



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У
НОВОМ САДУ



Михајло Маринковић

**Једна реализација механизма за
напредно руковање листом канала на
мобилним више-антенским ДТВ
пријемницима**

МАСТЕР РАД

Нови Сад, 2016



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

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР :	
Идентификациони број, ИБР :	
Тип документације, ТД :	Монографска документација
Тип записа, ТЗ :	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР :	Дипломски – мастер рад
Аутор, АУ :	Михајло Маринковић
Ментор, МН :	доц. др Немања Лукић
Наслов рада, НР :	Једна реализација механизма за напредно руковање листом канала на мобилним више антенским ДТВ пријемницима
Језик публикације, ЈП :	Српски / латиница
Језик извода, ЈИ :	Српски
Земља публикавања, ЗП :	Република Србија
Уже географско подручје, УГП :	Војводина
Година, ГО :	2016
Издавач, ИЗ :	Ауторски репринт
Место и адреса, МА :	Нови Сад; трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, ФО : (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)	7/44/6/3/22/0/0
Научна област, НО :	Електротехника и рачунарство
Научна дисциплина, НД :	Рачунарска техника
Предметна одредница/Кључне речи, ПО :	Дигитална телевизија, претраживање канала, листа канала
УДК	
Чува се, ЧУ :	У библиотеци Факултета техничких наука, Нови Сад
Важна напомена, ВН :	
Извод, ИЗ :	У овом раду је приказан механизам за напредно руковање листом канала на мобилним, више-антенским ДТВ пријемницима заснованим на Линукс оперативном систему. Реализовано је позадинско претраживање канала, које се извршава истовремено са репродукцијом канала. Дата функционалност је од изузетне важности за мобилне ДТВ пријемике јер се дати пријемник налази у покрету, а при томе главни захтев постављен пред њега је да обезбеди крајњем кориснику најажурније податке. Предложено решење је верификовано на циљној платформи.
Датум прихватања теме, ДП :	
Датум одбране, ДО :	
Чланови комисије, КО :	Председник: доц. др Иван Каштелан
	Члан: доц. др Милан Лукић
	Члан, ментор: доц. др Немања Лукић
	Потпис ментора



KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monographic publication
Type of record, TR :	Textual printed material
Contents code, CC :	Master Thesis
Author, AU :	Mihajlo Marinković
Mentor, MN :	PhD Nemanja Lukić
Title, TI :	One solution of a mechanism for advanced handling of service list on the mobile DTV receivers with more antennas
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	Serbian
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	Vojvodina
Publication year, PY :	2016
Publisher, PB :	Author's reprint
Publication place, PP :	Novi Sad, Dositeja Obradovica sq. 6
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	7/44/6/3/22/0/0
Scientific field, SF :	Electrical Engineering
Scientific discipline, SD :	Computer Engineering, Engineering of Computer Based Systems
Subject/Key words, S/KW :	Digital television, service scanning, service list
UC	
Holding data, HD :	The Library of Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia
Note, N :	
Abstract, AB :	This paper proposes one solution of a mechanism for advanced handling of the service list on the mobile DTV receivers with more antennas. Proposed background scanning procedure is executed simultaneously with the live service playback. This functionality is very important for mobile DTV receivers, since main request in front of this kind of receivers is to provide up-to-date data to the end user all the time. The solution is verified on the target platform.
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	President: PhD Ivan Kaštelan
	Member: PhD Milan Lukić
	Member, Mentor: PhD Nemanja Lukić
	Menthor's sign

Zahvalnost

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

Takođe, zahvaljujem svima na pruženim savetima i pomoći tokom izrade ovog rada.

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

SADRŽAJ

1. Uvod.....	8
2. Teorijske osnove	10
2.1 Digitalna televizija	10
2.2 Prenos DTV podataka	12
2.3 Digitalni TV prijemnik.....	15
2.3.1 Digitalni TV prijemnik sa više frekvencijskih birača kanala	15
2.4 Linuks jezgro.....	16
2.5 DTV programska podrška	17
2.6 Opis ciljne platforme	18
3. Koncept rešenja.....	19
3.1 Softverska arhitektura Comedia srednjeg sloja.....	20
3.1.1 Sloj za apstrakciju fizičke arhitekture.....	20
3.1.2 Jezgro Comedia srednjeg sloja	21
3.1.3 Sprega za apstrakciju Comedia srednjeg sloja.....	21
3.2 Realizacija CHAL DMD modula.....	21
3.3 PIDB.....	23
3.4 Terrestrial Install modul	23
3.5 MSList.....	24
3.6 MAL Background Scan.....	24
4. Programsko rešenje.....	30
4.1 MAL Background Scan.....	30
4.2 Postupak pretraživanja kanala.....	33
5. Ispitivanje i verifikacija	37

5.1	Zauzeće operativne memorije i centralnog procesora.....	37
5.2	CHAL Validator	38
5.3	Ispitivanje proširenja programske podrške	38
5.4	Ispitivanje celokupne programske podrške	39
6.	Zaključak	40
7.	Literatura.....	41

SPISAK SLIKA

Slika 2.1 Primer multipleksa	11
Slika 2.2 Pojednostavljena blok šema DVB-T predajnika.....	12
Slika 2.3 Skica PES-a i osnovnog sadržaja PES zaglavlja	13
Slika 2.4 Struktura TS paketa u MPEG-2 transportnom nizu.....	13
Slika 2.5 Arhitektura DTV prijemnika.....	15
Slika 2.6 Šematski prikaz frekvencijskih birača kanala.....	16
Slika 2.7 Šematski prikaz Linuks jezgra	17
Slika 2.8 Ciljna platforma	18
Slika 3.1 Arhitektura rešenja.....	19
Slika 3.2 Comedia srednji sloj	20
Slika 3.3 Blok dijagram sprege između klijenta i rukovaoca.....	22
Slika 3.4 Blok dijagram pozadinskog pretraživanja kanala	26
Slika 3.5 Šematski prikaz prijemnika u pokretu	26
Slika 3.6 Algoritam za obradu novih DTV servisa	28
Slika 3.7 Algoritam za obradu postojećih DTV servisa.....	28
Slika 3.8 Algoritam za obradu nepostojećih DTV servisa.....	29
Slika 4.1 Prikaz sekvence poziva funkcija MAL Background Scan modula.....	32
Slika 4.2 Komunikacija sa Terrestrial Install modulom tokom procedure pretraživanja	33
Slika 4.3 Sekvenca poziva funkcija pri dovođenju CHAL DMD modula u početno stanje	35
Slika 4.4 Komunikacija sa PIDB modulom tokom procedure pretraživanja kanala.....	36
Slika 5.1 Iskorišćenje resursa ciljne platforme	37
Slika 5.2 Pregled CHAL DMD testova.....	38

SPISAK TABELA

Tabela 1 Najznačajniji tipovi podataka <i>MAL Background Scan</i> modula	31
Tabela 2 Funkcije <i>MAL Background Scan</i> modula.....	32
Tabela 3 Pregled testnih frekvencija	39

SKRAĆENICE

AGC - *Automatic Gain Control*

ARM - Porodica arhitektura skupa instrukcija za procesore zasnovane na RISC arhitekturi

AVB - *Audio Video Bridging*

BER - *Bit Error Rate*

CAT - *Conditional Access Table*

CHAL – *Comedia Hardware Abstraction Layer*, sloj za apstrakciju fizičke arhitekture

DMD - *Demodulator*

DTV - *Digital Television*, Digitalna televizija

EIT – *Event Information Table*, Tabela informacija o događajima na servisu

EPG - *Electronic Program Guide*, Elektronksi programski vodič

ES – *Elementary Stream*

EWS – *Emergency Warning System*, Sistem upozorenja

MAL - *Middleware Abstraction Layer*, sloj za apstrakciju srednjeg sloja

MPEG - *Multimedia and Hypermedia Experts Group*, Međunarodni standard za prezentaciju multimedijalnih informacija

MRC - *Maximal Ration Combining*

MSList – *Master Service List*, Lista svih pronađenih servisa

NIM - *Network Interface Module*, Mrežni sprežni modul

NIT – *Network Information Table*

PAT – *Program Association Table*

PES – *Packetized Elementary Stream*, Programski tok podataka

PID – *Packet Identifier*, Indendifikator broj paketa

PIDB – *Program Information Database*

PMT – *Program Map Table*

PSI – *Program Specific Information*

RAM - *Random Access Memory*

SDT – *Service Description Table*

SNR - *Signal To Noise Ration*

TTX - *Teletext*

TS – *Transport Stream*, Transportni tok podataka

1. Uvod

U ovom radu je realizovan mehanizam za napredno rukovanje listom kanala na mobilnim, više-antenskim, DTV (*engl. Digital Television*) prijemnicima zasnovanim na Linux operativnom sistemu. Za prikupljanje i obradu DTV podataka korišćena je Comedia programska podrška za televizijske prijemnike proizvođača iWedia, koja je napisana u C programskom jeziku [1]. Pri realizaciji je vođeno računa o optimalnom korišćenju sistemskih resursa, koji su ograničeni na namenskim sistema kao što je DTV prijemnik. Manje zauzeće centralnog procesora sa sobom povlači i manju potrošnju električne energije, a samim tim i manje zagrevanje samog uređaja, što garantuje duži životni vek uređaja, kao i pouzdanu i kvalitetnu uslugu. Mogućnosti i performanse današnjih ugrađenih (*engl. Embedded*) sistema konstantno rastu i na taj način omogućuju realizaciju novih funkcionalnosti DTV prijemnika. S obzirom da je prethodno pomenuta programska podrška namenjena za statičke televizijske prijemnike, glavni doprinos ovog rada je proširenje postojeće programske podrške kako bi se zadovoljili određeni zahtevi mobilnih DTV prijemnika. Zahtevi, odnosno funkcionalnosti koje treba da se zadovolje su:

- Pozadinska pretraga kanala
- Prikupljanje DTV podataka
- Prelazak na alternativni servis odnosno reprodukcija alternativnog servisa

Pozadinska pretraga kanala, uključujući i dinamičko ažuriranje liste kanala predstavljaju bitne funkcionalnosti mobilnog DTV prijemnika jer se sam prijemnik nalazi u pokretu i potrebno je da obezbedi najažurnije podatke u svakom momentu. Za svaki nađen kanal tokom pozadinske pretrage, vrši se prikupljanje odnosno čuvanje (*engl. Caching*) DTV podataka za isti kanal. Podaci koji se prikupljaju su sledeći:

- Inicijalna strana teleteksta (*engl. Teletext – TTXT*)
- Podaci iz programskog vodiča (*engl. Electronic Program Guide – EPG*)
- Podaci sistema za upozoravanje (*engl. Emergency Warning System – EWS*)

Prethodno navedene informacije se prikupljaju, kako bi iste bile momentalno dostupne nakon promene kanala. Takođe, prilikom gubitka signala u datom momentu sve informacije su i dalje dostupne. U toku reprodukcije kanala može se dogoditi da izabrani transportni tok nije više dostupan na trenutnoj frekvenciji, ako se prijemnik nalazi izvan područja prijema signala. Kako bi se nastavila reprodukcija odnosno prikazivanje izabranog servisa, prijemnik vrši prelazak na alternativni servis. Prelazak na alternativni servis (*engl. Handover*) predstavlja prelazak na servis istog transportnog toka ali na drugoj specificiranoj frekvenciji.

Predloženo rešenje u ovom radu, opisuje osnove mehanizama za rešavanje prethodno navedenih zahteva mobilnih DTV prijemnika. Konkretno, akcenat u ovom radu je stavljen na mehanizam za pozadinsku pretragu kanala i dinamičko ažuriranje liste kanala. Rešenje je realizovano na platformi zasnovanoj na ARM fizičkoj arhitekturi [2] koja poseduje više zemaljskih birača kanala (*engl. Tuner*).

Rad je sačinjen od nekoliko celina:

- Teorijske osnove – opisane u drugom poglavlju, nude kratak opis konkretnog problema kao i osnova digitalne televizije, opis Comedia DTV srednjeg sloja, i na kraju opis ciljne platforme.
- Koncept rešenja – opisan u trećem poglavlju nudi, generalnu sliku rešenja i opis samog koncepta.
- Programsko rešenje – opisano u četvrtom poglavlju, predstavlja konkretizaciju koncepta i detaljan opis same realizacije.
- Ispitivanje i verifikacija – opisani u petom poglavlju, nude pregled testnih metoda i načina verifikovanja rešenja.
- Zaključak – opisan u šestom poglavlju, u okviru kojeg je predstavljen značaj postignutih rezultata i mogućnosti daljeg unapređenja rada.
- Literatura – opisana u sedmom poglavlju, predstavlja spisak korišćene literature prilikom izrade rada.

2. Teorijske osnove

U datom poglavlju su opisane teorijske osnove na kojima je rad zasnovan. Izloženi su osnovni principi digitalne televizije kao i opis programske podrške za digitalnu televiziju. Takođe, izložene su osnovne informacije o ciljnoj platformi.

2.1 Digitalna televizija

Digitalna televizija predstavlja prenos zvuka i slike, kao i dodatnih informacija u digitalnom formatu [3]. Prednosti digitalne televizije u odnosu na analognu su pre svega kvalitetniji zvuk i slika. Takođe, digitalna televizija omogućuje prenos više TV servisa na jednoj frekvenciji i uopšte veću količinu informacija. Određeni podaci se prenose u obliku digitalnog toka podataka. Digitalni tok je zadužen za odgovarajući prenos digitalnog TV signala. Postoje tri načina prenosa digitalnog TV signala, satelitski (*DVB-S, engl. Satellite*), kablovski (*DVB-C, engl. Cable*) i zemaljski (*DVB-T, engl. Terrestrial*) koji su definisani DVB standardima. Pojava i uspostavljanje standarda koji se koriste u digitalnoj televiziji vezuje se za poslednju deceniju prošlog veka.

Najznačajniji standardi digitalne televizije su:

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

U okviru ovog rada akcenat je stavljen na DVB i ISDB standarde.

