



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У  
НОВОМ САДУ



Давор Рапић

**Реализација видео послужитеља на  
дигиталном ТВ уређају са више  
фреквенцијских одабирача и декодера  
базираног на Андроид платформи**

ДИПЛОМСКИ РАД  
- Основне академске студије -

Нови Сад, 2013



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>	Завршни (Bachelor) рад
Аутор, <b>АУ:</b>	Давор Рапић
Ментор, <b>МН:</b>	проф. др. Јелена Ковачевић
Наслов рада, <b>НР:</b>	Реализација видео послужитеља на дигиталном ТВ уређају са више фреквенцијских одабирача и декодера базираног на Андроид платформи
Језик публикације, <b>ЈП:</b>	Српски / латиница
Језик извода, <b>ЈИ:</b>	Српски
Земља публикавања, <b>ЗП:</b>	Република Србија
Уже географско подручје, <b>УГП:</b>	Војводина
Година, <b>ГО:</b>	2013
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)	7/35/0/0/10/0/0
Научна област, <b>НО:</b>	Електротехника и рачунарство
Научна дисциплина, <b>НД:</b>	Рачунарска техника
Предметна одредница/Кључне речи, <b>ПО:</b>	дигитална телевизија, Андроид, ДТВ средњи слој, ПВР, дистрибуција мултимедијалног садржаја
<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 раду је приказано једно решење реализације видео послужитеља, при чему је кориштена платформа са више фреквенцијских одабирача и декодера. Видео послужитељ поседује основну ДТВ функционалност као и могућност дистрибуције ДТВ сервиса на преносиве уређаје, њихов истовремени преглед у виду мозаика, као и ПВР функционалност на више сервиса истовремено.
Датум прихватања теме, <b>ДП:</b>	
Датум одбране, <b>ДО:</b>	
Чланови комисије, <b>КО:</b>	Председник: проф. др. Никола Теслић
	Члан: мр. Милан Савић
	Члан, ментор: проф. др. Јелена Ковачевић
	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> :	Bachelor Thesis
Author, <b>AU</b> :	Davor Rapić
Mentor, <b>MN</b> :	PhD Jelena Kovačević
Title, <b>TI</b> :	Implementation of video server on multi-tuner, multi-decoder DTV platform based on Android operating system
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> :	2013
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>	7/35/0/0/10/0/0
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> :	Digital television, Android, DTV middleware, PVR, streaming of multimedia
<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> :	One implementation of video server, based on multi-tuner, multi-decoder DTV platform. Video server has a basic DTV functionality and advanced functions such as streaming of DTV services on portable devices, simultaneous live playback and PVR functions of various DTV services.
Accepted by the Scientific Board on, <b>ASB</b> :	
Defended on, <b>DE</b> :	
Defended Board, <b>DB</b> :	President: PhD Nikola Teslić
	Member: MSc Milan Savić
	Member, Mentor: PhD Jelena Kovačević
	Menthor's sign

## **Zahvalnost**

Zahvaljujem se Institutu RT-RK na pruženoj podršci u toku realizacije projekta, kao i stručnim saradnicima Nikoli Kuzmanoviću, Milanu Saviću i Jeleni Kovačević na savetima i pomoći tokom izrade završnog rada.

Na kraju se zahvaljujem svima koji su doprineli prilikom izrade završnog rada, a posebno kolegama iz AMUSE tima.

## SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Teorijske osnove .....	3
2.1  Linuks jezgro.....	3
2.2  Android programski stek .....	4
2.2.1  DTV srednji sloj.....	4
2.2.1.1  Comedia srednji sloj.....	5
2.3  A4TV aplikacija .....	6
2.4  HTTP protokol .....	7
3. Koncept rešenja .....	8
3.1  Comedia srednji sloj.....	8
3.1.1  Realizacija CHAL modula.....	8
3.1.2  XSERV i PVR_CORE moduli .....	9
3.1.3  CM_pipe, CM_splayer_pipe, CM_pvr moduli.....	10
3.1.4  MAL_Route i MAL_PVR modul .....	11
3.2  A4TV aplikacija .....	12
3.2.1  Comedia servis.....	12
3.2.2  Servis za komunikaciju.....	12
3.2.3  Androi4TV GUI aplikacija .....	12
4. Programsko rešenje.....	14
4.1  Realizacija rukovaoca ruta.....	14
4.2  Programska podrška za distribuciju multimedijalnog sadržaja.....	17
5. Ispitivanje i verifikacija.....	24
6. Zaključak.....	27
7. Literatura .....	28

---

## SPISAK SLIKA

Slika 2-1 Digitalna kućna mreža za zabavu sa prikazom distribucije DTV servisa .....	3
Slika 2-2 Android programski stek sa DTV proširenjima .....	5
Slika 2-3 Comedia srednji sloj .....	6
Slika 2-4 A4TV aplikacija i sprega sa srednjim slojem.....	7
Slika 3-1 Prikaz modula Comedia jezgra .....	11
Slika 4-1 Dijagram klasa rukovaoca ruta .....	15
Slika 4-2 Dijagram sekvenci sa prikazom distribucije servisa do klijenta.....	23
Slika 5-1 Prikaz CHAL testova i njihova oragnizacija .....	24
Slika 5-2 Prikaz reprodukcije više kanala u vidu mozaika .....	25
Slika 5-3 Prikaz "Second Screen" koncepta.....	26

---

## SKRAĆENICE

<b>DTV</b>	- Digitalna televizija
<b>STB</b>	- <i>Set Top Box</i> , tv prijemnik
<b>HbbTV</b>	- <i>Hybrid Broadcast Broadband TV</i> , hibridna televizija
<b>MHEG</b>	- <i>Multimedia and Hypermedia Expert Group</i>
<b>PVR</b>	- <i>Personal Video Recorder</i> , personalni video snimač
<b>HTTP</b>	- <i>Hypertext Transfer Protocol</i>
<b>CPU</b>	- <i>Central Processing Unit</i> , centralna procesorska jedinica
<b>TS</b>	- <i>Transport Stream</i> , transportni tok
<b>EPG</b>	- <i>Electronic Program Guide</i> , elektronski programski vodič
<b>API</b>	- <i>Application Program Interface</i> , programska sprega aplikacije
<b>GUI</b>	- <i>Graphical User Interface</i> , grafička korisnička sprega
<b>CHAL</b>	- <i>Comedia Hardware Abstraction Layer</i> , sloj za apstrakciju fizičke arhitekture platforme
<b>MAL</b>	- <i>Middleware Abstraction Layer</i> , sloj za apstrakciju funkcionalnosti srednjeg sloja

## 1. Uvod

U radu je predstavljena realizacija video poslužitelja, odnosno realizacija osnovnih i dodatnih DTV funkcionalnosti[1],konkretno: proširena PVR funkcionalnost (mogućnost upotrebe na više servisa simultano), istovremena reprodukcija više DTV servisa u vidu mozaika, kao i distribucija multimedijalnog sadržaja na prenosne uređaje. Ovako širok spektar funkcionalnosti objedinjen je u jednom uređaju, usled čega video poslužitelj teži da postane centar digitalne kućne mreže za zabavu(engl. Digital Home Entertainment Network)[2].

Za realizaciju rešenja korištena je Broadcom-ova platforma BCM97435 VMS.

Mogućnosti i performanse današnjih ugrađenih(engl. embedded)sistema konstantno rastu i na taj način omogućuju realizaciju novih funkcionalnosti DTV prijemnika i STB-ova[3][4]. Razvojem i uvođenjem interaktivne digitalne televizije, kao što su HbbTV i MHEG, korisniku je omogućeno da sam kreira željeni sadržaj, tj. oblikuje ga u skladu sa svojim afinitetima. Mogućnosti interaktivne digitalne televizije proširuju se tzv. „Second Screen“ konceptom[2], odnosno distribucijom DTV servisa i multimedijalnog sadržaja na prenosne uređaje putem lokalne mreže.

