



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
У НОВОМ САДУ



Марко Ковачевић

**Једно решење декодовања
и приказа DVB Телетекста и
Subtitle-a на пријемнику
дигиталног телевизијског
сигнала заснованом на
Андроид платформи**

МАСТЕР РАД

Нови Сад, 2013.

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

(Податке уноси предметни наставник - ментор)

СТУДИЈСКИ ПРОГРАМ:	Рачунарство и аутоматика
РУКОВОДИЛАЦ СТУДИЈСКОГ ПРОГРАМА:	др Никола Јорговановић

Студент:	Марко Ковачевић	Број индекса:	E2 2/2012
Област:	Рачунарска техника и рачунарске комуникације		
Ментор:	др Никола Теслић		

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

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

НАСЛОВ МАСТЕР РАДА:

Једно решење декодовања и приказа DVБ Телетекста и Subtitle-а на пријемнику дигиталног телевизијског сигнала заснованом на Андроид платформи

ТЕКСТ ЗАДАТКА:

Реализовати програмску подршку за пријем, декодовање и приказ телетекст и Subtitle садржаја дигиталне телевизије на пријемнику дигиталног телевизијског сигнала заснованом на Андроид платформи. Омогућити приказ наведених садржаја у андроид Јава апликацији коришћењем регуларних графичких компоненти андроид оперативног система и омогућити интеракцију корисника са тим садржајем. Исцртавање графичких садржаја реализовати у C/C++ програмском коду ради постизања задовољавајућих перформанси. Комуникацију андроид Јава апликације и програмске подршке TV пријемника реализовати путем Јава сервиса.

Руководилац студијског програма:	Ментор рада:

Примерак за: ○ - Студента; ○ - Ментора



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:	Марко Ковачевић
Ментор, МН:	проф. др Никола Теслић
Наслов рада, НР:	Једно решење декодовања и приказа DVB Телетекста и Subtitle-a на пријемнику дигиталног телевизијског сигнала заснованом на Андроид платформи
Језик публикације, ЈП:	Српски / латиница
Језик извода, ЈИ:	Српски
Земља публиковања, ЗП:	Република Србија
Уже географско подручје, УГП:	Војводина
Година, ГО:	2013
Издавач, ИЗ:	Ауторски репринт
Место и адреса, МА:	Нови Сад; трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, ФО:	7/70/0/0/31/0/0
Научна област, НО:	Електротехника и рачунарство
Научна дисциплина, НД:	Рачунарска техника
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Дигитална телевизија, телетекст, Subtitles, Јава сервис, Андроид, програмска подршка ТВ пријемника
УДК	
Чува се, ЧУ:	У библиотеци Факултета техничких наука, Нови Сад
Важна напомена, ВН:	
Извод, ИЗ:	У овом раду је представљено једно решење декодовања и приказа телетекста и Subtitle-a на пријемнику дигиталног телевизијског сигнала који је заснован на Андроид платформи. За прикупљање и обраду DTV података коришћена је Comedia програмска подршка за телевизијске пријемнике. Решење је реализовано на RK-2010 платформи, произвођача RT-RK.
Датум прихватања теме, ДП:	
Датум одбране, ДО:	
Чланови комисије, КО:	Председник: проф. др Иштван Пап
	Члан: проф. др Јелена Ковачевић
	Члан, ментор: проф. др Никола Теслић
	Потпис ментора



UNIVERSITY OF NOVI SAD ● FACULTY OF TECHNICAL
SCIENCES

21000 NOVI SAD, Trg Dositeja Obradovića 6

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 :	Marko Kovačević
Mentor, MN :	PhD Nikola Teslić
Title, TI :	One solution of decoding and displaying DVB Teletext and Subtitle on Android based DTV platform
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	Serbian
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	Vojvodina
Publication year, PY :	2013
Publisher, PB :	Author's reprint
Publication place, PP :	Novi Sad, Dositeja Obradovica sq. 6
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	7/70/0/0/31/0/0
Scientific field, SF :	Electrical Engineering
Scientific discipline, SD :	Computer Engineering, Engineering of Computer Based Systems
Subject/Key words, S/KW :	Digital television, Teletext, Subtitles, Java service, Android, DTV Middleware
UC	
Holding data, HD :	The Library of Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia
Note, N :	
Abstract, AB :	This paper presents a solution of decoding and displaying DVB Teletext and Subtitles on Android based DTV platform. Comedia DTV middleware is responsible for collecting and processing of the DTV related data. The solution is implemented on the RK-2010 platform.
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	
President:	PhD Ištvan Papp
Member:	PhD Jelena Kovačević
Member, Mentor:	PhD Nikola Teslić
	Menthor's sign

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Teorijske osnove.....	5
2.1 Digitalna televizija.....	5
2.2 Teletekst u digitalnoj televiziji	6
2.3 Subtitle u digitalnoj televiziji	7
2.4 Android platforma	9
3. Koncept rešenja.....	11
3.1 Opis ciljne platforme	11
3.2 Integracija digitalne televizije u android operativni sistem 13	
3.3 DVB Teletekst	17
3.4 DVB Subtitles.....	19
3.5 Prikaz DVB teleteksta i subtitle-a na android platformi..	25
3.6 Interakcija korisnika i teleteksta ili Subtitle-a	28

4.	Programsko rešenje.....	29
4.1	Realizacija dekodovanja i prikaza DVB teleteksta.....	29
4.1.1	TTXT_acquisition modul.....	31
4.1.2	TTXT_build modul	33
4.1.3	TTXT_database modul.....	35
4.1.4	TTXT_display modul.....	35
4.1.5	TDAL_gfx modul.....	35
4.1.6	Iscrtavanje teletekst stranica	36
4.2	Bafer deljene memorije	39
4.3	Realizacija dekodovanja i prikaza DVB Subtitle-a	41
4.3.1	DVB Subtitle dekodeer programski modul.....	43
4.3.2	TDAL_ptsm programski modul.....	45
4.3.3	TDAL_gfx programski modul	46
4.3.4	Teletekst subtitle	48
4.3.5	Automatsko prikazivanje i izbor podrazumevanog subtitle jezika.....	48
5.	Ispitivanje i verifikacija.....	50
5.1	Provera ispravnosti dekodovanja i prikaza teleteksta.....	51
5.2	Provera ispravnosti dekodovanja i prikaza Subtitle-a	53
6.	Zaključak.....	57
7.	Literatura.....	59

SPISAK SLIKA

Slika 2.1 MPEG-2 tok podataka	7
Slika 2.2 Emitovanje subtitle-a.....	8
Slika 2.3 Arhitektura android operativnog sistema	10
Slika 3.1 RK-2010 platforma	12
Slika 3.2 Programska podrška Android baziranog DTV prijemnika	14
Slika 3.3 Comedia programska podrška	16
Slika 3.4 Format teletekst PES paketa.....	18
Slika 3.5 Teletekst descriptor i PID teletekst PES paketa u PMT tabeli.....	19
Slika 3.6 Logička struktura DVB subtitle-a	20
Slika 3.7 Primer subtitle prikaza	21
Slika 3.8 Princip izdvajanja jednog subtitle toka podataka	22
Slika 3.9 Subtitle deskriptor	23

Slika 3.10 Skia grafička biblioteka.....	26
Slika 3.11 Princip iscrtavanja teleteksta ili subtitle-a.....	27
Slika 4.1 Teletekst modul u Comedia programskoj podršci.....	31
Slika 4.2 Dijagram razmene poruka između TTXT i DMX modula	32
Slika 4.3 Primer karakter kodne tabele za teletekst.....	34
Slika 4.4 Primer korišćenja CLUT	36
Slika 4.5 Princip iscrtavanja teletekst stranice	38
Slika 4.6 Princip korišćenja android deljene memorije.....	40
Slika 4.7 Izbor Subtitle jezika	42
Slika 4.8 Subtitle dekodier modul	43
Slika 4.9 Dijagram razmene poruka između Subtitle dekodier modula i TDAL_ptsm modula.....	45
Slika 4.10 Pozicija regiona i Subtitle Bitmapa u okviru stranice ..	47
Slika 4.11 Izbor podrazumevanog subtitle jezika.....	49
Slika 5.1 Teletekst	52
Slika 5.2 Transparentan teletekst.....	53
Slika 5.3 Izbor subtitle jezika	54
Slika 5.4 Subtitle	55
Slika 5.5 Teletekst subtitle	55
Slika 5.6 Subtitle korisnička podešavanja	56

SKRAĆENICE

AIDL	<i>Android Interface Definition Language</i> , Android jezik za definisanje sprege
API	<i>Application programming interface</i> , Aplikativna programska sprega
ASHMEM	<i>Anonymous SHared MEMory subsystem</i> , Android deljena memorija
CHAL	<i>Comedia Hardware Abstraction Layer</i> , Adaptacioni sloj programske podrške
CLUT	<i>Colour Look-Up Table</i> , Tabela boja
DTV	<i>Digital Television</i> , Digitalna televizija
DVB	<i>Digital Video Broadcasting</i>
EPG	<i>Electronic program guide</i> , Elektronski programski vodič

ETSI	<i>European Telecommunications Standard Institute</i> , Evropski institut za telekomunikacione standarde
GUI	<i>Graphical user interface</i> , Grafička korisnička sprega
HbbTV	<i>Hybrid Broadcast Broadband TV</i> , Hibridna emittersko-širokopojasna televizija
JNI	<i>Java Native Interface</i> , Sprega Java programskog jezika i C koda
MAL	<i>Middleware Abstraction Layer</i> , prilagodni sloj programske podrške televizijskog prijemnika ka klijentskim aplikacijama
MHEG	<i>Multimedia and Hypermedia Expert Group</i> , standard za prezentaciju multimedijalnih informacija
OSD	<i>On-screen display</i>
PAT	<i>Program Association Table</i>
PCR	<i>Program Clock Reference</i>
PES	<i>Packetized Elementary Stream</i> , Paket programskog toka
PID	<i>Packet Identifier</i> , Identifikator paketa
PMT	<i>Program Map Table</i>
PTS	<i>Presentation Time Stamp</i>
PVR	<i>Personal video recorder</i> , Lični video snimač
STB	<i>Set-top box</i> , Digitalni televizijski prijemnik
STC	<i>System Time Clock</i>
TS	<i>Transport stream</i> , Prenosni tok podataka

1. Uvod

U ovom radu je predstavljeno jedno rešenje dekodovanja i prikaza DVB (eng. *Digital Video Broadcasting*) teleteksta i prevoda (eng. *Subtitles*) na prijemniku digitalnog TV (eng. *Television*) signala koji je zasnovan na Android platformi. Za prikupljanje i obradu DTV (eng. *Digital television*) podataka korišćena je Comedia programska podrška za televizijske prijemnike (eng. *Middleware*) napisana u C programskom jeziku. Rešenje je realizovano na RK-2010 platformi, proizvođača RT-RK [1].

Većina današnjih prijemnika digitalnog TV signala je programirana korišćenjem programskih jezika poput C/C++ kako bi se zadovoljili zahtevi za rad u realnom vremenu [2]. Ovim rešenjima nedostaje olakšana prenosivost koda i pojednostavljeno otklanjanje grešaka. U poslednje vreme, platforme za rad u realnom vremenu dobijaju sve više procesorske moći korišćenjem procesora sa više procesorskih jezgara i većom radnom frekvencijom što omogućava korišćenje programskih

jezika kao što je Java. Trenutni DTV uređaji su zasnovani na Linux operativnom sistemu i na njih se može instalirati Android operativni sistem koji nudi veliki izbor aplikacija za preuzimanje i instalaciju. Ključno pitanje koje se postavlja je da li je moguće uključiti DTV u Android operativni sistem?

Jedan korak u rešavanju tog problema koji se odnosi na dekodovanje i prikaz teleteksta i titlova u digitalnoj televiziji predstavljen je u ovom radu. Rešenje prikaza teleteksta i titlova u android grafičkoj ravni predstavljeno je na međunarodnoj IEEE (eng. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) konferenciji potrošačke elektronike, održanoj u septembru 2012. godine u Berlinu [3].

Rezultati su ispitani korišćenjem Android aplikacije koja obezbeđuje GUI (eng. *Graphical user interface*) koji prikazuje sadržaj navedenih DTV servisa i omogućava interakciju korisnika sa tim sadržajem. Android aplikacija putem Java servisa komunicira sa programskom podrškom televizijskog prijemnika. Komunikacija Java servisa i izvornog C koda programske podrške televizijskog prijemnika se odvija putem JNI (eng. *Java Native Interface*) sloja [4].

Ovo programsko rešenje razvijeno je u sklopu Android4TV projekta [5]. Android4TV definiše poseban pristup integraciji digitalne televizije u okruženje Android operativnog sistema. Android4TV proširenja ne utiču na aplikativno okruženje Android platforme, već nude standardizovani model implementacije aplikacija namenjenih televizijskim prijemnicima. Funkcionalnost Android4TV sistema čine:

-
- Funkcionalnosti digitalne televizije (pretraga kanala, liste kanala, elektronski programski vodič, Teletekst informacije, itd.)
 - Istovremeni pristup standardnim Android aplikacijama i televizijskom sadržaju
 - Prikupljanje podataka putem aktivne internet konekcije
 - Podršku za interaktivne sadržaje (HbbTV, MHEG, VOD servisi)
 - Prepoznavanje asinhronih događaja iz drugih Android aplikacija
 - Preuzimanje drugih Android aplikacija sa Android marketa

Android4TV koncept omogućuje razvoj vizuelno bogatih aplikacija u Java programskom jeziku (3D grafika, ugnježdene aplikacije, internet pretraživač, itd.).

Dato rešenje koristi prednosti drugih Android aplikacija koje dolaze sa Android platformom kao što su: e-mail klijenti, različite socijalne mreže, igrice, itd.

Rad je organizovan na sledeći način:

U prvom poglavlju je opisan sadržaj rada.

U drugom poglavlju izloženi su osnovni principi digitalne televizije, način funkcionisanja teleteksta i titlova u digitalnoj televiziji i osnovne informacije o Android platformi.

Treće poglavlje sadrži opis ciljne platforme, princip integracije digitalne televizije u Android operativni sistem, detaljnije informacije o teletekstu i subtitle-u u skladu sa DVB standardima, rešenje iscrtavanja

teleteksta i subtitle-a na android operativnom sistemu i način interakcije korisnika i teleteksta ili subtitle-a.