Odgovarajući transportni opseg satelitske, kablovske odnosno zemaljske mreže podeljen je na više nezavisnih fizičkih kanala, transpondera, koji se nazivaju multipleksi (*engl. Multiplex*). Veličina opsega, koji je specificiran od strane jednog multipleksa, zavisi od kvaliteta digitalnog

TV signala. Dati opseg može biti kvaliteta standardne rezolucije (*engl. SD – Standard Definition*) ili visoke rezolucije (*engl. HD – High Definition*) od čega će zavisi kvaliteta i kvantitet podataka koji čine jedan jedinstven multipleks. Svaki multipleks ponaosob je sastavljen od jednog ili više servisa (Slika 2.1).



Slika 2.1 Primer multipleksa

Servisi predstavljaju TV kanale, koji se grupišu u jedan odgovarajući multipleks. Tako, na primer u okviru jednog specifičnog multipleksa imamo servise kao što su nacionalni servisi RTS 1, RTS 2, B92, Prva i ostali. Svaki od servisa se sastoji od određenih komponenti. Date komponente mogu biti:

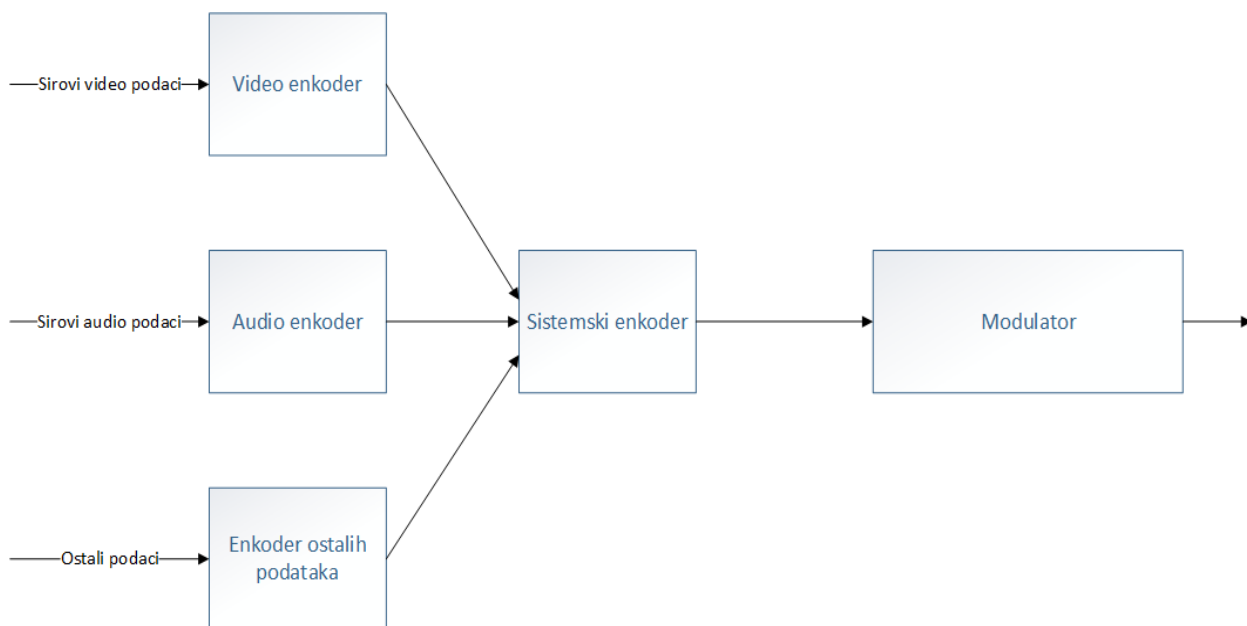
- Video komponenta
- Audio komponenta
- Prevod komponenta
- Teletekst komponenta

Digitalni TV prijemnici uglavnom poseduju i pristup internetu, kao i mogućnost izvršavanja mnogobrojnih aplikacija pisanih u Javi, HTML-u i drugim programskim jezicima, što dovodi do postojanja interaktivne televizije. Digitalna televizija uvodi nove usluge kao što je izbor jezika za prevod (*engl. Subtitle*), izbor audio kanala, multimedijalni sadržaj i drugo.

2.2 Prenos DTV podataka

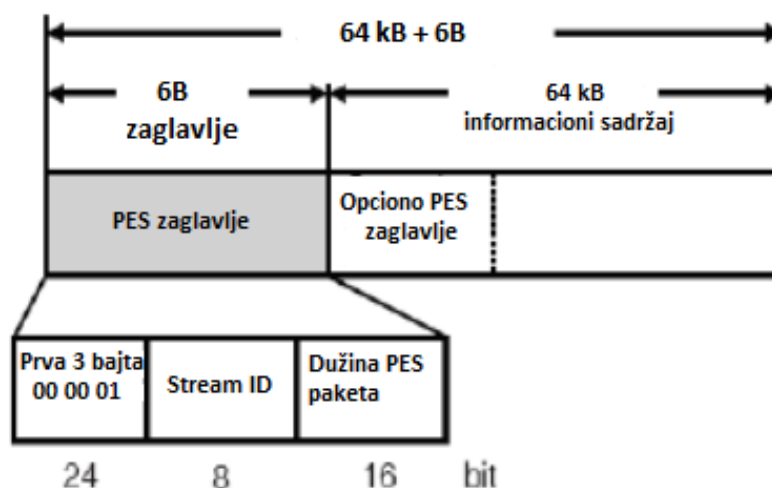
U septembru 1993. godine, kada su javne i privatne televizijske organizacije iz cele Evrope potpisale sporazum o zajedničkom radu na stvaranju standarda o emitovanju digitalnog signala, započet je DVB projekat. Godine 1995. definisan je jedinstven standard za emitovanje digitalnih servisa zemaljskim putem u okviru odgovarajućeg DVB-T projekta. Definisan je propusni opseg koji može biti 8,7 ili 6 MHz.

Prihvatanje MPEG-2 standarda, kao osnovu za kodovanje sadržaja i stvaranje niza podataka, odnosno toka podataka, predstavlja ključan momenat za DVB grupaciju. MPEG-2 sistemski koder ima zadatak da objedini tri vrste podataka koji se javljaju u odgovarajućim tokovima: video tok, audio tok i tok ostalih podataka kao što je prikazano na slici 2.2. Ovi tokovi se nazivaju elementarni tokovi (*engl. ES – Elementary Stream*). Svaki tok podataka sadrži bite koji se generišu različitom brzinom. Zbog toga se ovi biti grupišu u tzv. pakete, promenljive dužine. Ovi paketi se nazivaju PES paketi (*engl. Packetized Elementary Streams*).



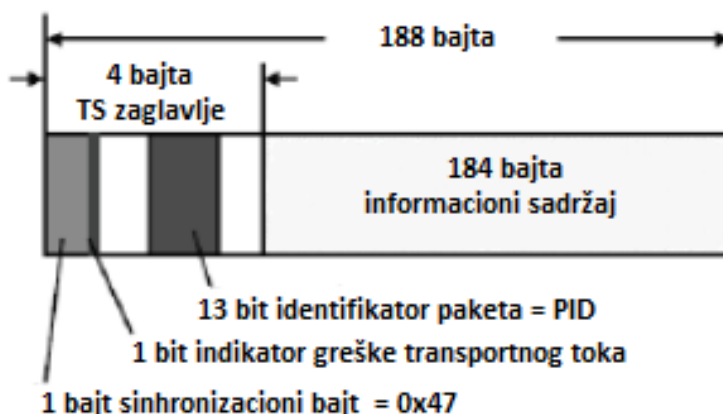
Slika 2.2 Pojednostavljena blok šema DVB-T predajnika

PES paketi imaju dužinu do 64 kB [4]. Svaki paket sadrži relativno kratko zaglavlje (*engl. Header*) i deo koji predstavlja informacioni sadržaj (*engl. Payload*). Zaglavlje ima veličinu od 6B, gde prva tri bajta imaju obavezni sadržaj 00 00 01. Sledeći bajt opisuje vrstu informacionog sadržaja koji se nalazi u PES paketu (video, audio, ostali podaci). Peti i šesti bajt sadrže informaciju o dužini PES paketa. Na slici 2.3 predstavljen je jedan PES i sadržaj njegovog zaglavlja.



Slika 2.3 Skica PES-a i osnovnog sadržaja PES zaglavlja

PES paketi se dele u kraće pakete konstantne dužine od 184 bajta. Ovi kraći paketi se nazivaju TS paketi (*engl. Transport Stream*). Svakom TS paketu se dodaje zaglavlje fiksne dužine od 4 bajta. Na osnovu toga dobijamo transportni niz paketa sačinjen od TS paketa dužine 188 bajta koji je prikazan na slici 2.4.



Slika 2.4 Struktura TS paketa u MPEG-2 transportnom nizu

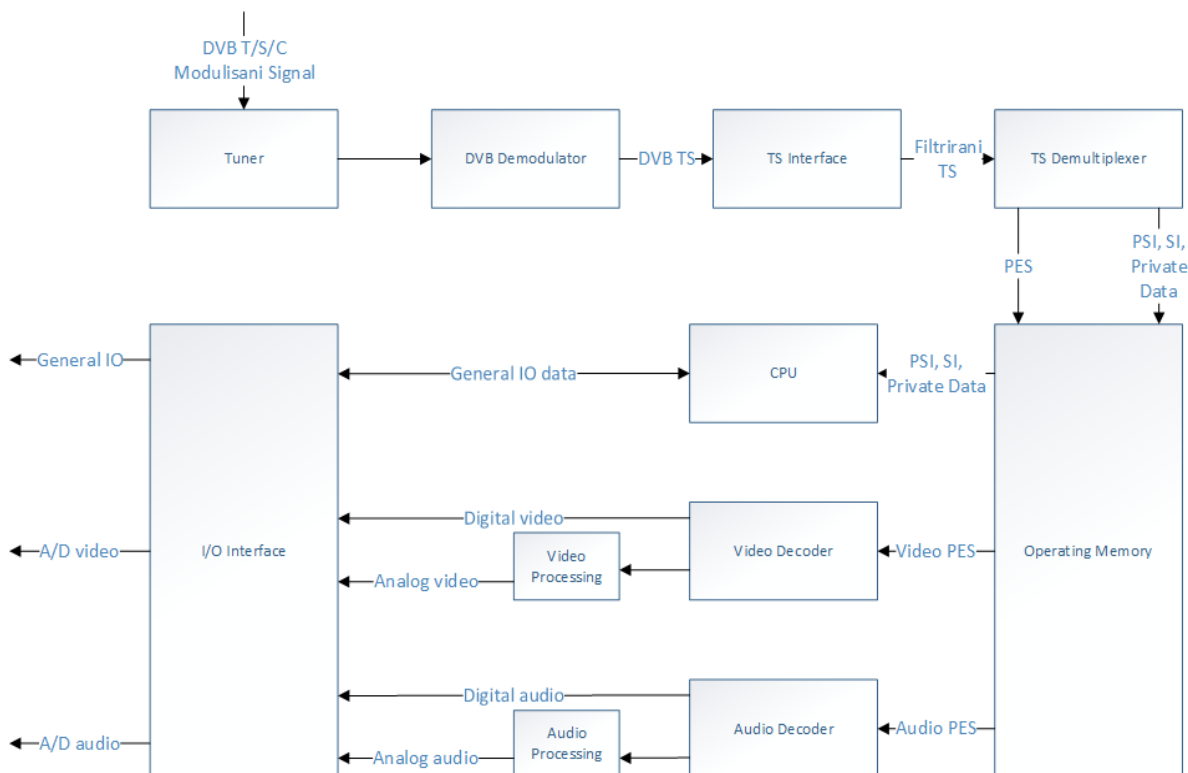
MPEG standard definiše način kombinovanja (*engl. Multiplexing*) transportnog paketa u toku podataka tako da odgovarajuća prijemna strana može dekodovati primljene paketa bez prekoračenja u memoriji za skladištenje podataka. Svaki paket u transportnom toku podataka, bez obzira na sadržaj, je identifikovan pomoću PID-a (*engl. Packet Identifier*). Pomoću njega, dekodier pronalazi i sortira podatke u transportnom toku podataka. TS format je pogodan za kombinovanje više TV programa u jedan jedinstven informacioni tok. Kako bi prijemna strana bila svesna sadržaja koji se prenosi u transportnom toku podataka i kako bi mogla da rekonstruiše kombinovane elementarne tokove podataka, DVB i MPEG standard definišu dodatan sadržaj koji se prenosi u transportnom toku podataka. Da bi se prijemnoj strani omogućilo da poveže PID vrednosti sa odgovarajućim DTV servisima sadržanim u TS-u,

zajedno sa PES paketima u istom TS se prenose i specijalni kontrolni tokovi koji sadrže tzv. signalne tabele (*engl. Signalling Tables*). Ove tabele nose podatke o svakom pojedinačnom DTV servisu koji se prenosi unutar TS-a. Signalne tabele se prenose kao zasebni tokovi podataka unutar TS-a, multipleksirani zajedno sa ostalim TS paketima. PSI tabele (*engl. Program Specific Information*) se sastoje od opisa elementarnih tokova koje treba kombinovati kako bi se dobio određeni DTV servis. Svaka PSI tabela je sadržana u jednoj ili više PSI sekcija (*engl. PSI Sections*). Kako bi dekodier na prijemnom strani mogao u bilo kom trenutku da pristupi ovim tabelama, tabele se periodično šalju u transportnom toku podataka. Neke od bitnih signalnih tabela su:

- **PAT** (*engl. Program Association Table*) – sadrži listu PID vrednosti TS paketa sa PSI tabelama (tzv. PMT tabele) koje u sebi nose podatke o DTV servisima koji se emituju na tom transponderu (frekvenciji). PAT se uvek šalje u TS paketima sa predefinisanim PID-om koji ima vrednost 0x0000.
- **PMT** (*engl. Program Map Table*) - definiše listu PID vrednosti paketa iz toka podataka pridružene određenom servisu. Ova tabela se ponaša kao mapa programa, koja sadrži PID vrednosti audio, video i ostalih komponenti.
- **NIT** (*engl. Network Information Table*) - sadrži informacije o mreži koja emituje TS multipleks kojem pripada i dati DTV servis. Tabela između ostalog sadrži i informaciju o nosećim frekvencijama na kojima mreža poseduje transpondere. Predefinisana PID vrednost TS paketa koji nose NIT sekcije je 0x0010.
- **SDT** (*engl. Service Description Table*) – sadrži nazive servisa i druge detalje o servisima.
- **EIT** (*engl. Event Information Table*) - obezbeđuje informacije o trenutno prikazivanom sadržaju i ostalim narednim sadržajima koji se prikazuju.
- **CAT** (*engl. Conditional Access Table*) - koriste se kod zaštićenih DTV servisa. Definišu tip kriptovanja i PID vrednosti TS paketa koji sadrže informacije neophodne za dekriptovanje sadržaja. CAT sekcije su sadržane u TS paketima koji imaju PID vrednost 0x0001.

