података је у томе што има могућност да се у реалном времену прилагођава мрежној брзини за пренос података у зависности од расположивости ресурса мрежног спрежног система. Један од најпознатијих система за адаптивни пренос података је ХЛС протокол [8]. Овај протокол је развио *Apple* за потребе својих програмских подршки, као што су *QuickTime* и *Safari*, намењених за рад на *iOS* оперативним системима. Протокол ради тако што дели укупан ток података у низ малих интернет базираних сегмената који се преузимају на пријемној страни. Сваки клијент има могућност да бира више различитих алтернативних адаптивних транспортних токова података који садрже исте податке. Разлика између њих је у квалитету аудио или видео садржаја који се преноси тим токовима, па самим тим се

преносе и различитим брзинама. На клијентској страни, подаци се добијају са мрежног послужиоца који их емитује у реалном времену у М3U8 формату. Видео податке мрежни послужилац кодује у Х-264 формату, док се аудио подаци кодују у *MP3*, *HE-AAC* или у *AC-3* формату. Сегментер прихвата први *.m3u8* фајл и чува га као листу других *.m3u8* фајлова који су прилагођени различитим брзинама преноса података путем интернета. У зависности од интернет брзине приступа се различитим *.m3u8* датотеке из друге листе, и ти фајлови садрже пакете транспортног тока података.

## 2.5 Хибридни сет-топ бокс уређај

Овај уређај служи за пријем и обраду дигиталног телевизијског сигнала са различитих извора. Поред своје основне улоге за репродуковање дигиталног телевизијског садржаја, овакви сет-топ бокс уређаји пружају и мноштво других могућности као што су: репродуковање сервиса са мрежног послужиоца, додатни електронски програмски водич, видео на захтев корисника, интернет базиране апликације, приступ друштвеним мрежама, тренутно и одложено снимање садржаја са мрежног послужиоца (eng. *Network Personal Video Recording* - *nPVR*). Уређај који комбинују овакве и друге сличне функционалности називају се хибридни сет-топ бокс уређаји. Један од првих интернет базираних сервиса који су емитери телевизијског сигнала понудили својим корисницима јесте *HbbTV* сервис [9]. Он представља једно од првих решења које на телевизијским и сет-топ бокс уређајима комбинује ДВБ транспортни ток са мрежним током података. Највећа предност *HbbTV*-а је у томе што апликације које он омогућава, кориснику дају могућност интерактивног коришћења телевизије, док је у претходно коришћеном начину преноса телевизијског сигнала корисник имао могућност само да гледа оно што му оператер шаље, без икаквих повратних информација од корисника према оператерима. Овакви сет-топ бокс уређаји су корисницима омогућили и мноштво интерактивних апликација.

Комбиновањем претходно наведених начина добављања података добија се сет-топ бокс уређај који има могућност обраде земаљског дигиталног телевизијског сигнала, коришћење података добијених са мрежног послужиоца као и репродуковање телевизијског сигнала које он шаље, комбиновање ове две врсте података који се добијају са потпуно различитих извора, излазак сет-топ бокс уређаја на интернет (што корисницима омогућава коришћење интернет претраживача, приступ друштвеним мрежама, руковање независним апликацијама које користе интернет, играње игрица на интернету или коришћење истих као независне апликације) као и мноштво услуга које нуди интернет или емитери дигиталног телевизијског сигнала путем мрежног

транспортног тока података. Једно решење оваквог хибридног сет-топ бокс уређаја представљено је у овом раду.

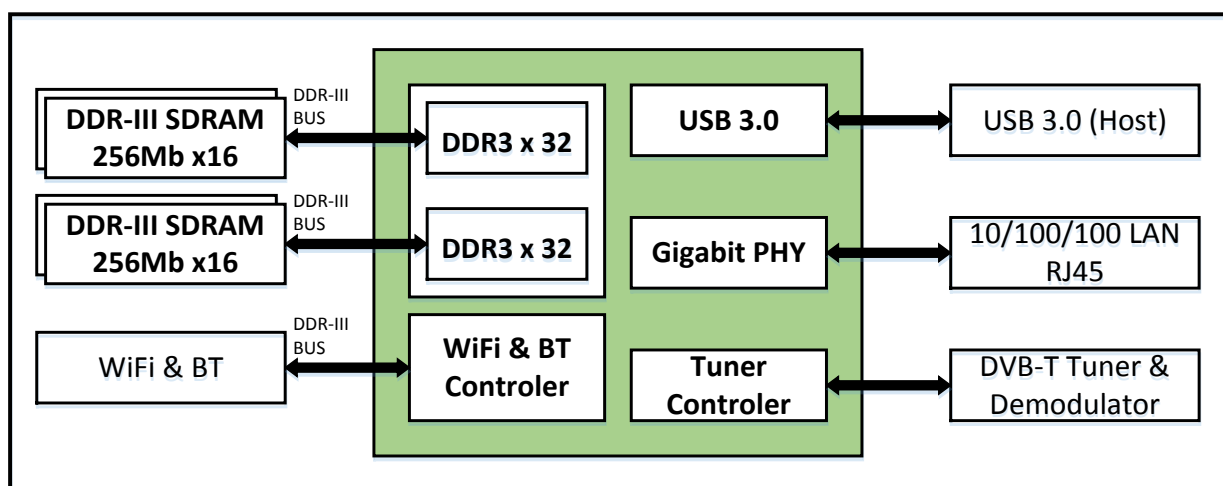
### 3. Концепт решења

У овом поглављу ће бити описана циљна платформа на којој је реализовано решење хибридног сет топ бокс уређаја заснована на Андроид оперативном систему, концепт на којем се заснива ово решење, као и главни модули који су додати, коришћени или проширени у постојећем Андроид програмском решењу.

#### 3.1 Опис циљне платформе

Развојна платформа коришћена за реализацију овог решења хибридног сет-топ бокс уређаја заснована је на Андроид 5.1.1 (*Lollipop*) оперативном систему.

Блок шема ове платформе приказана је на следећој слици:



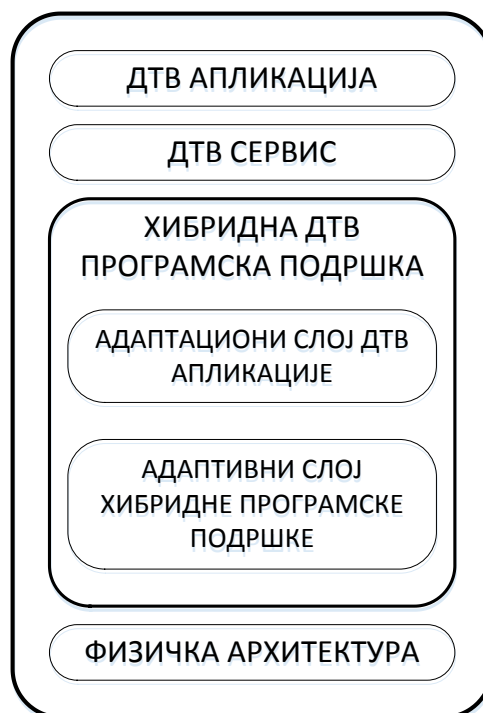
Слика 3.1 Блок шема циљне платформе

Платформа са слике располаже следећим кључним компонентама: ДВБ-Т/Т2 фреквентни одабирач, процесор АРМ фамилије, 1ГБ ДДР3 оперативне меморије, 4GB НАНД меморије, 1 ХДМИ излаз, 1 С/ПДИФ излаз, 1 Етернет порт и 1 УСБ 3.0 прикључак.

Платформа поседује апликативну програмску спрегу (енг. *Application Programming Interface*) која обезбеђује функције вишег нивоа за руковање саставним деловима физичке архитектуре. Поменута спрега је искоришћена и значајно је олакшала проналажење решења задатог проблема. Платформа поседује један фреквентни одабирач што ограничава функционалност дигиталног снимача. Уколико се садржај неког сервиса снима, није могуће истовремено гледати садржај другог сервиса (други телевизијски програм). Платформа поседује УСБ прикључак, тако да је за потребе снимања неопходно прикључити спољашњи диск или УСБ спољну меморију.