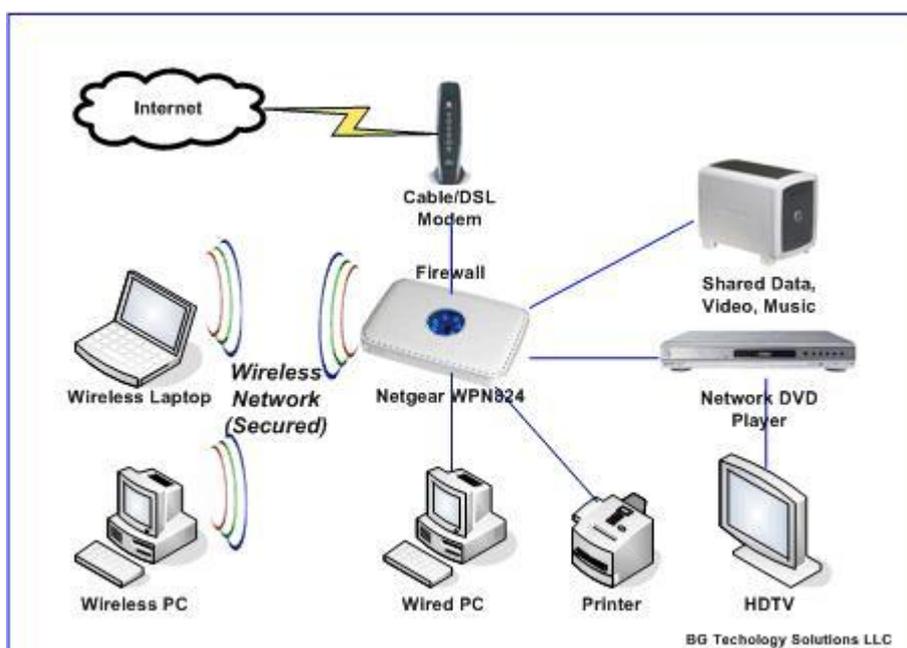
Prilagođenjem Android programskog steka za DTV uređaje[5] omogućen je brz i jednostavan razvoj novih aplikacija, kao i korištenje postojećih sa Android Market-a. Kako bi se omogućio razvoj aplikacija specifičnih za digitalnu televiziju potrebno je omogućiti adekvatno rukovanje postojećim resursima pogotovo u slučajevima kao što je ovaj gde imamo platformu sa više frekvencijskih odabirača i dekodera. Upravo zahvaljujući optimalnom rukovanju resursima omogućena je realizacija velikog skupa funkcionalnosti.

U drugom poglavlju rada su opisane teorijske osnove, odnosno opis ComediaDTV srednjeg sloja, servisa preko kojeg aplikacija komunicira sa srednjim slojem, aplikacije, kao i HTTP protokola[6] koji se koristi za distribuciju DTV servisa do "Second Screen" uređaja. Treće

poglavlje opisuje koncept rešenja, gde su opisana proširenja kao i novo dodati moduli unutar DTV sloja i A4TV aplikacije[7]. Detalji same realizacije opisani su u četvrtom poglavlju sa naglaskom na novo dodate module, dok se poglavlje broj pet bavi ispitivanjem i verifikacijom rešenja. Poslednje šesto poglavlje je retrospektiva urađenog, komentar na ostvarene rezultate kao i pravci daljeg unapređenja poslužitelja.

## 2. Teorijske osnove

U ovom poglavlju opisana je programska podrška na kojoj je zasnovano rešenje. Android programski stek na kojem je zasnovana platforma proširen je dodatnom bibliotekom kako bi se omogućilo upravljanje resursima karakterističnim za DTV prijemnike i na taj način pružio potrebni skup funkcija aplikacijama digitalne televizije. Takođe je opisan HTTP protokol koji je korišten kako bi se realizovala distribucija sadržaja na prenosne uređaje u okviru lokalne mreže.



Slika 2-1 Digitalna kućna mreža za zabavu sa prikazom distribucije DTV servisa

### 2.1 Linuks jezgro

Na najnižem nivou programskog steka nalazi se Linuks jezgro. Njegova glavna uloga je upravljanje CPU, odnosno procesorskim vremenom, memorijom i sistemskim resursima. Uprkos

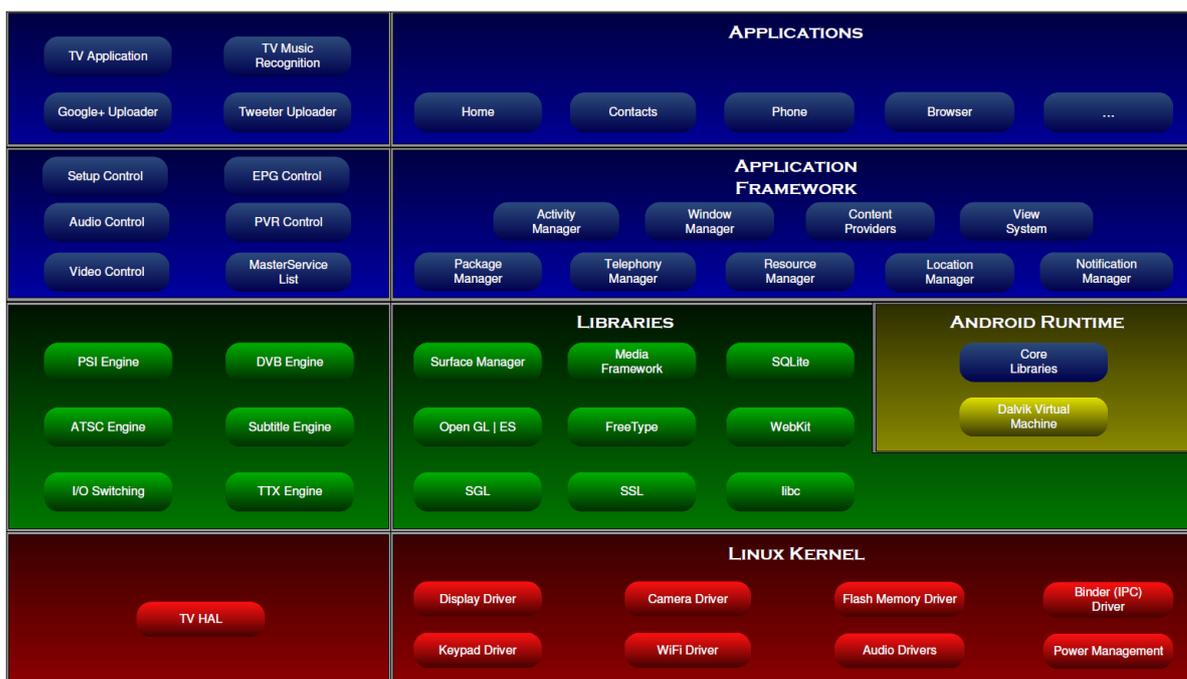
rastućim performansama DTV prijemnika, treba napomenuti da se ipak radi o ugrađenim uređajima i da memorija koju koristi operativni sistem treba da bude minimalna. Kako bi se omogućilo upravljanje samim frekvencijskim odabiračima, demultiplekserima, dekomerima i ostalim elementima karakterističnim za jedan DTV prijemnik postoji poseban skup licenciranih (engl. proprietary) rukovaoca(engl. driver-a) koji čine jedan objekat linuks jezgra.

## **2.2 Android programski stek**

Iznad Linuks jezgra, tj. na višem nivou programskog steka nalazi se Dalvik Java virtuelna mašina, kao i skup Android biblioteka koje pružaju podršku za razvoj Java aplikacija. Licencirani rukovaoci uređaja pružaju elementarnu funkcionalnost. Razvoj aplikacija koje bi koristile njihovu podršku bi bio veoma spor i mukotrpan, kao i svaka dalja potreba za modifikacijom. Kako bi se ovaj posao olakšao uvodi se dodatna biblioteka, DTV srednji sloj(engl. DTV middleware).

### **2.2.1 DTV srednji sloj**

DTV srednji sloj predstavlja najkompleksniji deo, a samim tim i najskuplji deo programske podrške DTV prijemnika. Njegov glavni zadatak jeste: raščlanjivanje podataka koji dolaze iz DVB transportnog toka, dekodovanje multimedijalnih podataka(audio, video), prikupljanje i organizacija dodatnih podataka koji se nalaze u transportnom toku, kao što su teletekst, prevod, EPG informacije, kontrola pristupa(engl. Conditional Access), kao i organizacija samih servisa. Sumirajući funkcionalnost DTV srednjeg sloja može se reći da on apstrahuje funkcionalnost samog operativnog sistema, odnosno hardverske platforme(resursa DTV prijemnika) i pruža potrebne programske sprege ka višim slojevima čime je omogućeno da proizvođači aplikativnog DTV softvera ne moraju da poznaju hardverske specifičnosti DTV prijemnika. Ovim je omogućeno da se iste aplikacije izvršavaju na različitim platformama, ukoliko su pisane za isti srednji sloj. Takođe trenutno stanje u ovoj oblasti je takvo da ne postoji jedan srednji sloj koji koriste svi proizvođači nego svaki od njih koristi neko od sopstvenih rešenja. Najpoznatija rešenja srednjeg sloja su: DVB-MHP(engl. Media Home Platform), OpenTV, MHEG, MediaHighway, OCAP, Comedia. Kako bi se realizovao video poslužitelj korišten je Comedia srednji sloj.