2.3 Digitalni TV prijemnik

Digitalni TV prijemnik se sastoji od nekoliko funkcionalnih blokova koji su kontrolisani od strane centralnog procesora. Arhitektura DTV prijemnika je prikazana na slici 2.5.



Slika 2.5 Arhitektura DTV prijemnika

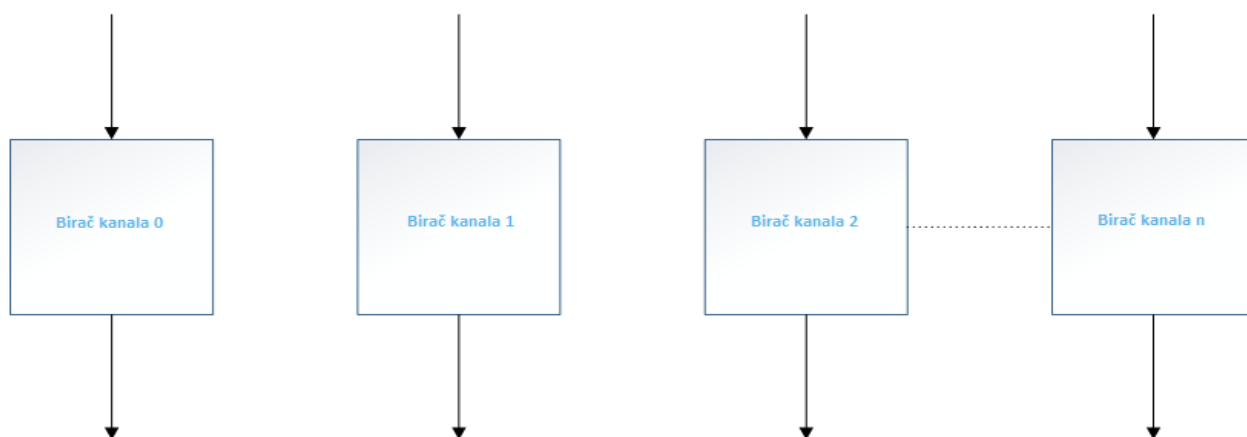
Odgovarajući modulirani signal dolazi do frekvencijskog birača kanala, čija je uloga izdvajanje signala emitovanog na frekvenciji zadatoj od strane centralnog procesora. Zatim se signal prosleđuje specificiranom demodulatoru, na osnovu tipa signala (zemaljski, satelitski ili kablovski), nakon čije obrade se dobija digitalni signal. Frekvencijski birač kanala i odgovarajući demodulator zajedno čine jedinstven modul koji se naziva mrežni sprežni modul (*engl. Network Interface Module – NIM*). Nakon dobijanja digitalnog signala vrši se demultipleksiranje transportnog toka podataka. Prvo se izdvajaju odgovarajući paketi koji sadrže PID-ove zadate od strane centralnog procesora, a zatim se organizuju u elementarne tokove podataka i prosleđuju se audio ili video dekozeru ukoliko se radi o audio ili video podacima, odnosno centralnog procesoru ukoliko se radi o signalnim tabelama.

2.3.1 Digitalni TV prijemnik sa više frekvencijskih birača kanala

U odnosu na statičke TV prijemnike koji uglavnom imaju jedan frekvencijskih birač kanala, mobilni TV prijemnici poseduju više frekvencijskih birača kanala kako bi omogućili određene funkcionalnosti poput pozadinskog pretraživanja kanala, prikupljanja DTV podataka i prelaska na alternativni servis. S obzirom da se određeni TV prijemnik nalazi u pokretu, dati

prijemnik vrši stalnu pretragu kanala kako bi obezbedio najažurnije podatke. Za svaki pronađeni kanal vrši se prikupljanje DTV podataka (TTXT, EPG, EWS) kako bi isti bili dostupni u svakom momentu. Kod statičkih TV prijemnika može se pretpostaviti da je transportni tok podataka na određenoj frekvenciji dostupan tokom njegovog rada. Nasuprot tome, mobilni prijemnici se suočavaju sa situacijom da izabrani transportni tok nije više dostupan na trenutnoj frekvenciji, ukoliko se sam prijemnik nalazi izvan područja prijema signala. To znači da prilikom gubitka signala na određenoj frekvenciji, prethodno pomenuti podaci za dati kanal su i dalje dostupni. Takođe, u toku reprodukcije servisa može se dogoditi gubitak signala. Kako bi se nastavila reprodukcija određenog servisa, prijemnik vrši prelazak na alternativni servis (servis istog transportnog toka ali na drugoj specificiranoj frekvenciji) ukoliko je dostupan na trenutnom području prijema signala.

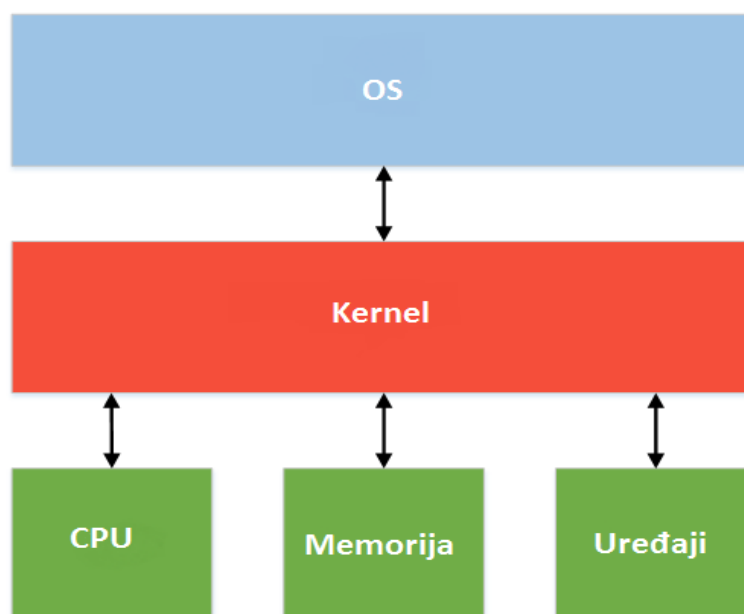
Shodno prethodno navedenim funkcionalnostima, mobilni TV prijemnik zahteva više frekvencijskih birača kanala. Šematski prikaz više frekvencijskih birača kanala je predstavljen na slici 2.6.



Slika 2.6 Šematski prikaz frekvencijskih birača kanala

2.4 Linuks jezgro

Uloga Linuks jezgra (Slika 2.7) je da upravlja procesorom, odnosno procesorskim vremenom, memorijom i sistemskim resursima. To znači, između ostalog, da se zasniva na potpunoj apstrakciji i virtualizaciji svih hardverskih komponenti. Treba napomenuti, da i pored velikog napretka u povećanju performansi DTV prijemnika, ipak se radi o ugrađenim uređajima i da memorija koju koristi operativni sistem treba da bude minimalna. Shodno tome, kako bi se omogućilo upravljanje frekvencijskim biračima kanala, demultiplekserima, dekođerima i ostalim bitnim elementima DTV prijemnika, koristi se poseban skup licenciranih (*engl. Proprietary*) rukovaoca (*engl. Driver*) koji čine jedan deo Linuks jezgra.



Slika 2.7 Šematski prikaz Linuks jezgra

2.5 DTV programska podrška

Najvažniji deo programske podrške, koji sadrži gotovo kompletnu DTV funkcionalnost i omogućava izvršavanje aplikacija, je srednji sloj programske podrške (*engl. Middleware*). Uloga datog srednjeg sloja jeste raščlanjivanje podataka koji dolaze iz transportnog toka, obrada audio i video podataka, prikupljanje i organizacija dodatnih podataka koji se nalaze u transportnom toku kao što su teletext, prevod, informacije elektronskog programskog vodiča (*engl. EPG information*), kontrola pristupa (*engl. Conditional Access*) i na kraju organizacija samih servisa. Na osnovu funkcionalnosti 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.

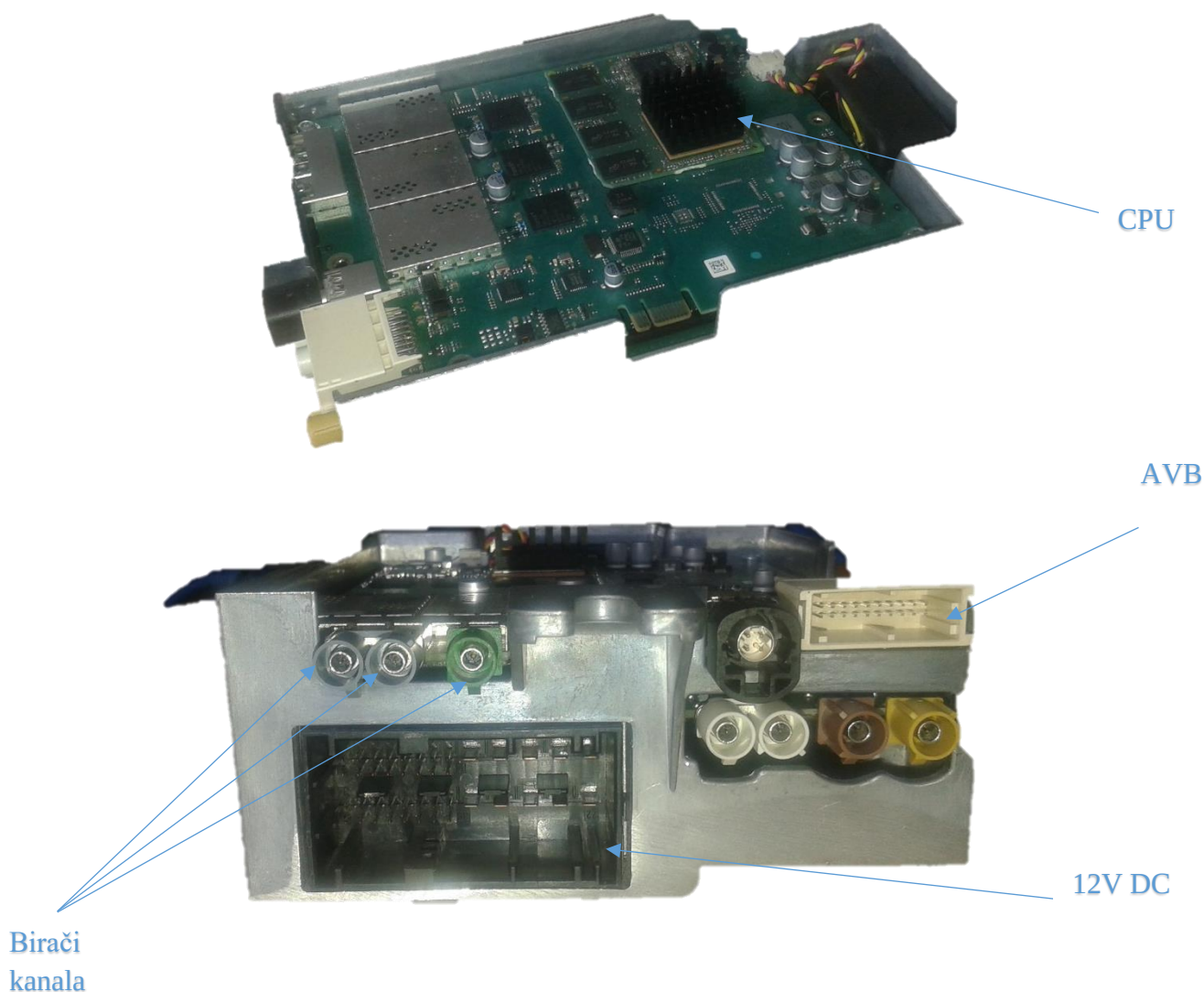
Neki od najznačajnijih srednjih slojeva DTV programske podrške su:

- DVB-MHP (*engl. Media Home Platform*)
- OpenTV
- Frog by Wyplay
- MediaHighway
- Cabot
- iWedia

Za potrebe ovog rada korišćen je Comedia 3.0 srednji sloj kompanije iWedia, koji je modifikovan kako bi se zadovoljili odgovarajući uslovi koji su specifični za mobilne DTV prijemnike.