Četvrto poglavlje sadrži detaljan opis realizovanih programskih modula, odnosno realizovanih funkcija u okviru Comedia programske podrške TV prijemnika kao i viših slojeva programske podrške potrebnih za teletekst i subtitle funkcionalnost na prijemniku digitalnog televizijskog signala koji je zasnovan na Android platformi.

U petom poglavlju opisani su načini ispitivanja i verifikovanja navedenog programskog rešenja.

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

U sedmom poglavlju dat je spisak korišćene literature za izradu rada.

2. Teorijske osnove

U ovom poglavlju dat je pregled osnovnih principa digitalne televizije, način funkcionisanja teleteksta i subtitle-a u digitalnoj televiziji i pregled osnovnih informacija o Android operativnom sistemu kao okruženju korišćenom u rešavanju problema.

2.1 Digitalna televizija

Digitalna televizija predstavlja prenos audio/video zapisa i dodatnih informacija u digitalnom formatu [6]. Pojava i uspostavljanje standarda koji se koriste u digitalnoj televiziji vezuje se za poslednju dekadu prošlog veka. Prva demonstracija digitalnog TV prenosa održana je 1995. godine. Računari i savremene telekomunikacione mreže zasnovani su na digitalnoj tehnologiji. Sa televizijom koja koristi istu tehnologiju ove tri oblasti se mogu kombinovati mnogo jednostavnije. Kao rezultat ovog kombinovanja digitalna televizija podržava nove aplikacije kao što je interaktivna televizija koja omogućava izvršavanje

aplikacija pisanih u Javi, HTML-u (eng. *HyperText Markup Language*), pristup Internetu. Digitalni prenos obezbeđuje bolji kvalitet slike i zvuka koji više ne mogu u prenosu biti ometani interferencijom sa drugim signalima bez obzira na rastojanje na koje se slika i zvuk prenose. Slika i zvuk koje digitalni signal nosi su isti kao i na izvoru emitovanja, sve dok signal ne postane toliko slab da prijem više nije moguć. Digitalna televizija bolje iskorišćava frekvencijski spektar u odnosu na analognu televiziju (oslobađa značajan frekvencijski spektar za druge upotrebe). Jedan frekvencijski kanal u analognoj televiziji može prenositi samo jedan TV servis standardne definicije dok frekvencijski kanal u digitalnoj televiziji može prenositi više TV servisa standardne ili visoke definicije zajedno sa kanalima podataka. Digitalna televizija nudi mogućnost izbora formata slike ili zvuka, omogućava uvođenje novih usluga kao što je izbor jezika za prevod, izbor audio kanala, multimedijalne sadržaje, EPG (eng. *Electronic program guide*), PVR (eng. *Personal video recorder*).

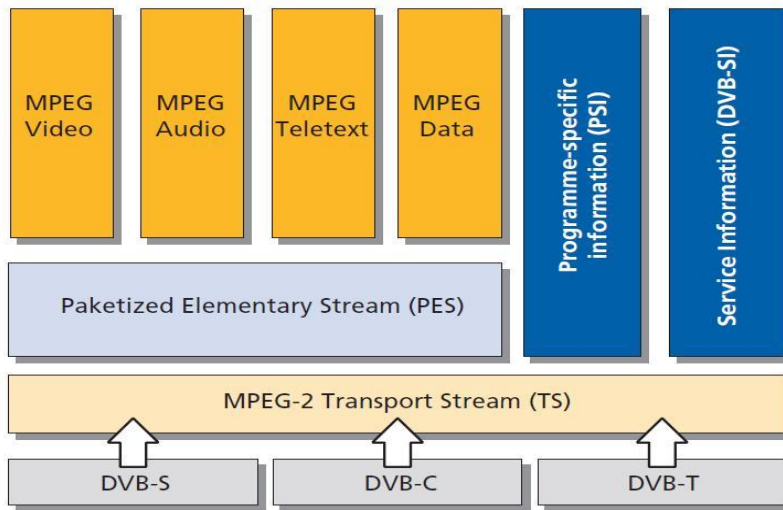
2.2 Teletekst u digitalnoj televiziji

Teletekst je televizijski informacioni servis razvijen u Velikoj Britaniji 1970-tih godina.

Nudi veliki izbor tekst-baziranih informacija, kao što su nacionalne, internacionalne i sportske vesti, vremenska prognoza i TV program. Osvrt na broj pregleda na dan – približno 9.5 miliona gledalaca za ARD i ZDF teletekst strane – ilustruje značajnost ovog servisa.

U analognoj televiziji teletekst je ubačen u VBI (eng. *Vertical blanking interval*). DVB standard koristi MPEG-2 (eng. *Moving Picture Experts Group*) standard koji definiše algoritme za kodovanje i

dekodovanje audio/video podataka. Na slici 2.1 ilustrovana je lokacija teleteksta pored MPEG-2 – video/audio sadržaja i kanala podataka [7].



Slika 2.1 MPEG-2 tok podataka

2.3 Subtitle u digitalnoj televiziji

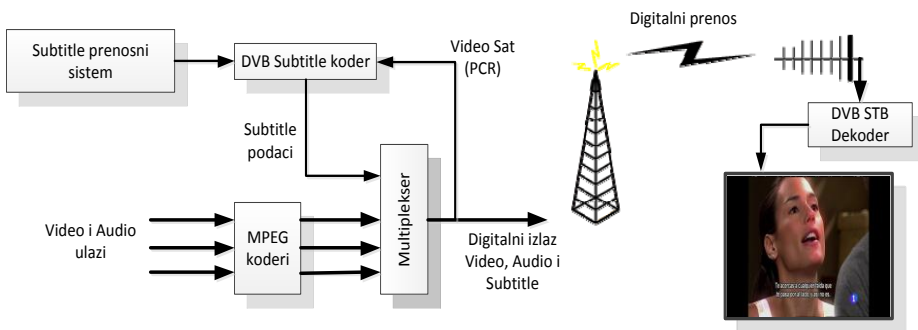
Postoje dva glavna razloga za uvođenje titlova u digitalnu televiziju. Prvi, u svrhu prevođenja jezika kako bi gledalac jednostavnije razumeo TV program. Drugi, kako bi se ljudi sa oštećenim sluhom informisali o zvučnim efektima i izgovorenim rečima. Prevodi se mogu podeliti na prethodno pripremljene i prevode uživo. Prevodi (eng. *Subtitles*) uživo se formiraju u realnom vremenu i koriste za emisije koje se emituju uživo, kao što su vesti ili sportski događaji. Prethodno pripremljeni prevodi se obično koriste u filmovima, serijama, itd.

Digitalna televizija obezbeđuje gledaocima novi prevod servis sa više interaktivnosti nego analogni televizijski sistemi. Gledaoci mogu

korišćenjem daljinskih upravljača prikazivati ili sklanjati prevod ili birati jezik prevoda.

Kako se DVB titlovi emituju?

Titlovi se koduju u DVB prenosni tok podataka (korišćenjem subtitle procesora) i zatim se dobijeni subtitle tok podataka spaja sa drugim video, audio ili servis informacijama i privatnim podacima (korišćenjem DVB multipleksera) kako bi se formirao DVB multipleksirani signal spreman za emitovanje. Na slici 2.2 je prikazano kako DVB subtitle koder šalje transportne pakete programskog toka podataka koji sadrže subtitle do multipleksera na isti način kao što MPEG koder šalje audio i video tokove podataka. Veza između subtitle procesora i multipleksera je dvosmerna pošta subtitle procesor mora da ima informaciju o trenutnom vremenu video sata (PCR - eng. *Program Clock Reference*) generisanog od strane multipleksera kako bi generisao precizne PTS (eng. *Presentation Time Stamp*) za svaki subtitle. Subtitle stiže zajedno sa MPEG-2 prenosnim tokom podataka do STB (eng. *Set-top box*) gde se tokovi podataka demultipleksiraju i dekoduju. Dekodovani prevod (u formi Bitmap-e) se zatim prikazuje na ekranu [6].



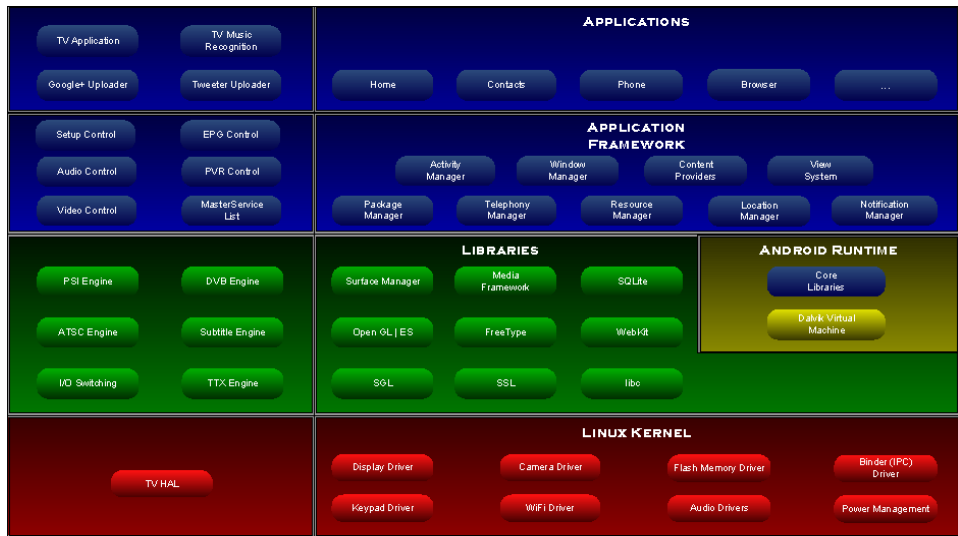
Slika 2.2 Emitovanje subtitle-a

2.4 Android platforma

Android operativni sistem je Linux zasnovan operativni sistem namenjen mobilnim uređajima kao što su pametni telefoni i tablični računari. U današnje vreme mnogi proizvođači mobilnih telefona koriste Android kao platformu. U narednim godinama očekuje se da će se Android nalaziti u milionima mobilnih telefona i drugim mobilnim uređajima, čineći Android glavnom platformom za aplikativne programere [8].

Zašto je Android operativni sistem toliko popularan? Šta ga čini tako posebnim?

Za razliku od ostalih operativnih sistema, kao što je na primer iOS, koji pokreće iPhone i koji je pod potpunom kontrolom kompanije Apple, Android funkcioniše kao operativni sistem otvorenog koda, tako da proizvođači mobilnih uređaja koji se odluče za ovu platformu mogu do izvesne mere da ga prilagode svojim potrebama. On omogućuje da se aplikacije koje su programirane za Android izvršavaju podjednako dobro na svim mobilnim uređajima koji koriste Android platformu, nezavisno od proizvođača. U ovom radu Android operativni sistem predstavlja komponentu programske podrške DTV uređaja. Na slici 2.3 je dat prikaz gradivnih blokova android operativnog sistema zajedno sa proširenjima za DTV funkcionalnost [9].



Slika 2.3 Arhitektura android operativnog sistema

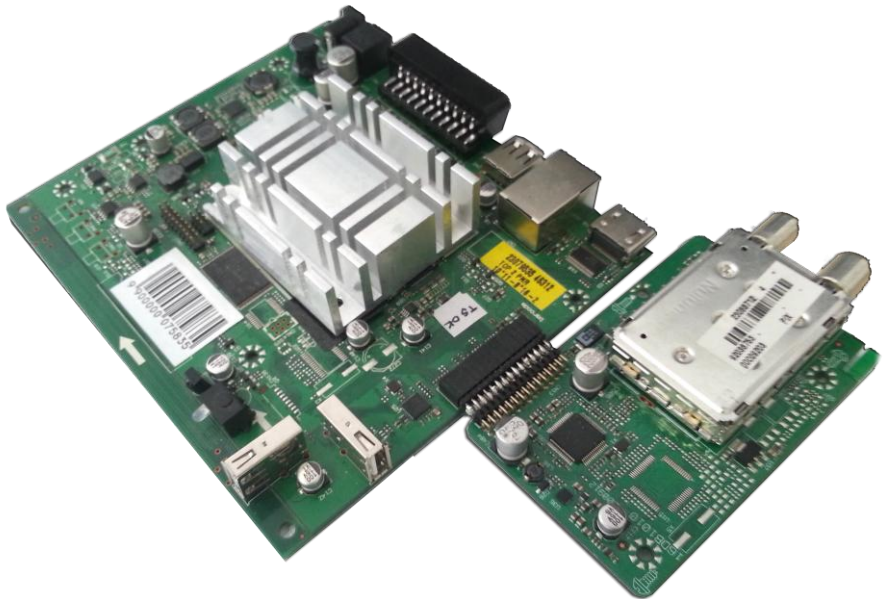
3. Koncept rešenja

U ovom poglavlju opisana je ciljna platforma, princip integracije digitalne televizije u Android operativni sistem, teletekst i subtitle u skladu sa DVB standardima kao i način iscrtavanja teleteksta i subtitle-a na android platformi.

3.1 Opis ciljne platforme

Rešenje prikaza i dekodovanja DVB teleteksta i subtitle-a koje je prikazano u ovom radu realizovano je na RK-2010 DVB-T2 prijemniku digitalnog TV signala. RK-2010 platforma raspolaže sledećim ključnim komponentama: zemaljski birač kanala tipa NuTune FP3114, procesor ARM familije Marvell BG2 88DE3100, 1GB DDR3 operativne memorije, 8GB NAND memorije, 1 HDMI izlaz, 1 SCART izlaz, 1S/PDIF izlaz, 1 Ethernet port i 3 USB priključka [1]. Na platformi je instaliran 4.0.x Ice Cream Sandwich Android operativni sistem. Upravo zbog ovih karakteristika ova platforma je izabrana kao ciljna platforma

jednog prijemnika digitalnog televizijskog signala koji je zasnovan na Android operativnom sistemu. Platforma je prikazana na slici 3.1.



