



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У
НОВОМ САДУ



Виолета Чикош

Једна реализација ДТВ апликације за мобилне пријемнике ДТВ сигнала

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 :	Виолета Чикош
Ментор, МН :	доц. др Немања Лукић
Наслов рада, НР :	Једна реализација ДТВ апликације за мобилне пријемнике ДТВ сигнала
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)	7/43/0/2/26/0/0
Научна област, НО :	Електротехника и рачунарство
Научна дисциплина, НД :	Рачунарска техника
Предметна одредница/Кључне речи, ПО :	Дигитална телевизија, РПЦ протокол, ДТВ апликација
УДК	
Чува се, ЧУ :	У библиотеци Факултета техничких наука, Нови Сад
Важна напомена, ВН :	
Извод, ИЗ :	У овом раду описана је имплементација ДТВ апликације за мобилне пријемнике ДТВ сигнала која функционише по принципу корисник-послужилац. Апликација се заснива на РПЦ протоколу који пружа могућност повезивања више корисника са једним послужиоцем. Изложена могућност је битна за апликације мобилних ДТВ пријемника јер омогућава приказ података свим корисницима у аутомобилу. Поред основних функционалности ДТВ апликације, у овом решењу је реализована подршка за приказ додатних компоненти као што су ЕПГ, МХЕГ апликација, телетекст, позадинско претраживање сервиса.
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 :	Violeta Čikoš
Mentor, MN :	PhD Nemanja Lukić
Title, TI :	One solution of DTV application for mobile receivers of DTV signal
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)	7/43/0/2/26/0/0
Scientific field, SF :	Electrical Engineering
Scientific discipline, SD :	Computer Engineering, Engineering of Computer Based Systems
Subject/Key words, S/KW :	Digital television, RPC protocol, DTV application
UC	
Holding data, HD :	The Library of Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia
Note, N :	
Abstract, AB :	This paper describes the implementation of DTV client-server applications for mobile DTV receivers. The application is based on the RPC protocol that provides the ability to connect multiple clients with one server. The exposed feature is important for applications of mobile DTV receivers because it enables display data to all users in car. In addition to the basic functionality of DTV applications, this solution was implemented support for additional components such as EPG, MHEG applications, teletext, background scanning procedure.
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 RT-RK Automotive timu za pruženu pomoć prilikom izrade ovog rada.

Zahvalnost dugujem i svojim roditeljima, Dragani i Vladimiru, kao i ostalim članovima porodice i prijateljima na nesebično pruženoj podršci tokom mog školovanja.

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Teorijske osnove	4
2.1 Linux operativni sistem.....	4
2.2 Digitalna televizija	5
2.2.1 Dodatne funkcionalnosti DTV televizije	7
2.3 RPC protokol.....	7
2.3.1 Pregled okruženja programa	9
2.3.1.1 Pojednostavljen nivo programske funkcionalnosti.....	9
2.3.1.2 Standardno okruženje programa.....	9
2.3.1.2.1 Najviši nivo funkcija	9
2.3.1.2.2 Srednji nivo funkcija	9
2.3.1.2.3 Stručni nivo funkcija	10
2.3.1.2.4 Donji nivo funkcija	10
2.3.2 RPCBIND	10
2.3.3 RPC GEN.....	11
2.4 Qt.....	11
3. Koncept rešenja.....	14
3.1 Ciljna platforma.....	14
3.2 Comedia sloj.....	15
3.3 MAL poslužilac.....	16
3.3.1 MAL tuner rpc modul	17
3.3.2 MAL route rpc modul	17
3.3.3 MAL service zapper rpc modul	17

3.3.4	MAL stream component rpc modul.....	17
3.3.5	MAL user settings rpc modul	17
3.3.6	MAL epg rpc modul	17
3.3.7	MAL background scan modul	18
3.4	MAL RPC modul	18
3.5	MAL korisnik.....	18
3.5.1	Osnovne funkcionalnosti	19
3.5.2	Dodatne funkcionalnosti.....	20
4.	Programsko rešenje.....	21
4.1	MAL RPC modul	21
4.1.1	Povratni poziv funkcije.....	22
4.2	MAL server modul.....	22
4.3	MAL korisnički modul.....	23
4.3.1	Qt implementacija.....	24
5.	Ispitivanje i verifikacija	28
6.	Zaključak	32
7.	Literatura.....	33