2.6 Opis ciljne platforme

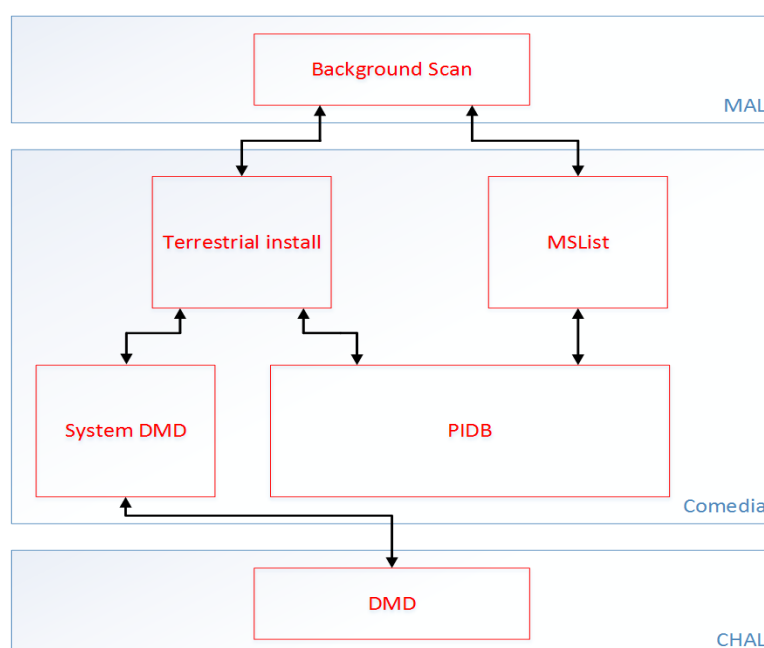
Ciljna platforma, koja je korišćena tokom izrade ovog rada, poseduje sledeće ključne komponente: tri DVB-T/T2 i ISDB-T/Tb frekvencijska birača kanala, procesor ARM familije koji je namenjen za mobilne uređaje, 1GB operativne memorije (*engl. RAM – Random Access Memory*), jedan modul uslovnog pristupa koji se koristi za dešifrovanje zaštićenog prenosnog toka i jedan AVB (*engl. Audio Video Bridging*) priključak koji služi za prenos audio odnosno video sadržaja preko lokalne mreže (*engl. Ethernet*). Na datoj platformi nalazi se posebna distribucija Linuks operativnog sistema, koja je optimizovana i namenjena za mobilne uređaje. Na slici 2.8 je predstavljena ciljna platforma.



Slika 2.8 Ciljna platforma

3. Koncept rešenja

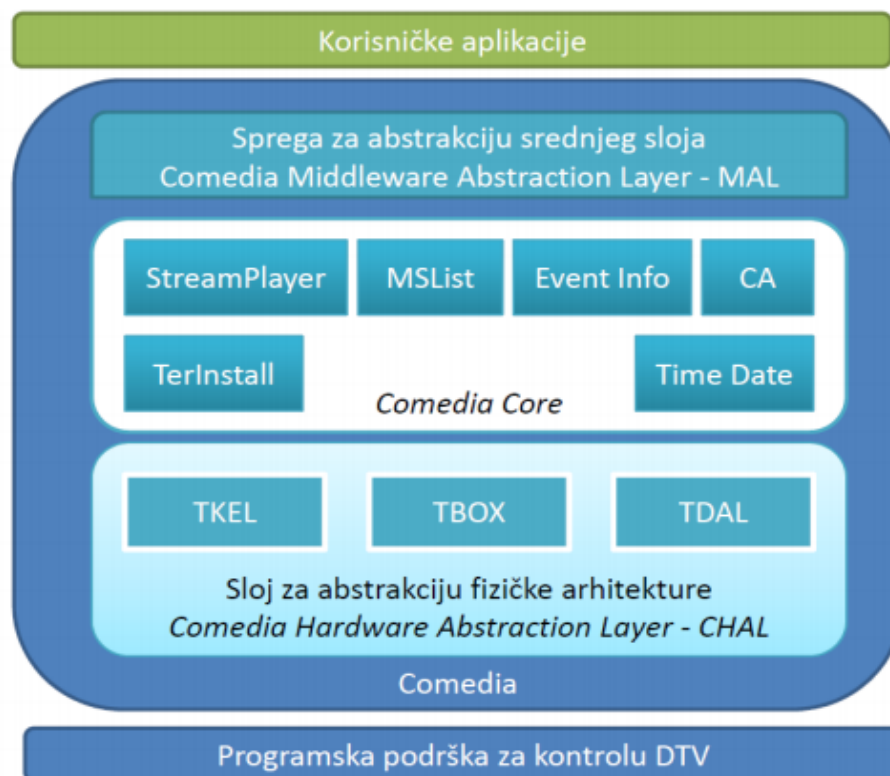
Realizacija mehanizma za napredno rukovanje listom kanala ima za cilj da se trenutne mogućnosti Comedia srednjeg sloja unaprede kako bi se obezbedile nove funkcionalnosti kao što su pozadinsko pretraživanje kanala i dinamičko ažuriranje liste kanala. Ove dve nove funkcionalnosti se izvršavaju istovremeno sa reprodukcijom DTV servisa. Date funkcionalnosti su vrlo bitne za mobilne DTV prijemnike, jer se određeni prijemnik nalazi u pokretu i potrebno je da obezbedi najažurnije podatke u svakom momentu. Prilikom opisa modula koji su modifikovani biće opisana njihova početna funkcionalnost, kao i izmene koje su uvedene. Moduli koji su modifikovani, odnosno moduli koji su realizovani kao potpuno novi delovi programske podrške predstavljeni su na slici 3.1. Sva proširenja unutar Comedia srednjeg sloja pisana su u skladu sa postojećim principima kako se ne bi narušavali koncepti definisani prilikom projektovanja srednjeg sloja.



Slika 3.1 Arhitektura rešenja

3.1 Softverska arhitektura Comedia srednjeg sloja

Kako bi se bolje razumeo sam koncept rešenja, potrebno je prvo opisati arhitekturu srednjeg sloja koja je prikazana na slici 3.2.



Slika 3.2 Comedia srednji sloj

3.1.1 Sloj za apstrakciju fizičke arhitekture

Comedia srednji sloj je programski skup, pri čemu se na najnižem nivou nalazi sloj za apstrakciju fizičke arhitekture (*engl. CHAL - Comedia Hardware Abstraction Layer*).

Sloj za apstrakciju fizičke arhitekture, u daljem tekstu CHAL, se sastoji od tri zasebna modula:

- **TKEL (Thin Kernel Encapsulation Layer)** - sloj za apstrakciju funkcionalnosti operativnog sistema realnog vremena (*engl. RTOS – Real Time Operating System*).
- **TBOX (Tool Box)** - modul koji deklarira pomoćne funkcije i služi za identifikovanje izvora grešaka programske podrške.
- **TDAL (Thin Driver Adaptation Layer)** - sloj za apstrakciju rukovalaca fizičkim uređajima. Svaki blok fizičke arhitekture DTV prijemnika poseduje odgovarajući TDAL rukovalac.

Iz ovoga sledi da je CHAL sloj jedini zavisn od same platforme. Kako bi se ostali viši moduli srednjeg sloja učinili nezavisnim od same platforme oni svoju funkcionalnost realizuju

korišćenjem CHAL funkcija. Na ovaj način prenošenje srednjeg sloja DTV programske podrške na neku platformu svodi se na prilagođenje CHAL-a.

3.1.2 Jezgro Comedia srednjeg sloja

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 (Upravljanje audio/video prikazom, pristup informacijama o emisijama, podrška za prikaz prevoda, podrška za prikaz teleteksta, itd.). 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 prikupljanje i obradu tabela DVB transportnog toka. Ovaj modul koriste ostali moduli kako bi pristupili pojedinim informacijama koje se nalaze u DVB tabelama.

3.1.3 Sprega za apstrakciju Comedia srednjeg sloja

Na samom vrhu Comedia srednjeg sloja nalazi se sprega za apstrakciju srednjeg sloja (*MAL engl. Middleware Abstraction Layer*). Ovaj sloj se takođe sastoji iz više modula, pri čemu funkcije jednog modula upravljaju nekim od elementa (frekvencijski birač kanala - MAL_Tuner, audio odnosno video dekodier - MAL_Audio/Video). 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), MAL koristi proste tipove kao parametre radi lakšeg ugrađivanja.

3.2 Realizacija CHAL DMD modula

Uloga ovog modula je da upravlja fizičkim mrežnim sprežnim modulom, NIM modulom. Modul treba da kontroliše istovremeno više frekvencijskih birača kanala ukoliko ih sam TV prijemnik poseduje. S obzirom da odgovarajuća ciljna platforma poseduje više frekvencijskih birača kanala, realizovana je podrška za više frekvencijskih birača. Ovi birači kanala se međusobno kombinuju, udružuju, kako bi postigli najbolji kvalitet primljenog signala. Dati birači kanala se mogu podeliti u dve grupe:

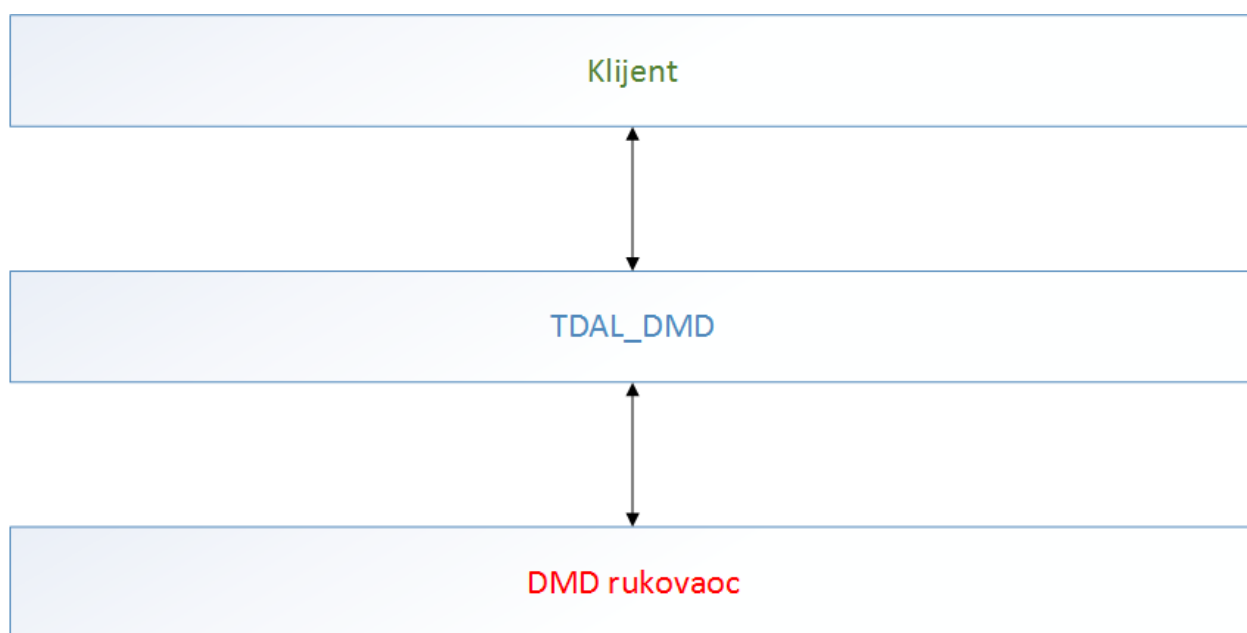
- Prednji frekvencijski birači kanala (*engl. Foreground tuners*) – minimum dva frekvencijska birača kanala koji su kombinovani posebnom metodom, koja se naziva MRC (*engl. Maximal Ration Combining*) [5] [6]
- Pozadinski frekvencijski birači kanala (*engl. Background tuners*) – minimum jedan frekvencijski birač kanala

Svaka grupa birača kanala prosleđuje jedan TS srednjem sloju, nakon čega svaki ponaosob bude obrađen. Prednja grupa frekvencijskih birača kanala se koristi za reprodukciju servisa i praćenje kvaliteta signala, dok se pozadinska grupa koristi za pretraživanje kanala, napredno rukovanje listom kanala i za praćenje kvaliteta signala.

MRC metoda predstavlja tehniku udruživanja više primljenih signala u jedan poboljšan signal. Ovom metodom, kao što je napomenuto, dobija se najbolji kvalitet primljenog signala.

$$\sum_{k=1}^N SNR \mathbf{k}, \text{ gde } \mathbf{k} \text{ predstavlja primljeni signal}$$

Realizovano je praćenje kao i kontrola parametara kvaliteta signala (*engl. AGC – Automatic Gain Control, BER – Bit Error Rate, SNR – Signal To Noise Ration*) za pojedinačnu grupu birača kanala. Treba napomenuti da se praćenje signala mora vršiti konstantno nad obe grupe frekvencijskih birača kanala. Takođe, modul obaveštava ostale više module o važnim događajima za prijem signala (izgubljen signal, progres pretraživanja i sl). Na slici 3.3 predstavljena je sprega između odgovarajućeg klijenta i rukovaoca koji upravljaju frekvencijskim biračima kanala.



Slika 3.3 Blok dijagram sprege između klijenta i rukovaoca

Modul podešava parametre za demodulaciju zavisno od korišćenog standarda (DVB-T/T2, ISDB-T/Tb), postavlja prijem na određenoj frekvenciji (*engl. Tuning*) i obavlja pretraživanje zadanog frekvencijskog opsega (*engl. Scanning*). Ovaj modul je od posebnog značaja za ovaj rad.

3.3 PIDB

Osnovna funkcionalnost PIDB (*engl. Program Information Database*) modula je da obezbedi spregu između klijentske strane i demultipleksera, dela za filtriranje određenih sekcija, u cilju formiranja baze dostupnih servisa (*engl. Service Database*) i svih informacija koje su vezane za određeni servis. PIDB je jedan od klijenata Table modula, gde prijavljuje filter za prijem MPEG PSI i DVB SI sekcija kako bi kreirao bazu servisa. PIDB modul dobija informacije o pristiglim sekcijama korišćenjem povratne funkcije (*engl. Callback*). Takođe, PIDB modul obaveštava o promenama nastalim u bazi.

Postupak pripremanja i čuvanja servisa u bazi obuhvata sledeće:

- Prvo se dobave SDT tabela i NIT tabela i iščitaju se određeni podaci iz datih tabela
- Servis se smešta u bazu ako i samo ako je definisan u deskriptoru servisa (*engl. Service Descriptor*) koji se nalazi u okviru SDT tabele i ako se dati servis nalazi u deskriptoru liste servisa (*engl. Service List Descriptor*) u okviru NIT tabele
- Kreira se multipleks za trenutni prenosni tok

S obzirom da se određeni multipleks može emitovati na više različitih frekvencija, PIDB modul je modifikovan na taj način da ažurira postojeći multipleks u bazi sa informacijom ukoliko se isti multipleks emituje i na drugoj specificiranoj frekvenciji. Shodno tome, klijent dobija informaciju da se određeni servis nalazi na dve različite frekvencije.