### 3.2 Архитектура система на којој је реализовано решење хибридног ТВ пријемника

Програмска подршка која ради обраду ДТВ података се својим адаптивним слојем ослања на функције окружења за развој апликација које нуди руковалац хардвером (енг. *Driver*) и на тај начин апликацији обезбеђује ДВБ телевизијске податке, док путем мрежног прикључка обезбеђује мрежне податке. На следећој слици је приказана блок шема архитектуре постојећег система:



Слика 3.2 Архитектура система постојећег ДТВ пријемника

Физичка архитектура на којој је заснован овај сет топ бокс уређај је АРМ верзије *Cortex v7*. Контролисање рада овог СТБ уређаја из апликације је омогућено коришћењем функција за руковање хардвером. Ово су системске функције на које належа програмска подршка за обраду ДТВ података преко адаптационог слоја. Овај слој је у коришћеном

програмском ДТВ стеку назван CHAL (eng. *Comedia Hardware Abstraction Layer*). Захваљујући овом слоју ДТВ стека, програмска подршка није зависна од платформе, тако да са преласком на неку другу платформу, довољно је прилагодити функције ДТВ програмске подршке функцијама руковаоца хардвером и да подршка буде функционална. Да би се омогућило коришћење више од једне ДТВ апликације на СТБ уређају, направљен је сервис који служи за комуникацију између ДТВ апликације и ДТВ програмске подршке. На овај начин је направљен скуп ДТВ функција којима се из ДТВ апликација контролише рад програмске подршке. ДТВ сервис је направљен као посебан процес преко којег комуницирају апликације са програмском подршком. Слање порука између апликације и програмске подршке иде преко механизма за међупроцесно слање порука. На овај начин се решава проблем блокирања главне програмске нити ДТВ апликација током интерактивног коришћења, на основу чега корисник има осећај да апликација брже ради и има бољи одзив.

### **3.3 Прилагођавање ДТВ програмске подршке руковаоцу физичком архитектуром фреквентног одабирача**

Сет топ бокс уређај који је коришћен током имплементације овог решења има могућност претраживања земаљских ДТВ сервиса. Фреквентни одабирач је потребно конфигурисати на следећи начин:

- Задати фреквенцију на коју ће покушати да се закључа
- Фреквентни појас за задату фреквенцију
- Модулација коју ће да претражује (*OFDM* модулација)

Најчешћи начин за задавање фреквенције током претраживања је задавање централних фреквенција, па се фреквенције које се претражују налазе на 474MHz, 482MHz, 490MHz, 498MHz итд, док неки фреквентни одабирачи захтевају подешавање почетних фреквенција. ВХФ фреквентни опсег, у којем се емитују земаљске фреквенције за централне вредности фреквенција, је од 177.5 до 226.5 мегахерца.

У УХФ опсегу, такође на централним позицијама, оне се налазе на позицијама од 474 до 858 мегахерца. Фреквентни појас за задате фреквенције може бити 1, 7, 5, 6, 7, 8 и 10 мегахерца. Када се фреквентни одабирач конфигурише тако да претражује *OFDM* модулисане фреквенције, потребно му је дефинисати и један параметар који говори да ли је у питању ДВБ-Т или ДВБ-Т2 сигнал.

Сви претходно наведени параметри се односе на поставке фреквенције на коју ће фреквентни одабирач покушати да се закључа. Након тога је потребно проверити његов

статус да ли је успео или није да се повеже на задату фреквенцију. За ово постоји два начина:

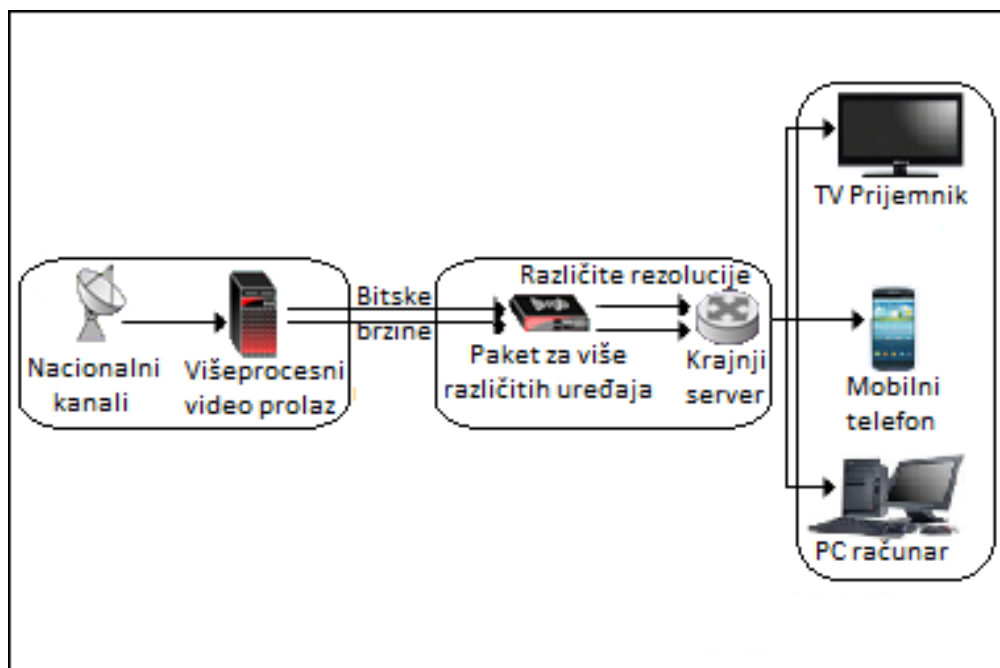
- Синхрони
- Асинхрони

Код асинхроног начина се подесе сви параметри и фреквенти одабирач пошаље свој статус путем функција за асинхроно слање података (преко *Callback* функција), док се код синхроног повезивања подесе сви параметри, блокира програмска нит на одређено време како би фреквентни одабирач имао времена да се закључа на одређену фреквенцију, и на крају се провери статус да ли је одабирач успео да се закључа.

Скуп функција за руковање физичком архитектуром на развојном сет топ бокс уређају је имплементиран тако да се функције којима може приступити апликација налазе у једном директоријуму, а остало као што су *make* фајлови, *Android.mk* фајлови, конфигурациони фајлови и изворни код се налазе у другим директоријумима. За сваки модул постоји директоријум *include* у којем се налазе заглавља функција које апликација може да користи за руковање тим модулом. У колико у том модулу постоји више руковаоца, онда се у почетном директоријуму за тај модул налази један заједнички директоријум под називом *common* и у њему се налазе заглавља функција које се из апликације могу користити у том модулу. Имплементација самог руковаоца физичком архитектуром се налази у другом директоријуму и добија се од произвођача физичке архитектуре или као датотеке које се динамички повезују (*.so* датотеке) или као изворни код писан у *C* програмском језику. На овај начин је постигнуто да када се прилагоди програмска подршка која користи руковаоце физичком архитектуром намењена за рад на референтној платформи, она ће моћи да ради и на било којој другој платформи која ће да користи исте функције из скупа за развој апликација.

### 3.4 Концепт решења ХЛС програмске подршке

ХЛС добија податке од веб сервера који их у реалном времену емитује у м3у8 формату.



Слика 3.3 Систем у којем се може применити ХЛС адаптивни ток података са могућношћу прилагођавања различитим битским брзинама и различитим резолуцијама приказивања видео садржаја

ХЛС адаптивни ток података (eng. *HLS-ABR – Adaptive Bit Rate*) преноси садржај који захтева постојање више датотека које су унапред креиране тако да им се протокол може прилагођавати преношењу на различитим брзинама за пренос података. Да би се корисницима омогућио осећај константно доброг квалитета репродуковања видео садржаја за различите начине повезивања на интернет или гледање видео садржаја путем мобилних телефона, адаптивни ток података се у реалном времену прилагођава различитим битским брзинама. На овај начин је омогућено да се преношење видео садржаја намењено репродуковању на мобилним телефонима, који се емитује у мањим резолуцијама, преноси мањим битским брзинама, док се садржај у ХД резолуцији, намењен емитовању путем ТВ-пријемника или посредством СТБ-а, емитује у већим резолуцијама, па самим тим и преноси већим битским брзинама. Због непредвидивих промена брзина преношења видео садржаја неопходно је прелазити на различите квалитете и битске брзине емитовања садржаја. За правилну промену тока података битно је да временски интервали кључних оквира за сваку брзину буду усклађени једни са другима. Ово се може постићи у време креирања датотека (сегмената). Овим се постиже да крајњи корисник не примети никакву промену тока података осим у виду квалитета садржаја за који се емитује. Не сме да буде поновних покушаја учитавања видео садржаја или прекидања емитовања садржаја.

### 3.4.1 Архитектура андроид мултимедијалног решења

Андроид мултимедијално окружење укључује подршку за рад са различитим типовима мултимедијалних садржаја, тако да у Андроид апликацију лако могу да се интегришу аудио, видео и слике. Сви мултимедијални садржаји који у Андроид апликацијама треба да се репродукују (било је из локалних датотека или са тока података који се репродукује непрекидно) користе подршку Андроид мултимедијалног контролера репродукције(engl. *Android Media Player*)[10].