SPISAK SLIKA

Slika 1. Gledanost televizije predstavljena prosečnim brojem minuta, 2014. godina	1
Slika 2. Prosečan broj putovanja prema radnom statusu, Engleska 2014. godina	2
Slika 3. Primer prikaza televizije u automobilu	2
Slika 4. Standardi digitalne televizije po zemljama sveta	6
Slika 5. Prikaz rezultata upitnika	7
Slika 6. Prikaz mrežne komunikacije uz pomoć RPC	8
Slika 7. Generisanje datoteka pomoću PRCGEN na osnovu unetog Q.x fajla	11
Slika 8. Primer upotrebe Qt u Linux baziranim sistemima	13
Slika 9. Izgled ciljne platforme	15
Slika 10. Arhitektura Comedia srednjeg sloja	15
Slika 11. Prikaz komunikacije MAL poslužilac i MAL sloja DTV prijemnika	16
Slika 12. Komunikacija MAL korisnika i MAL poslužioca preko MAL RPC modula	18
Slika 13. Prikaz glavnog prozora bez i sa prikazanim menijem	19
Slika 14. Primeri MHEG aplikacija	20
Slika 15. Prikaz komunikacije MAL poslužioca i MAL sloja DTV prijemnika	23
Slika 16. Prikaz dobavljanja podataka od strane korisnika	23
Slika 17. Početni izgled aplikacije	24
Slika 18. Izgled menija i servis liste nakon uspešne pretrage kanala	25
Slika 19. Prikaz dodatnih informacija o servisu	25
Slika 20. Prikaz teleteksta i prozora za navigaciju kroz teleteksta	26
Slika 21. Prikaz servisa sa prevodom i prikaz servisa sa CC komponentom	26
Slika 22. Prikaz MHEG aplikacije	27
Slika 23. Opterećenje procesora ciljne platforme	28

Slika 24. Zauzetosti memorije ciljne platforme	29
Slika 25. Zauzetost CPU računara pri korišćenju korisničke aplikacije	29
Slika 26. Zauzetost memorije računara u toku rada korisničke aplikacije.....	30

SPISAK TABELA

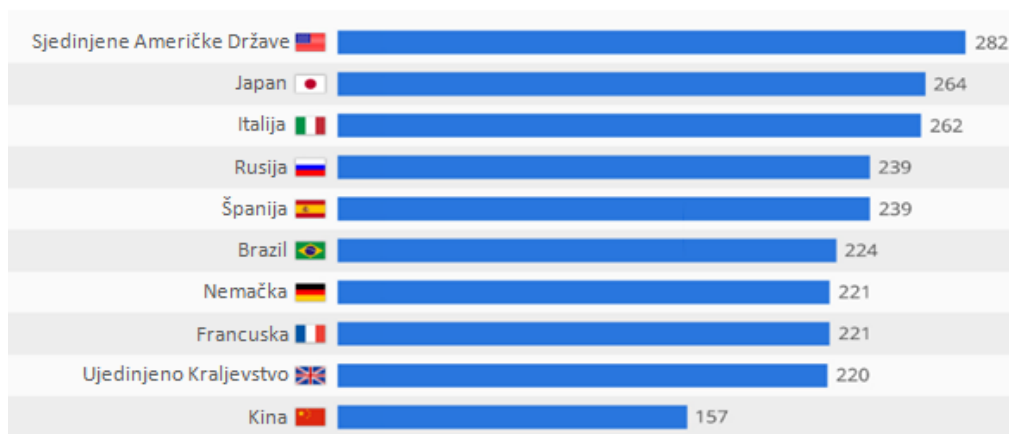
Tabela 1. Ispunjenost zahteva	31
Tabela 2. Ponašanje aplikacije u različitim testnim slučajevima	31

SKRAĆENICE

API	- <i>Application Programming Interface</i> , Programska sprega
CC	- <i>Closed Captions</i> , Skriveni ili pomoćni titlovi
CPU	- <i>Central Processor Unit</i> , Centralni procesor
DTV	- <i>Digital television</i> , Digitalna televizija
DVB	- <i>Digital Video Broadcasting</i> , Digitalno emitovanje televizije
EPG	- <i>Electronic program guide</i> , Elektronski programski vodič
GUIs	- <i>Graphical user interfaces</i> , Grafičke korisničke sprege
HDTV	- <i>High-Definition Television</i> , Televizija visoke rezolucije
HU	- <i>Head Unit</i> , Glavna kontrolna tabla automobila
IDE	- <i>Integrated development environment</i> , Integrirano razvojno okruženje
MOC	- <i>Metaobject Compiler</i> , Prevodilac metaobjekta
POSIX	- <i>Portable Operating System Interface</i> , Prenosivo programsko okruženje operativnog sistema
RAM	- <i>Random Access Memory</i> , Memorija sa slučajnim pristupom
RPC	- <i>Remote Procedure Call</i> , Daljinsko pozivanje procedure
RPCGEN	- <i>Remote Procedure Call Generator</i> , Generator daljinskog pozivanja procedure
RSE	- <i>Rear-Seat Entertainment</i> , Uređaji ugrađeni na sedištima vozača i suvozača u automobilu
SDTV	- <i>Standard-Definition Television</i> , Televizija standardne rezolucije