Slika 2-2 Android programski stek sa DTV proširenjima

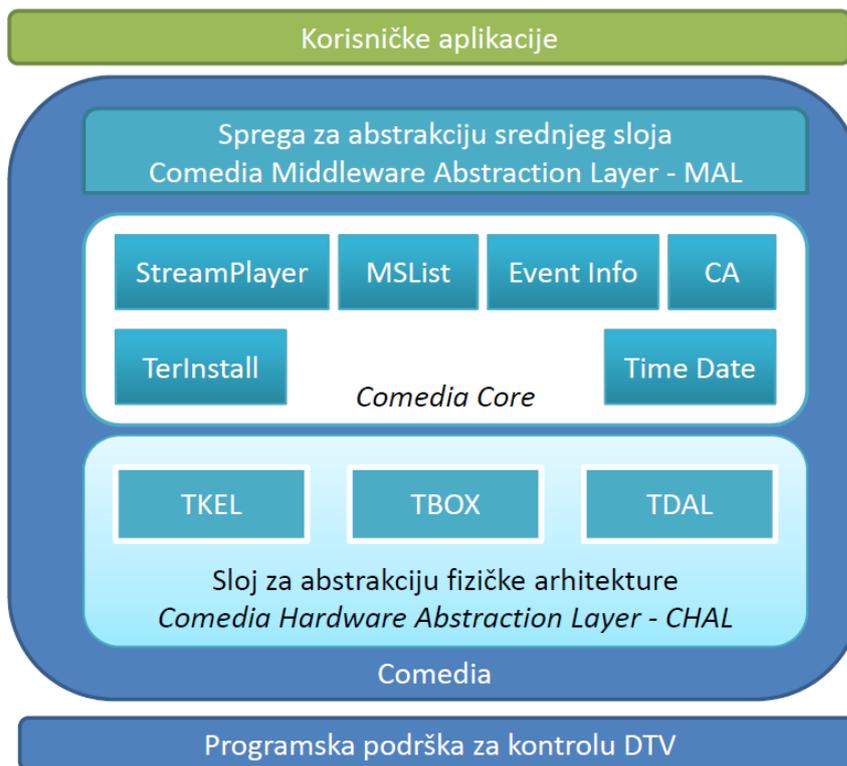
### 2.2.1.1 Comedia srednji sloj

Comedia srednji sloj je programski stek, pri čemu se na najnižem nivou nalazi CHAL. CHAL se sastoji iz tri veća modula:

- TKEL - sloj za apstrakciju funkcionalnosti operativnog sistema
- TBOX - sloj koji sadrži funkcije za otklanjanje grešaka
- TDAL - sloj koji predstavlja apstrakciju rukovaoca pojedinih blokova fizičke arhitekture. Svaki blok fizičke arhitekture predstavlja jedan modul TDAL-a.

Iz ovoga sledi da je CHAL zavisian od API-ja same platforme. Kako bi se ostali viši moduli srednjeg sloja učinili nezavisnim od same platforme oni svoju funkcionalnost realizuju korištenjem CHAL funkcija. Na ovaj način prenošenje srednjeg sloja na neku platformu svodi se na realizaciju CHAL-a.

Iznad CHAL-a nalazi se jezgro srednjeg sloja (engl. Comedia Core). Jezgro se sastoji iz velikog broja modula pri čemu je svaki od njih zadužen za realizaciju neke od funkcionalnosti. Neki od modula realizuju funkcije koje se ne koriste direktno u samim aplikacijama nego pružaju podršku ostalim modulima srednjeg sloja. Primer ovog tipa modula je Table modul, koji je zadužen za akviziciju i parsiranje tabela DVB transportnog toka. Ovaj modul koriste ostali kako bi pristupili pojedinim informacijama koje se nalaze u DVB tabelama.



Slika 2-3 Comedia srednji sloj

Na samom vrhu Comedia srednjeg sloja nalazi se MAL. MAL se takođe sastoji iz više modula, pri čemu funkcije jednog modula upravljaju nekim od elementa (MAL\_Tuner, MAL\_Video, MAL\_Audio). Sloj predstavlja enkapsulaciju svih funkcionalnosti srednjeg sloja bez potrebe poznavanja detalja same realizacije. Kako su aplikacije koje koriste srednji sloj najčešće pisane u nekom drugom programskom jeziku (Java, Javascript), radi lakšeg ugrađivanja MAL koristi proste tipove kao parametre.

## 2.3 A4TV aplikacija

U realizaciji je korištena A4TV aplikacija. Aplikacija se sastoji iz dva servisa i GUI aplikacije. Na najnižem nivou nalazi se Comedia servis koji se koristi za komunikaciju sa srednjim slojem. U tu svrhu razvijena je posebna biblioteka (libDTVServiceNative.so) koja predstavlja spregu između Jave i C-a, odnosno između srednjeg sloja i Comedia servisa. Drugi od navedenih servisa jeste servis za komunikaciju koji predstavlja povezuvač (engl. binder) između GUI aplikacije i Comedia servisa. Na samom vrhu programskog steka nalazi se GUI aplikacija, koja interaguje sa samim korisnikom i prikazuje mu željeni sadržaj.



Slika 2-4 A4TV aplikacija i sprega sa srednjim slojem

## 2.4 HTTP protokol

Jedna od funkcionalnosti koju realizuje video poslužitelj je mogućnost distribucije DTV servisa na "Second Screen" uređaje. Kako bi se ovo omogućilo potrebno je odabrati protokol na kojem će se zasnivati prenos informacija. HTTP protokol pruža podršku za efikasan prenos multimedijalnog sadržaja, omogućuje keširanje, a još jedna od njegovih prednosti je što ne narušava sigurnost sistema, zbog čega ne postoji problem blokiranja od strane zaštitnih barijera(engl. firewall). Protokol je realizovan na aplikativnom nivou i predstavlja realizaciju računarskog modela klijent-poslužitelj(engl. client-server).

## 3. Koncept rešenja

Realizacija video poslužitelja na Broadcom-ovoj BCM97435 platformi ima za cilj da se početne mogućnosti Comedia srednjeg sloja i A4TV aplikacije unaprede kako bi se obezbedile dodatne funkcije kao što su reprodukcija i PVR funkcionalnost na više DTV servisa istovremeno. Realizacija koncepta "Second screen" je takođe jedna od funkcionalnosti koje su dodate. Kako bi se omogućila distribucija multimedijalnog sadržaja do klijenta, ugrađen je HTTP poslužitelj. Prilikom opisa sledećih modula biće opisana njihova početna funkcionalnost, kao i izmene koje su uvedene. Sva proširenja unutar Comedie pisana su u skladu sa postojećim principima kako se ne bi narušavali koncepti definisani prilikom projektovanja srednjeg sloja. Rukovaoc ruta koji je dodat u servis za komunikaciju projektovan je u skladu sa MAL\_Route modulom. Ostali moduli A4TV GUI aplikacije su po potrebi promenjeni kako bi koristili usluge ovog modula.

### 3.1 Comedia srednji sloj

Sledeća poglavlja hijerarhijski opisuju module srednjeg sloja.

#### 3.1.1 Realizacija CHAL modula

Comedia srednji sloj predstavlja biblioteku koja je dodata u Android programski stek, kako bi se omogućilo upravljanje blokovima koji su karakteristični za DTV platforme (frekvencijski odabirač, demultiplekser, ...). Ugrađivanje unutar Androida eliminiše potrebu za realizacijom određenih modula CHAL-a pošto sam Android upravlja ovim elementima(modul za rukovanje tastaturom, video izlazom, grafikom, ...). Realizacija CHAL-a koja je inicijalno bila na raspolaganju omogućavala je postojanje jednog frekvencijskog odabirača, demultiplekser, audio

i video dekodera što je omogućavalo korišćenje osnovnih DTV funkcionalnosti. Usled multifunkcionalnosti poslužitelja ovo rešenje se moralo promeniti, tj. omogućeno je postojanje više komponenti istog tipa kao i njihovo kombinovanje. Glavni modul CHAL-a koji pruža ovu funkcionalnost i koji je morao biti realizovan je TDAL\_TS modul.

TDAL\_TS modul omogućuje proizvoljno povezivanje odgovarajućeg frekvencijskog odabirača ili memorijskog izvora sa nekim od demultipleksera koji su na raspolaganju. TS\_Source i TS\_Sink reprezentuju demultipleksere koji se povezuju putem TS\_Route modula. U zavisnosti od tipa TS\_Sink objekta, paketi se snimaju ili koriste pri reprodukciji. Ova tri podmodula čine TDAL\_TS modul. Kanali( grupa TS paketa sa istim PID-om, tj. istim tipom podataka) predstavljaju izlaz iz demultipleksera i moraju biti usmereni na pravu destinaciju. U slučaju audio i video podataka to je neki od slobodnih audio i video dekodera. Ovaj modul uvodi pojam rute, pri čemu ruta generalno gledano predstavlja putanju kojom se kreću podaci od izvora do odredišta, a formira je grupa elemenata koji obrazuju ovu putanju. Modulom se upravlja putem PVR\_CORE modula o kojem će biti reči kasnije, kao i o samim rutama, tj. tipovima ruta.