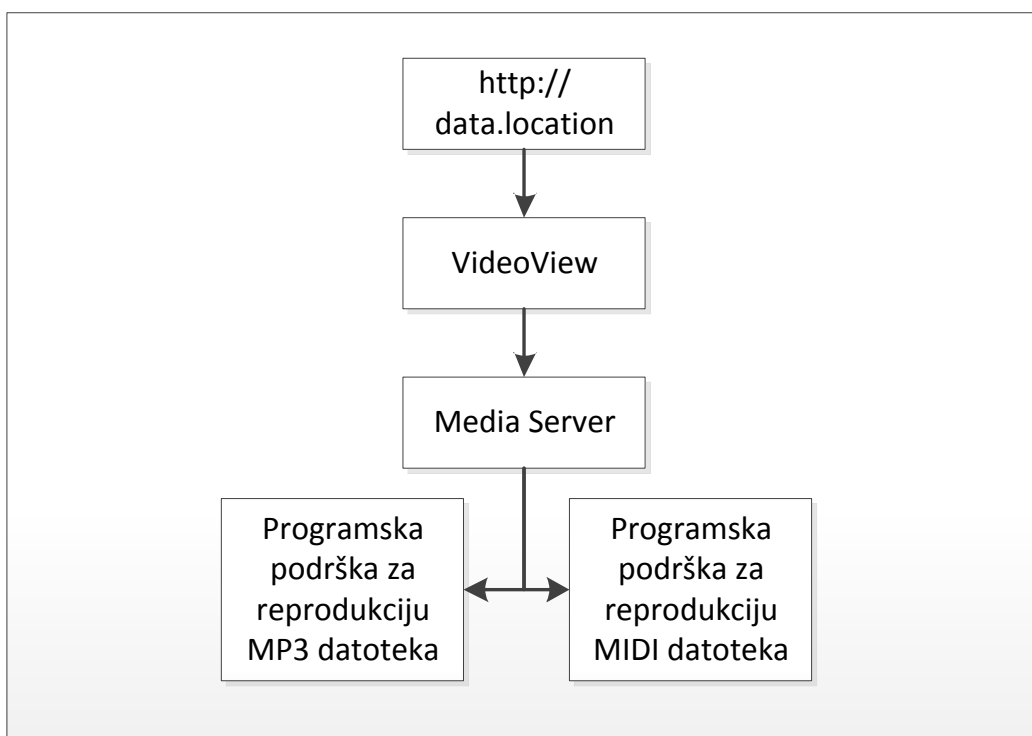
Његов основни задатак јесте контрола аудио и видео репродукције. Када подаци које је потребно репродуковати стигну до Андроидовог контролера репродукције, његов посао је да их проследи одговарајућој програмској подршци за репродуковање датог мултимедијалног садржаја. Андроидов контролер репродукције има унапред дефинисану апликативну програмску спрегу(engl. *API- Application Programming Interface*). Таквој спрези Све програмске подршке за репродуковање мултимедијалног садржаја у Андроид мултимедијалном окружењу морају да се прилагоде. Спрега дефинише како написати програмску подршку за репродуковање мултимедијалног садржаја. Репродукција се извршава интерактивно - корисник из Андроид апликације контролише репродукцију, а главни изазов јесте добијање доброг одзива Андроид апликације.

Коришћење Андроидовог мултимедијалног контролера репродукције на први поглед може да изгледа врло једноставно. Међутим, приликом повезивања контролера репродукције са Андроид апликацијом важно је имати у виду да је једна од најважнијих ствари управо јављање контролера репродукције и добра контрола репродукције са становишта крајњег корисника (Одсуство ситуација где је систем у стању блокаде у одређеним временским интервалима). Све методе које потенцијално захтевају одређен временски размак неопходан за извршавање могу да изазову блокирање главне нити Андроид апликације, тзв. АНР грешку(engl. *ANR - Application Not Responding*).

Из овог разлога методе чије извршавање може да траје дуго не би требало позивати из главне нити Андроид апликације. Као пример може да се узети позив методе *prepare()*. Њен позив може да значи добављање и декодовање података за репродуковање, што, у зависности од системске програмске подршке, може да блокира систем на одређени временски период. Један од начина како можемо решити овај и сличне проблеме јесте да се направи нова нит у Андроид апликацији у којој ће се извршавати методе Андроидовог мултимедијалног контролера репродукције чије извршавање представља потенцијалну опасност од блокирања главне Андроид нити. По њиховом завршетку овакве нити обавештавају главну нит о догађајима/стањима.

Пошто је у Андроид апликативном окружењу приказивање графичких компоненти реализовани у слојевима, за приказ видео садржаја је неопходна је *VideoView* компонента. Видео садржај се приказује на најнижем/најудаљенијем слоју па је, што се тиче графичког дела преглед видео репродукције, главни посао ове компоненте да омогући провидност свих осталих слојева како би се могао презентовати садржај. Сви подаци који су намењени репродуковању коришћењем *VideoView* компоненте за било који извор, долазе у Андроид мултимедијални контролер репродукције.

У циљу одлучивања која ће програмска подршка за репродуковање мултимедијалног садржаја да репродукује захтевани садржај, мултимедијални контролер репродукције у Андроид систему у првом кораку, пре репродуковања, прослеђује свим програмским подршкама које су увезане са њим, упит са којим квалитетом прослеђени садржај може да се репродукује. Свака од програмских подршка као повратну вредност даје оцену, као ознаку квалитета обраде тог типа података. На основу те оцене Андроидов мултимедијални контролер репродукције врши одабир програмске подршке за репродуковање захтеваног садржаја за који је вратио најбољу оцену, па тек онда њему прослеђује садржај за даљу обраду.



Слика 3.4 Приказ Андроид Медиа Сервера и његова функција унутар Андроид оперативног система

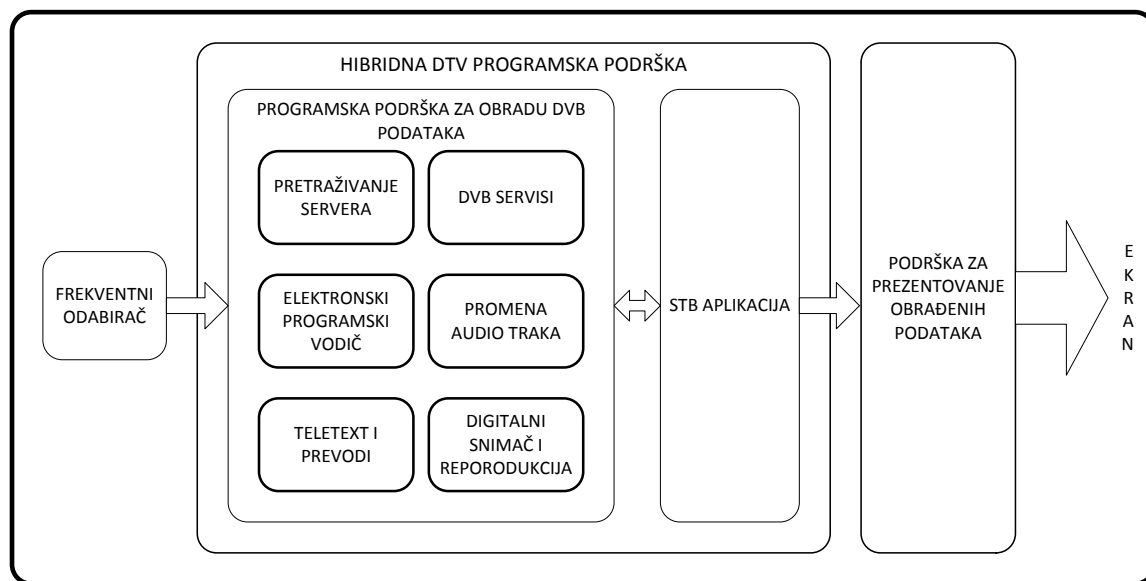
Тако се на пример *Stage Fright* контролер репродукције користи за репродуковање МПЗ датотека или *MIDI* плејер за репродуковање Миди датотека. Садржај који *VideoView* добије за репродуковање може бити садржај за који не подржава наменска програмска

подршка. За репродукцију таквог садржаја, користи се за програмска подршка за коју је Андроид Мултимедијални сервис (engl. *Android Media Service*) вратио најбољу оцену (пронашао најбоље поклапање).

### 3.5 Опис програмске подршке која је проширена подршком за комбиновање ДВБ и мрежних података

Постојећа програмска подршка ограничена је на основну ДВБ функционалност СТБ уређаја и подразумева:

- Аутоматско и ручно претраживање сервиса
- Јединствену листа пронађених сервиса
- Репродукцију сервиса
- Електронски програмски водич
- Телетекст
- Промену превода и аудио трака
- Функције дигиталног снимача и репродукције.



Слика 3.5 Архитектура постојеће програмске подршке

Подаци добијени путем фреквентног одабирача (на захтев за претрагу ДВБ сервиса) прослеђују се програмској подршци за обраду ДВБ података [13]. СТБ уређај поседује две методе претраге: аутоматску и ручну. Резултат претраге јесу ДВБ сервиси који се смештају у јединствену базу сервиса. На захтев корисника, врши се репродукција истих, директним обраћањем бази. Подржани типови сервиса су: ТВ и Радио сервиси.