Slika 3.1 RK-2010 platforma

RK-2010 platforma omogućuje dekodovanje MPEG1, MPEG2, MPEG4, DivX, H.264, JPEG, GIF, BMP i PNG video formata. Omogućuje sledeće funkcionalnosti digitalne televizije zasnovane na DVB standardu:

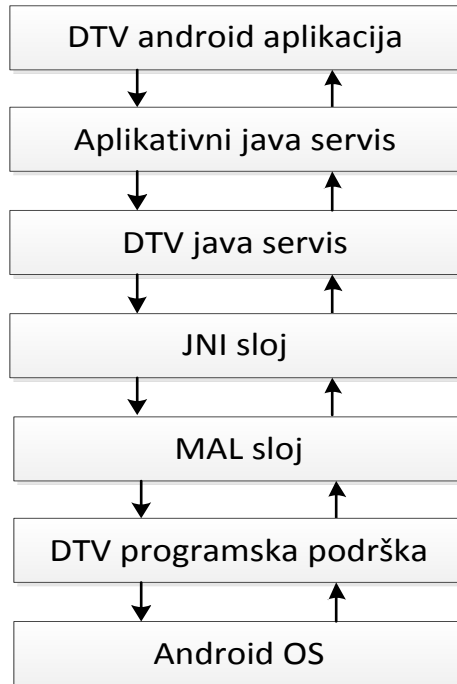
- Instalacija TV servisa, rukovanje TV servisima, rukovanje listama omiljenih servisa, zaključavanje servisa, roditeljska kontrola
- Rukovanje događajima kao što su now-next, elektronski programski vodič za 7 dana unapred u skladu sa EN 300 468 standardom

- Prikaz titlova u skladu sa EN 300 743 standardom (DVB SD i HD prevodi, Teletekst prevodi)
- Prikaz Teleteksta u skladu sa EN 300 706
- Funkcionalnost digitalnog video snimača (odloženo gledanje, vraćanje na živ prikaz, snimanje sadržaja, reprodukcija sadržaja, trik modovi, zakazivanje snimanja putem elektronskog programskog vodiča)
- Podrška za HbbTV (eng. *Hybrid Broadcast Broadband TV*)

Osim funkcionalnosti digitalne televizije platforma omogućuje i funkcionalnosti kao što su DLNA (eng. *Digital Living Network Alliance*), Internet pretraživač, pristup socijalnim mrežama, funkcionalnosti karakteristične za Android operativni sistem kao što su instaliranje i rukovanje android aplikacijama, pristup Google Play servisu, rukovanje sistemskim podešavanjima Android operativnog sistema.

3.2 Integracija digitalne televizije u android operativni sistem

Rešenje integracije digitalne televizije u Android operativni sistem koje je prikazano u ovom radu sastoji se od više slojeva programske podrške prikazanih na slici 3.2.



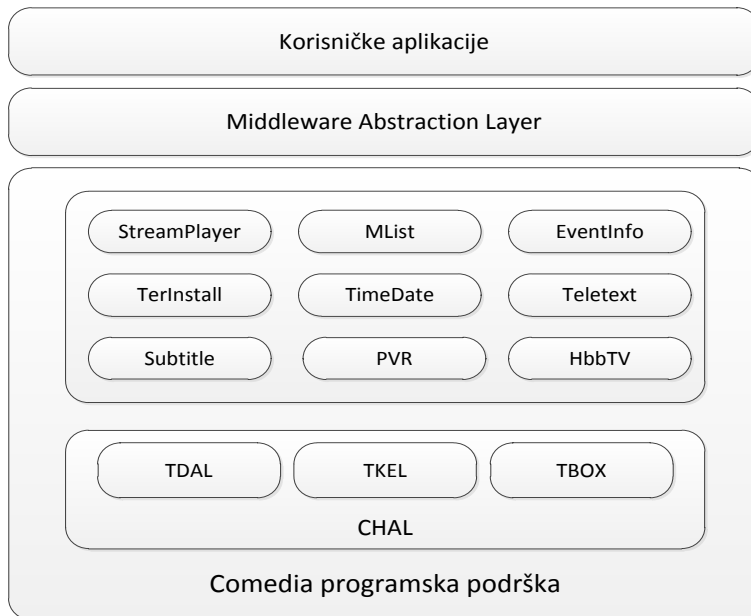
Slika 3.2 Programska podrška Android baziranog DTV prijemnika

Na najvišem nivou programske podrške nalazi se DTV android aplikacija koja je zadužena za prikaz podataka digitalne televizije korišćenjem regularnih komponenti Android operativnog sistema. Aplikacija koristi `VideoView` komponentu za prikaz video sadržaja, `Dialog` komponentu za prikaz prevoda, teleteksta i MHEG (eng. *Multimedia and Hypermedia Expert Group*) sadržaja, `WebView` komponentu za prikaz HbbTV sadržaja, `ListView` i `Gallery` komponente za prikaz elektronskog programskog vodiča, liste dostupnih kanala i liste snimljenih sadržaja. Aplikacija koristi i DTV Java API (eng. *Application programming interface*) za rad sa DTV strukturama podataka kao što su `Service` (informacije o servisu: ime servisa, indeks servisa, tip servisa), `Service List` (Lista TV servisa), `EpgEvent` (podaci o emisijama) itd.

DTV android aplikacija je povezana sa aplikativnim Java servisom. Ovaj servis objedinjuje funkcionalnost digitalne televizije i funkcionalnost karakterističnu za android operativni sistem. On sa jedne strane omogućuje rukovanje instaliranim android aplikacijama, Widgetima i sistemskim podešavanjima, a sa druge strane putem veze sa DTV Java servisom omogućuje DTV funkcionalnost. Aplikativni Java servis je izložen Android Java aplikaciji kroz Binder (mehanizam za komunikaciju između procesa specifičan za Android) kao što je uobičajeno u Android OS [10].

Radi ostvarivanja DTV funkcionalnosti Aplikativni Java servis komunicira sa DTV Java servisom koji omogućava slanje naredbi i dobavljanje podataka od programske podrške televizijskog prijemnika. DTV Java servis i C/C++ kod programske podrške televizijskog prijemnika povezani su putem JNI sprege koja vrši pretvaranje C/C++ struktura u Java objekte i obrnuto. JNI programski kod putem MAL sloja (eng. *Middleware Abstraction Layer*) naleže na programsku podršku DTV prijemnika. Programska podrška DTV prijemnika je zadužena za prikupljanje i obradu DTV podataka. Ona obezbeđuje odgovarajuću programsku spregu koja apstrakuje funkcionalnost DTV uređaja, fizičke arhitekture, kao i funkcija operativnog sistema, čime je omogućeno da proizvođači aplikativne programske podrške ne moraju poznavati specifičnosti fizičke arhitekture i operativnog sistema DTV prijemnika. Aplikativni programeri koji razvijaju Linux klijentsku aplikaciju koriste direktno MAL API (C kod), dok aplikativni programeri koji razvijaju Android aplikaciju koriste DTV Java servis API ne vodeći računa o fizičkoj arhitekturi i operativnom sistemu za koji se razvija programska podrška.

U ovom radu je korišćena Comedia programska podrška za TV prijemnike (Slika 3.3) proizvođača Iwedia [11].



Slika 3.3 Comedia programska podrška

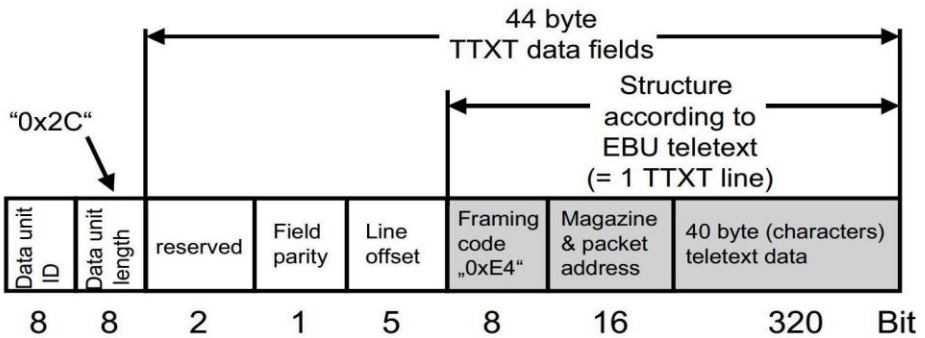
Jezgro Comedia programske podrške predstavljaju moduli za upravljanje listama TV servisa, upravljanje audio/video prikazom, pristup informacijama o emisijama, podrška za prikaz subtitle-a i teleteksta, podrška za PVR funkcionalnost, modul za prikaz HbbTV sadržaja.

Najniži nivo apstrakcije (CHAL – eng. *Comedia Hardware Abstraction Layer*) je sloj koji se nalazi između operativnog sistema i programske podrške TV prijemnika. CHAL sloj zavisi od fizičke arhitekture DTV prijemnika. Da bi se izvršilo prilagođenje programske podrške TV prijemnika nekoj drugoj platformi dovoljno je izvršiti promenu samo ovog sloja. CHAL sloj enkapsulira funkcije koje su

specifične za korišćeni operativni sistem kao što su rukovanje programskim nitima, semaforima, kritičnim sekcijama, sinhronizacija niti itd. CHAL sloj obezbeđuje upravljanje biračem kanala (podešavanje frekvencije, pretraživanje frekvencija, zaključavanje na frekvenciju), obezbeđuje rukovanje demultiplekserom, omogućava reprodukciju slike i zvuka, rukuje usmeravanjem toka podataka od demodulatora do demultipleksera.

3.3 DVB Teletekst

Teletekst podaci u digitalnoj televiziji su kodirani i multipleksirani tako da formiraju teletekst tok podataka, koji se prenosi u MPEG-2 prenosnom toku podataka u PES (eng. *Packetized Elementary Stream*) paketima do STB gde se tokovi podataka demultipleksiraju i dekoduju [6]. U slučaju teleteksta PES paketi sadrže 45 bajtova tako da se cela linija teleteksta može preneti u jednom paketu (Slika 3.4). Jedan bajt predstavlja jedan karakter. Strana teleteksta se sastoji od 24 linije sa po 40 karaktera. Preostalih 5 bajtova su potrebni za teletekst kontrolne informacije, kao što su jezik i set karaktera. Sadržaj teletekst stranice predstavljaju slova (A-Z,a-z), brojevi (0-9), simboli (, . \$). i jednostavni grafički oblici. Tu su i kontrolni kodovi koji omogućavaju izbor boje teksta i grafike i drugih osobina prikaza. Za prenos na transportnom nivou, mnogo veći paketi (od 188 bajtova) se koriste (poznati kao TS paketi). Svaki TS (eng. *Transport stream*) paket sadrži identifikator (PID – eng. *Packet Identifier*) od nekoliko bajtova koji identifikuje specifičnu grupu podataka (npr. Video komponentu programa ili teletekst komponente).



Slika 3.4 Format teletekst PES paketa

PID paketa programskog toka koji sadrže teletekst se nalazi u PMT (eng. *Program Map Table*) tabeli za odgovarajući servis (Slika 3.5). Teletekst deskriptor se nalazi u PMT tabeli i sastoji se od sledećih polja [12]:

- ISO_639_language_code: kod teletekst jezika (3 karaktera)
- Teletext_type: tip teletekst stranice (inicijalna teletekst stranica, subtitle stranica, stranica sa dodatnim informacijama, stranica sa rasporedom emisija, subtitle stranica za ljude sa oštećenim sluhom)
- Teletext_magazine_number: broj teletekst magazina
- Teletext_page_number: broj stranice teleteksta

STD Descriptor			
Descriptor tag	8 bit	0x11	
Descriptor length	8 bit	1	
reserved	7 bit	0x7F	
Leak valid flag	1 bit	1	
Stream type	8 bit	0x06	
reserved	3 bit	7	
Elementary PID	13 bit	0x0082	← TTXT PID
reserved	4 bit	15	
ES info length	12 bit	51	
Teletext Descriptor			
Descriptor tag	8 bit	0x56	
Descriptor length	8 bit	5	
Teletext Loop			
ISO 639 language code	3 char	deu	
Teletext type	5 bit	0x01	
Teletext magazine number	3 bit	1	
Teletext page number	8 bit	0	
Subtitling Descriptor			
Descriptor tag	8 bit	0x59	
Descriptor length	8 bit	8	
Subtitling Loop			
ISO 639 language code	3 char	deu	
Subtitling tone	8 bit	0x01	

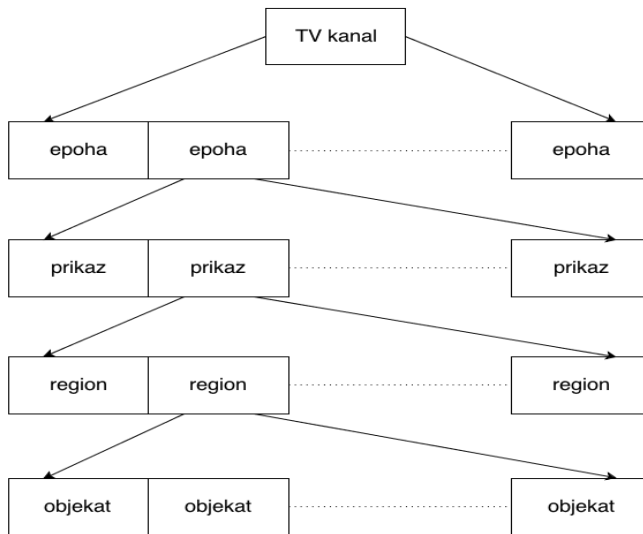
Slika 3.5 Teletekst descriptor i PID teletekst PES paketa u PMT tabeli

3.4 DVB Subtitles

DVB sistem za titlove koristi na regionima-zasnovanu, bit-mapiranu i indeksiranu kolor grafiku (DVB bit-map metod) [13]. Ovaj metod pretvara subtitle tekst u Bitmap grafički objekat i kao takvog ga šalje. Ovo znači da opcije subtitle prikaza kao što su font, boja, razmak između karaktera, pozicija na ekranu i veličina karaktera kontroliše emiter DTV signala. Zahvaljujući grafičkoj reprezentaciji subtitle-a svi jezici i alfabeti mogu biti podržani. Novi simboli (npr. matematički simboli) se lako mogu dodati jer se informacije o skupovima karaktera ne čuvaju u STB. Za definisanje boja grafičkih elemenata koriste se palete boja (CLUT - eng. *Colour Look-Up Table*). Pikseli bitmapa se run-length koduju (efikasno jer dosta uzastopnih piksela ima istu boju) i prenose zajedno sa CLUT tabelama do prijemnika TV signala. Ovakvi sistemi

koriste malo memorije, obezbeđuju veću rezoluciju karaktera i omogućuju brze i specijalne grafičke efekte.

Slika 3.6 prikazuje logičku strukturu DVB prevoda. Svaki TV program se sastoji iz jedne ili više epoha. Subtitle podaci jedne epohe moraju biti u memoriji subtitle dekodera dok se ne signalizira dekodiranje sledeće epohe. Epoha uključuje sekvencu od jednog ili više prikaza. Prikaz može ostati na ekranu nekoliko sekundi. Svaki prikaz se sastoji od regiona sa specifičnom pozicijom na ekranu.