Pošto neke od tipova resursa kao što su dekoderi koristi i Android i Comedia, uveden je centralizovan način upravljanja resursima na nivou srednjeg sloja. Svi zahtevi srednjeg sloja za demultiplekserima, dekoderima se obavljaju preko sistemskog servisa kod kojeg se Comedia registruje, i putem rukovaoca koji omogućuje povezivanje(engl. binder driver)dobavlja se željeni resurs.

### **3.1.2 XSERV i PVR\_CORE moduli**

PVR\_CORE modul, se nalazi neposredno iznad CHAL-a, apstrahuje njegovu funkcionalnost i predstavlja spregu(engl. interface) prema XSERV modulu. Glavni delovi PVR\_CORE modula su pvr\_core\_record i pvr\_core\_playback. Pvr\_core\_record se koristi prilikom reprodukcije DTV servisa uživo ili kad se servis snima na spoljnu memoriju(HDD, Flash) i to u zavisnosti od parametara koji mu se proslede. Pvr\_core\_playback omogućuje reprodukciju snimljenih servisa. Takođe postoje dodatni delovi PVR\_CORE-a koji se koriste za obradu meta informacija. Funkcionalnost PVR\_CORE modula proširena je pvr\_core\_stream modulom, kako bi se omogućila propagacija TS paketa do HTTP poslužioca.

XSERV modul koji upravlja reprodukcijom DTV servisa je u čvrstoj vezi sa PIDB(engl. Program Information Database) modulom od kojeg dobija informacije o trenutno dostupnim servisima. XSERV indirektno upravlja TDAL modulima (DMD, TS, AV, DISP, OUTPUT). Nakon kreiranja XSERV instance na nju se povezuje izvor koji dobavlja podatke iz transportnog toka, zatim se priključuje servis koji određuje na koji način će se podaci koristiti (da li će se

snimati ili reprodukovati, i na koji način). U zavisnosti od tipa izvora i servisa koji će se priključuju postoji više različitih tipova XSERV instanci:

- *Display* - reprodukcija DTV servisa uživo, odnosno prethodno snimljenog servisa, što zavisi od tipa izvora. Ukoliko je reč o reprodukciji servisa uživo tada se frekvencijskim odabiračem upravlja putem `xserv_source_live` modula, dok se u slučaju reprodukcije prethodno snimljenog servisa upravlja memorijskim izvorom putem `pvr_core_playback` modula. Servis koji se priključuje na XSERV instancu je realizovan putem `pvr_core_record` modula.
- *Record* - instanca koja omogućuje snimanje DTV servisa, pri čemu kao izvor imamo frekvencijski odabirač, a `pvr_core_record` modulu se prosleđuju parametri za snimanje servisa.
- *Stream* - ovaj tip instance predstavlja repliku instance za snimanje sa razlikom da se sadržaj ne snima na spoljnu memoriju nego se podaci putem HTTP poslužioca prosleđuju do klijenata. Ova XSERV instanca je uvedena kako bi se omogućila distribucija podataka od srednjeg sloja do poslužioca. U ovom slučaju sprega sa CHAL-om se obavlja putem `pvr_core_stream` modula.

XSERV modul omogućuje pokretanje i zaustavljanje reprodukcije DTV servisa, kao i trik modove (pauzu, podešavanje brzine gledanja, izmenu trenutne pozicije). Ukoliko se koristi funkcija odložene reprodukcije (engl. timeshift) tada se koriste dve XSERV instance jedna za snimanje, a druga za reprodukciju.

### 3.1.3 CM\_pipe, CM\_splayer\_pipe, CM\_pvr moduli

Proizvoljno kombinovanje različitih resursa istog tipa omogućeno je uvođenjem `CM_pipe` modula, koji prilikom inicijalizacije preuzima od CHAL modula informacije koliko ima resursa određenog tipa. Nakon toga, formira rute praveći sve moguće kombinacije putanja, kako bi klijentima po potrebi stavio na raspolaganje određene resurse. U zavisnosti od funkcije koja se želi realizovati postoji različiti tipovi ruta (u zagradi je naznačeno od kojih elemenata se ruta sastoji):

- *Install* - (frekvencijski odabirač - demultiplekser) - skeniranje frekvencijskog opsega
- *Live* - (frekvencijski odabirač - demultiplekser - dekođer - izlaz) - reprodukcija DTV servisa uživo
- *Record* - (frekvencijski odabirač - demultiplekser - spoljnu memorija) - snimanje DTV servisa

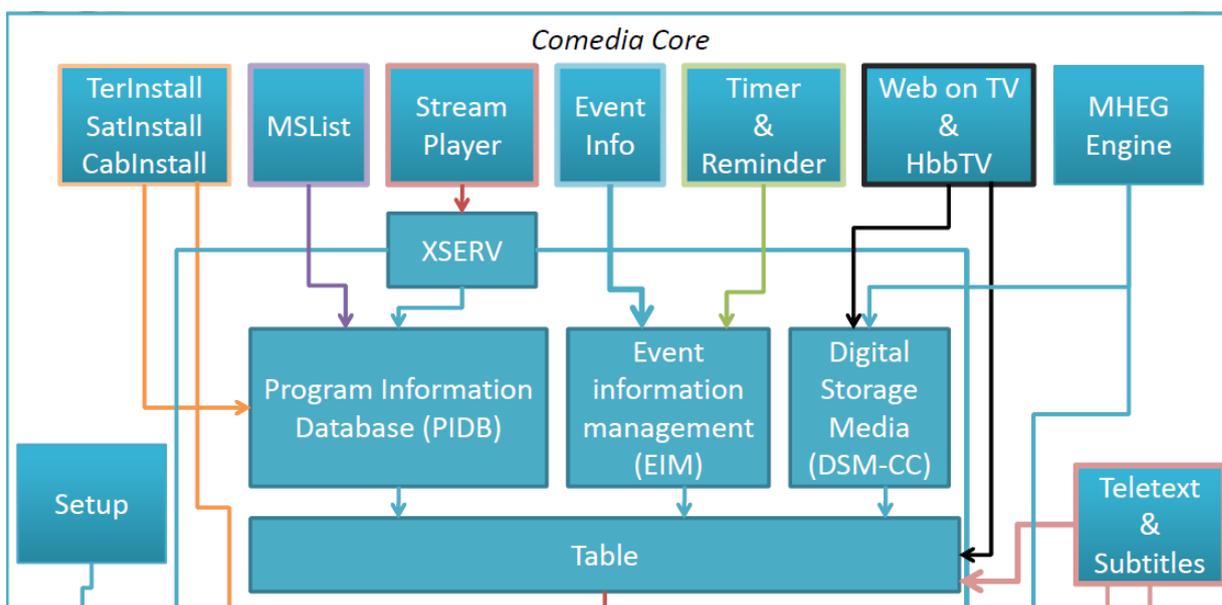
- *Playback* - (spoljna memorija - demultiplekser - dekodeer - izlaz) - reprodukcija snimljenog DTV servisa
- *Stream* - (frekvencijski odabirač - demultiplekser - HTTP poslužioc) - distribucija DTV servisa do prenosnih uređaja

CM\_pipe modul omogućuje formiranje više XSERV instanci istog tipa, kao i upravljanje ovim instancama. Putem API-ja koji pruža ovaj modul moguće je konfigurirati svaku od ruta.

CM\_splayer\_pipe je plejer koji omogućuje reprodukciju DTV servisa uživo, dok je CM\_pvr modul zadužen za upravljanje PVR funkcionalnošću. Kao prvi parametar funkcije ovih modula primaju rutu na kojoj je potrebno sprovesti traženu akciju, na osnovu koje dobijaju informaciju sa kojim instancama XSERV-a treba da rukuju, odnosno ovi moduli apstrahuju funkcionalnost XSERV-a, koristeći njegove funkcije. Uvedena je ruta za distribuciju sadržaja, a kako bi se omogućilo upravljanje ovom rutom proširena je funkcionalnost CM\_PVR modula, odnosno dodata je podrška za pokretanje, zaustavljanje i pauziranje distribucije. Ono što je još važno naglasiti, da u slučaju rute za snimanje i distribuciju između XSERV i CM\_PVR modula stoji XPEL(Comedia Extended Program Event Library - modul koji sadrži časovnik i podsetnik) modul. Kada vreme do početka snimanja istekne ovaj modul pokreće odgovarajuću XSERV instancu. U slučaju da je zahtevano trenutno snimanje ili distribucija kao vreme do početka snimanja se prosleđuje vrednost 0.