Поред основних функционалности, као што је претраживање и репродукција сервиса, програмска подршка обезбеђује и напредне функционалности дигиталне телевизије, као што су: телетекст, електронски програмски водич, ДВБ преводи, промена аудио трака и могућност снимања и репродуковања снимљеног ТВ садржаја.

Електронски програмски водич омогућава преглед догађаја/програма који ће се емитовати на сервисима у наредних седам дана. Неки емитери ДВБ сигнала подржавају више аудио трака за један сервис. Тиме се постиже да корисници имају могућност репродуковања одређеног сервиса на различитим језицима и/или у различитом аудио формату. ДВБ преводи отварају могућност кориснику за укључивање различитих превода за тренутно гледани садржај (уколико емитери исте шаљу).

Функционалност дигиталног снимача на СТБ уређајима се може користити на два начина. Први начин је снимање садржаја (у реалном времену) који се репродукује, са могућношћу накнадне репродукције, док је други начин снимање тренутног садржаја у реалном времену, са клизним бафером од 30 минута. Тиме се кориснику отвара могућност да се увек може вратити 30 минута уназад и прегледати снимљени садржај [14].

Користећи предности Андроид базираног система, циљ је да се основна функционалност СТБ уређаја, ограничена на функционалност дигиталне телевизије, прошири новим могућностима и на тај начин пред корисника стави СТБ уређај нове генерације. ИП мрежна веза управо представља врата у свет хибрида. Директна веза са мрежним послужиоцем послужиће да се постојећи скуп функционалности уређаја прошири. Послужиоц треба да буде подешен тако да: поседује одређен скуп Интернет базираних сервиса који се емитују уживо, да садржи информације о електронском програмском водичу за одређене ДВБ сервисе и слике сервиса [15],[16].

## 4. Програмско решење

У овом поглављу ће бити описано на који начин је рађено проширивање програмске подршке подршком за спајање података добијених путем ДВБ транспортног тока података и података добијених путем мрежног протокола, у којим модулима се те измене налазе, који су нови модули додати, на који начин је програмска подршка прилагођена раду са земаљским ДВБ сигнаlima, као и шта је било неопходно да би се све ово постигло на развојној платформи.

### 4.1 Програмско решење прилагођавања фреквентног одабирача функцијама за рад са физичком архитектуром сет топ бокс уређаја

ДТВ програмска подршка садржи скуп функција које се користе за прилагођавање руковаоцу физичком архитектуром. Оне обухватају њену иницијализацију, контролу рада, руковање ресурсима и деиницијализацију. Функције програмске подршке намењене за рад са фреквентним одабирачем су следеће:

- *TDAL\_DMD\_Init*
- *TDAL\_DMD\_Terminate*
- *TDAL\_DMD\_APIRevisionGet*
- *TDAL\_DMD\_PlatformRevisionGet*
- *TDAL\_DMD\_GetCapability*
- *TDAL\_DMD\_GetFECapability*
- *TDAL\_DMD\_GetCurentFEConfiguration*
- *TDAL\_DMD\_SetCurentFEConfiguration*
- *TDAL\_DMD\_OpenFEInstance*

- *TDAL\_DMD\_CloseFEInstance*
- *TDAL\_DMD\_HandleGet*
- *TDAL\_DMD\_Config*
- *TDAL\_DMD\_Tune*
- *TDAL\_DMD\_Unlock*
- *TDAL\_DMD\_StartScan*
- *TDAL\_DMD\_ContScan*
- *TDAL\_DMD\_StopScan*
- *TDAL\_DMD\_GetInfo*

Функција *TDAL\_DMD\_Init* је намењена да програмска подршка кроз њу позива функције за иницијализацију фреквентног одабирача. Такође, у овој функцији програмска подршка поставља одређене променљиве на тачно или нетачно који дају почетне информације о њему. Током покретања сет топ бокс уређаја, након исправне иницијализације, програмска подршка прозива функцију *TDAL\_DMD\_GetCapability*. Ова функција програмској подршци даје информације о броју фреквентних одабирача. Одмах након ње се позива функција *TDAL\_DMD\_GetFECapability*. У овој функцији се за сваки фреквентни одабирач програмској подршци обезбеђује информација да ли подршка може да претражује земаљске, кабловске или сателитске ДТБ сигнале. На основу ових информација подршка зна да ли је у питању фреквентни одабирач који може да претражује земаљске, кабловске или сателитске фреквенције. Такође у овом модулу се обезбеђују информације и да ли је одабирач аналогни или дигитални. Када се утврди који је тип фреквентног одабирача подршка заузима задати одабирач и од тог момента нико други не може да му приступи док га она не ослободи. Ово се ради преко функције *TDAL\_TER\_DMD\_OpenFEInstance*. Такође, у овој функцији програмска подршка шаље адаптационом слоју функције за слање повратних вредности о статусу претраживања. Ове функције адаптациони слој прозива током аутоматског или ручног претраживања. Кроз њих се шаљу следећи статуси фреквентног одабирача:

- Да ли је одабирач успео да се закључа на задату фреквенцију
- Да ли је дошло до неке грешке током покушаја закључавања фреквентног одабирача на задату фреквенцију
- Да ли је аутоматско претраживање дошло до краја фреквентног опсега
- Нестанак сигнала

Ако се фреквентни одабирач повеже на неку фреквенцију чија је јачина сигнала испод тридесет процената, она ту фреквенцију прескаче и третира је као да фреквентни одабирач на њој ништа није пронашао.

У случају када сет топ бокс уређај има физички више од једног фреквентног одабирача, програмска подршка у сваком моменту има могућност да провери статус задатог одабирача помоћу функције *TDAL\_DMD\_GetCurentFEConfiguration*. Пошто неки фреквентни одабирачи могу да раде претраживање више врста сигнала (нпр. земаљски и кабловски), програмска подршка пре захтева за повезивање на одређену фреквенцију има могућност подешавања одабирача у ком моду ће он да ради преко функције *TDAL\_DMD\_SetCurentFEConfiguration*. Такође, подршка у сваком моменту, од адаптационог слоја, може да захтева да јој да заглавље физичког одабирача, као и његову конфигурацију. Ове податке од међуслоја подршка добија преко функција *TDAL\_DMD\_HandleGet* и *TDAL\_DMD\_Config*.

Када радимо ручно или аутоматско претраживање фреквенција, покушај закључавања на неку фреквенцију се шаље из *TDAL\_DMD\_Tune* функције. Да би се добро поставили параметри за претраживање неке од земаљских фреквенција, функцији за закључавање на ту фреквенцију је потребно дати још неке информације. Те информације се прослеђују кроз структуру руковоаца физичком архитектуром чија поља се морају попунити пре покретања претраживања. Почетне вредности за ову структуру добијамо помоћу једне од функција за руковање физичком архитектуром. Вредности које је додатно потребно попунити су:

- Фреквенција
- Начин претраживања (ручни, аутоматски или режим где не мора да се специфицира који је од ова два и руковалац сам одлучује)
- Поставити бинарну вредност на један у пољу које говори да ће се претраживати земаљске фреквенције
- Да ли се користи инвертовани или неинвертовани ОФДМ спектар или ће то одабирач аутоматски да одабере
- Ширина фреквенцијског канала
- Показивач на функцију преко које ће одабирач да јави свој статус покушаја закључавања
- Заглавље фреквентног одабирача за који ће ова функција да јавља статус
- Идентификациони параметар фреквентног одабирача

- За асинхроне фреквентне одабираче се даје још једна функција која шаље информацију да је функција повратне вредности спремна да прихвати догађаје о статусу закључавања
- Заузима се меморија за догађај који се шаље кроз претходно наведену функцију
- Задаје се модулација (ДВБ-Т, ДВБ-Т2 или аутоматски изабрана)

Тек након постављања свих ових вредности, прозива се функција за руковање физичком архитектуром фреквентног одабирача за повезивање на одређену фреквенцију са свим претходно конфигурисаним параметрима за повезивање. Након овога се чека одређено време да се прозове функција за повратне вредности о статусу одабирача. Кроз ову функцију стижу статуси:

- Неуспешно закључавање
- Успешно закључавање
- Нема сигнала

У зависности од статуса који кроз ову функцију стигне, тај статус се прослеђује програмској подршци такође кроз функцију за асинхроно обавештавање о статусу одабирача

```
local_tuner_handle[eFeID].pNotifyStatusFct(local_tuner_handle[eFeID].eFeID, <стање закључавања одабирача> );
```

Стања која се шаљу програмској подршци су:

- eTDAL\_DMD\_LOCKED
- eTDAL\_DMD\_LOCK\_FAILED
- eTDAL\_DMD\_FOUND
- eTDAL\_DMD\_END\_OF\_RANGE
- eTDAL\_DMD\_SIGNAL\_LOST
- eTDAL\_DMD\_SATIP\_SERVER\_DROPPED
- eTDAL\_DMD\_SATIP\_SERVER\_LIST\_UPDATE

Нека од ових стања не стижу директно од фреквентног одабирача, па је и о њима потребно бринути и слати их у одговарајуће време када их програмска подршка очекује. Ако се не испоштује редослед слања ових информација, програмска подршка може да дође у стање блокирања и да не прихвати наредне догађаје који јој се шаљу.