Slika 3.6 Logička struktura DVB subtitle-a

Region je pravougaona oblast ekrana sa horizontalnim i vertikalnim dimenzijama i dubinom piksela. Svaki region je povezan sa CLUT, koja definiše boju i transparentnost svakog piksela. Dubine piksela od 2, 4 i 8 bita su podržane dozvoljavajući da 4, 16, ili 256 različitih piksela bude korišćeno u svakom regionu. CLUT tabela u svakom regionu se koristi za pretvaranje pseudo boja u pravu boju piksela na ekranu. Definiše se tri vrste CLUT tabela (sa 4, 16 i 256 boja) kako bi

se obezbedila fleksibilnost u dizajnu dekodera (ne moraju svi dekoderi podrzavati CLUT sa 256 boja, neki podrzavaju samo CLUT sa 4 boje što je dovoljno za grafiku kao što je prevod). Regioni mogu imati različitu boju pozadine. Svaki region se sastoji od više grafičkih objekata pozicioniranih unutar regiona. Grafički objekti mogu biti bilo šta, npr. prevod, logo kanala, mapa... Nekoliko regiona može istovremeno biti prikazano na ekranu, ali se dva regiona ne mogu nalaziti horizontalno jedan pored drugog [13].

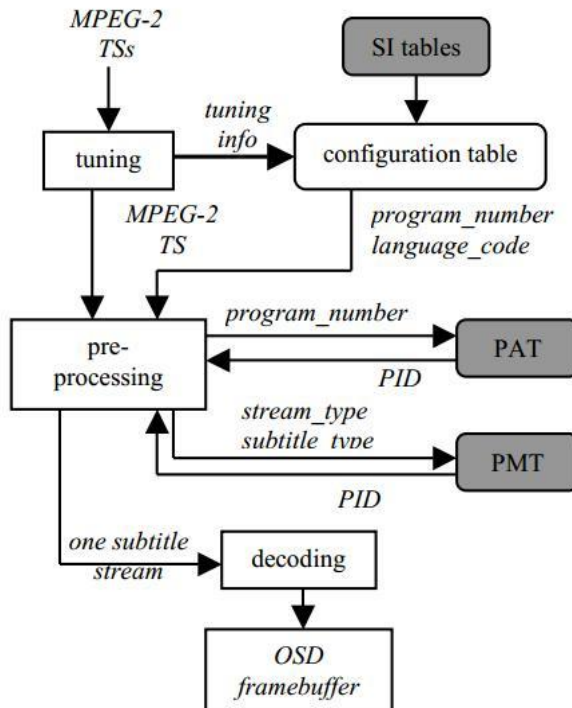


Slika 3.7 Primer subtitle prikaza

Slika 3.7 prikazuje jedan primer subtitle prikaza. Ovaj prikaz se sastoji iz dva regiona (donjeg i gornjeg-desnog). Gornje-desni region sadrži jedan objekat (logo kanala). Donji region se sastoji od dva objekta (dve linije teksta).

Jedan prenosni tok podataka može nositi nekoliko različitih prevod tokova podataka. Različiti prevod tokovi podataka mogu biti prevodi na različitim jezicima za dati kanal. To mogu biti i prevodi za različite TV kanale koji dele zajednički PCR (eng. *Program Clock Reference*).

Različiti prevod tokovi podataka mogu postojati za različite karakteristike prikaza, npr. različiti prevod tokovi podataka mogu biti obezbeđeni za 4:3 i 16:9 prikaze. Na slici 3.8 je prikazana procedura izdvajanja jednog prevod toka podataka.



Slika 3.8 Princip izdvajanja jednog subtitle toka podataka

Kompletna lista svih TV servisa prisutnih u transportnom toku podataka se nalazi u PAT (eng. *Program Association Table*) tabeli. PID PAT table u prenosnom toku podataka je 0x0. Za svaki TV servis PAT tabela sadrži PID TS paketa koji sadrži odgovarajuću PMT tabelu. PMT tabela sadrži PID-ove paketa u kojima se nalaze video, audio sadržaji ili podaci (prevod, teletekst) odgovarajućeg servisa. U PMT tabeli svaki PID koji nosi DVB subtitle podatke mora biti povezan sa najmanje

jednim prevod deskriptorom koji se sastoji iz sledećih polja (Slika 3.9) [12]:

Syntax	Number of bits
subtitling_descriptor() {	
descriptor_tag	8
descriptor_length	8
for (i= 0; i<N; I++) {	
ISO_639_language_code	24
subtitling_type	8
composition_page_id	16
ancillary_page_id	16
}	
}	

Slika 3.9 Subtitle deskriptor

- ISO_639_language_code: kod subtitle jezika koji se sastoji od tri karaktera
- subtitling_type: tip prevoda (teletekst prevod, normalni prevod, prevod za ljude sa oštećenim sluhom) i veličina prikaza prevoda (4:3, 16:9)
- composition_page_id: identifikator composition stranice
- ancillary_page_id: identifikator ancillary stranice

Composition stranica sadrži segmente jedinstvene za jedan prevod tok podataka. Sadrži kompoziciju stranica, kompoziciju regiona, definiciju CLUT tabela, objekte. Ancillary stranica je opcionalna stranica koja se može koristiti da prenosi definiciju CLUT i objekte koji se mogu deliti između više prevod tokova podataka. Na primer, može se koristiti da nosi logo kanala ili objekte zajedničke za dva ili više prevod tokova podataka.

Zaglavlje PES paketa koji sadrže subtitle podatke se sastoji iz sledećih polja: polje stream_id ukazuje na tip elementarnog toka

podataka (ima vrednost 1011 1101 što ukazuje na privatni tok podataka), polje PTS (eng. *Presentation Time Stamp*) ukazuje na vreme prikaza subtitle-a sadržanog u PES paketu na ekranu. Svi podaci za prikaz moraju biti dopremljeni do dekodera na vreme kako bi dekodir izdekodovao sve podatke do vremena na koje ukazuje PTS.

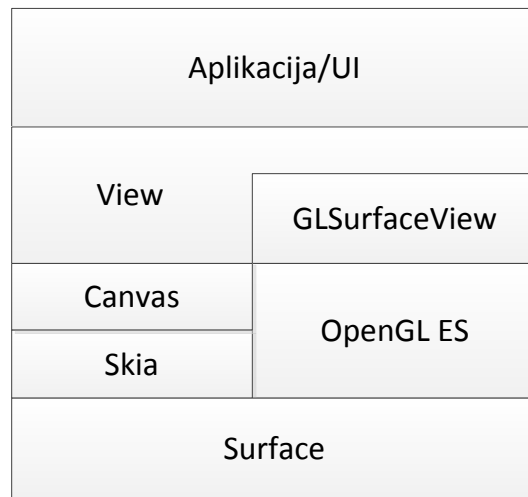
PES paket nosi informacije o različitim segmentima DVB subtitle-a. Razlikuje se sledeći segmenti: kompozicija stranice, kompozicija regiona, definicija CLUT, podaci o objektima [13]. Segment kompozicije stranica sadrži podatke o vremenu kada treba obrisati stranicu sa ekrana, identifikatore regiona iz kojih se stranica sastoji, identifikator minimalnog tipa CLUT tabele (2, 4 ili 8 bita po pikselu) koja mora biti prisutna u dekoderu radi dekodovanja regiona, sadrži i poziciju regiona unutar stranice. Segment kompozicije regiona sadrži identifikator regiona, širinu regiona u pikselima i visinu regiona u pikselima, identifikator CLUT tabele za region, identifikatore objekata koji se nalaze u okviru regiona, tip objekta (bitmap, karakter, niz karaktera), poziciju svakog objekta u okviru regiona. Segment definicije CLUT sadrži vrednosti za Y, Cr, Cb i A za svaku boju tabele. Segment podataka o objektima sadrži identifikator objekta, metod kodovanja objekta (piksel kodovanje ili karakter kodovanje), podblokove piksel podataka ili indeks karaktera u tabeli karaktera na koju ukazuje deskriptor subtitle-a u PMT tabeli. Podblok piksel podataka specificira pseudo-boju svakog piksela (indeks u CLUT tabeli) u okviru regiona. Razlikuju se 2-bit/piksel kod (indeks piksela u CLUT tabeli sa 4 boje), 4-bit/piksel kod (indeks piksela u CLUT tabeli sa 16 boja), 8-bit/piksel kod (indeks piksela u CLUT tabeli sa 256 boja).

3.5 Prikaz DVB teleteksta i subtitle-a na android platformi

Teletekst i subtitle PES paketi se prikupljaju i dekoduju u programskoj podršci televizijskog prijemnika napisanoj u C programskom kodu. DTV programska podrška nakon dekodovanja dobijenih podataka formira odgovarajuće slike u Bitmap formatu. Postavlja se pitanje kako prikazati ove Bitmap-e u android grafičkoj ravni? Najjednostavniji način da se to postigne bio bi slanje odgovarajućih Bitmap-a iz DTV programske podrške (C programski kod) kroz JNI sloj do DTV Java servisa koji će zatim putem Aplikativnog servisa proslediti Bitmap-e Android aplikaciji kako bi se u Javi izvršilo iscrtavanje. Ovaj način iscrtavanja bi bio veoma spor i nepouzdan zbog slanja velikih količina podataka od DTV programske podrške, preko JNI sloja, zatim kroz dva Java servisa do Java aplikacije. Ovaj način se ne može realizovati zbog ograničene propusne moći mehanizma za komunikaciju između procesa u android operativnom sistemu [10]. Bafer za razmenu podataka između procesa ima ograničenu veličinu (1 Mb) i dele ga sve transakcije u progresu za dati proces, a veličine Bitmap-a koje je potrebno preneti kroz Java servise prelaze veličinu od 1 MB. Zbog prethodno navedenog iscrtavanje se mora izvršiti u izvornom C/C++ kodu koji obezbeđuje dovoljnu brzinu izvršavanja programa i zadovoljava visoke zahteve za performansama koje Java programski jezik ne može da ispuni.

Rešenje prikazano u ovom radu sastoji se u konverziji odgovarajućih Bitmap-a u Android podržane formate i crtanju tih Bitmap-a na Canvas odgovarajućeg Android Dialog-a u izvornom C/C++ kodu

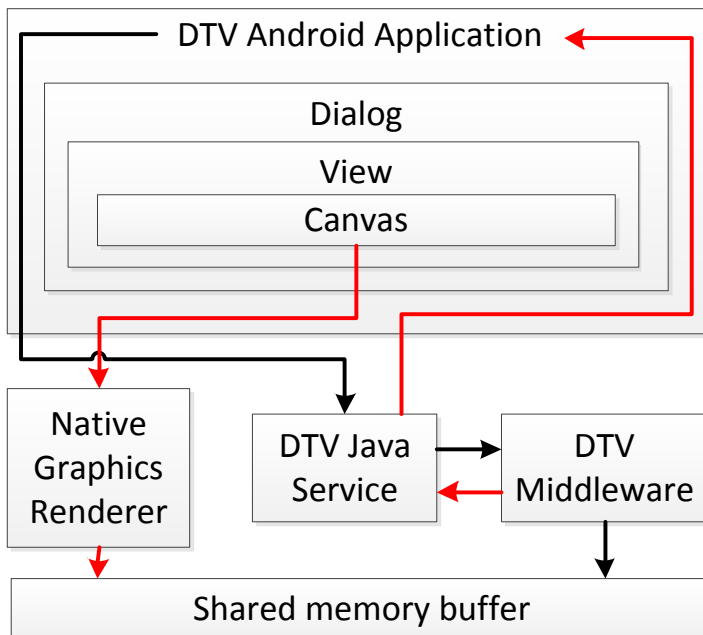
[14]. Canvas je Java klasa koja sadrži sve metode za crtanje. Da bi se nešto nacrtalo u Android OS, potrebne su 4 osnovne komponente: Bitmap-a da drži piksele, Canvas da prihvata pozive crtanja, primitiva za crtanje (pravougaonik, tekst, Bitmap) i Paint (da opiše boje i stilove za crtanje). Grafička biblioteka niskog nivoa implementirana u nativnom kodu (SKIA grafička biblioteka) obezbeđuje set 2D funkcija (drawBitmap(), drawRect(), drawText()) za crtanje koje omogućavaju iscrtavanje grafike na Canvas-u [15] (Slika 3.10).



Slika 3.10 Skia grafička biblioteka

Slika 3.11 prikazuje programske slojeve koji su uključeni u proces iscrtavanja teleteksta i prevoda u DTV Android aplikaciji. DTV Android aplikacija stvara Dialog koji ima svoj View koji sadrži Canvas (Dialog, View i Canvas su bazični gradivni blokovi za korisnički interfejs u Android OS [10]). Canvas objekat stvorenog Android Dialog-a se spušta kroz JNI sloj do Native Graphics Renderer modula. Ovaj programski modul napisan u C++ programskom jeziku predstavlja deo DTV Android

aplikacije koji je zadužen za iscrtavanje teletekst i prevod Bitmap-a. Bitmap se stvara u DTV programskoj podršci i upisuje u Android deljenu memoriju. Kada je Bitmap-a stvorena i upisana u deljenu memoriju, DTV programska podrška prouzrokuje povratnu metodu (eng. *Callback*) u DTV Java Servisu putem JNI sloja. Ova metoda putem Aplikativnog servisa proziva povratnu metodu u DTV Android aplikaciji koja javlja Native Graphics Renderer modulu da iscrtava Bitmap-u na Canvas Android Dialog-a (Bitmap se nalazi u android deljenoj memoriji). Time je iscrtavanje završeno i teletekst ili prevod su prikazani u DTV Android aplikaciji.



Slika 3.11 Princip iscrtavanja teleteksta ili subtitle-a

3.6 Interakcija korisnika i teleteksta ili Subtitle- a

Interakcija korisnika i interaktivnih servisa digitalne televizije se odvija zahvaljujući KeyListener-u (KeyListener je sprega (eng. *Interface*) za prihvatanje događaja sa tastature ili daljinskog upravljača) koji se pridružuje odgovarajućem dijalogu (Teletext ili Subtitle Dialog) [9]. Korisnik putem daljinskog upravljača šalje komande DTV Android aplikaciji koje prihvata KeyListener pridružen dijalogu i inicira poziv odgovarajuće metode Aplikativnog servisa, koji putem DTV Java servisa i JNI sloja proziva odgovarajuću metodu DTV programske podrške koja će izvršiti zahtevanu komandu. U slučaju teleteksta interakcija obuhvata: prikaz teleteksta, izbor jezika teleteksta, promenu stranice teleteksta, menjanje transparentije teleteksta, skaliranje teleteksta, sakrivanje teleteksta. Kod prevoda moguće opcije su: prikaz prevoda, promena jezika, sklanjanje prevoda sa ekrana.