### 3.1.4 MAL\_Route i MAL\_PVR modul

Ova dva modula pružaju klijentima mogućnost da koriste funkcije CM\_pipe i CM\_PVR modula. Pozivi MAL funkcija nalaze se u libDTVServiceNative biblioteci koja pruža JNI spregu između Comedia srednjeg sloja i Comedia servisa.



Slika 3-1 Prikaz modula Comedia jezgra

## 3.2 A4TV aplikacija

Kao što je u teorijskim osnovama napomenuto A4TV aplikacija se sastoji od dva servisa i GUI aplikacije. Sledeća poglavlja detaljnije opisuju svaki od ovih elemenata.

### 3.2.1 Comedia servis

Komunikacija A4TV aplikacije sa srednjim slojem se obavlja putem Comedia servisa. Servis se sastoji iz modula koji sadrže native funkcije i omogućuje poziv tih funkcija putem API-ja koji obezbeđuje višim programskim nivoima, tj. servisu za komunikaciju sa GUI aplikacijom. U sam servis je dodat novi paket koji omogućuje komunikaciju sa HTTP poslužiocem i delom srednjeg sloja zaduženog za distribuciju sadržaja. Aplikacija na startovanju inicijalizuje i pokreće HTTP poslužioca. Prilikom pristizanja zahteva poslužilac obaveštava aplikaciju putem mehanizma povratnih funkcija(engl. callback), nakon čega se pokreće ruta za distribuciju i obaveštava HTTP poslužilac o upešnosti ove akcije. Takođe je ugrađen mehanizam koji omogućuje raskidanje veze od strane klijenta ili poslužioca.

### 3.2.2 Servis za komunikaciju

Ovaj servis predstavlja poveziavač(engl. binder) koji omogućuje komunikaciju Comedia servisa i same aplikacije. Pošto oni predstavljaju dva različita procesa, a samim tim i dva različita adresna prostora ovaj servis omogućuje kopiranje podataka iz jednog adresnog prostora u drugi.

Kako bi se omogućilo optimalno iskorišćenje resursa, unutar ovog servisa dodat je poseban modul, rukovaoc ruta(engl. Route Manager), modelovan na principa koji postoje unutar Comedia srednjeg sloja, ali koji se mogu primeniti na bilo koji DTV srednji sloj. Uvođenjem ovog rukovaoca formira se centralna tačka, preko koje A4TV aplikacija pribavlja rute kako bi realizovala željenu funkcionalnost. Ovakav način funkcionisanja omogućuje da rukovaoc ruta vodi evidenciju zauzetih resursa. Usled ovoga, prilikom dobavljanja nove rute vrši se procena da li neki od već korištenih resursa može ponovo da se iskoristi. Npr. ukoliko su dva DTV servisa na istoj frekvenciji tada nema potrebe koristiti novi frekvencijski odabirač, već se taj isti može koristiti radi dobavljanja nove rute. Kao što je ranije napomenuto ovakav način funkcionisanja omogućuje optimalno iskorišćenje resursa.

### 3.2.3 Androi4TV GUI aplikacija

Ova aplikacija iscrtava i prikazuje sve grafičke elemente na ekranu. Pokreće se automatski prilikom uključivanja DTV uređaja kao podrazumevana aplikacija, a korisnik ukoliko želi može

---

pristupiti bilo kojoj aplikaciji iz same DTV aplikacije. Jezgro aplikacije predstavlja automat sa konačnim brojem stanja kojeg akcije korisnika prevode u jedno ili drugo stanje. Prilikom akcije korisnika, na osnovu trenutnog stanja određuje se da li je dozvoljen prelaz u željeno stanje. Ukoliko je prelaz validan prelazi se u naredno stanje i izvršava akcija koja je vezana za to stanje. Na samom početku projekta A4TV aplikacija je podržavala osnovne DTV funkcionalnosti, kao i mogućnost PVR-a na jednoj ruti, a takođe podržava i HbbTV putem Comedia srednjeg sloja. Ova aplikacija je nadograđena kako bi se iskoristile dodatne funkcionalnosti podržane od Comedie, a to su PVR na više ruta, kao i mogućnost mozaik reprodukcije servisa. Ovaj poslednji scenario iskorišten je kako bi se istovremeno prikazali svi omiljeni kanali na zahtev klijenta. Mogućnost distribucije sadržaja do "Second Screen" uređaja nije proizveo nikakve izmene unutar same aplikacije, sem mogućnosti pokretanja i zaustavljanja poslužioca, a samim tim i ruta koja obezbeđuju multimedijalni sadržaj.

## 4. Programsko rešenje

Realizacija video poslužitelja zahtevala je proširenje postojećih modula Comedia srednjeg sloja i Android4TV aplikacije, kao i uvođenje novih kako bi se omogućila željena funkcionalnost. Kako proširenjem postojećih modula nisu uvedeni novi koncepti, ovaj deo rešenja neće biti opisan u ovom poglavlju, već je akcenat na novo dodatim modulima, tj. rukovaocu ruta i podršci za distribuciju DTV servisa na prenosne uređaje.

### 4.1 Realizacija rukovaoca ruta

Rukovaoc ruta kao što je u konceptu rešenja napomenuto predstavlja proširenje servisa za komunikaciju i centralnu tačku preko koje aplikacija dobavlja rute, a samim tim indirektno zauzima resurse platforme. Rukovaoc je realizovan u Java programskom jeziku.

Kako ruta predstavlja vezu između izvora i odredišta, u rukovaocu su kreirane dve apstraktne klase koje reprezentuju ove objekte. Konkretan tip izvora nasleđuje ovu apstraktnu klasu, redefiniše potrebne metode i dodeljuje vrednosti promenljivama ukoliko je to potrebno, analogno se radi i sa odredištem. Važno je naglasiti da je ruta za distribuciju DTV servisa izuzetak, jer je kod nje odredište HTTP poslužilac pa o tome nije potrebno voditi računa, tj. HTTP poslužilac upravlja podacima koje dobije od srednjeg sloja. Isti slučaj je kod rute za skeniranje gde se podaci sa demultipleksera prosleđuju TABLE modulu Comedia na analizu. Prilikom inicijalizacije rukovaoca prikupljaju se informacije o dostupnim resursima putem Comedia servisa. Nakon ovog koraka formiraju se izvori i odredišta. Aplikacija na osnovu toga šta želi da uradi dobavlja određeni tip rute, i pri tome prosleđuje informacije o servisu na kojem se želi sprovesti data akcija.



Slika 4-1 Dijagram klasa rukovaoca ruta

Na osnovu informacija o servisu na kojem se želi reprodukovati određena funkcionalnost rukovaoc donosi odluku o resursima koje će da upotrebiti, tj. hoće li iskoristiti neki koji se već koristi, ukoliko je to moguće, ili će uzeti slobodan resurs, ukoliko on postoji. Kada ne postoji

resurs, koji je potreban da bi se obavila željena akcija rukovaoc obaveštava aplikaciju kako traženi zahtev u datom trenutku nije u moguće ispuniti. Tipičan primer zauzimanja resursa je prilikom dobavljanja rute za mozaik, gde unutar funkcije `getMosaicRoute` pozivaju sledeće privatne funkcije.

```
private int getLiveSourceAtFreq(long freq);
```

Provera da li se neki od frekvencijskih odabirača koji su zauzeti već nalazi na potrebnoj frekvenciji.

Parametri:

- `freq` - frekvencija DTV servisa koji se želi reprodukovati

Povratna vrednost:

- -1 – nijedan frekvencijski odabirač se ne nalazi na toj frekvenciji
- broj različit od -1 indeks u listi frekvencijskih odabirača

```
private int getFreeLiveSource();
```

Dobavljanje slobodnog frekvencijskog odabirača ukoliko on postoji.

Povratna vrednost:

- -1 - ne postoji slobodan frekvencijski odabirač
- broj različit od -1 indeks u listi frekvencijskih odabirača

Ovakav pristup se koristi i kod ostalih tipova resursa.

Nakon što se pronađu svi zahtevani resursi kreira se logička ruta unutar rukovaoca i poziva metoda `connect`.

```
public boolean connect(Source source, Destination destination,
                      tRouteType type);
```

Povezivanje izvora i odredišta kako bi se formirala ruta.

Parametri:

- `source` - izvor koje se povezuje
- `destination` - odredište koje se povezuje
- `type` - tip rute koja će se kreirati pozivom metode `Comedia` servisa, odnosno `Comedia` srednjeg sloja

Povratna vrednost:

- indikacija uspešnosti kreiranja rute. *TRUE* uspešan poziv, *FALSE* u suprotnom slučaju

U slučaju skeniranja frekvencijskog opsega ili distribucije sadržaja do prenosnih uređaja kao odredište se prosleđuje *null*.