Када програмској подршци стигне статус eTDAL\_DMD\_FOUND, она тада прозива функцију TDAL\_DMD\_GetInfo. Ова функција има један параметар кроз који се очекују следеће информације:

- Фреквенција на коју је одабирач покушао да се закључа

- Статус да ли је се одабирач закључао, и ако јесте очекују се подаци за:
  - Јачину сигнала
  - Квалитет сигнала
  - Инвертовани, не инвертовани или аутоматски спектар

Ако постоји више физичких канала на некој фреквенцији, онда је за те канале потребно вратити:

- Број физичких канала на задатој фреквенцији (eng. *Physical Layer Pipes – PLP*)
- Идентификациони број сваког канала
- Индекс сваког канала

У зависности од тога колико се канала преноси кроз транспортни ток, разликују се једноканални (енг. *Single-PLP*) и вишеканални (енг. *Multi-PLP*) транспортни токови података. Ово је подршка коју омогућава ДВБ-Т2 стандард. Ако програмска подршка добије статус да је јачина или квалитет сигнала испод 30 процената, подршка ће ту фреквенцију у случају ручног претраживања да сматра као да фреквентни одабирач није успео да се повеже на њу, а у случају аутоматског претраживања ће да пређе на следећу фреквенцију и прозваће функцију `TDAL_DMD_ContScan`. Да не би дошло до блокирања глевне нити у којој ради програмска подршка, аутоматско претраживање се ради у посебној нити. У сваком моменту прекидање аутоматског претраживања може да се уради позивом функције `TDAL_DMD_StopScan`.

Пошто сет топ бокс уређај у стању мировања треба да троши веома мало електричне енергије, на његовом преласку у то стање или на гашењу програмске подршке прозивају се функције за ослобађање ресурса фреквентног одабирача. Ако је одабирач закључан на неку фреквенцију прво се прозива функција `TDAL_DMD_Unlock`, а након тога и функција `TDAL_DMD_CloseFEInstance` у којој се ослобађа фреквентни одабирач и након чега се добија знатно смањење потрошње електричне енергије. Такође, да би нека друга апликација могла га да користи, исте ове функције за ослобађање ресурса се морају прозвати јер у супротном друга апликација неће моћи да их заузме.

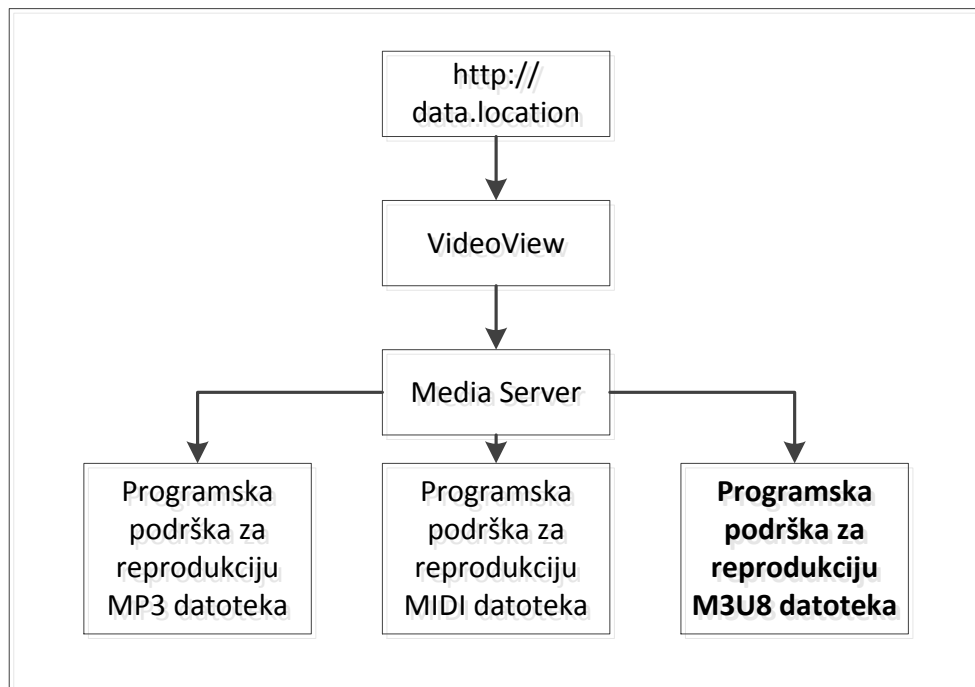
## 4.2 Додавање ХЛС програмске подршке у андроид мултимедијално окружење

Андроид Мултимедијално окружење је проширено новим типом података - МЗУ форматом и његовом старијом верзијом, МЗУ8. Датотеке овог типа често се користе када је потребно пренети неке листе као што су нпр. листа песама, радио-станица или видео токова. ХЛС контролер репродукције коришћен је за репродукцију овог типа датотека. Да

би се у Андроид мултимедијалном окружењу омогућила функционалност ХЛС контролера репродукције и читања М3У8 типа датотека, неопходно је и изменити саму Андроид програмску подршку (engl. *Framework*). Те измене се огледају у проширењу Андроид медија сервиса. М3У је првобитно био дизајниран за фајлове који су намењени репродуковању звука, али многи програми га сада користе за пренос видео садржаја. Овај формат се може користити за пренос звука или видео садржаја за који се емитује континуално. Датотека у М3У формату је обична текстуална датотека која одређује путање до једне или више датотека намењених емитовању мултимедијалног садржаја за коришћењем различитих брзина за пренос података. Датотека сачувана у овом формату има М3У или М3У8 ознаку типа. Свака путања у М3У датотеци садржи једну од следећих спецификација:

- локалну апсолутну путању садржаја за који се приказује
- локалну путању у односу на М3У локацију фајла
- УРЛ адресу

Да би се у Андроид мултимедијалном окружењу омогућило репродуковање М3У8 аудио или видео токова, неопходно је било проширити Андроид мултимедијални контролер репродукције програмском подршком за обраду овог типа датотека. У овом проширењу је потребно повезати програмску подршку за репродуковање и контролу адаптивног тока података са Андроид мултимедијалним окружењем. Након проширења, када новодатој програмској подршци стигне захтев за обраду М3У8 датотека, она враћа највишу оцену за тај тип садржаја. На тај начин обезбеђује да видео ток који стигне на обраду Андроид мултимедијалном контролеру репродукције буде обрађен баш у новодатој програмској подршци.



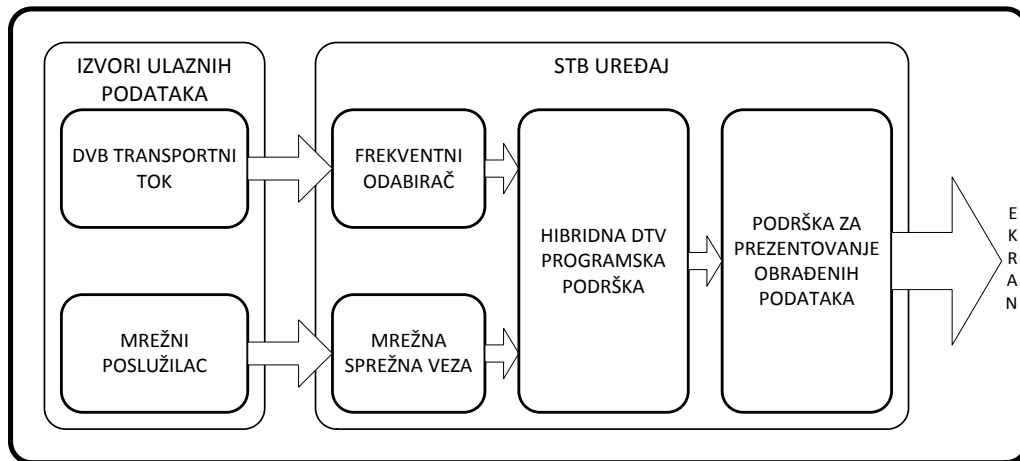
Слика 4.1 Приказ Андроид мултимедијалног окружења са програмским подршкама за репродукцију мултимедијалних садржаја, са посебним фокусом на новододату програмску подршку за видео токове

Када Андроид мултимедијалном контролеру репродукције проследимо интернет адресу за репродуковање жељеног садржаја, та адреса се прослеђује до Андроид мултимедијалног сервиса. Сервис прихвата ту адресу и проверава којег је формата датотека која треба да се репродукује. Ако је формат датотеке M3U8, позваће се новододата видео програмска подршка и он ће почети са репродуковањем жељеног садржаја најбољим квалитетом који добије и који му дозвољава интернет брзина протока података.