4. Programsko rešenje

U ovom poglavlju dat je detaljan opis realizovanih programskih modula, odnosno realizovanih funkcija u okviru Comedia programske podrške TV prijemnika, kao i viših slojeva programske podrške potrebnih za teletekst i subtitle funkcionalnost.

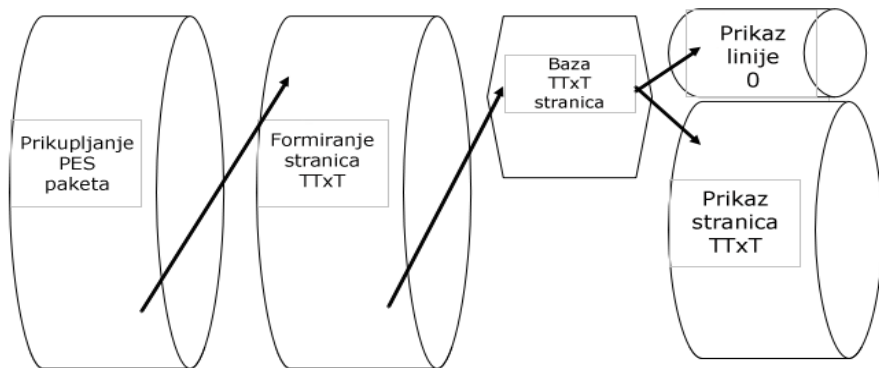
4.1 Realizacija dekodovanja i prikaza DVB teleteksta

Prikupljanje teletekst PES paketa, njihovo dekodovanje i prikaz teletekst stranica inicira korisnik pritiskom odgovarajućeg dugmeta na daljinskom upravljaču. DTV android aplikacija reaguje na korisnikov zahtev i stvara android Dialog određene veličine i pozicije na ekranu na kojem će se iscrtavati teletekst podaci. Po stvaranju dijaloga DTV Android aplikacija poziva metodu Aplikativnog servisa `getTeletextControl().show()`. Komunikacija između DTV android aplikacije i Aplikativnog servisa je moguća zahvaljujući AIDL jeziku

(eng. *Android Interface Definition Language*). On dozvoljava programeru da definiše programsku spregu oko koje se slažu i klijent i servis kako bi komunicirali između sebe korišćenjem mehanizma za komunikaciju između procesa (eng. *Interprocess Communication*). U android operativnom sistemu jedan proces ne može jednostavno pristupiti memoriji drugog procesa. Da bi komunicirali, moraju da razlože svoje objekte do primitivnih tipova podataka koje operativni sistem može da razume i šalje između različitih procesa što obavlja AIDL. Svaki složeni objekat koji je potrebno preneti između procesa mora da podržava protokol rastavljanja složenih podataka na proste tipove podataka i obrnuto (eng. *Parcelable protocol*) kako bi objekat mogao biti rastavljen i prenet između procesa [10]. Aplikativni servis poziva metodu `getTeletextControl().show()` DTV Java servisa koristeći isti mehanizam za komunikaciju između procesa. DTV Java servis putem JNI sloja i MAL sloja (eng. *Middleware Abstraction Layer*) naleže na Comedia programsku podršku. JNI sloj predstavlja deljenu biblioteku (eng. *Shared library*) napisanu u C++ kodu koja se uključuje u Java programski kod DTV Java servisa pozivom sistemske funkcije `System.loadLibrary()`. JNI sloj poziva odgovarajuću funkciju MAL sloja koja će prouzrokovati poziv funkcije `cmSPlayer_TTXXControl()` Comedia programske podrške. U toj funkciji se prolazi kroz listu dostupnih teletekst deskriptora dobijenih parsiranjem PMT tabele kako bi se pronašao deskriptor čiji je `teletext_type` jednak inicijalnoj stranici teleteksta, a jezik jednak jeziku koji je korisnik zadao putem korisničkih podešavanja. Potom se prozivaju funkcije TTXT modula u Comedia programskoj podršci kojima se prosleđuje odabrani teletekst deskriptor i PID PES paketa odabranog teleteksta.

Teletekst modul u Comedia programskoj podršci sastoji se iz četiri dela kao što je prikazano na slici 4.1:

- Prikupljanje PES paketa (ttx_acquisition modul)
- Formiranje stranica teleteksta (ttx_build modul)
- Prikazivanje stranica (ttx_display modul)
- Baza podataka teletekst stranica (ttx_database modul)



Slika 4.1 Teletekst modul u Comedia programskoj podršci

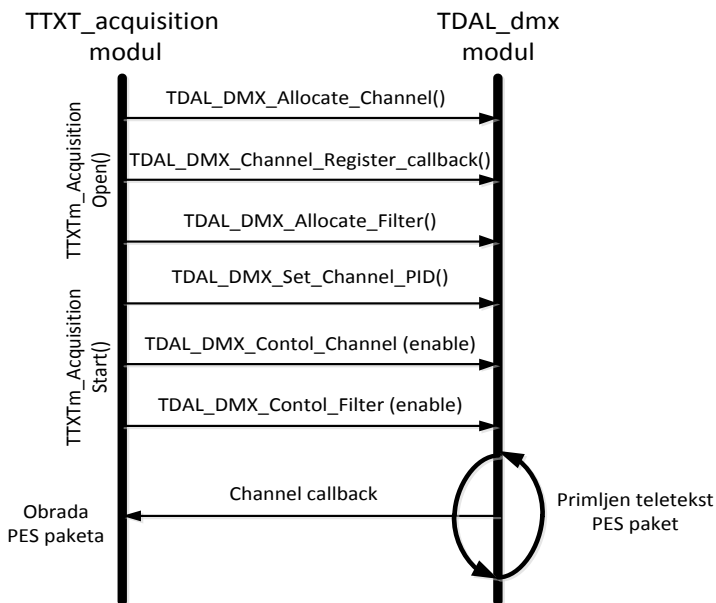
4.1.1 TTXT_acquisition modul

Namena ovog modula je prikupljanje teletekst PES paketa.

Prikupljanje PES paketa započinje funkcijom `TTXTm_AcquisitionOpen()`. U njoj započinje podešavanje filtera na demultiplekseru (razlikuju se dva tipa filtera: za filtriranje signalnih tabela i za filtriranje PES paketa). Podešavanje filtera započinje alociranjem PES kanala za teletekst korišćenjem funkcije `TDAL_DMX_Allocate_Channel()`. Nakon alociranja kanala vrši se registracija funkcije obrade povratnog poziva (eng. *Callback*), kojom će se od demultipleksera slati ka `TTXT_acquisition` modulu isfiltrirani paket. Funkcijom `TDAL_DMX_Allocate_Filter()` zauzimaju se filteri na

teletekst kanalu. Potom se zauzima memorija za kružni bafer u koji će se smeštati primljeni teletekst PES paketi.

Po završetku funkcije `TTXTm_AcquisitionOpen()` poziva se funkcija `TTXTm_AcquisitionStart()` u kojoj se startuje filtriranje teletekst PES paketa. U njoj se podešava PID teletekst PES paketa dobijen iz PMT tabele funkcijom `TDAL_DMX_Set_Channel_PID()`. Nakon toga sledi poziv funkcije `TDAL_DMX_Control_Channel()` kojom se dozvoljava filtriranje na teletekst kanalu. Pokretanje filtriranja se vrši funkcijom `TDAL_DMX_Control_Filter()` nakon čega počinju da pristižu teletekst PES paketi (Slika 4.2). Po prijemu PES paketa demultiplekser poziva funkciju obrade povratnog poziva u `TTXT_acquisition` modulu i prosleđuje joj primljeni PES paket koji se upisuje u prethodno zauzeti kružni bafer. Nakon toga obaveštava se modul za formiranje stranice teleteksta (`ttxt_build` modul) o prijemu PES paketa.



Slika 4.2 Dijagram razmene poruka između TTXT i DMX modula

4.1.2 TTXT_build modul

TTXT_build modul formira teletekst stranicu na osnovu PES paketa koji su upisani u kružni bafer u TTXT_acquisition modulu.

Glavni deo ovog modula je programska nit (TTXTm_BuildPageTask) koja proverava primljene PES pakete i formira teletekst stranice. Nakon dobijanja obaveštenja o prijemu PES paketa od strane TTXT_acquisition modula TTXTm_BuildPageTask započinje dekodovanje paketa i formiranje teletekst stranice.

Svaka teletekst stranica je predstavljena strukturom podataka sa sledećim poljima: broj teletekst magazina, broj teletekst stranice, zaglavlje teletekst stranice, linkovi do drugih teletekst stranica, linije teletekst stranica (24 linije od kojih je svaka predstavljena nizom od po 40 karaktera) i liste dodatnih karaktera. Zaglavlje teletekst stranice se sastoji iz sledećih polja: broj teletekst podstranice (jedna stranica teleteksta može imati više podstranica), kontrolnih bita (označavaju da li se radi o subtitle teletekst stranici, da li treba prikazati sve linije teleteksta, da li je došlo do promene podataka u odnosu na prethodne podatke), oznake seta karaktera koji treba koristiti u zavisnosti od teletekst jezika, podataka koje je potrebno prikazati na nultoj liniji teletekst stranice. Linkovi do drugih teletekst stranica se koriste za formiranje poslednje linije teletekst stranice koja sadrži linkove ka drugim stranicama kojima se pristupa korišćenjem crvenog, zelenog, žutog ili plavog dugmeta na daljinskom upravljaču. Linije teletekst stranica su predstavljene nizovima karaktera koji su kodovani u zavisnosti od teletekst jezika nekom od kodnih tabela koje su

predstavljene u standardu ETS 300 706 [16]. Jedna od karakter kodnih tabela je prikazana na slici 4.3:

Latin G0 Primary Set

				B7 B6 B5						
				010	011	100	101	110	111	
B4	B3	B2	B1	Col	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0		0	@	P	'	p
0	0	0	1	1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	2	"	2	B	R	b	r
0	0	1	1	3	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0	4	¤	4	D	T	d	t
0	1	0	1	5	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	6	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	7	'	7	G	W	g	w
1	0	0	0	8	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	9	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	A	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	B	+	;	K	[	k	{
1	1	0	0	C	,	<	L	\	l	!
1	1	0	1	D	-	=	M	]	m	}
1	1	1	0	E	.	>	N	^	n	~
1	1	1	1	F	/	?	O	_	o	■

Slika 4.3 Primer karakter kodne table za teletekst

Kodovi od 0/0 do 1/F predstavljaju praznine koje označavaju boju alfanumeričkih karaktera ili boju pozadine linije teletekst stranice.

Na osnovu standarda ETS 300 706 vrši se parsiranje PES paketa i popunjavanje odgovarajućih polja strukture koja predstavlja teletekst stranicu. Potom se teletekst stranica upisuje u bazu teletekst stranica, ukoliko nije prisutna u bazi, a ako je već prisutna samo se osvežava sadržaj stranice sa novim podacima. Ukoliko je potrebno stranicu prikazati na ekranu obaveštava se TTXT_display modul.

4.1.3 TTXT_database modul

Ovaj modul predstavlja bazu podataka teletekst stranica. Baza podataka teletekst stranica je predstavljena nizom jednostruko spregnutih lista. Svaki teletekst magazin (8 magazina) ima svoju listu teletekst stranica.

Ključne funkcije ovog modula su: `TTXTm_GetCachedPage()` - dobavlja traženu stranicu iz baze teletekst stranica, `TTXTm_checkCachedPage()` - proverava da li se stranica nalazi u bazi, `TTXTm_ProcessCachingOfPage()` - upisuje teletekst stranicu u bazu stranica, `TTXTm_ReleaseCachedPages()` - briše sve stranice iz baze.

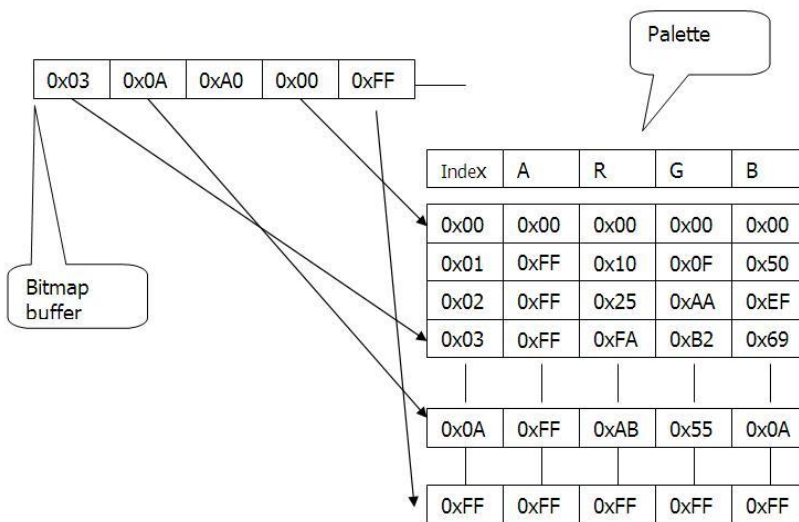
4.1.4 TTXT_display modul

TTXT_display modul je zadužen za prikazivanje teletekst stranica. Centralni deo modula predstavlja programska nit `TTXTm_DisplayTask` koja preuzima stranicu teleteksta iz baze teletekst stranica (u formi nizova znakova) i formira stranicu za OSD (eng. *On-screen display*) koja je u Bitmap formatu. Dobijena Bitmapa se dalje prosleđuje `TDAL_gfx` modulu radi iscrtavanja. Posebna programska nit `TTXTm_DisplayLine0_Task` se koristi za prikaz linje 0 (sadrži broj stranice, broj podstranice, očitavanje stranice i sat) svake teletekst stranice.