## 4.2 Programska podrška za distribuciju multimedijalnog sadržaja

Realizacija programske podrške za distribuciju multimedijalnog sadržaja(DTV servisa), zahtevala je proširenje svih slojeva programskog steka. Comedia srednji sloj, tj. samo jezgro srednjeg sloja prošireno je novim modulima, kako bi se omogućilo da klijent putem MAL-a registruje povratnu funkciju (engl. callback function), koja kada se pozove isporučuje TS pakete klijentu. Ulogu klijenta ima HTTP poslužilac, pri čemu je u ovoj realizaciji korišten Mongoose HTTP poslužilac. Formiran je omotač (engl. wrapper), koji pored apstrahovanja funkcionalnosti poslužioca, takođe dobija informacije od samog srednjeg sloja putem prethodno navedene povratne funkcije. Poslužilac je preveden kao statička biblioteka koja se povezuje sa ostalim statičkim bibliotekama u dinamičku DTVServisNative biblioteku koja se koristi od strane Comedia servisa.

Kada korisnika pošalje zahtev poslužiocu poziva se povratna funkcija koja mu je prosleđena prilikom njegovog pokretanja. U ovoj funkciji se analizira zahtev i ukoliko je on validan, obaveštava se Comedia servis. Ovaj zahtev između ostalog sadrži indeks kanala u glavnoj listi kojeg klijent želi da reprodukuje. Nakon toga Comedia servis obaveštava servis za komunikaciju koji putem rukovaoca ruta dobavlja rutu i pokreće distribuciju sadržaja do klijenta. Zahtevi se prosleđuju do servisa zbog rukovaoca ruta koji donosi odluku o resursima koji će biti iskorišteni radi ispunjenja zahteva.

```
static void* StreamingServer_mongooseCallback(enum mg_event,  
                                             struct mg_connection* conn);
```

Povratna funkcija koja se poziva prilikom pristizanja novog zahteva.

Parametri:

- `mg_event` - tip događaja( npr. `MG_NEW_REQUEST` - novi zahtev)
- `conn` - rukovaoc klijenta, koristi se kako bi se čitali, pisali podaci, itd.

Povratna vrednost:

- `NULL` - zahtev nije obrađen,
- različita vrednost od `NULL` - zahtev obrađen

```
public void eventStreamRequest(int size, String query);
```

Povratna funkcija servisa za komunikaciju koja se poziva kada stigne novi zahtev, analizira se upit i pokreće distribucija sadržaja.

Parametri:

- size - veličina upita
- query - upit koji se sastoji iz identifikacije klijenta, kao i indeksa servisa u master listi koji on želi da gleda

```
public long createOnTouchStream(long routeID, int serviceID);
```

Funkcija Comedia servisa koja poziva nativnu funkciju DTVServiceNative biblioteke za pokretanje distribucije servisa. Pokretanje se obavlja putem odgovarajuće MAL funkcije MAL\_CreateOnTouchStream.

Parametri:

- routeID - ruta prethodno dobavljena od strane rukovaoca ruta.
- serviceID - indeks servisa za koji se pokreće distribucija

Povratna vrednost:

- rukovaoc koji omogućuje daljim upravljanjem distribucije sadržaja, ili NULL u slučaju greške

Poziv funkcije MAL\_CreateOnTouchStream uzrokuje poziv funkcije modula CM\_PVR\_Stream koji kreira novu instancu XPEL\_Prog strukture(informacije o željenom servisu). U strukturu se upisuje trenutno vreme, kako bi XPEL modul trenutno startovao distribuciju sadržaja. Proces pokretanja distribucije se obavlja tako što se kreira odgovarajuća XSERV instanca(tipa "Stream"). Nakon toga na instancu se povezuje odgovarajući izvor i servis i najzad na kraju pokreće se sama distribucija putem XSERV\_Start metode. Prilikom kreiranja instance pokreće se zadatak koji ima ulogu da asinhrono isporučuje TS pakete nakon što je putem povratne funkcije dobio obaveštenje da su dostupni novi.

```
tXSERV_Error XSERV_CreateInstance(tXSERV_InstanceHandle* instance,
    tXSERV_InstanceMode mode, tXSERV_NotificationCallbackFct callback);
```

Kreiranje XSERV instance odgovarajućeg tipa.

Parametri:

- instance - pokazivač na kreiranu instancu
- mode - tip XSERV instance koja se kreira, u ovom slučaju eXSERV\_INSTANCE\_MODE\_STREAM
- callback - povratna funkcija za prosleđivanje informacija višim nivoima

Povratna vrednost:

- 0 - ukoliko je sve prošlo bez greške, u suprotnom vrednost različita od nule pri čemu vrednost ukazuje na samu grešku.

```
tXSERV_Error XSERV_ConnectSource(tXSERV_InstanceHandle instance,  
    oPI_AccessKey accesskey, uint32_t uiRouteID);
```

Povezivanje XSERV instance sa odgovarajućim izvorom.

Parametri:

- instance - instanca XSERV-a
- accesskey - ključ za pristup bazi podataka koja čuva informacije o servisima
- uiRouteID - ruta sa kojom je povezana XSERV instanca

Povratna vrednost:

- 0 - ukoliko je sve prošlo bez greške, u suprotnom vrednost različita od nule pri čemu vrednost ukazuje na samu grešku.

```
tXSERV_Error XSERV_ConnectService(tXSERV_InstanceHandle instance,  
    oPI_AccessKey accesskey);
```

Povezivanje servisa sa XSERV instancom.

Parametri:

- instance - instanca XSERV-a
- accesskey - ključ za pristup bazi podataka koja čuva informacije o servisima

Povratna vrednost:

- 0 - ukoliko je sve prošlo bez greške, u suprotnom vrednost različita od nule pri čemu vrednost ukazuje na samu grešku.

```
tXSERV_Error XSERV_Start(tXSERV_InstanceHandle instance, uint32_t param);
```

Pokretanje XSERV instance sa zadatim parametrima.

Parametri:

- instance - instanca XSERV-a
- param - parametri za pokretanje instance

Povratna vrednost:

- 0 - ukoliko je sve prošlo bez greške, u suprotnom vrednost različita od nule pri čemu vrednost ukazuje na samu grešku.

Poziv prethodno navedenih funkcija XSERV-a uzrokuju pozivanje funkcija PVR\_CORE modula koje rukuje CHAL modulima, a samim tim i resursima same platforme. Nakon što se pozove funkcija XSERV\_Start, indirektno putem mehanizma povratnih funkcija kreira se instanca PVR\_CORE modula. U ovoj funkciji se vrši podešavanje izvora, dodaju PID-ovi iz TS-a i pokreće izvor. Nakon ovoga kreirana instanca se pokreće, odnosno pokreće se preuzimanje odgovarajućih TS paketa.

```
tPVR_CORE_Error PVR_CORE_Stream_Create(tPVR_CORE_Stream* p_stream,
    tPVR_CORE_Stream_CreateParam* p_strprm);
```

Funkcija koja kreira PVR\_Core\_Stream instancu, podešava, dodaje PID-ove, i pokreće TDAL\_TS\_Source modul.

Parametri:

- p\_stream - pokazivač na instancu koja će biti kreirana
- p\_strprm - parametri za kreiranje instance

Povratna vrednost:

- 0 - ukoliko je sve prošlo bez greške, u suprotnom vrednost različita od nule pri čemu vrednost ukazuje na samu grešku.

```
tPVR_CORE_Error PVR_CORE_Stream_Start(tPVR_CORE_Stream stream,
    tPVR_CORE_Stream_StartParam* ssprm);
```

Pokretanje PVR\_Core\_Stream instance, pri čemu ova funkcija dodeljuje TDAL\_TS\_SINK modulu, povratnu funkciju za isporuku TS paketa, kao i odgovarajući TS\_Source objekat nakon čega startuje TS\_SINK objekat.

Parametri:

- stream- instancu koju je potrebno pokrenuti
- ssprm- parametri za pokretanje instance

Povratna vrednost:

- 0 - ukoliko je sve prošlo bez greške, u suprotnom vrednost različita od nule pri čemu vrednost ukazuje na samu grešku.