### 4.3 Спајање података добијених путем ДВБ тока података и података са мрежног послужиоца

Задатак ДТВ програмске подршке система јесте да обједини улазне податке са два дијаметрално различита улазна тока: са једне стране ДВБ ток података (са антенског прикључка/улаза), а са друге мрежни ток података (преко прикључка за Интернет мрежу). Поред тога ДТВ програмска подршка мора стално да врши праћење нивоа квалитета улазног ДВБ сигнала и да у случају пада истог испод предефинисане границе прописно реагује, активирајући резервно решење - репродуковање истог сервиса, али сада путем мрежног прикључка (са послужиоца).

На следећој слици је приказана архитектура система:



Слика 4.2 Архитектура система хибридног ДТВ пријемника

Систем приказан на слици се састоји из следећих целина:

- *Извори улазних података.* Модул чине два улазна извора података у систем: ДВБ транспортни ток и подаци са мрежног послужоца. За прихватање ДВБ транспортног тока и прослеђивање истог системској програмској подршци задужен је фреквентни одабирач, док подаци са мрежног послужоца стижу у систем путем мрежног спрежног система (ожиченог и/или бежичног).

- *СТБ уређај.* Чине га физички модули за пријем података у систем (фреквентни одабирач и ИП мрежна веза), модули системске програмске подршке, модул хибридне ДТВ програмске подршке и модул задужен за контролу похрањивања екрана корисника. Централни део СТБ уређаја чини модул хибридне ДТВ програмске подршке и он представља део од интереса за овај рад. Његов задатак јесте да обрађује добијене податке са улаза. Подаци се након обраде шаљу подршци за приказивање обрађених података кориснику како би исти постали видљиви кориснику СТБ уређаја.

- *Подршка за презентовање обрађених података кориснику.* Припрема обрађене податке како би исте приказала кориснику путем графичке корисничке спреге. Њен улаз су, између осталих, подаци обрађени у хибридној ДТВ програмској подршци, а излаз графички дијалози које хибридни СТБ уређај приказује/исцртава крајњем кориснику.

Хибридни СТБ уређај поседује два, физички потпуно одвојена улазна прикључка, путем којих систем добавља улазне податке. Ти улази су: фреквентни одабирач и ИП мрежна веза. Подаци пристигли путем фреквентног одабирача прихватају се помоћу земаљске антене (ДВБ-Т2 транспортни ток), док се мрежни подаци добављају путем мрежног спрежног система (ожиченог или бежичног). Због саме природе физичких канала (подложни различитим типовима сметњи у преносу ДВБ или мрежних (ИП) сигнала) кроз које се подаци преносе (ваздух за ДВБ транспортних ток, односно Интернет за случај мрежног тока података), програмска подршка која треба да се реализује мора да буде

отпорна на грешке, отказе и губљење пакета, како би корисник неометано могао користити свој СТБ уређај.

Наведене нестабилности никако не смеју ометати корисника током контроле и репродукције ТВ садржаја. Зато је идеја да програмска подршка буде имплементирана у виду Андроид сервиса, који ће у позадини, не ометајући главну нит Андроид апликације, снабдевати подацима графичку корисничку спрегу, када сви подаци буду исправно добављени и/или прописно обрађени. Уређај тако не остаје у стању блокаде на краће или дуже временске интервале.

#### **4.4 Проширење постојеће програмске подршке сервисом за спајање ДВБ података и података са мрежног послужиоца**

Постојећа програмска подршка обрађује податке добављене путем фреквентног одабирача (ДВБ ток података). Она се проширује новим модулом, чији је задатак добављање података са мрежног послужиоца и обрада истих, а све у циљу похрањивања графичких дијалога СТБ уређаја. Садржаји доступни на послужиоцу могу да буду:

- Лого слика сервиса
- Додатни ЕПГ подаци за поједине сервисе доступне путем ДВБ тока података
- ИП базирани сервиси (као резервно решење у случају слабог сигнала)

Мрежни послужилац је конфигуриран тако да обезбеђује листу сервиса и могућност репродуковања истих путем ИП базираних протокола – ХЛС (енг. *Http Live Streaming*) протокола [18],[19]. Активирање подршке за репродукцију сервиса са мрежног послужиоца покреће се на захтев са СТБ уређаја, у случају да ниво сигнала ДВБ тока падне испод предефинисаног прага толеранције. ЕПГ подаци су омогућени за одређене сервисе из листе сервиса мрежног послужиоца.

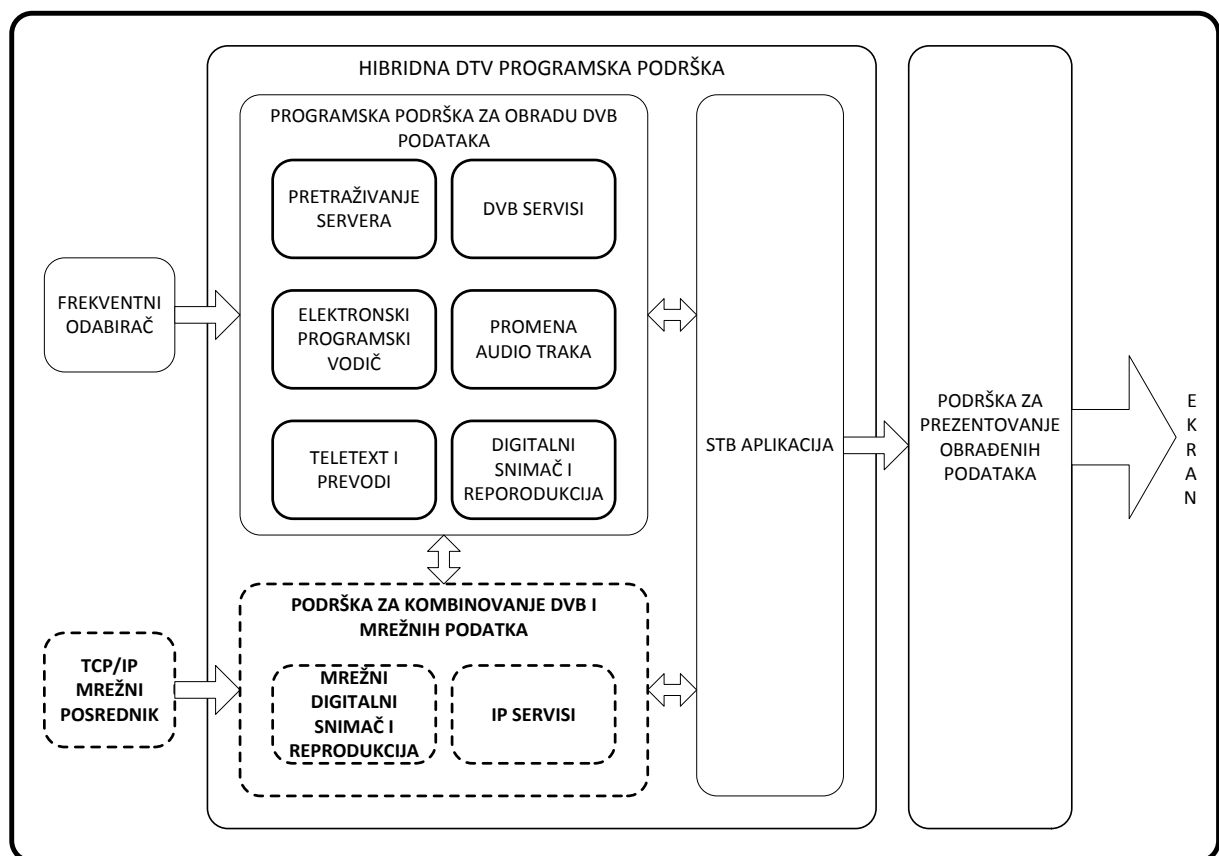
Након што се заврши прво претраживање ДВБ сервиса, програмска подршка за руковање ДВБ подацима формира листу ДВБ сервиса. Затим, хибридна програмска подршка добавља листу сервиса са мрежног послужиоца и врши поређење (упаривање) сервиса са два извора. Критеријум поређења чине три ДВБ параметра, тзв. ДВБ триплет. Њега чине:

- Јединствени идентификатор мреже (енг. *Network ID*)
- Јединствени идентификатор транспортног тока податка (енг. *Transport Stream ID*)
- Јединствени идентификатор сервиса (енг. *Service ID*)

Сервиси за које се преклапање деси, сва три параметра иста са оба извора, третирају се као „упарени“ сервиси. За њих се сада са мрежног послужиоца добавља лого слика сервиса, а

ЕПГ подаци добављени путем ДВБ тока [17] податка се сада замењују ЕПГ подацима са мрежног послужоца. Нови ЕПГ подаци богатији су за слику програма, детаљнији садржај и додатне податке о програму (глумци, редитељи, оцена, критике). Такође се добија резервна јединствена адреса Интернет локације (енг. *Uniform Resource Locator* - УРЛ), која се користи за репродуковање садржаја/сервиса. Она се користи у случају пада нивоа квалитета ДВБ сигнала и њу аутоматски активира хибридна програмска подршка.