4.1.5 TDAL_gfx modul

Kada je potrebno iscrtati pripremljenu stranicu teleteksta koja je u formi Bitmap-e Comedia programska podrška inicira poziv funkcije `TDAL_GFX_BmpDraw()` u `TDAL_gfx` modulu. Parametri ove funkcije su: pozicija na kojoj se Bitmap-a nalazi na regionu za iscrtavanje i pokazivač

na strukturu koja sadrži Bitmap-u za crtanje. Pikseli Bitmape su u formi CLUT_ARGB8888 gde je svaki piksel predstavljen indeksom (jedan bajt po pikselu) koji predstavlja poziciju boje piksela u CLUT (eng. *Colour look-up table*) tabeli. Originalni format teletekst Bitmap-e koji je indeks baziran se konvertuje u TRUE Colour format gde je svaki piksel predstavljen sa četiri komponente R, G, B i Alpha izborom odgovarajuće boje u tabeli boja na osnovu prosleđenog indeksa (Slika 4.4). Novoformirana Bitmap-a se zatim upisuje u bafer deljene memorije alociran iz Ashmem modula (videti poglavlje 4.2), tako da mu DTV Android aplikacija može pristupiti radi iscrtavanja Bitmape.

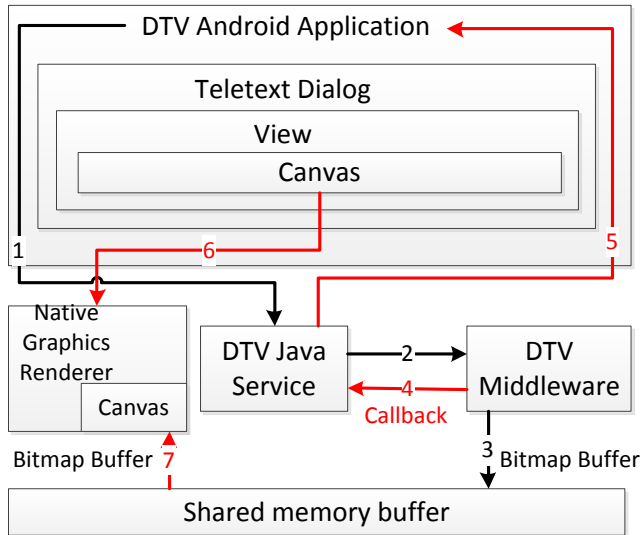


Slika 4.4 Primer korišćenja CLUT

4.1.6 Iscrtavanje teletekst stranica

Nakon upisa piksela Bitmap-e u bafer deljene memorije DTV programska podrška putem MAL sloja obaveštava JNI sloj da je teletekst Bitmap-a pripremljena. Kako bi obavestio DTV Java servis JNI sloj mora

asinhrono prozvati Java metodu DTV servisa. Da bi se to uradilo potrebno je pronaći Java klasu koja sadrži tu metodu, pronaći identifikator te metode, trenutno aktivnu nit zakačiti na Java Virtualnu mašinu (to omogućava sistemska funkcija `AttachCurrentThread()`) i nakon toga pozvati željenu metodu DTV Java servisa (`CallStaticVoidMethod()`). Sve do sada opisano predstavlja izvorni C kod Comedia programske podrške koji se nalazi u okviru DTV Java servisa u formi deljene biblioteke. DTV Java servis će putem Aplikativnog servisa inicirati poziv funkcije DTV Android aplikacije čija je uloga da osveži android Dialog na kome se prikazuje teletekst stranica. DTV android aplikacija šalje Canvas objekat teletekst dijaloga u nativni sloj (u modul `Graphics_renderer` koji predstavlja deljenu biblioteku uključenu u DTV android aplikaciju) kao što je prikazano na slici 4.5. Ovaj JNI sloj će izvršiti crtanje teletekst Bitmap-e iz bafera deljene memorije na Canvas teletekst dijaloga. Ključna funkcija modula `Graphics_renderer` je `GraphicsRendererNative_draw()` U njoj se na osnovu bafera deljene memorije formira objekat `SkBitmap` koji se korišćenjem funkcija SKIA grafičke biblioteke iscrtava na Canvas objekat [15]. Na taj način se iscrtavanje završava i teletekst stranica biva prikazana na ekranu.



Slika 4.5 Princip iscertavanja teleteksta stranice

Kompletna procedura iscertavanja teleteksta u android grafičkoj ravni sastoji se iz sledećih koraka [3]:

- Korisnik inicira prikaz teleteksta u DTVAndroid aplikaciji
- DTV Android aplikacija formira TeletextDialog
- DTV programska podrška kopira piksele Bitmap-e u bafer deljene memorije i obaveštava DTV Android aplikaciju
- DTV Android aplikacija osvežava TeletextDialog (prosleđuje Canvas dijaloga u izvorni C++ kod)
- Izvorni C++ kod formira objekat SkBitmap na osnovu bafera deljene memorije koji se zatim iscertava na Canvas

Interakcija korisnika sa teletekstom se odvija na sledeći način:

U DTV android aplikaciji teletekst Dialog-u je pridružen KeyListener koji prihvata komande sa daljinskog upravljača. Kada korisnik pritisne neki broj na daljinskom upravljaču KeyListener putem Aplikativnog servisa proziva metodu `sendInputControl(key)` DTV Java

servisa koja će putem JNI i MAL sloja inicirati poziv funkcije `cmSPlayer_SelectTeletextPage (key)` DTV programske podrške koja će inicirati poziv funkcije `TTXT_SetKey()` u TTXT modulu. Kada TTXT modul DTV programske podrške prihvati sve tri cifre sa daljinskog upravljača (tri cifre označavaju jednu stranicu teleteksta) obaveštava se `TTXTm_DisplayTask` u `TTXT_display` modulu koji preuzima zahtevanu stranicu teleteksta iz baze teletekst stranica i formira stranicu u Bitmap formatu. Bitmapa se upisuje u deljenu memoriju i prethodno opisani postupak iscrtavanja se ponavlja.

4.2 Bafer deljene memorije

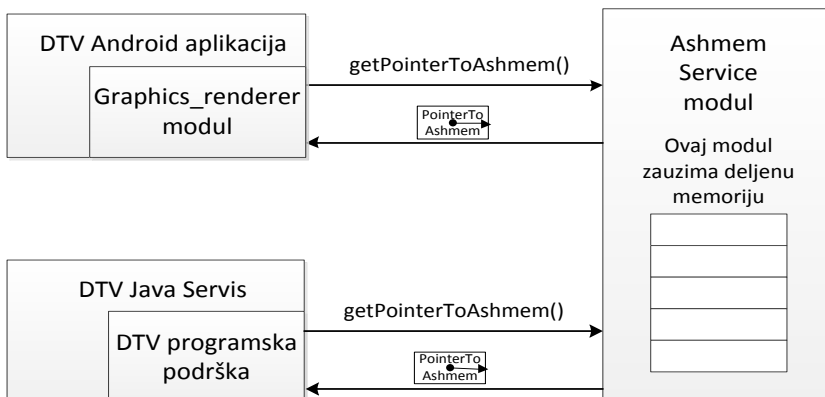
DTV programska podrška koja je deo DTV Java servisa upisuje piksele teletekst Bitmap-e u memoriju odakle ih mora čitati DTV Android aplikacija koja predstavlja sasvim različit proces. Postavlja se pitanje kako ostvariti navedeno deljenje memorije između različitih procesa u Android OS? Kao rešenje navedenog problema u android okruženju nameće se korišćenje Ashmem-a (eng. *Anonymous SHared MEMory subsystem*).

Ashmem je android deljena memorija dodata na Linux kernel. Ashmem podržava brojanje referenci tako da ako mnogo procesa koristi isto područje memorije, područje neće biti uklonjeno sve dok ga svi procesi ne oslobode. Ashmem se zauzima funkcijom `ashmem_create_region()` koja vraća File Descriptor. Ključno pitanje koje se postavlja je kako razmenjivati ovaj File Descriptor između procesa? File Descriptor je namenjen jednom procesu i ne može se jednostavno deliti između procesa. Rešenje je deljenje File Descriptor-a uz pomoć Binder-a pošto Binder ima specijalne funkcije koje podržavaju prenos

File Descriptor-a. Binder je mehanizam za komunikaciju između procesa specifičan za Android OS. Android proces može pozvati rutinu drugog Android procesa, korišćenjem Binder-a koji identifikuje metodu koja će se prozvati i prenosi argumente između procesa [8]. Kao pomoć pri korišćenju Ashmem-a i deljenju File Descriptor-a koristi se klasa MemoryHeapBase. Deljena memorija se zauzima na sledeći način:

```
sp<MemoryHeapBase> mMemHeap = new MemoryHeapBase
(MEMORY_SIZE);
```

Bafer deljene memorije za teletext i prevod Bitmap-e se zauzima u nativnom Android servisu (Ashmem Service modul) napisanom u C++ programskom jeziku. Ovaj nativni servis se pokreće prilikom paljenja platforme. On predstavlja izvršni (eng. *Executable*) servis koji radi u pozadini. Namena mu je da zauzme deljenu memoriju i da izloži funkciju za dobavljanje pokazivača na tu memoriju klijentskim aplikacijama (Slika 4.6). Klijentske aplikacije su DTV programska podrška koja upisuje Bitmapu u deljenu memoriju i DTV android aplikacija, odnosno njen nativni sloj (Graphics_renderer modul), koji čita Bitmapu iz deljene memorije.



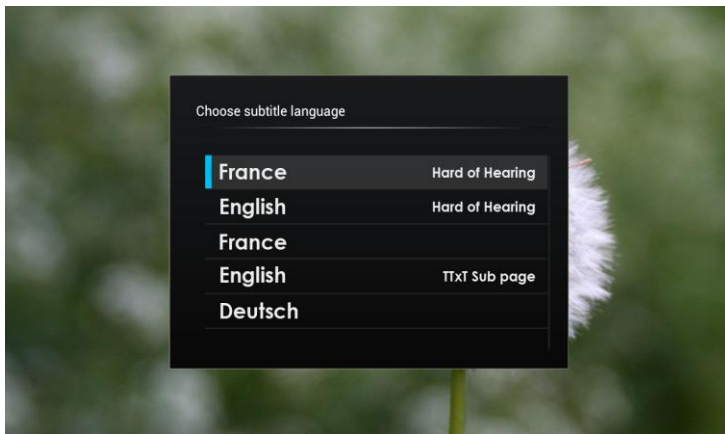
Slika 4.6 Princip korišćenja android deljene memorije

4.3 Realizacija dekodovanja i prikaza DVB

Subtitle-a

Pritiskom na Subtitle dugme na daljinskom upravljaču DTV android aplikacija dobavlja informacije o prisutnim titlovima na trenutnom kanalu. Dobavljanje informacija o titlovima omogućavaju funkcije `getSubtitleTrackCount()` i `getSubtitleTrack(int index)` koje pripadaju programskoj sprezi DTV Java servisa. Ove funkcije putem JNI sloja i MAL sloja naležu na funkciju `cmSPlayer_GetSubtitlesTracks()` DTV programske podrške. U ovoj funkciji se dobavlja lista svih dostupnih titlova za trenutno aktivni TV servis. Svaki element liste predstavlja objekat sa sledećim poljima: tip Subtitle-a (normalni ili za ljude sa oštećenim sluhom), jezik subtitle-a, PID PES paketa koji nosi subtitle podatke, identifikator composition stranice, identifikator ancillary stranice i indeks Subtitle-a u listi svih dostupnih Subtitle-a. Prethodne informacije su dobijene parsiranjem PMT tabele trenutno aktivnog TV servisa i izdvajanjem Subtitle deskriptora. Poziv funkcije `getSubtitleTrack(int index)` inicira dobavljanje odgovarajućeg objekta iz liste Subtitle-ova u DTV programskoj podršci. Kako bi se dobijeni objekat koji predstavlja C strukturu podataka prosledio u Java programski jezik potrebno je u JNI sloju izvršiti prepakivanje date strukture u Java objekat i kao takav ga poslati u DTV Java servis. Kako bi se ovaj složeni objekat preneo do DTV android aplikacije on mora da podržava protokol rastavljanja složenih tipova podataka na primitivne tipove podataka i obrnuto (eng. *Parcelable protocol*) kako bi mogao biti rastavljen i prenet između procesa. U Java realizaciji klase objekta koji se želi preneti između procesa potrebno je uključiti nekoliko dodatnih

metoda, od kojih su najznačajnije `writeToParcel(Parcel dest, int flags)` i `readFromParcel(Parcel in)`. U ovim metodama se sva polja složene klase iščitavaju iz objekta tipa `Parcel`, odnosno zapisuju u objekat tipa `Parcel`, u zavisnosti od toga da li je u pitanju klijentska aplikacija ili servis. Po prijemu informacija DTV android aplikacija formira `ListView` na kojem su prikazani dostupni `Subtitle`-ovi kao što je prikazano na slici 4.7. `ListView` predstavlja grafičku gradivnu komponentu u Android OS koja služi za prikaz horizontalne ili vertikalne liste elemenata sa kojom korisnik može da interaguje.



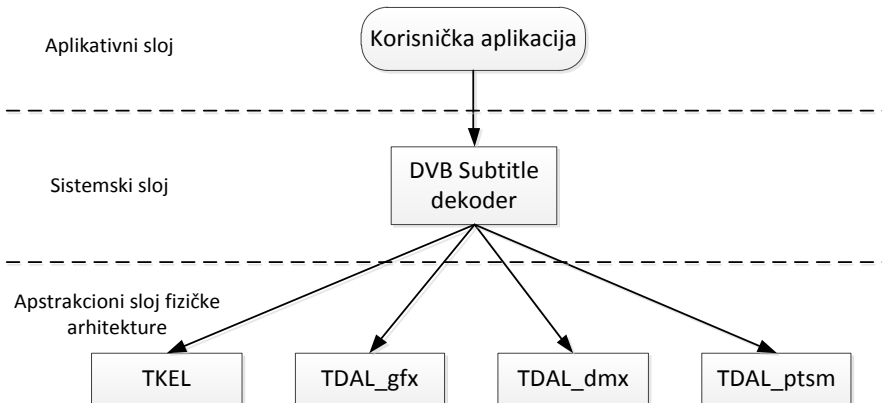
Slika 4.7 Izbor Subtitle jezika

Izborom željene opcije poziva se funkcija `setCurrentSubtitleTrack(int trackIndex)` DTV Java servisa koja će inicirati poziv funkcije `cmSPlayer_SelectSubtitlesTrack(uint16_t trackIndex)` u DTV programskoj podršci. U ovoj funkciji se na osnovu prosleđenog indeksa podaci iz odgovarajućeg subtitle deskriptora i PID PES paketa traženog subtitle-a šalju ka DVB Subtitle dekođer modulu u DTV programskoj podršci.