PIDB modul omogućava iteriranje, odnosno kretanje kroz bazu servisa, kao i dobavljanje servisa po određenom indeksu ili po pristupnom ključu (*engl. Access Key*). Prilikom ponovnog pokretanja ciljne platforme, PIDB modul popunjava listu servisa.

3.4 Terrestrial Install modul

Ovaj modul je čvrsto povezan sa nižim slojevima Comedia programske podrške, konkretno sa **System DMD** modulom koji direktno komunicira sa **CHAL DMD** modulom i sa **PIDB** modulom, i u sprezi sa datim modulima obavlja popunjavanje baze servisa. Osnovna uloga ovog modula jeste da omogući odgovarajuće pretraživanje servisa zemaljskih standarda digitalnog emitovanja (DVB-T/T2, ISDB-T/Tb). Za potrebe ovog rada pored dva postojeća načina pretraživanja kanala (automatsko, ručno pretraživanje) dodato je i treće koje predstavlja pretraživanje servisa za mobilne TV prijemnike. S obzirom da se odgovarajući prijemnik nalazi u pokretu, potrebno je vršiti konstantu pretragu servisa. U nadležnosti datog modula je pozicioniranje na specificiranu frekvenciju sa zadatim modulacionim parametrima. Terrestrial Install modul za filtriranje informacija iz SI sekcija i popunjavanje baze servisa koristi PIDB modul koji je opisan u prethodnom odeljku. Takođe, neke od značajnih funkcionalnosti ovog modula su sledeće:

- Modul obezbeđuje klijentskoj strani da se prijavi za obaveštenja o asinhronim događajima ovog modula (uspešno zaključavanje na frekvenciju (*engl. Locked*), pronađen novi servis, itd.)
- Obezbeđuje klijentskoj strani da podesi željenu zemlju za pretraživanje servisa. Prilikom odabira željene zemlje, definiše se frekventni opseg kao i korak pretraživanja (*engl. Bandwith*)
- Obezbeđuje klijentskoj strani informacije o trenutnoj jačini signala, kvalitetu signala i itd.

3.5 MSList

Osnovna uloga MSList (*engl. Master Service List*) modula je da obezbedi pristup listi svih pronađenih servisa uređenoj po broju programa. Lista sadrži sve potrebne informacije za svaki servis kao što su:

- Naziv servisa
- Broj kanala
- Tip servisa (digitalni TV program, analogni TV program, radio servis)
- Frekvencija na kojoj je pronađen servis
- Identifikator transportnog toka (*engl. TSID – Transport Stream ID*)
- Identifikator mreže (*engl. ONID – Original Network ID*)
- Identifikator servisa (*engl. SID- Service ID*)

Modul omogućava podešavanje liste servisa i dobijanje obaveštenja o promenama nastalim u listi. Numeracija servisa se obavlja u skladu sa tipom sistema emitovanja (satelitski, kablovski, zemaljski) i korisničkim podešavanjima. Omogućeno je pretraživanje servisa korišćenjem kursora, čime se omogućava enumeracija i iterativni prolazak kroz listu koja zadovoljava zadati kriterijum pretraživanja. Za pristup servisima i određenim operacijama nad njima modul koristi PIDB. Kao što je napomenuto u odeljku za PIDB modul, gde se jedan određeni multipleks, tj. servis u okviru datog multipleksa, može emitovati na više frekvencija shodno tome MSList modul je proširen sa informacijom o listi frekvencija na kojima se emituje dati servis. Takođe, dodata je informacija o digitalnom standardu (DVB-T/T2, ISDB-T/Tb) za servis koji se nalazi u listi.

3.6 MAL Background Scan

Modul je realizovan kao potpuno novi deo programske podrške, i predstavlja spregu prema klijentu. Dati modul kontroliše obradu TS paketa koji dolaze sa pozadinske grupe birača kanala, korišćenjem modula jezgra Comedia programske podrške. Pre nego što se opiše kompletna

funkcionalnost datog modula, potrebno je uvesti novi pojam, ruta (*engl. Route*), koji generalno gledano predstavlja putanju kojom se kreću podaci od izvora do odredišta. U okviru programske podrške postoji nekoliko tipova ruta, tj. putanja, a neke od njih su sledeće (u zagradi su navedeni elementi od kojih se svaka putanja ponaosob sastoji):

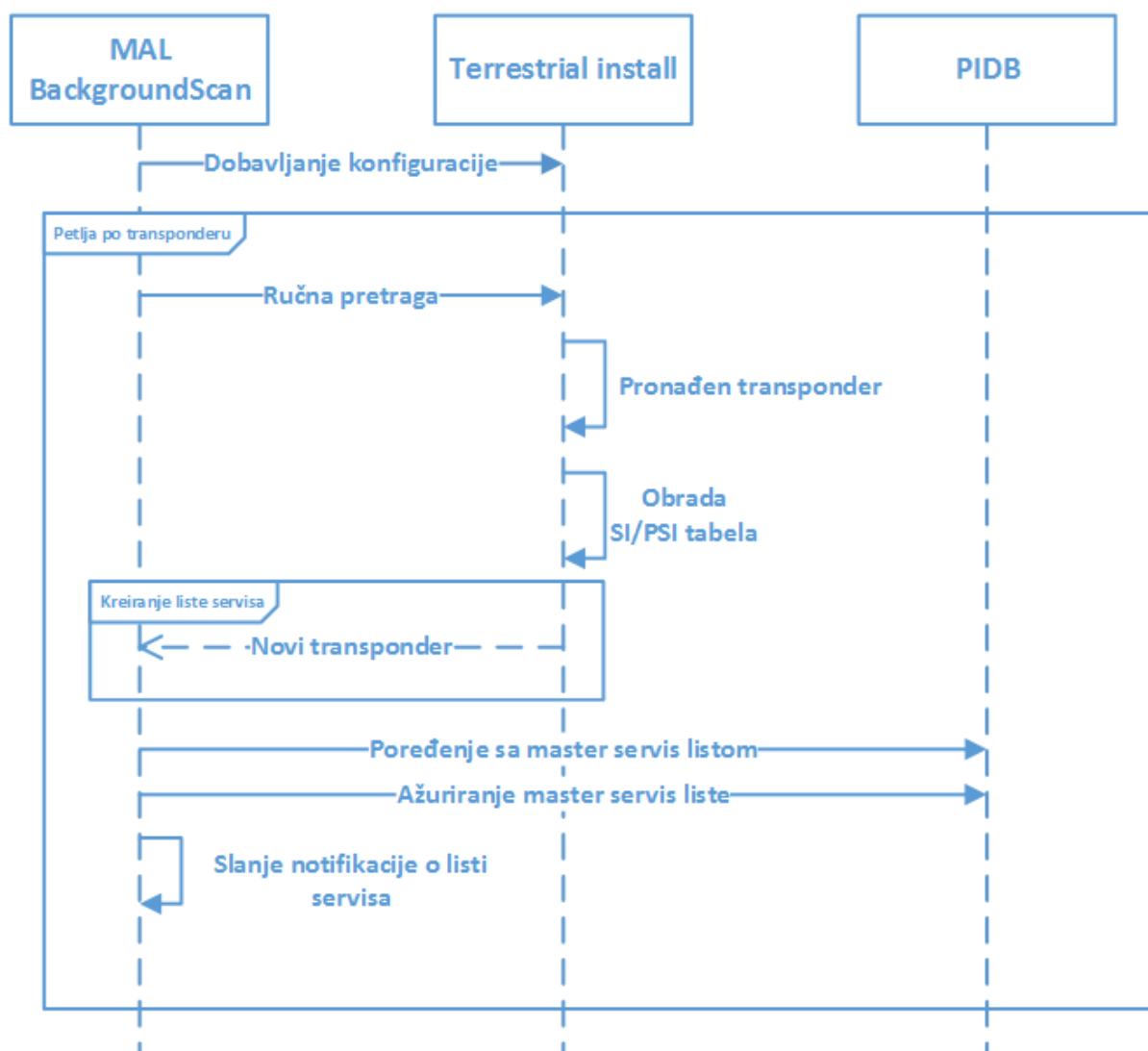
- **Install** – služi za pretraživanje frekvencijskog opsega (frekvencijski birač kanala i demultiplekser)
- **Live** – služi za reprodukciju DTV servisa (frekvencijski birač kanala, demultiplekser, dekodir i izlaz)
- **Record** – služi za snimanje DTV servisa (frekvencijski birač kanala, demultiplekser i spoljna memorija)
- **Playback** – služi za reprodukciju snimljenog DTV servisa (spoljna memorija, demultiplekser, dekodir i izlaz)
- **Stream** – služi za distribuciju DTV servisa do prenosnih uređaja (frekvencijski birač kanala, demultiplekser i HTTP poslužilac)

U ovom radu akcenat je stavljen na **Install** i **Live** rute. Takođe, u okviru modula uvedena je podela na dva pod tipa ruta:

- Pozadinska ruta – (*engl. Background Route*) koja uključuje jednu Install i jednu Live rutu
- Prednja ruta – (*engl. Foreground Route*) uključuje jednu Live rutu

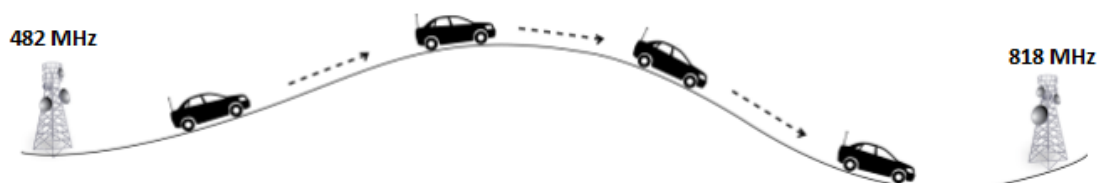
Kao što je pomenuto, s obzirom da se prijemnik nalazi u pokretu realizovan je novi način pretraživanja kanala. Pretraživanje kanala, u daljem tekstu pozadinsko pretraživanje, vrši se konstanto kako bi se obezbedili najažurniji podaci u svakom momentu. Pozadinsko pretraživanje kanala je u osnovi zasnovano na ručnom pretraživanju. Modul koristi pozadinsku Install rutu, koja jednoznačno određuje pozadinsku grupu frekvencijskih birača kanala. Kao što je prikazano na slici 3.4, za pretraživanje celog frekvencijskog opsega koristi se Terrestrial Install modul. Na osnovu trenutno postavljene zemlje, podešava se određena konfiguracija koja uključuje:

- Frekvencijski opseg (*engl. Frequency range*)
- Modulacioni parametri (*engl. Modulation parameters*)



Slika 3.4 Blok dijagram pozadinskog pretraživanja kanala

Ukoliko se prijemnik nalazi u pokretu, dostupnost DTV servisa može da se promeni. Zbog toga je neophodno vršiti dinamičko ažuriranje liste kanala. Konkretno, određeni servisi se mogu emitovati na više različitih transpondera i trebaju da se zabeleže u listi kanala. Sa druge strane, DTV servisi koji više nisu dostupni na određenom transponderu treba da se uklone is liste kanala. Šematski prikaz DTV prijemnika u pokretu predstavljen je na slici 3.5.



Slika 3.5 Šematski prikaz prijemnika u pokretu

Kako bi se održavala lista kanala uvedeni su sledeći parametri, pragovi (*engl. Thresholds*):

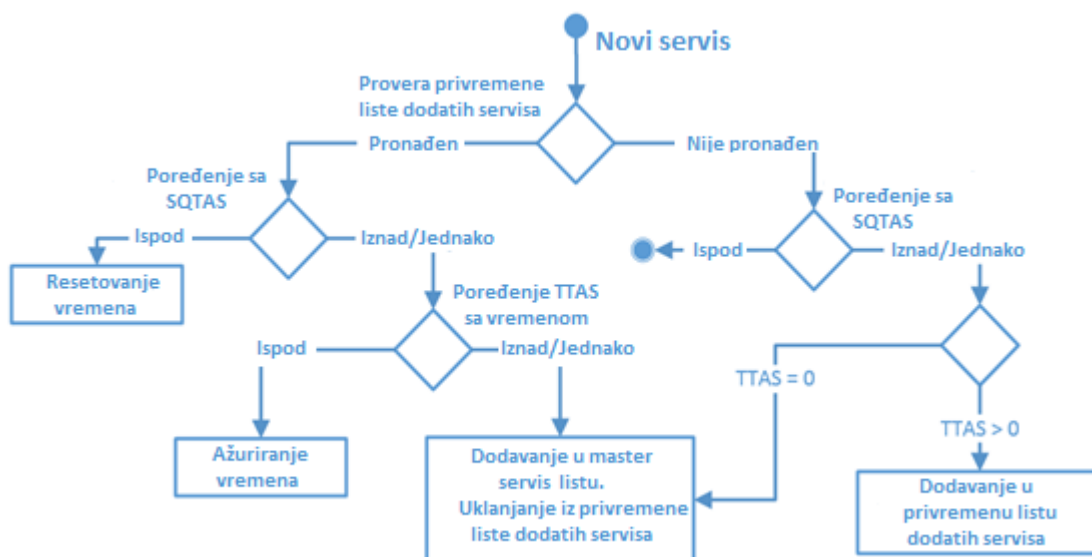
- **SQTAS (Signal Quality Threshold for Adding Service)** – predstavlja prag kvaliteta signala izražen u decibelima (dB). Ukoliko je kvalitet signala iznad datog praga određeni DTV servis biće zabeležen u listi kanala
- **TTAS (Time Threshold for Adding Service)** – predstavlja prag vremenskog intervala izražen u sekundama (sec) nakon kojeg će određeni DTV servis biti zabeležen u listi kanala
- **SQTRS (Signal Quality Threshold for Removing Service)** – predstavlja prag kvaliteta signala izražen u decibelima (dB). Ukoliko je kvalitet signala ispod praga, određeni DTV servis biće uklonjen iz liste kanala
- **TTRS (Time Threshold For Removing Service)** – predstavlja prag vremenskog intervala izražen u sekundama (sec) nakon kojeg će određeni DTV servis biti uklonjen iz liste kanala.