Nakon završetka ove procedure uspešno je pokrenuta distribucija servisa, kako bi poslužitelj bio obavešten o tome iz Comedia servisa se poziva njegova povratna funkcija, nakon čega on obaveštava klijenta da se podaci šalju u delovima(engl. Transfer encoding: chunked). Ono što je važno napomenuti da između TS\_Source i TS\_Sink objekta, postoji kružni bafer u koji se smeštaju podaci. Kada se pojavi dovoljna količina podataka u ovom baferu obaveštava se CM\_PVR\_Stream modul putem PVR\_Core, XSERV i XPEL modula i on obaveštava zadatak

unutar CM\_PVR modula da pokupi podatke iz prethodno navedenog kružnog bafera. Nakon što su podaci pokupljeni o tome se obaveštava TS\_Sink modul, a podaci se dalje mehanizmom povratnih funkcija prosleđuju do HTTP poslužioca koji ih šalje klijentu.

```
void _cmPVR_StreamData(cmPVR_StreamStruct_t *strmInstance);
```

Funkcija koja se izvršava u okviru zadatka za isporuku TS paketa. U okviru petlje čeka se signalizacija semafora koji obaveštava da su dostupni podaci, oni se dobavljaju i šalju višim slojevima putem povratne funkcije.

Parametri:

- strmInstance - instanca za koju se vrši isporuka paketa

```
tXSERV_Error XSERV_GetBuffer(tXSERV_InstanceHandle instance,
    uint8_t** cbuff_addr1, uint32_t* nb_bytes1,
    uint8_t** cbuff_addr2, uint32_t* nb_bytes2);
```

Funkcija čijim pozivom se dobijaju pokazivači na kružni bafer, kao i broj bajta koje treba preuzeti od zadate adrese. Adresa 1 je od trenutne pozicije u baferu, a adresa 2 je različita od 0 ukoliko svi podaci nisu stali u bafer od trenutne pozicije pa do kraja bafera i u tom slučaju se podaci upisuju od početka bafera na šta ukazuje adresa 2. Ove dve adrese su potrebne pošto se podaci upisuju kružno u bafer.

Parametri:

- instance - instanca XSERV-a koja rukuje distribucijom DTV servisa
- cbuff\_addr1 i cbuff\_addr2 - pokazivači na pokazivače kružnog bafera u kojem se nalaze podaci
- nb\_bytes1 i nb\_bytes2 - pokazivači na promenljive u koje se upisuje koliko bajta se nalazi od cbuff\_addr1 i cbuff\_addr2 adrese

Povratna vrednost:

- 0 - ukoliko je sve prošlo bez greške, u suprotnom vrednost različita od nule pri čemu vrednost ukazuje na samu grešku.

```
static StreamingError StreamingServer_sendClientData(StreamingClient*
    client, MAL_CircBuff* bfr);
```

Nakon što se pozove povratna funkcija koju je poslužilac registrovao srednjem sloju, proverava se tip obaveštenja koje je stiglo i ukoliko su to podaci poziva se ova funkcija. Unutar funkcije čitaju se podaci iz bafera, koji je prosleđen poslužiocu, i šalju klijentu.

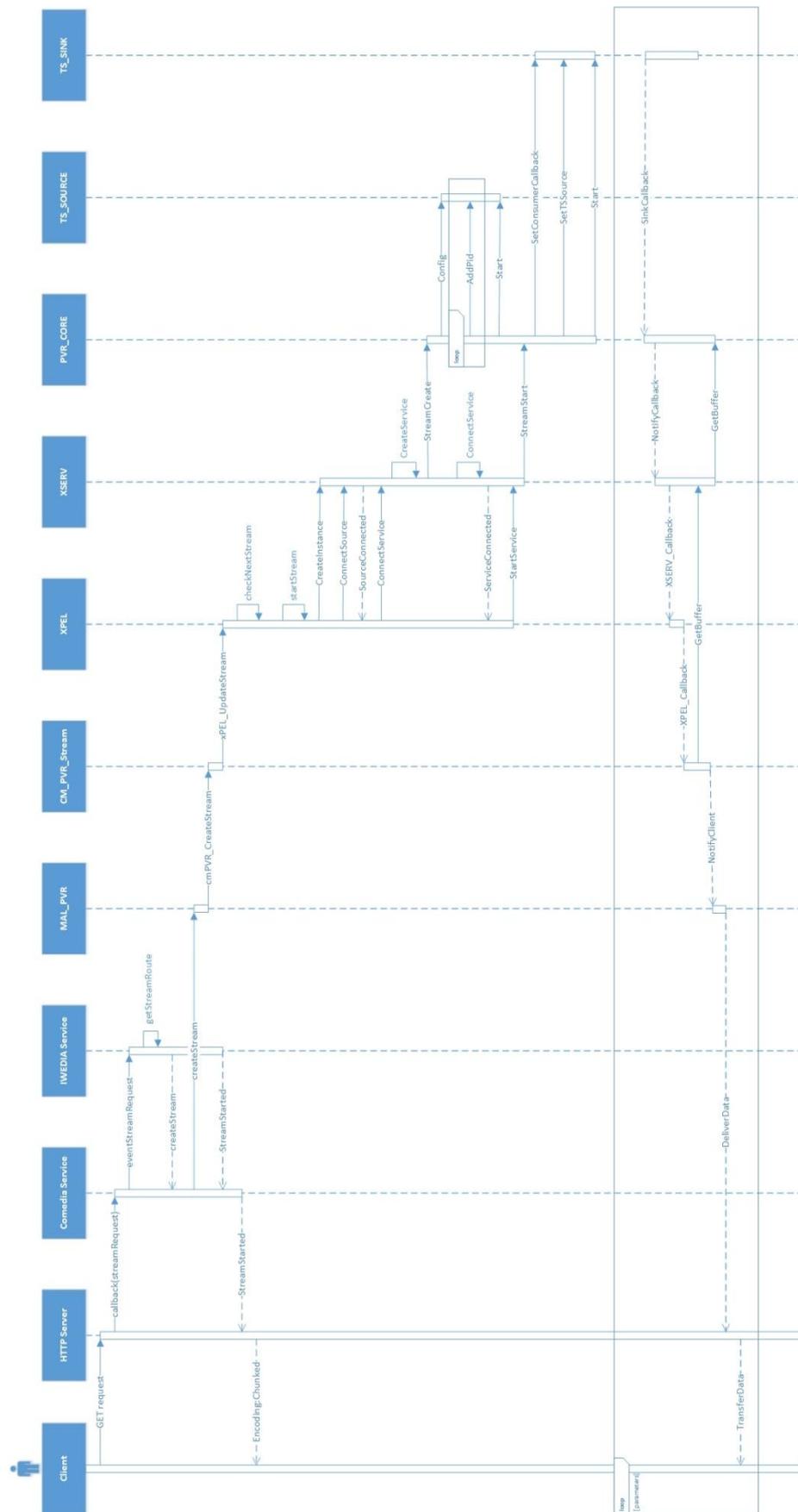
**Parametri:**

- client - klijent kojem se šalju podaci
- bfr - struktura u kojoj se nalazi pokazivači dobavljeni putem metode XSERV\_GetBuffer

**Povratna vrednost:**

- 0 - ukoliko je sve prošlo bez greške, u suprotnom vrednost različita od nule pri čemu vrednost ukazuje na samu grešku.

Detaljan prikaz pokretanja distribucije sadržaja, kao i same isporuke paketa je prikazan na dijagramu sekvenci koji sledi.



Slika 4-2 Dijagram sekvenci sa prikazom distribucije servisa do klijenta

## 5. Ispitivanje i verifikacija

Predloženo rešenje je ispitano i verifikovano u dva koraka. Prvi deo verifikacije izvršen je upotrebom alata CHAL validator. Ovaj alat omogućuje ispitivanje funkcionalnosti realizacije CHAL modula, kako bi se osigurao korektan rad Comedia srednjeg sloja. CHAL validator je konzolna aplikacija koja omogućuje pokretanje testova organizovanih u formi stabla. Kako bi se izlistali svi testovi nakon pokretanja aplikacije pokreće se komanda *list*, koja daje pregled dostupnih testova. Uz svaki čvor stabla se nalazi broj. Unošenjem odgovarajuće kombinacije brojeva pokreće se željeni test. Testove je takođe moguće pokrenuti putem njihovog imena.

```
CMD>list
Display from root.
root (0)
  TestTKEL(0 0)
  TestTask(0 0 0)
    TestCreateTask(0 0 0 0)
    TestDeleteTask(0 0 0 1)
    TestSelfDeleteTask(0 0 0 2)
    TestPriority(0 0 0 3)
    TestGetCurrentTask(0 0 0 4)
    TestSuspendResumeTask(0 0 0 5)
  TestMutex(0 0 1)
    TestBasicMutex(0 0 1 0)
    TestMutexMultipleLockPerThread(0 0 1 1)
    TestMutexTryLockSimple(0 0 1 2)
    TestMutexTryLockMultiple(0 0 1 3)
    TestMutexDeletionOnLockedMutex(0 0 1 4)
  TestSemaphore(0 0 2)
    TestBasicSemaphore1 (0 0 2 0)
```