4.3.1 DVB Subtitle dekođer programski modul

DVB Subtitle dekođer modul Comedia programske podrške se oslanja na sledeće programske module (Slika 4.8):

- TKEL modul: za pozive operativnog sistema (zauzimanje memorije, vremenske kontrole (eng. *Timers*), rad sa redovima, rukovanje programskim nitima)
- TDAL_dmx modul: za prikupljanje Transport Stream paketa
- TDAL_ptsm modul: za rukovanje subtitle sinhronizacijom - PTSM (eng. *Presentation time stamp management*)
- TDAL_gfx modul: za prikaz Subtitle-a



Slika 4.8 Subtitle dekođer modul

Ciljevi DVB Subtitle dekođer modula su:

- Dobavljanje transport paketa zadatog PID-a iz elementarnog DVB programskog toka u skladu sa ETSI EN 300 743 [13]
- Filtriranje podataka u skladu sa zadatim identifikatorima stranica

- Obrada podataka i priprema Subtitle Bitmapa
- Prikaz pripremljenih Bitmapa kada STC (eng. *System Time Clock*) vreme dostigne PTS (eng. *Presentation Time Stamp*) [17]

DVB Subtitle dekodier programski modul obezbeđuje sledeće funkcije: `DS_Init()`, `DS_Start()`, `DS_Stop()`, `DS_Terminate()`.

Funkcija `DS_Init()` obavlja inicijalizaciju DVB subtitle dekodier modula. U njoj se stvaraju neophodne programske niti, stvaraju se vremenske kontrole, zauzimaju se memorijski baferi, vrši se zauzimanje PES kanala za Subtitle na demultiplekseru, registruje se funkcija povratnog poziva kojom se od demultipleksera šalju isfiltrirani Subtitle PES paketi ka Subtitle dekodieru, zauzimaju se filteri na Subtitle kanalu.

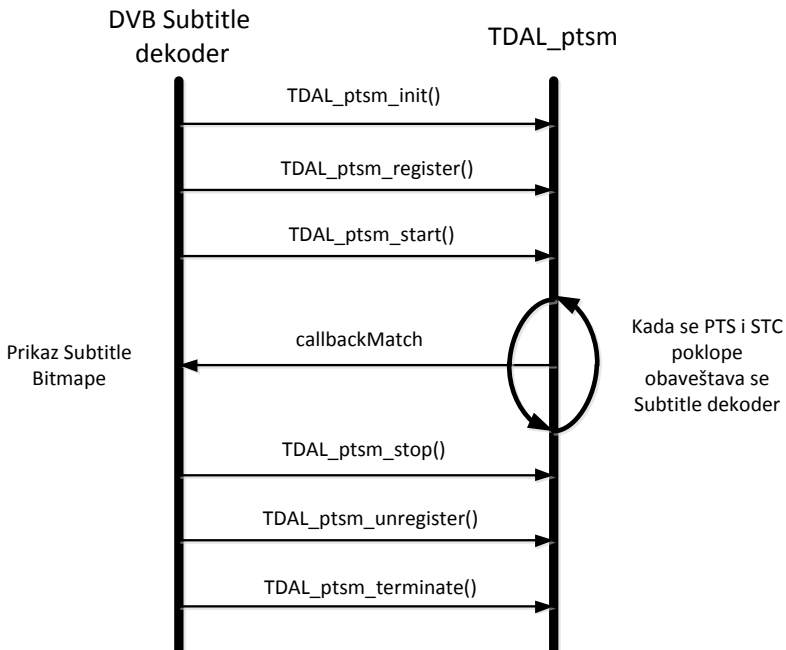
Funkcija `DS_Start()` startuje dekodovanje subtitle-a. Ona podešava PID Subtitle PES paketa na demultiplekseru, i pokreće filtriranje PES paketa na demultiplekseru. Po prijemu PES paketa demultiplekser poziva funkciju povratnog poziva Subtitle dekodier modula i prosleđuje joj primljeni PES. Zatim se u subtitle dekodier modulu vrši dekodovanje PES paketa u skladu sa ETSI EN 300 743 [13]. Sadržaj Subtitle PES paketa i princip dekodovanja su predstavljeni u poglavlju 3.4. Dekodovanjem PES paketa dobijaju se Subtitle Bitmapa koje je potrebno prikazati na ekranu.

Funkcija `DS_Stop()` zaustavlja dekodovanje subtitle-a. U njoj se zaustavlja aktivnost filtera na demultiplekseru, zaustavlja se Subtitle kanal, brišu se zauzeti filteri.

Funkcija `DS_Terminate()` deinicijalizuje DVB Subtitle dekodier modul. Ona oslobađa programske resurse zauzete `DS_Init()` funkcijom.

4.3.2 TDAL_ptsm programski modul

Prikaz Subtitle Bitmapa formiranih u Subtitle dekodier modulu se ne dešava odmah nakon njihovog formiranja jer se mora voditi računa o Subtitle sinhronizaciji. Za to je zadužen TDAL_ptsm modul. Najvažniji deo ovog modula je programska nit TDAL_PTSMi_CheckingTask koja u programskoj petlji poredi PTS (dobijen od strane DVB subtitle dekodier modula parsiranjem zaglavlja Subtitle PES paketa) i trenutnu vrednost STC [17]. Ukoliko je razlika između PTS i STC manja od 50 ms TDAL_PTSMi_CheckingTask obaveštava DVB subtitle dekodier modul da je potrebno prikazati na ekranu formirane Subtitle bitmape koje pripadaju jednoj stranici Subtitle-a (Slika 4.9).



Slika 4.9 Dijagram razmene poruka između Subtitle dekodier modula i TDAL_ptsm modula

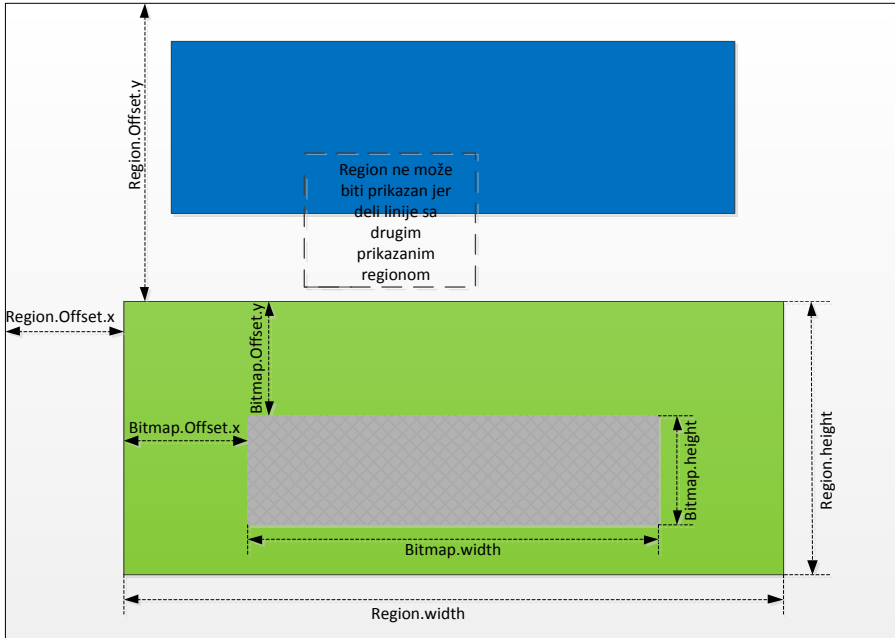
4.3.3 TDAL_gfx programski modul

Nakon dobijanja obaveštenja od TDAL_ptsm modula da je potrebno prikazati Subtitle na ekranu DVB Subtitle dekomer poziva sledeće funkcije TDAL_gfx modula:

- TDAL_GFX_RegionCreate() – stvara region sa odgovarajućim dimenzijama i pozicijom na ekranu
- TDAL_GFX_RegionPaletteSet() –paleta boja (CLUT) se pridružuje regionu
- TDAL_GFX_BmpDraw() – iscrtava se bitmapa na regionu
- TDAL_GFX_RegionShow() – region se prikazuje na ekranu

Pošto jedna subtitle stranica može imati više regiona (objašnjeno u poglavlju 3.4) prethodno navedene funkcije se ponavljaju dok se ne prikažu svi regioni.

U rešenju prikazanom u ovom radu Bitmapa koju je potrebno iscrtati na regionu se upisuje u bafer deljene memorije (videti poglavlje 4.2) na poziciju određenu položajem regiona u okviru stranice i položajem same Bitmapa u okviru regiona. (Slika 4.10).



Slika 4.10 Pozicija regiona i Subtitle Bitmapa u okviru stranice

Pre upisa Subtitle Bitmape u deljenu memoriju potrebno je originalni format subtitle Bitmap-e koji je indeks baziran (CLUT_AYCRCB8888) konvertovati u TRUE color format (TRUE_COLOR_ARGB888) koji podržava Skia grafička biblioteka.

Prvo se svaka boja u CLUT tabeli prevodi u ARGB8888 format. To se postiže na sledeći način:

$$R = Y + 1.402*(Cr-128)$$

$$G = Y - 0.34414*(Cb-128) - 0.71414*(Cr-128)$$

$$B = Y + 1.772*(Cb-128)$$

$$A = A$$

Nakon toga se originalni format Subtitle Bitmap-e gde je svaki piksel predstavljen indeksom boje u CLUT tabeli prevodi u TRUE COLOR format gde je svaki piksel predstavljen sa četiri komponente R,

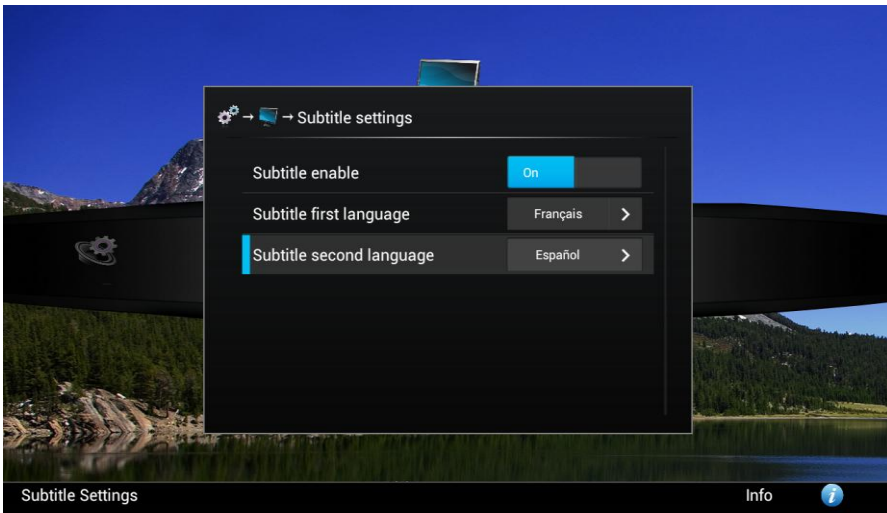
G, B i Alpha. Novoformirana Bitmap-a se zatim može upisati u bafer deljene memorije. Po upisu Bitmape u deljenu memoriju DTV programska podrška obaveštava DTV android aplikaciju koja pristupa iscrtavanju Bitmape iz deljene memorije. Procedura obaveštavanja DTV android aplikacije i iscrtavanja Subtitle Bitmape je ista kao i procedura iscrtavanja Teleteksta i detaljno je objašnjena u poglavlju 4.1.6.

4.3.4 Teletekst subtitle

Subtitle se može prenositi i na teletekst stranici specijalno rezervisanom u te svrhe. Obično su to stranice 777 iil 888. Postoje brojni nedostaci Teletekst subtitle-a u odnosu na bit-map bazirane subtitle-ove: nisu svi DVB prijemnici sposobni za prikaz Teletekst servisa, Teletekst dekoderi sadrže samo podskup internacionalnih skupova karaktera, Teletekst podrška za mnoge Blisko-istočne i Azijske skupove karaktera je siromašna ili ne postoji, prethodno pripremljene subtitle datoteke ne moraju biti dostupne u formatu pogodnom za prenos Teleteksta (npr. Teletekst može prikazati najviše 40 karaktera po redu, dok jedan red subtitle-a može imati preko 40 karaktera).

4.3.5 Automatsko prikazivanje i izbor podrazumevanog subtitle jezika

Osim pritiskom na Subtitle dugme na daljinskom upravljaču korisnik može putem korisničkih podešavanja podesiti automatsko prikazivanje subtitle-a što je prikazano na slici 4.11. Omogućena je i opcija izbora prvog i drugog podrazumevanog jezika za subtitle.



Slika 4.11 Izbor podrazumevanog subtitle jezika

Ukoliko je izabrana opcija automatsko prikazivanje subtitle-a DTV programska podrška će prilikom reprodukcije video i audio sadržaja automatski pokrenuti i dekodovanje i prikazivanje subtitle-a ukoliko postoji. DTV programska podrška prolazi kroz listu dostupnih subtitle jezika (dobijenih parsiranjem Subtitle deskriptora u PMT tabeli) za trenutno aktivni TV servis i traži jezik koji se podudara sa izabranim Prvim podrazumevanim subtitle jezikom. Ukoliko taj jezik nije prisutan u listi dostupnih subtitle jezika traži se subtitle čiji se jezik podudara sa Drugim podrazumevanim subtitle jezikom. Ukoliko ni prvi ni drugi podrazumevani jezik nisu prisutni počinje dekodovanje i prikaz prvog subtitle jezika (ukoliko postoji) u listi dostupnih subtitle jezika za aktivni TV servis.

5. Ispitivanje i verifikacija

Uspešnost dekodovanja i prikaza teleteksta i subtitle-a na android operativnom sistemu ispitana je korišćenjem DTV Android aplikacije, Aplikativnog servisa i DTV Java servisa u koji je ugrađena Comedia programska podrška. Rešenje je ispitano na RK-2010 platformi na kojoj je instaliran Android operativni sistem. Rešenje je ispitano na dve verzije Android OS (4.0.x Ice Cream Sandwich i 2.3.x Gingerbread).

Ispitivanjima je potvrđena ispravnost sledećih programskih modula:

- DTV Android aplikacija (Java kod)
- Aplikativni servis (Java kod)
- DTV Java servis (Java kod)
- Comedia programska podrška (deo programske podrške zadužen za rukovanje teletekstom i subtitle-om) (C kod)
- Modul za spregu DTV Java servisa i Comedia programske podrške (JNI - C++ kod)

- Modul za zauzimanje deljene memorije - Ashmem Service modul (C++ kod)
- Modul za iscrtavanje Bitmap-e na Canvas – Graphics_renderer modul (JNI - C++ kod)

Ispravno funkcionisanje svakog od prethodno navedenih programskih modula je ispitano pojedinačno korišćenjem zasebnih aplikacija. U nastavku su prikazani ispitni slučajevi koji pokazuju ispravno funkcionisanje celokupnog programskog rešenja.