Takođe, u okviru modula uvedene su dve dodatne liste kanala koje se koriste u postupku ažuriranja:

- Privremena lista dodatih DTV servisa (*engl. Temporary Add Service List*)
- Privremena lista uklonjenih DTV servisa (*engl. Temporary Delete Service List*)

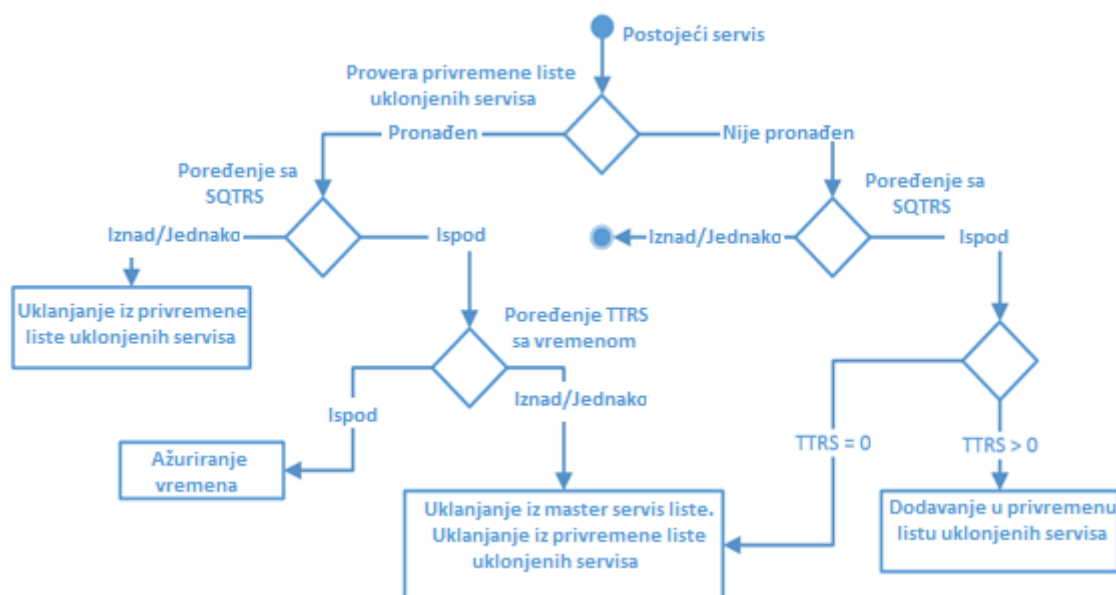
Nakon što se obrade SI/PSI tabele i kada se dobija poruka od strane *Terrestrial Install* modula da su na određenom transponderu nađeni DTV servisi, kao što je prikazano na slici 3.4, primenjuje se sledeći algoritam:

- Prvo se proverava da li se određeni DTV servis sa trenutnog transpondera zabeležio u MSList listi. Nakon toga se vrši sortiranje servisa po sledećem kriterijumu: novi servis (*engl. New Service*), postojeći servis (*engl. Existing Service*) i na nepostojeći (*engl. Non-Existing Service*).
- Za sve nove servise sa trenutnog transpondera, prvi korak je provera da li se dati servis nalazi u privremenoj listi dodatih DTV servisa. Ova lista se koristi kao privremeno skladište za sve nove servise pre nego što se dati servisi zabeleže u MSList listu. Nakon ovoga proverava se SQTAS i TTAS opciono. Pre nego što se servisi zabeleže u MSList listu, kvalitet signala mora biti iznad praga SQTAS i vremenski interval TTAS mora biti zadovoljen. Ukoliko vremenski interval TTAS nije podešen, odnosno TTAS iznosi nula sekundi, DTV servisi će biti zabeleženi direktno u MSList listu ukoliko je kvalitet signala iznad SQTAS. Kompletan algoritam je predstavljen na slici 3.6.



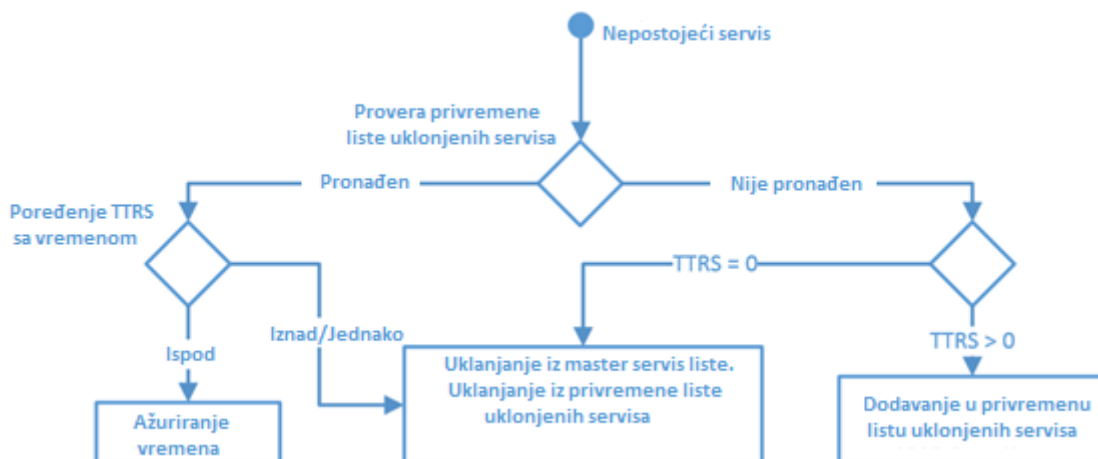
Slika 3.6 Algoritam za obradu novih DTV servisa

- Za sve postojeće DTV servise na trenutnom transponderu, prvi korak je da li se dati servis nalazi u privremenoj listi uklonjenih DTV servisa. Ova lista se koristi kao privremeno skladište za sve postojeće DTV servise pre nego što se dati servise uklone iz MSList liste. Nakon ovoga koraka proverava se SQTRS i TTRS. Pre nego što se određeni servis ukloni iz MSList liste, kvalitet signal mora biti ispod zadatog praga SQTRS i vremenski interval TTRS mora biti zadovoljen. Ukoliko vremenski interval TTRS nije podešen, odnosno TTRS iznosi nula sekundi, DTV servisi biće uklonjeni iz MSList liste ukoliko je kvalitet signala ispod SQTRS. Kompletan algoritam je predstavljen na slici 3.7.



Slika 3.7 Algoritam za obradu postojećih DTV servisa

- Postoji mogućnost da se određeni DTV servis pojave u kratkom vremenskom intervalu i da nakon toga u potpunosti izgube. Kako bi se izbeglo nagomilavanje takvih DTV servisa u privremenoj listi dodatih servisa sledeća procedura je primenjena. Ukoliko servis postoji u privremenoj listi dodatih servisa, ali dati servis više nije dostupan na osnovu stanja u MSList listi, servis će biti uklonjen iz privremene liste dodatih servisa.
- Za sve DTV servise koji se nalaze u MSList listi, ali nisu više dostupni na trenutnom transponderu, algoritam koji je predstavljen na slici 3.8 biće primenjen.



Slika 3.8 Algoritam za obradu nepostojećih DTV servisa

- Nakon obrade svih DTV servisa na trenutnom transponderu, obaveštava se klijent o trenutnom stanju liste servisa (servisi koji su zabeleženi, odnosno servisi koji su uklonjeni iz MSList liste)

4. Programsko rešenje

Realizacija mehanizma za napredno rukovanje listom kanala zahtevala je određena proširenja postojećih modula Comedia srednjeg sloja, kao i uvođenje novog kako bi se omogućile željene funkcionalnosti. Kako proširenjem postojećih modula nisu uvođeni novi koncepti, ovaj deo rešenja neće biti opisan u ovom poglavlju, već će akcenat biti na novom dodatnom modulu, tj. modulu za pozadinsko pretraživanje kanala MAL Background Scan. Takođe, biće opisana kompletna procedura pretraživanja kanala od viših modula pa do najnižeg modula Comedia programske podrške.

4.1 MAL Background Scan

Kao što je opisano u konceptu rešenja, modul za pozadinsko pretraživanje kanala ima zadatak da obradi odgovarajuće TS pakete koji dolaze sa pozadinske grupe birača kanala. Kontrola TS paketa je postignuta korišćenjem modula jezgra Comedia programske podrške. Takođe, modul je zadužen za dinamičko ažuriranje liste kanala. Predstavlja spregu prema klijentu i preko koje klijent ostvaruje date funkcionalnosti. Neki od bitnih tipova podataka predstavljeni su u Tabeli 1.

<pre>typedef enum _MAL_BS_ConfigType { MAL_BS_ROUTE_CONFIG = 0, MAL_BS_STANDARD_CONFIG, MAL_BS_TUNER_MRC_CONFIG, MAL_BS_SERVICE_LIST_PARAMETERS_CONFIG } MAL_BS_ConfigType;</pre>	Mogući tipovi podešavanja
<pre>typedef struct _MAL_BS_RouteConfig { MAL_RouteID backgroundInstallRoute; MAL_RouteID backgroundLiveRoute; MAL_RouteID foregroundLiveRoute; } MAL_BS_RouteConfig;</pre>	Tipovi ruta

<pre>typedef struct _MAL_BS_Status { mal_bool isStarted; mal_uint32 frequency; } MAL_BS_Status;</pre>	Informacije o trenutnom statusu modula za pozadinsko pretraživanje kanala. Ukoliko je procedura pretraživanja pokrenuta dobija se informacija o trenutnoj frekvenciji na kojoj se nalazi frekvencijski birač kanala.
<pre>typedef struct _MAL_BS_ServiceListConfig { mal_uint32 SQTAS mal_uint32 TTAS; mal_uint32 SQTRS mal_uint32 TTRS; } MAL_BS_ServiceListConfig</pre>	Kontrolni parametri za ažuriranje liste kanala
<pre>typedef struct _MAL_BS_ServiceDescriptor { mal_uint32 TSID; mal_uint32 ONID; mal_uint32 SID; mal_uint32 frequency; MAL_COMMON_DTVStandard standard; mal_char serviceName[MAL_SZ_SERVICE_NAME_STRING_LENGTH]; mal_char networkName[MAL_SZ_SERVICE_NAME_STRING_LENGTH]; } MAL_BS_ServiceDescriptor;</pre>	Osnovne informacije o DTV servisu
<pre>typedef struct _MAL_BS_ServiceListUpdate { mal_uint32 updatedServiceNum; MAL_BS_ServiceDescriptor *updatedService; mal_uint32 addedServiceNum; MAL_BS_ServiceDescriptor *addedService; mal_uint32 removedServiceNum; MAL_BS_ServiceDescriptor *removedService; } MAL_BS_ServiceListUpdate;</pre>	Informacije koje se prosleđuju klijentu (broj zabeleženih servisa i informacije o njima, broj uklonjenih servisa, broj ažuriranih servisa)

Tabela 1 Najznačajniji tipovi podataka *MAL Background Scan* modula

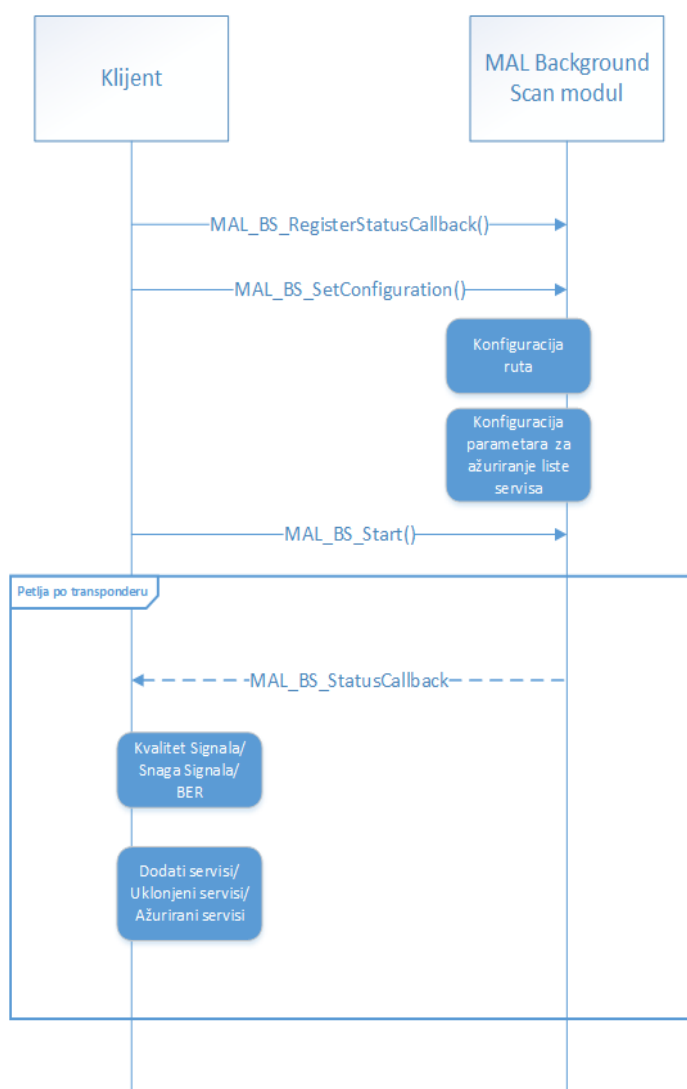
Kako bi klijent imao kontrolu nad datim modulom, u Tabeli 2 predstavljene su najznačajnije funkcije koje su na raspolaganju klijentu.