Подршка за комбиновање ДВБ и мрежних података је имплементирана у форми Андроид сервиса. Овакво решење омогућава имплементираној програмској подршци да ради независно од остатка система, не блокирајући ни у једном моменту функционалност хибридне СТБ подршке, па самим тим и не ометајући функционалност главне нити Андроид Јава апликације. Ма следећој слици је приказана таква проширена програмска подршка:



Слика 4.3 СТБ програмска подршка проширена подршком за обраду мрежних података

За функционисање сервиса за обраду мрежних података неопходна је ИП мрежна веза коју СТБ уређај може да оствари путем мрежног прикључка (жичног) или бежичног пријемника. Андроид сервис је имплементиран тако да на крају ручног или аутоматског претраживања ДВБ сервиса шаље мрежном послужоцу упит за добављање листе ИП сервиса и по примљеном одговору, формира се јединствена листа сервиса. Након што је

---

ова листа направљена, програмска подршка почиње и са добављањем ЕПГ података за упарене сервисе из листе.

## 4.5 Системска права ТВ сервиса

Програмска подршка мора да контролише одређене модуле физичке архитектуре сет топ бокс уређаја, па јој је неопходно омогућити да има системска права. Пошто комуникација између ТВ апликације и програмске подршке иде преко ТВ сервиса, самим тим је системска права неопходно омогућити ТВ сервису, док ТВ апликацији то није неопходно. Такође, овај сервис се након сваке програмске надоградње сет топ бокс уређаја (eng. *Update*) мора налазити на платформи, што значи да се током ОТА надоградње (енг. ОТА - *Over The Air*) он мора налазити у бинарној датотеци за претраживање системске партиције. Покретање овог сервиса се ради у Андроидовој *init.rc* скрипти која се позива на покретању платформе. Овде се специфицира да ће се овај сервис покренути као коренски (eng. *root*) сервис и као критични сервис. На овај начин се Андроид оперативном систему специфицира да овај сервис увек мора да буде активан. Ако се из неког разлога деси да сет топ бокс дође у неко недозвољено стање и заврши се његово извршавање, Андроид оперативни систем ће га сам поново покренути, након чега се ТВ апликација може поново повезати са њим, тако да корисник може и даље неометано да користи сет топ бокс уређај.

## 5. Тестирање

### 5.1 Функционална верификација имплементације прилагођавања програмске подршке функцијама за руковање фреквентним одабирачем

Програмска подршка има дефинисан скуп тестова намењен за верификацију рада целог адаптационог слоја (*chal\_validator*) која је подељена на модуле које чини и адаптациони слој. Тестови су покретани као појединачни за сваки модул, као групе тестова и као стрес тестови где је утврђено да реализовано решење даје очекиване резултате, стабилан рад без непредвиђених ситуација и добре перформансе. Тестирање је рађено у тестном окружењу помоћу сигнал генератора.

Током тестирања аутоматског претраживања коришћено је неколико телевизора који су у комерцијалној продаји. Резултати тестирања брзине аутоматског претраживања приказани су следећом табелом:

Уређаји на којима је вршено тестирање	Временски интервал за који уређај претражи цео земаљски фреквенти опсег [минути:секунде]	Број пронађених сервиса
Развојни СТБ уређај	1:03	65
<i>Sharp</i> телевизор	2:57	65
<i>Telefunken</i> телевизор	3:45	65
<i>Metz</i> телевизор	1:45	65

Табела 5.1 Тестирање брзине аутоматског претраживања

Из претходне табеле се види да развојни сет топ бокс уређај даје веома добре перформансе, и да је конкурентан са осталим уређајима коришћеним током тестирања. Сваки уређај је пронашао исти број телевизијских и радио сервиса.

Такође извршени су и тестови из тестне апликације за верификацију фреквентног одабирача. У следећој табели су приказани су тестови са резултатима извршавања:

Тест	Резултат (+/-, прошао/пао тест)
Иницијализација	+
Деиницијализација	+
Заузимање ресурса фреквентног одабирача за ДТВ програмску подршку	+
Ослобађање ресурса фреквентног одабирача које је ДТВ програмска подршка заузела	+
Конфигурисање одабирача за рад у земаљском моду	+
Конфигурисање одабирача за рад у кабловском моду	+
Конфигурисање одабирача за рад у сателитском моду	+
Промена мода фреквентног одабирача	-
Повезивање на неку фреквенцију са задатим валидним параметрима	+
Повезивање на неку фреквенцију са невалидним параметрима	-
Добављање података о јачини и квалитету сигнала током аутоматског претраживања	+
Развезивање одабирача са фреквенције на коју је повезан	+
Развезивање одабирача са фреквенције на коју није тренутно повезан	-
Прекид сигнала након вађења антенског	+

кабла из СТБ уређаја	
Добијање ДТВ сигнала након враћања антенског кабла у СТБ уређај	+
Добављање података о јачини сигнала на тренутно повезаној фреквенцији	+
Добављање података о квалитету сигнала на тренутно повезаној фреквенцији	+
Аутоматско претраживање	+
Прекид аутоматског претраживања	+
Повећавање јачине сигнала додатним напајањем фреквентног одабирача	+
Вишеструко узастопно повезивање на исту фреквенцију	+
Вишеструко узастопно повезивање на различите фреквенције	+
Вишеструко узастопно ручно претраживање	+
Вишеструко узастопно аутоматско претраживање	+

Табела 5.2 Листа тестова помоћу које је верификован правилан рад фреквентног одабирача

Из претходне табеле се види да су сви тестови дали очекиване резултате. Такође, поред ових тестова, потребно је верификовати правилан рад ДТВ програмске подршке. Ово је верификовано коришћењем конзолне апликације која је направљена да би се потврдило исправно функционисање програмске подршке. Та апликација је подељена у групе тестова где се подршка може тестирати по модулима, где сви модули заједно покривају комплетну верификацију програмске подршке. Ови тестови су показали да подршка ради исправно тестирањем свих модула и да никада не може да уђе у неко неочекивано стање услед неконтролисаног покретања ових тестова.

Тестирање јачине и квалитета сигнала је рађено у лабораторијским условима где се помоћу сигнал генератора вештачки уносио шум у сигнал. Ово је представљало симулацију слабљења сигнала, где је показано да фреквентни одабирач даје резултате и за

јачину и за квалитет сигнала идентичне као и референтни уређај (Слика 5.1) који је коришћен за ово тестирање. Вредности за јачину и квалитет сигнала добијени у адаптационом слоју, који на крају заврше у ДТВ апликацији, су поређене са вредностима на референтним телевизорима и на тестном уређају са следеће слике:

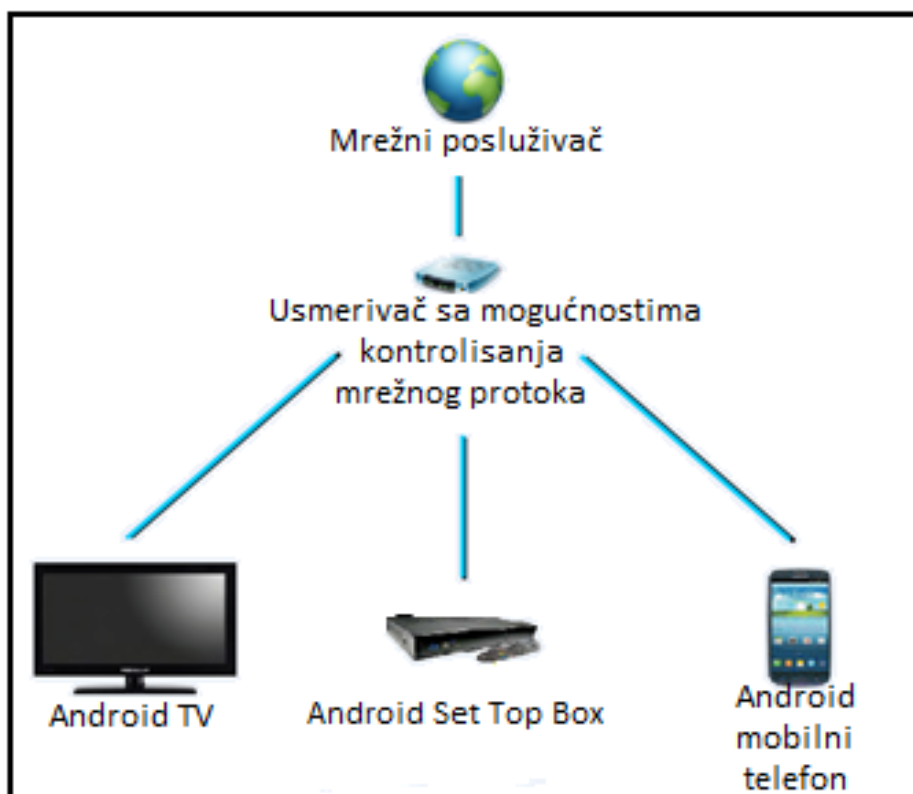


Слика 5.1 Уређај помоћу којег су верификовани јачина и квалитет сигнала

Након изласка из СТБ апликације, веома је битно да се ослобађање свих заузетих ресурса правилно изврши како би друге апликације могле да користе исте те ресурсе. Да се ослобађање заузетих ресурса правилно уради показано је коришћењем уграђених Андроид апликација.