Slika 5-1 Prikaz CHAL testova i njihova oragnizacija

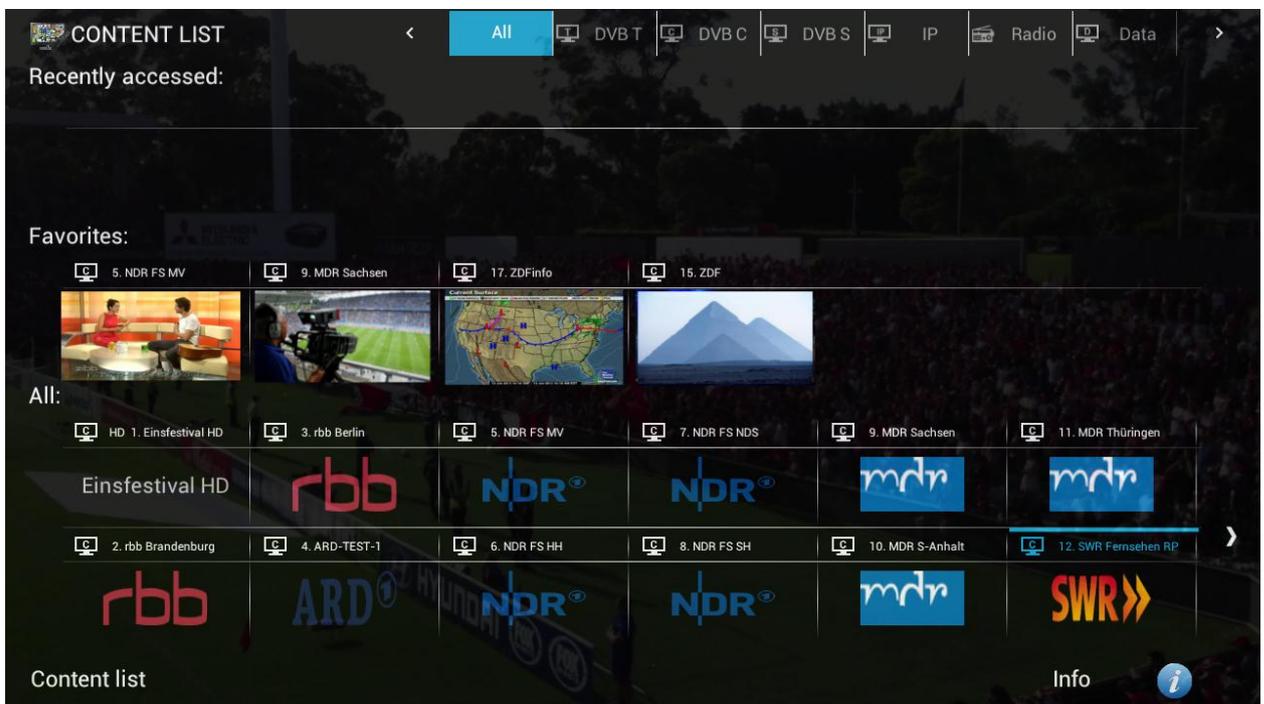
Kako je Comedia srednji sloj više puta prenošen(engl. porting) na razne platforme, celokupan skup potrebnih testova je već bio na raspolaganju tako da nije bilo potrebe za pisanjem novih testova. Izvršavanjem ovog skupa testova potvrđena je potrebna funkcionalnost CHAL modula, čime je osiguran korektan rad i samog srednjeg sloja.

Druga faza verifikacije rešenja odnosi se na proširenja samog srednjeg sloja, odnosno potvrdu ispravnog funkcionisanja ovih proširenja. Poseban akcenat je stavljen na proveru eventualnih konflikata između postojećih i dodatih modula.

Ispitivanje je izvršeno metodama :

- Kontrole toka izvršavanja(engl. Control Flow) i
- Kontrole toka podataka(engl. Data Flow)

Ove dve metode pripadaju grupi metoda ispitivanja bele kutije(engl. White Box Testing). Ovakav način ispitivanja je izvršen je analizom programskog koda i kreiranjem scenarija kojima bi se pokrili svi mogući slučajevi. Korišćenjem ovih metoda utvrđeno je da izmene koju su napravljene kako bi se omogućio pregled više DTV servisa istovremeno, funkcionišu korektno i ne utiču na ostatak sistema.



Slika 5-2 Prikaz reprodukcije više kanala u vidu mozaika

Proširenje programske podrške mogućnošću distribucije DTV servisa do prenosnih uređaja ispitano je na isti način. Ispitivanje je izvršeno upotrebom Androidovog nativnog plejera. Prilikom reprodukcije ovog scenarija višestruko je proveravan gubitak paketa. Na osnovu rezultata ovog testa uočeno je da pri prosečnom opterećenju mreže ne dolazi do gubitka paketa. Nakon ovog koraka ispitana je robusnost rešenja, pri čemu su proveravani uspostava veza između poslužitelja i više klijenata istovremeno, kao i raskid u bilo kom trenutku komunikacije. Svi sprovedeni testovi su uspešno izvršeni čime je potvrđeno pravilno funkcionisanje sistema u celini.



Slika 5-3 Prikaz "Second Screen" koncepta

Uvođenju rukovaoca resursa, omogućeno je njihovo optimalno iskorištenje. Zahvaljujući ovome postignuta je željena skalabilnost rešenja. Kako se ne bi narušilo pravilno funkcionisanje sistema uvedeno je ograničenje na broj servisa koje je moguće istovremeno reprodukovati, što zavisi i od servisa čija reprodukcija je zatražena. Usled ovoga ograničen je broj klijenata koje je moguće opslužiti, ali je postignuta stabilnost rešenja.

## 6. Zaključak

Realizovani video poslužitelj omogućuje osnovnu DTV funkcionalnost, kao i mogućnosti simultane reprodukcije i PVR funkcionalnosti na više DTV servisa, odnosno distribucije do "Second screen" uređaja putem lokalne mreže. Rešenje je zasnovano na Android programskom steku, čime je omogućeno korišćenje velikog broja postojećih aplikacija. Zahvaljujući tome mogućnosti uređaja se dodatno proširuju i on teži da postane centralni deo digitalne kućne mreže za zabavu.

Za realizaciju rešenja korištena je Broadcom-ova platforma BCM97435 VMS.

Prilikom realizacije rešenja poštovani su koncepti uspostavljeni prilikom modelovanja srednjeg sloja, kao i A4TV aplikacije. Ovo se odnosi kako na proširenja postojećih modula tako i na realizaciju novih. Nakon što je izvršeno ispitivanje i verifikacija rešenja potvrđen je ispravan rad svih modula i funkcionalnosti koju oni realizuju. Višestruka funkcionalnost video poslužitelja ostvarena je zahvaljujući adekvatnom rukovanju resursima. Problem adekvatnog rukovanja resursima je bio jedan od najvažnijih koje je bilo potrebno rešiti, i zbog kojeg je vršeno ugrađivanje distribucije DTV servisa u okviru srednjeg sloja.

Dalji napredak ovog rešenja mogao bi se ostvariti uvođenjem mogućnosti upravljanja poslužiteljem putem prenosnih uređaja. Generisanje grafičke korisničke sprege na strani poslužitelja i njenog prikaza na klijentu takođe predstavlja koncept čija se realizacija postavlja kao jedan od budućih ciljeva. Realizacija ovog koncepta zasnivaće se na RVU RUI protokolu. Na ovaj način omogućile bi se dodatne pogodnosti i širi spektar podržanih klijenata.

## 7. Literatura

- [1] Standardi: EN 300 468, ETSI EN 300 707, ETSI EN 300 472, ISO/IEC 13818-6, ETSI TS 102 796
- [2] G. Jun "Home media center and media clients for multi-room audio and video applications", Consumer Communication and Networking Conference, 2005. CCNC. 2005 Second IEEE.
- [3] DVB: The Family of International Standards for Digital Video Broadcasting (Signals and Communication Technology), Ulrich Reimers, Springer, 2004.
- [4] D. Rapić, N. Fimić, N. Kuzmanović, M. Savić, D. Dejanović, "Realizacija video poslužitelja na DTV platformi sa više frekvencijskih odabirača i dekodera baziranoj na Android operativnom sistemu", jun 2013.
- [5] N. Kuzamnović, T. Maruna, M. Savić, G. Miljković and D. Isailović "Google's android as an application enviroment for DTV decoder system", IEEE 14th Interanational Symposium on Consumer Electronics(ISCE), Braunschweig, June 2010.
- [6] Hypertext Transport protocol, <http://www.w3.org/Protocols/rfc2616/rfc2616.html>
- [7] M. Vidaković, T. Maruna, N. Teslić, V. Mihić, "A Java API interface for the integration of DTV services in embedded multimedia devices", Consumer Electronics, IEEE Transactions on, vol.58, no.3, pp.1063,1069, August 2012.