MAL_BS_RegisterStatusCallback(const MAL_BS_StatusCallback callback)	Funkcija za prijavljivanje određene funkcije povratnog poziva. Kroz datu funkciju povratnog poziva klijent dobija obaveštenja o kvalitetu signala sa frekvencijskih birača kanala, informacije o liste kanala
MAL_BS_UnregisterStatusCallback(const MAL_BS_StatusCallback callback)	Funkcija za odjavljivanje prethodno prijavljene funkcije povratnog poziva
MAL_BS_SetConfiguration(MAL_BS_ConfigType type, void* configData)	Funkcija za podešavanje parametara pozadinskog pretraživanja. Data funkcija vrši podešavanja sledećih elemenata: • Podešavanje ruta

	• Podešavanje parametara za ažuriranje liste kanala • Promena trenutnog postavljenog DTV standarda • Podešavanje MRC-a
MAL_BS_GetConfiguration(MAL_BS_ConfigType type, void* configData)	Funkcija za dobavljanje prethodno podešenih parametara pozadinskog pretraživanja
MAL_BS_GetStatus(MAL_BS_Status* status)	Funkcija za dobavljanje trenutnog statusa pozadinskog pretraživanja (pokrenuto/zaustavljeno pretraživanje)
MAL_BS_Start()	Funkcija za pokretanje pozadinskog pretraživanja kanala
MAL_BS_Stop()	Funkcija za zaustavljanje pozadinskog pretraživanja kanala

Tabela 2 Funkcije *MAL Background Scan* modula

Na slici 4.1 predstavljena je sekvenca poziva funkcija MAL Background Scan modula prilikom pokretanja pozadinskog pretraživanja kanala.



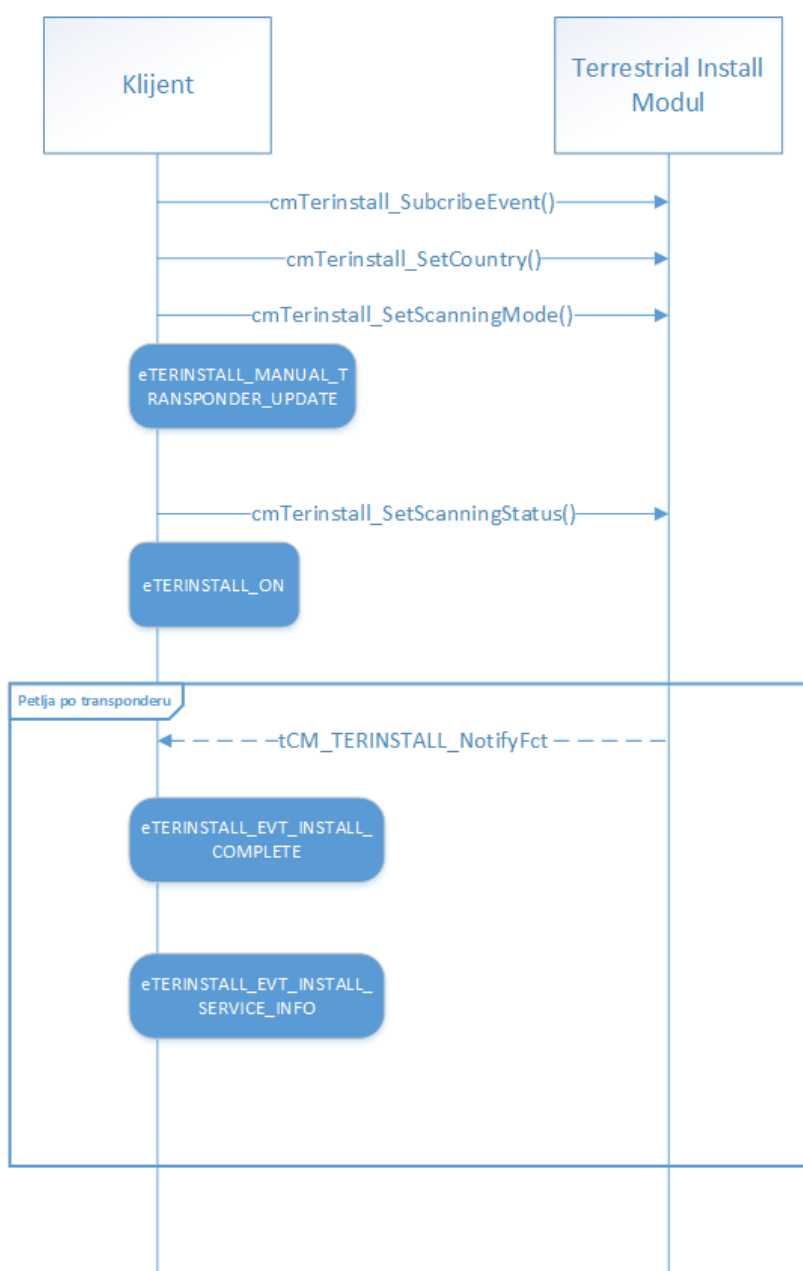
Slika 4.1 Prikaz sekvence poziva funkcija MAL Background Scan modula

4.2 Postupak pretraživanja kanala

Kao što je navedeno u konceptu rešenja, pozadinsko pretraživanje kanala u suštini predstavlja ručno pretraživanje odnosno pretraživanje na jednoj frekvenciji. U cilju podešavanja odgovarajućih parametara i zadavanja komande za početak pozadinskog pretraživanja kanala, MAL Background Scan komunicira sa Terrestrial Install modulom. Podešavanje parametara pretrage servisa ostvaruje se pomoću sledećih funkcija:

- cmTerinstall_SetRFCurrentTS(frequency);
- cmTerinstall_SetScanningMode(-);
- cmTerinstall_SetScanningStatus(-);

Na slici 4.2 predstavljena je komunikacija između MAL Background Scan modula i Terrestrial Install modula tokom pozadinskog pretraživanja.



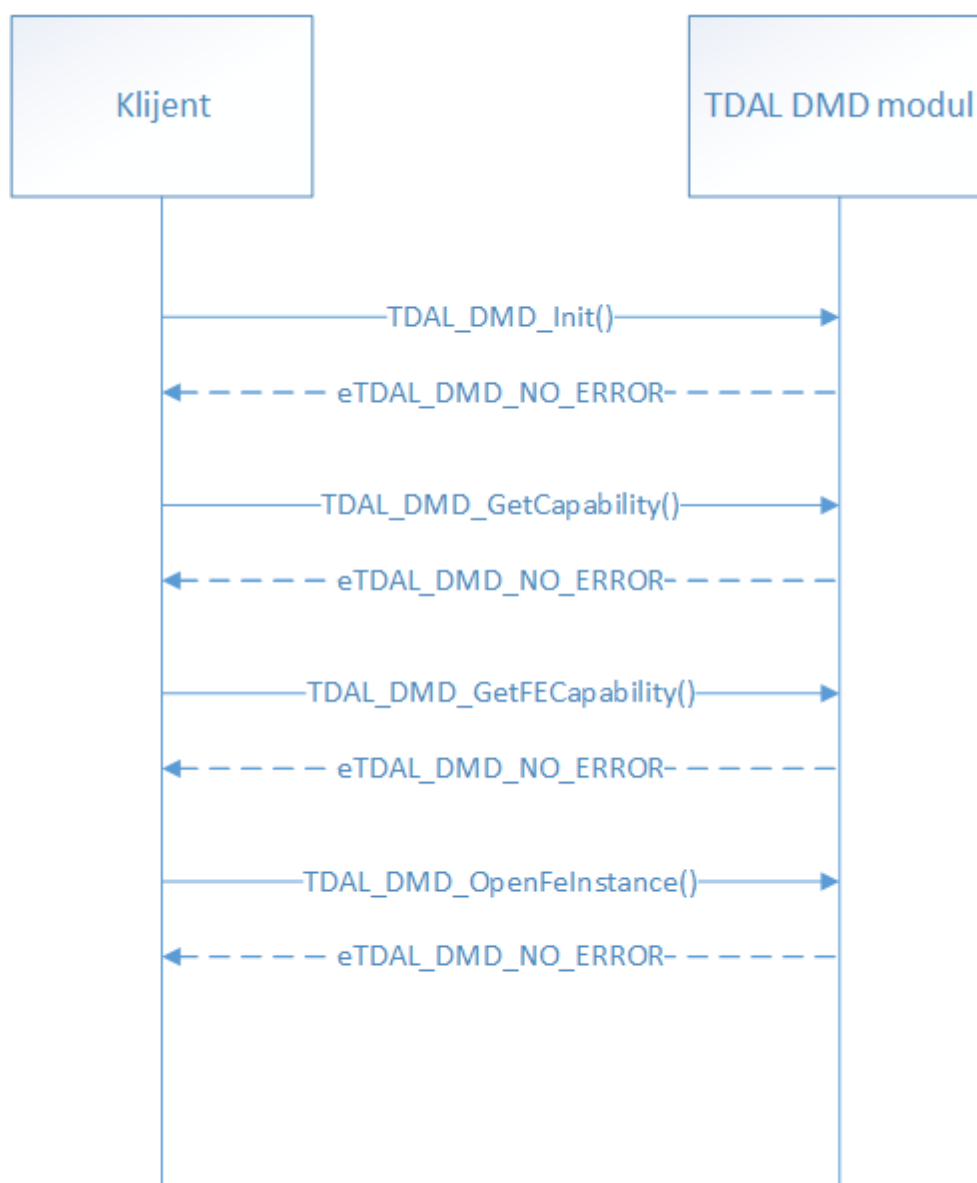
Slika 4.2 Komunikacija sa Terrestrial Install modulom tokom procedure pretraživanja

Prva funkcija omogućava MAL Background Scan modulu da podesi željenu frekvenciju za pretragu servisa. Druga funkcija služi za podešavanje načina kontrolisanja liste servisa. Kao parametar funkcije prosleđuje se enumeracija `eTERINSTALL_MANUAL_TRANSPONDER_UPDATE`. Ukoliko se postojeći multipleks, koji je pronađen na određenoj frekvenciji, emituje i na nekoj drugoj frekvenciji dati multipleks se ažurira sa ovom informacijom. Kao parametar poslednje funkcije se prosleđuje enumeracija `eTERINSTALL_ON`, koja zadaje direktivu Terrestrial Install modulu da započne pretraživanje kanala. Ukoliko se želi zaustaviti procedura pozadinskog pretraživanja kao parametar funkciji prosleđuje se `eTERINSTALL_OFF`.

Na nižem nivou programske podrške nalazi se Terinstall DMD modul. Dati modul vrši podešavanje funkcija povratnog poziva kao i modulacionih parametara. Terrestrial Install započinje pretragu kanala pozivanjem funkcije `TERINSTALL_DMD_EngageManualInstall()` Terinstall DMD modula. Terinstall DMD modul vrši povezivanje frekvencijskog birača kanala i demultipleksera. Zatim se poziva funkcija `DMD_Tune(-)`, System DMD modula od strane Terinstall DMD modula. System DMD obezbeđuje višim slojevima mogućnost pretraživanja i pokretanja servisa kao i obaveštenja o asinhronim dešavanjima na frekvencijskim biračima kanala. System DMD na nižim slojevima komunicira sa CHAL DMD modulom u cilju pretraživanja servisa. Funkcija `DMD_Tune(-)` vrši prilagođavanje parametara pretrage odgovarajućim parametrima CHAL DMD modula. Nakon toga se poziva funkcija `TDAL_DMD_Tune(-)` CHAL DMD modula. Detaljan opis CHAL DMD modula je predstavljen u konceptu rešenja. Prilikom dovođenja CHAL DMD modula u početno stanje, pravi se programska nit. Ova nit u slučaju pretraživanja servisa obaveštava više programske slojeve o asinhronim događajima. Ovi asinhroni događaji mogu biti sledeći:

- `eTDAL_DMD_LOCKED`
- `eTDAL_DMD_LOCK_FAILED`
- `eTDAL_DMD_FOUND`
- `eTDAL_DMD_END_OF_RANGE`
- `eTDAL_DMD_SIGNAL_LOST`

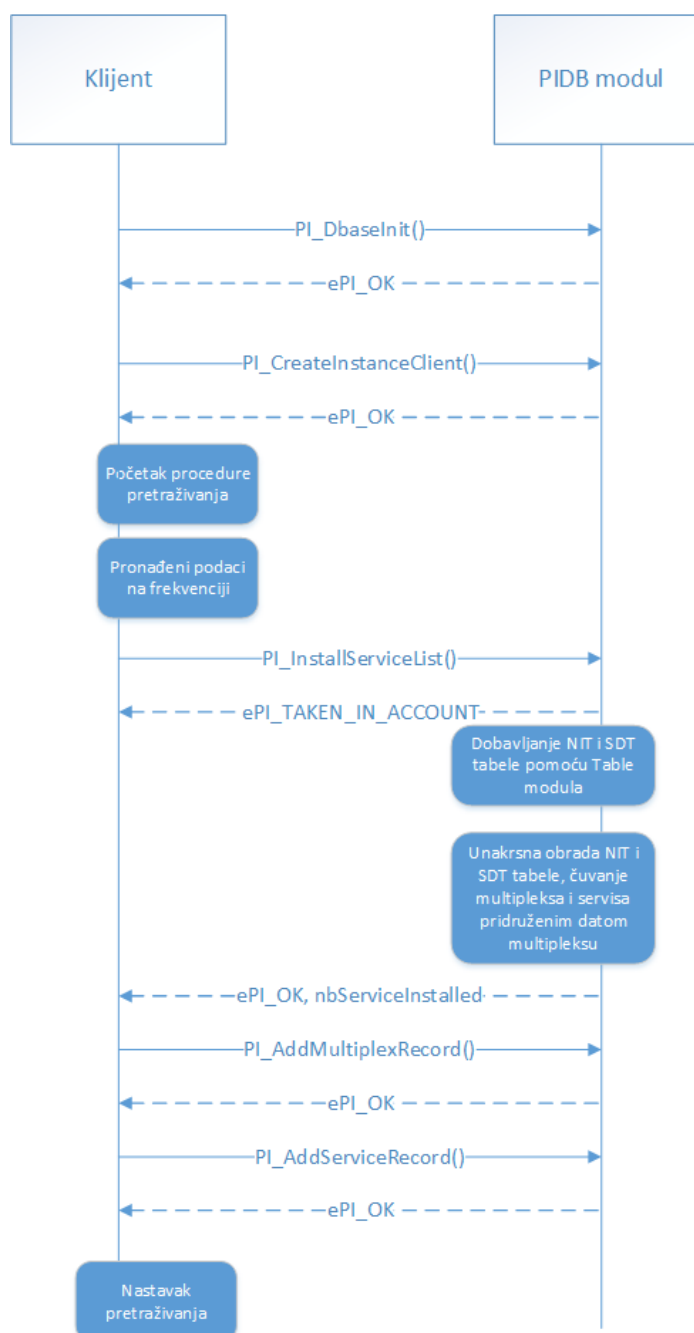
Na slici 4.3 predstavljena je sekvenca poziva funkcija koje dovode CHAL DMD modul u početno stanje.