## 5.2 Функционална верификација реализованог проширења Андроид мултимедијалног окружења

Испитивање проширења Андроид мултимедијалних окружења извршено је користећи систем чија је архитектура приказана на следећој слици:



Слика 5.2 Архитектура система за испитивање програмске подршке за репродукцију адаптивних транспортних токова

Систем за испитивање се састоји од:

- Мрежног послужиоца који емитује мултимедијални садржај различитог квалитета у зависности од мрежног протока корисника
- Усмеривача са могућностима за контролисање брзине мрежног протока
- Различитих Андроид базираних платформи на којима је мултимедијално окружење проширено програмском подршком за репродукцију адаптивног транспортног тока података

Основна провера програмске подршке у Андроид мултимедијалном окружењу за репродукцију адаптивних транспортних протокола јесте провера да Андроид мултимедијално окружење заправо позива новододату програмску подршку за репродуковање М3У8 мултимедијалног садржаја. Провера је урађена користећи системске исписе Андроид оперативног система и утврђивањем да је репродуковани садржај заправо онај који се емитује на страни послужиоца. Репродукција аудио и видео садржаја на клијентској страни не показује никаква визуелна нити звучна изобличења са променом брзине преноса података.

Током покретања тестних мултимедијалних садржаја, утврђено је да са смањивањем/повећањем брзине добављања података не долази до прекидања емитовања садржаја за ни на једном од уређаја, већ се само смањује/повећава његов квалитет.

Промена брзине протока података вршена је помоћу усмеривача једноставним ограничавањем брзине протока података.

### **5.3 Тестирање спајања података у електронском програмском водичу**

Пошто је подршка за руковање ИП подацима реализована као независан сервис, који није на главној нити СТБ апликације, кориснику је одмах након завршетка претраживања канала, односно претраживања ДВБ листе и прављења листе сервиса, омогућено да користи СТБ уређај за приказивање и пребацивање сервиса, док се ЕПГ подаци попуњавају у позадини. Овакав начин прикупљања ЕПГ података у позадинском процесу код корисника ствара субјективни осећај бржег функционисања и бољих перформанси СТБ уређаја.

У случају када програмска подршка нема могућност коришћења неког од извора података, на пример када није укључен антенски прикључак или СТБ уређај нема успостављену везу са послужиоцем, корисницима је омогућено коришћење СТБ уређаја путем једног од доступних токова података. У случају нестанка сигнала на оба извора података, кориснику остају доступни сви ЕПГ подаци које до тог тренутка хибридна подршка прикупила, али се они неће ажурирати до поновног успостављања сигнала на неком од прикључака (ДВБ сигнал или мрежна међувеза). Одмах након добијања сигнала, хибридна програмска подршка ће урадити надоградњу ЕПГ података.

## 6. Закључак

Адаптивни транспортни протоколи проналазе широку примену за пренос мултимедијалног садржаја, како због флексибилности приликом испоруке/емитовања садржаја корисницима у зависности од брзине њихове интернет везе, тако и због природе мрежне конфигурације (варијације протока података у времену). Реализовано решење само је једно од могућих које нуди подршку за репродукцију и контролу адаптивног транспортног тока података у Андроид мултимедијалном окружењу. Приликом реализације начињене су минималне измене над самим Андроид мултимедијалним окружењем, а све у циљу не нарушавања динамике и стабилности постојећег Андроид окружења. Како адаптивни транспортни протоколи све више проналазе примену у индустрији потрошачке електронике, свакако је за очекивати да ће у наредном периоду Андроид мултимедијално окружење имати уграђену подршку за адаптивне транспортне протоколе. Такође, за очекивати је и појаву нових протокола који ће функционисати на сличан начин али и унапређења адаптивног транспортног протокола у правцу боље искоришћености тока података и још бољег субјективног осећаја корисника током промене квалитета репродуковања мултимедијалног садржаја.

Прилагођавањем фреквентног одабирача на референтној платформи за рад у дигиталној телевизијској програмској подршци, добијено је решење које је независно од верзије фреквентног одабирача, што значи да је ово решење могуће примењивати на било којој платформи која користи исти прилагодни слој за руковање физичком архитектуром и која може да претражује земаљске дигиталне телевизијске фреквенције. Такође, уз минималне измене, ово решење се веома лако може прилагодити и раду на уређајима који раде са кабловским или сателитским фреквенцијама. Обрада података електронског програмског водича се не разликује у зависности од тога да ли се ради са земаљским, кабловским или сателитским фреквенцијама. Самим тим и проширење програмске

---

подршке подршком за комбиновање дигиталних телевизијских података и података са мрежног послужеоца у електронском програмском водичу се може примењивати за било који тип хибридних сет топ бокс уређаја базираном на Андроид платформи. Оно проширује постојећи садржај добијен путем ДВБ-транспортног тока података. Поред тога, у случају нестанка ДВБ сигнала, или пријема сигнала лошијег квалитета, имплементирана програмска подршка активира репродукцију истог сервиса путем ИП-мреже. На овај начин, се кориснику омогућава неометано праћење жељеног садржаја.

## 7. Литература

- [1] M. Bako, T. Maruna, I. Bašičević, M. Radonjić, B. Mlikota, “*One solution of realization of TV application for digital TV*”, 10.1109/TELFOR.2011.6143816, IEEE
- [2] Aaftab Munshi, Jon Leech: *OpenGL R ES Common Profile Specification Version 2.0.25 (Full Specification) (November 2, 2010)*, учитано 29.9.2015.
- [3] <https://www.dvb.org/standards>, учитано 01.10.2015.
- [4] *Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*, ETSI EN 302 755 V1.4.1
- [5] *Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital transmission system for cable systems (DVB- C2)*, ETSI EN 302 769 V1.2.1
- [6] *Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 1: DVB-S2*, ETSI EN 302 307-1 V1.4.1
- [7] <http://mpeg.chiariglione.org>, учитано 6.10.2015.
- [8] HLS: <https://tools.ietf.org/html/draft-pantos-http-live-streaming-13>, учитано 6.10.2015.
- [9] M. Milošević, S. Marković, N. Jovanović, B. Mlikota, “Porting and integration of functionality required by HbbTV standard on Android based DTV platform”, 10.1109/ICSE-Berlin.2013.6697991, IEEE
- [10] Андроид Медиа Плејер:  
<https://developer.android.com/reference/android/media/MediaPlayer.html>, учитано 8.6.2016.
- [11] HLS: Paul Clark,*Delivering video efficiently and securely with HTTP Live Streaming*

- 
- [12] *Comparing Adaptive HTTP Streaming Technologies*, A Comparison of Apple's HTTP Live Streaming (HLS), Microsoft's Silverlight Smooth Streaming (MSS) and Adobe's HTTP Dynamic Streaming (HDS)
- [13] <https://www.dvb.org/standards>, učitano 24.9.2015.
- [14] T. Kovač, G. Miljković, V. Mihić, "Jedno rešenje programske podrške za snimanje i reprodukciju zaštićenog DVB sadržaja", Etran 2006
- [15] V. Vukobrat, N. Jovanović, S. Pijetlović, V. Mihić, "Sistem za proširenje DTV podataka dodatnim sadržajem sa interneta", Etran 2014.
- [16] Nemanja Popović, Vladimir Živkov, Ilija Đukić, Ilija Bašičević, "Jedno rešenje programske podrške za kombinovanje DVB toka podataka i podataka sa mrežnog poslužioca na hibridnim STB uređajima", Telfor 2015.
- [17] B. Pavlović, M. Kovačević, M. Živanović, B. Kovačević, N. Žigić, "One solution of implementation and display of electronic program guide on the Android-based digital TV signal receiver", 10.1109/ICCE-Berlin.2013.6697994, IEEE
- [18] K. Lazić, M. Milošević, M. Kovačev, N. Smiljković, "One Implementation of adaptive streaming over HTTP on Android DTV platform", 10.1109/ICCE-Berlin.2012.6336501, IEEE
- [19] <https://developer.apple.com/streaming/>, učitano 24.9.2015.