5.1 Provera ispravnosti dekodovanja i prikaza teleteksta

Pritiskom TTXT dugmeta na daljinskom upravljaču u slučaju postojanja teleteksta na trenutnom TV servisu dolazi do prikaza inicijalne stranice teleteksta (Slika 5.1).

Ovim testom se potvrđuje ispravno rukovanje signalnim tabelama (pre svega PAT i PMT tabelama), ispravno funkcionisanje filtera za prikupljanje teletekst PES paketa, ispravnost dekodovanja teletekst stranica, ispravnost formiranja teletekst stranica, ispravnost modula za konverziju teletekst stranica u Bitmap format, ispravnost modula za rukovanje deljenom memorijom, ispravnost modula za iscrtavanje teletekst Bitmap-a i ispravnost sprežnih modula (MAL, JNI, DTV Java Servis, Aplikativni servis) putem kojih DTV android aplikacija šalje komande DTV programskoj podršci i dobija informacije od DTV programske podrške.



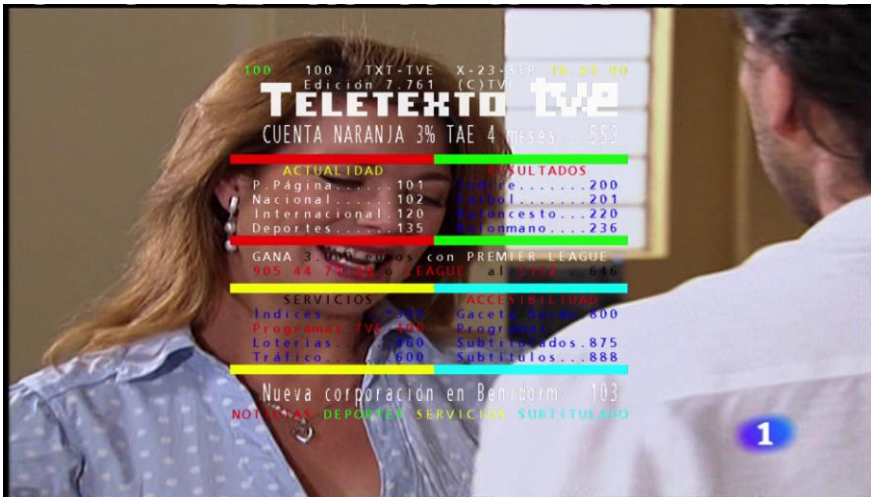
Slika 5.1 Teletekst

Ponovnim pritiskom TTXT dugmeta na daljinskom upravljaču teletekst prelazi u transparentni mod (Slika 5.2). Još jedan pritisak TTXT dugmeta dovodi do sklanjanja teleteksta. Pritiskom nekih od numeričkih dugmića doći će do promene stranice teleteksta. Pritiskom dugmeta u boji (crveno, zeleno, žuto, plavo) na daljinskom upravljaču takođe dolazi do promene stranice što potvrđuje ispravnost formiranja i prikazivanja poslednje linije teleteksta koja sadrži linkove ka drugim teletekst stranicama.

Praćenjem sata u gornjem-desnom uglu i promene broja teletekst stranice u gornjem-levom uglu potvrđuje se ispravno funkcionisanje programske niti za formiranje nulte linije teleteksta. Dužim zadržavanjem na jednoj teletekst stranici koja sadrži više podstranica može se potvrditi da automatska promena podstranice teleteksta ispravno funkcioniše.

Ako je teletekst aktivan duže vreme može se potvrditi ispravnost funkcionisanja modula za skladištenje teletekst stranica. Nakon

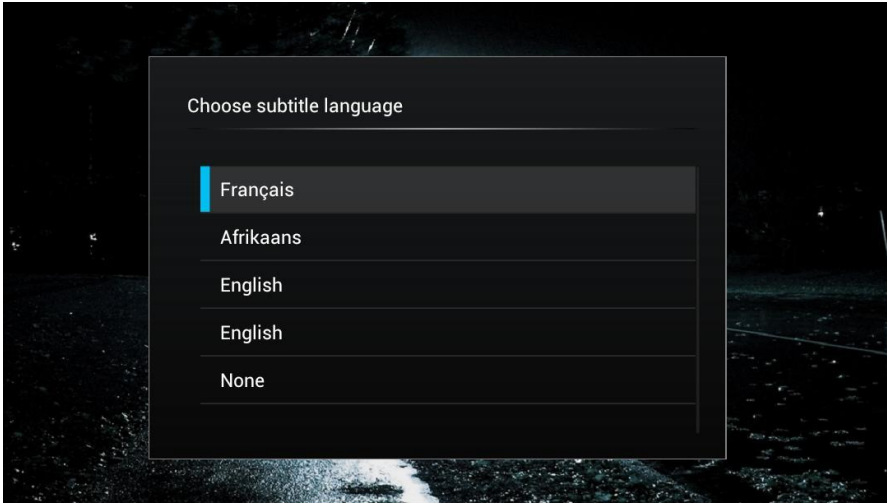
određenog vremena sve teletekst stranice će se skladištiti u bazu teletekst stranica. U tom slučaju odmah po izboru stranice teleteksta dolazi do njenog prikazivanja (nije potrebno čekati na dobavljanje i dekodovanje teletekst PES paketa, stranica teleteksta se čita iz baze teletekst stranica i prikazuje na ekranu).



Slika 5.2 Transparentan teletekst

5.2 Provera ispravnosti dekodovanja i prikaza Subtitle-a

Pritiskom Subtitle dugmeta na daljinskom upravljaču dolazi do prikaza Dialoga koji sadrži spisak svih dostupnih Subtitle-a za dati kanal (Slika 5.3). Ovim testom se dokazuje ispravno parsiranje PMT tabele, pre svega informacija kao što su jezik i tip Subtitle-a koje su sadržane u Subtitle deskriptorima u PMT tabeli. Prikazane informacije se upoređuju sa informacijama dobijenim analiziranjem PMT tabela u Transport Stream analizatoru kako bi se utvrdila njihova ispravnost.



Slika 5.3 Izbor subtitle jezika

Kretanjem kroz listu navedenih subtitle jezika (korišćenjem daljinskog upravljača) potvrđuje se ispravnost modula za interakciju korisnika i DTV android aplikacije. Izborom određenog Subtitle jezika dolazi do prikaza Subtitle-a na ekranu što je prikazano na Slici 5.4. Prikazom Subtitle-a na ekranu pokazuje se ispravno funkcionisanje filtera za prikupljanje Subtitle PES paketa, ispravnost dekodovanja Subtitle-a, ispravnost modula za rukovanje deljenom memorijom, ispravnost modula za iscrtavanje subtitle Bitmap-a, ispravnost sprežnih modula (MAL, JNI, DTV Java Servis, Aplikativni servis) i DTV android aplikacije zadužene za prihvatanje korisničkih komandi i obezbeđivanje grafičkih komponenti za prikaz Subtitle-a (Dialog,View,Canvas).

Upoređivanjem prikazanog prevoda sa onim što govornik govori u tom trenutku ispituje se ispravnost modula za sinhronizaciju Subtitle i audio sadržaja. Osim toga ispituje se i ispravnost realizacije funkcije povratnog poziva koja obaveštava DTV Android aplikaciju o upisu nove Subtitle Bitmape u deljenu memoriju.



Slika 5.4 Subtitle

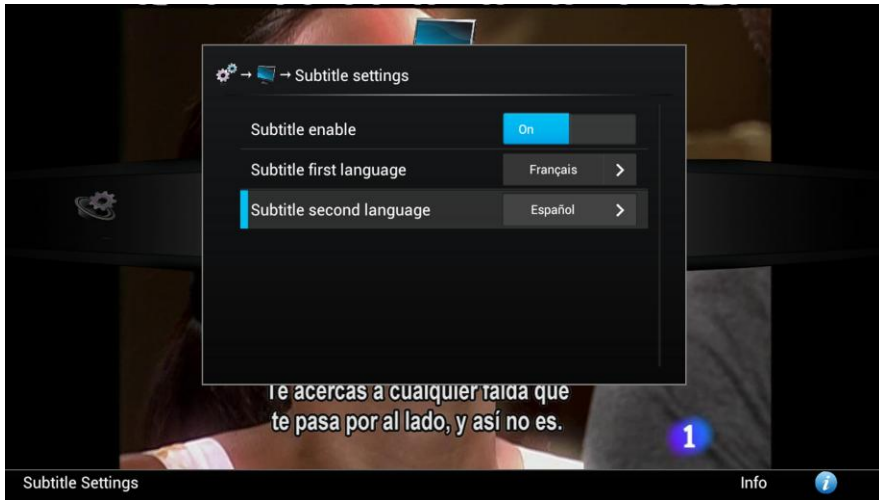
Slika 5.5 pokazuje ispravnost dekodovanja i prikaza Teletekst subtitle-a koji je prisutan na teletekst stranici 777.



Slika 5.5 Teletekst subtitle

Slika 5.6 pokazuje ispravno funkcionisanje subtitle korisničkih podešavanja. Opcija za automatski prikaz subtitle-a je uključena, kao

prvi subtitle jezik izabran je francuski, a kao drugi španski. Analiziranjem PMT tabele aktivnog TV servisa ustanovljeno je da su na tom servisu prisutni titlovi na engleskom i španskom jeziku. Pošto se u listi dostupnih titlova ne nalazi Prvi podrazumevani subtitle jezik, DTV programska podrška prikazuje subtitle na Drugom podrazumevanom jeziku koji je prisutan u listi subtitle jezika aktivnog TV servisa.



Slika 5.6 Subtitle korisnička podešavanja

6. Zaključak

Ovaj rad predstavlja jedno rešenje realizacije DVB Teleteksta i titlova kombinovanjem C/C++ i Java programskog jezika na Android platformi. U radu je dat detaljan opis DVB subtitle i teletekst sistema u digitalnoj televiziji. Predstavljen je princip dekodovanja i prikaza DVB subtitle-a i teleteksta. Ciljni operativni sistem je Android operativni sistem.

Pošto servisi digitalne televizije zahtevaju značajne programske resurse najkritičniji delovi programske podrške su realizovani u formi deljenih biblioteka napisanih u C/C++ kodu. Prikupljanje i obrada teletekst i subtitle tokova podataka realizovani su u C kodu u okviru Comedia programske podrške za televizijske prijemnike. Realizacija iscrtavanja tih podataka je takođe izvršena u izvornom C/C++ kodu korišćenjem grafičke biblioteke niskog nivoa koja rukuje iscrtavanjima u Android grafičkoj ravni (SKIA grafička biblioteka). Java programski jezik služi samo za obezbeđivanje površina za prikaz. Na taj način

performanse nisu degradirane, nije ugrožen odziv u realnom vremenu ispitivanog sistema, izbegnuto je kašnjenje i narušavanje subtitle sinhronizacije. Rešenje je ispitano na RK-2010 platformi, proizvođača RT-RK na kojoj je instaliran Android operativni sistem.

Rešenje iscertavanja subtitle i teletekst podataka je moguće unaprediti korišćenjem OpenGL ES (eng. *Open Graphics Library for Embedded Systems*) aplikativne programske sprege. OpenGL ES podržava 2D i 3D grafiku visoke performanse nasuprot SKIA grafičkoj biblioteci koja podržava samo 2D grafiku. Iscertavanje je potrebno realizovati u C/C++ kodu zbog nemogućnosti slanja velikih Bitmapa u Java kod. Umesto slanja Canvas objekta u C/C++ kod iscertavanje se vrši na GLSurfaceView[18].

Prevođenje izgovorenih reči u tekst (eng. *Speech recognition*) je nova tehnologija koja bi se mogla iskoristiti za stvaranje subtitle-a direktno iz audio sadržaja. Međutim ova tehnologija daje slabe rezultate zbog raznolikosti govornika i prisutnih zvučnih efekata.

7. Literatura

- [1] RT-RK STB Line sajt, <http://stb.rt-rk.com/>, učitano 02.05.2013.
- [2] Vladimir Kovačević, Miroslav Popović: *Sistemska programska podrška u realnom vremenu*, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih Nauka, 2002
- [3] M. Kovačević, B. Kovačević, M. Milanović and T. Maruna, *Visualization of DTV related data on Android Platform*, 2nd IEEE International Conference on Consumer Electronics, Berlin (ICCE-Berlin 2012)
- [4] JNI Oracle sajt, <http://docs.oracle.com/javase/1.5.0/docs/guide/jni/spec/functions.html>, učitano 02.05.2013.
- [5] M. Vidaković, N. Teslić, T. Maruna, and V. Mihić, *Android4TV: a proposition for integration of DTV in Android devices*, IEEE 30th International Conference on Consumer Electronics (ICCE), Las Vegas, January 2012, pp. 441-442.

-
- [6] W. Fischer, *Digital Video and Audio Broadcasting Technology, A Practical Engineering Guide*, Third Edition
- [7] ETS 300 472: *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for conveying ITU-R System B Teletext in DVB bitstreams*
- [8] Reto Meier, *Professional Android 2 Application Development*
- [9] Frank Ableson, Charlie Collins, Robi Sen, *Unlocking Android, A Developer's Guide*
- [10] Sajt <http://developer.android.com/index.html>, učitano 02.05.2013.
- [11] iWedia sajt, www.iwedia.com, učitano 02.05.2013.
- [12] ETSI EN 300 468: *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems; v1.11.1 (2010-04)*.
- [13] ETSI EN 300 743: *Digital Video Broadcasting (DVB); Subtitling systems; v1.3.1 (2006-11)*
- [14] M. Kovačević, B. Kovačević, B. Pavlović, N. Bandić, *Prikaz sadržaja interaktivnih servisa digitalne televizije na uređajima pod Android operativnim sistemom*, 20. Telekomunikacioni forum Telfor 2012, Beograd, Novembar 2012
- [15] Skia - dokumentacija, <http://skia-autogen.googlecode.com/svn/docs/html/index.html>
- [16] ETS 300 706: *Enhanced Teletext specification*
- [17] ISO/IEC 13818-1: *Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems; Second edition 2000-12-01*
- [18] Aaftab Munshi, Dan Ginsburg, Dave Shreiner, *OpenGL ES 2.0 Programming Guide*