Slika 4.3 Sekvenca poziva funkcija pri dovođenju CHAL DMD modula u početno stanje

Ukoliko je frekvencijski birač kanala uspeo da se uspešno pozicionira, zaključa na određenu frekvenciju, pretraživanje servisa se stopira kako bi se informacije is transportnog toka podataka mogle iščitati i smestiti u bazu podataka. Za ovaj posao zadužen je PIDB modul koji je ranije opisan u konceptu rešenja. Za svaku frekvenciju na koju je birač kanala uspeo da se zaključa, Terinstall DMD modul poziva funkciju `PI_InstallServiceList(-)` PIDB modula. U okviru PIDB modula vrši se unakrsno iščitavanje NIT I SDT tabele kako bi se u Service List bazi i u Multiplex bazi sačuvali podaci o trenutnom transportnom toku.

Na slici 4.4 predstavljena je komunikacija sa PIDB modulom u cilju čitanja informacija iz transportnog toka podataka.



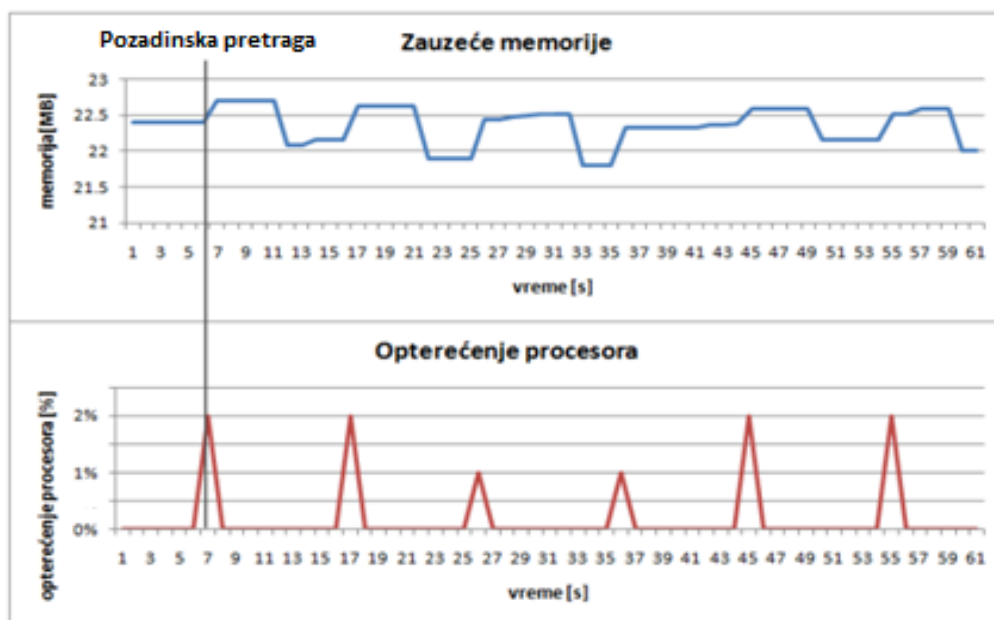
Slika 4.4 Komunikacija sa PIDB modulom tokom procedure pretraživanja kanala

Kada se odgovarajući podaci uspešno sačuvaju u bazi, PIDB modul obaveštava Terinstall DMD modul funkcijom povratnog poziva o servisima dostupnim na trenutnom transportnom toku podataka. Zatim Terinstall DMD funkcijom povratnog poziva obaveštava MAL Background Scan modul o ovom događaju, i u okviru kojeg se vrši dinamičko ažuriranje liste kanala. Na ovaj način krajnji korisnik ima mogućnost u toku pretraživanja servisa videti informacije o pronađenim servisima ukoliko oni postoje na trenutnoj frekvenciji. Kada Terinstall DMD modul dobije poruku od strane PIDB modula da je servis sačuvan, dalji tok pretraživanja servisa može da se nastavi.

5. Ispitivanje i verifikacija

5.1 Zauzeće operativne memorije i centralnog procesora

Ispitivanje implementacije rešenja je bilo koncipirano na merenju zauzeća operativne memorije i opterećenja centralnog procesora. Za ispitivanje korišćene su ugrađene funkcije Linux operativnog sistema, na osnovu kojih je dobijena statistika iskorišćenja resursa same ciljne platforme (Slika 5.1). Ispitivanje je pokazalo da ukoliko nije pokrenuta procedura pozadinskog pretraživanja kanala, opterećenje centralnog procesora je manje od 0.5%. Prilikom pozadinskog pretraživanja kanala koje uključuje i dinamičko ažuriranje liste kanala, opterećenje centralnog procesora raste do 3% a prosečno zauzeće operativne memorije iznosi 22.35 MB.



Slika 5.1 Iskorišćenje resursa ciljne platforme

5.2 CHAL Validator

Opisano rešenje je ispitano i verifikovano u tri koraka. Prvi deo verifikacije izvršen je upotrebom alata CHAL validator, koji je razvijen za potrebe ovog rada. Ovaj alat omogućuje ispitivanje funkcionalnosti same realizacije CHAL modula, kako bi se osiguralo pravilo izvršavanje Comedia srednjeg sloja. CHAL validator je konzolna aplikacija koja omogućuje pokretanje pojedinačnih testova kao i grupe testova. Ispitivanje je vršeno zadavanjem niza komandi modulima CHAL sloja i upoređivanjem povratnih vrednosti sa očekivanim. Prilikom izvršavanja datih testova, akcenat je stavljen na CHAL DMD modul koji je vrlo bitan za ovaj rad. Na slici 5.2 dat je pregled DMD testova koji su izvršavani u okviru CHAL validatora. Izvršavanjem CHAL testova potvrđena je potrebna funkcionalnost CHAL modula, čime je osiguran ispravan rad i samog srednjeg sloja.

60	tdal_dmd	TestDmdGetCapability	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
61	tdal_dmd	TestDmdGetNimCapability	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
62	tdal_dmd	TestDmdTuneAndUnlockFreq	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
63	tdal_dmd	TestDmdStartScan	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
64	tdal_dmd	TestDmdGetAPIandPlatformVersion	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
65	tdal_dmd	TestDmdUnlockFrequency	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
66	tdal_dmd	TestDmdCheckFunctionCallOrder1	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
67	tdal_dmd	TestDmdCheckFunctionCallOrder2	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
68	tdal_dmd	TestDmdRepeatedLockUnlockFreq	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
69	tdal_dmd	TestDmdCheckFunctionCallOrder10	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
70	tdal_dmd	TestDmdGetCapabilityArgumentNull	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
71	tdal_dmd	TestDmdGetFECapabilityArgumentNull	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
72	tdal_dmd	TestDmdCloseFEInstanceBadParam	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
73	tdal_dmd	TestDmdTuneConfigBadParam	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
74	tdal_dmd	TestDmdGetFEConfigBadParam	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
75	tdal_dmd	TestCase_TestDmdDVBConfiguration	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
76	tdal_dmd	TestDmdRegisterMonitoringCallback	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
77	tdal_dmd	TestDmdMultipleRegisterMonitoringCallback	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
78	tdal_dmd	TestDmdMonitoringCallbackArgumentNull	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
79	tdal_dmd	TestDmdCheckFunctionCallOrder11	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
80	tdal_dmd	TestDmdCheckFunctionCallOrder12	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
81	tdal_dmd	TestDmdMonitoringCallbackTuneCheck	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
82	tdal_dmd	TestDmdMonitoringCallbackNoTuneCheck	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
83	tdal_dmd	TestDmdCheckFunctionCallOrder13	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
84	tdal_dmd	TestDmdCheckFunctionCallOrder14	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
85	tdal_dmd	TestDmdCheckAttachDetachMultiple	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
86	tdal_dmd	TestDmdCheckAttach	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
87	tdal_dmd	TestDmdCheckDetach	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
88	tdal_dmd	TestDmdCheckAttachBadParam	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
89	tdal_dmd	TestDmdCheckDetachBadParam	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
90	tdal_dmd	TestDmdCheckAttachNoOpenInstance	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
91	tdal_dmd	TestDmdCheckAttachDetachOnMultipleFE	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
92	tdal_dmd	TestDmdCheckAttachDetachFromAllFE	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
93	tdal_dmd	TestDmdCheckAttachOnUsedFE	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
94	tdal_dmd	TestDmdCheckFunctionCallOrder15	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57
95	tdal_dmd	TestDmdCheckFunctionCallOrder16	SUCCESS	Aug 14 2016	09:30:57

Slika 5.2 Pregled CHAL DMD testova

5.3 Ispitivanje proširenja programske podrške

Drugi korak verifikacije rešenja odnosi se na proširenja samog Comedia srednjeg sloja, odnosno potvrdu ispravnog funkcionisanja ovih proširenja. Poseban akcenat je stavljen na proveru eventualnih konflikata između postojećih i dodatih modula. Ispitivanje je vršeno uz pomoć postojeće konzolne aplikacije pod nazivom command line app, koja je za potrebe ovog rada proširena sa funkcionalnostima za mobilne DTV prijemnike. Pri tome, napravljen je niz testnih slučajeva koji su izvršili ispitivanje pojedinačnih modula, grupa modula koje čine određenu programsku i funkcionalnu celinu i svih modula koji zajedno predstavljaju jednu jedinstvenu celinu programske podrške za DTV prijemnike. Ovi testni slučajevi uključuju

kontrolisano izvršavanje određenih funkcija programske podrške, kao i ispitivanje otpornosti same programske podrške na greške i na nedefinisano, odnosno neočekivano korišćenje. Ispitni slučajevi su pokazali da Comedia programska podrška ispravno postupa u slučaju nekontrolisanog korišćenja i da u slučaju očekivanog korišćenja radi ispravno.

5.4 Ispitivanje celokupne programske podrške

Treći korak verifikacije uključuje prethodno pomenutu konzolnu aplikaciju i generator TV signala, sa kojim se takođe kontroliše i kvalitet signala, čime su stvoreni mobilni uslovi koji su neophodni kako bi se rešenje verifikovao. Na ovaj način verifikacija se svela na ispitivanje MAL Background Scan modula, koji je realizovan kao potpuno novi deo programske podrške, i celokupne programske podrške zajedno. Vršeno je ispitivanje funkcionalnosti pozadinske pretrage kanala i istovremene reprodukcije servisa. Treba napomenuti da je rešenje stresirano, generisanjem TV signala na 10 frekvencija (Tabela 3), modulisanih sa različitim DTV standardom (4 DVB-T2 i 6 DVB-T), i sa različitim transportnim tokovima za specifičnu zemlju. Takođe, verifikovana je ispravnost funkcija povratnog poziva dobijanjem informacija tokom pozadinske pretrage kanala.

Frekvencija [MHz]	Standard	Zemlja (Broj različitih transportnih tokova)
474	DVB-T	Italija (12)
482	DVB-T	Rusija (11)
498	DVB-T2	Srbija (10)
522	DVB-T	Francuska (5)
546	DVB-T2	Srbija (12)
554	DVB-T2	Italija (12)
578	DVB-T2	Nemačka (5)
650	DVB-T	Francuska (4)
690	DVB-T	Španija (7)
738	DVB-T	Nemačka (2)

Tabela 3 Pregled testnih frekvencija

6. Zaključak

U ovom radu je realizovan mehanizam za napredno rukovanje listom kanala na mobilnim, više-antenskim, DTV prijemnicima zasnovanim na Linux operativnom sistemu. Prikazane su veze između najbitnijih slojeva programske podrške koji učestvuju u pozadinskom pretraživanju kanala.

Prilikom realizacije rešenja poštovani su koncepti uspostavljeni prilikom modelovanja srednjeg sloja. Ovo se odnosi kako na proširenja postojećih modula tako i na realizaciju novih. Rešenje je ispitivano na ciljnoj platformi sa više zemaljskih birača kanala, korišćenjem konzolnih aplikacija. Nakon što je izvršeno ispitivanje i verifikacija rešenja, potvrđen je ispravan rad svih modula i funkcionalnosti koje oni realizuju.

S obzirom da se sama programska podrška za DTV prijemnike sastoji od velikog broja slojeva koji učestvuju u proceduri pretraživanja kanala, dalji razvoj bio bi usmeren ka optimizaciji datih modula kako bi se sama procedura pretraživanja ubrzala. Implementirana programska podrška daje osnovu za napredne funkcionalnosti mobilnih TV prijemnika, kao što su prikupljanje DTV podataka, prelazak na alternativni servis i pozadinska pretraga kanala.

7. Literatura

- [1] Vladimir Kovačević, Miroslav Popović: Sistemska programska podrška u realnom vremenu, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih Nauka, 2002
- [2] Vladimir Kovačević: Logičko projektovanje računarskih sistema I –projektovanje digitalnih sistema, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih Nauka, 2001
- [3] ETSI EN 302 307 V1.1.1 ,European Standard (Telecommunications series), Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications
- [4] Walter Fischer: Digital Video and Audio Broadcasting Technology , Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2008
- [5] Y. Tokgoz and B. D. Rao, “The effect of imperfect channel estimation on the performance of maximal ratio combining in the presence of cochannel interference”, IEEE Trans. Vehic. Technol, vol. 55, No.5, pp.1527-1534, September 2006.
- [6] U. Ladebusch and C. Liss, “Terrestrial DVB (DVB-T): A Broadcast Technology for Stationary Portable and Mobile Use,” Proc. of the IEEE, vol. 94, no. 1, pp. 183-193, Jan. 2006.