1. Uvod

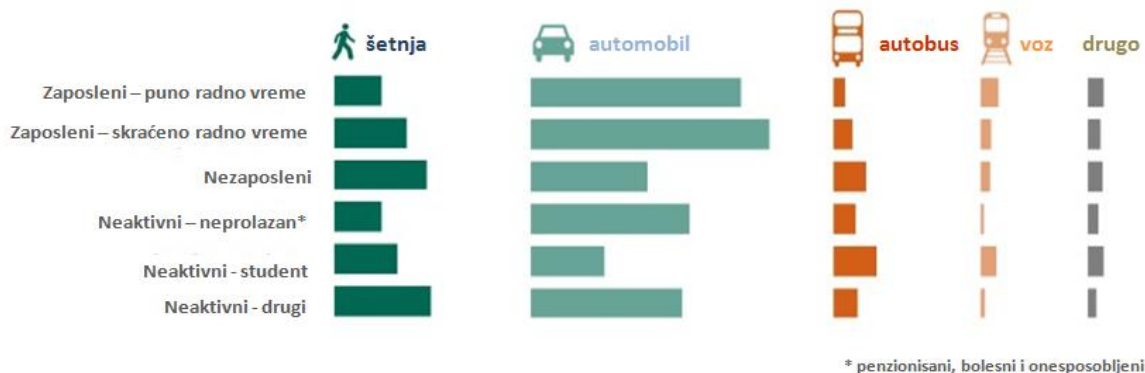
Televizija predstavlja verovatno najisplativiji medijum za informisanje, zabavu i edukaciju javnosti širom sveta. Svojom pojavom donela je mnoge promene u načinu informisanja. Pored toga što je najisplativiji medij za informisanje, televizija predstavlja i najbrži način prenosa informacija o značajnim događajima. Slika 1. prikazuje prosečan broj minuta provedenih u gledanju televizije po danu u 2014. godini.



Slika 1. Gledanost televizije predstavljena prosečnim brojem minuta, 2014. godina

Statistika potvrđuje prethodno izlaganje da televizija igra značajnu ulogu u svakodnevnom životu. Zbog ove uloge postoji stalna težnja za razvojem televizije. Najveća promena nastala je prelaskom sa analogne na digitalnu televiziju (engl. *Digital Television*, DTV). Osim poboljšanja kvaliteta audio i video signala, DTV pruža i dodatne informacije i servise, kao što su teletekst, elektronski programski vodič (engl. *Electronic Program Guide*, EPG) itd. DTV se uklapa sa drugim komunikacionim sistemima, računarskim mrežama i digitalnim medijima omogućavajući emitovanje podataka i multimedijalne interaktivne usluge. DTV predstavlja jedan od ključnih elemenata digitalne revolucije koja vodi ka informacionom društvu [1].

Težnja ka informacionom društvu vodi do mnogo bržeg načina života što dovodi do mnogo češće potrebe za putovanjem. Slika 2. prikazuje prosečan broj putovanja prema radnom statusu izmeren u Engleskoj 2014. godine [2].



Slika 2. Prosečan broj putovanja prema radnom statusu, Engleska 2014. godina

Iz priloženog se vidi da najveći broj putnika koristi automobil kao prevozno sredstvo. Broj utrošenih sati u saobraćajnim gužvama se iz godine u godinu sve više povećava. U 2013. godini broj utrošenih sati u Londonu prelazi 80, dok je u 2012. godini u proseku iznosio 65 sati. U Moskvi se taj broj penje do 127 [3].

Na osnovu izloženih podataka može se doći do zaključka da je dosta dragocenog vremena utrošeno u korišćenju prevoznog sredstva. Sve ovo vodi do potrebe za uvođenjem sistema za zabavu i informisanje u automobile. Kako televizija predstavlja najrasprostranjeniji medij za informisanje javila se ideja za razvojem DTV prijemnika, a samim tim i aplikacije za prikaz DTV signala. Na Slici 3. prikazano je jedno rešenje prikaza televizije u automobilu.



Slika 3. Primer prikaza televizije u automobilu

U ovom radu opisana je implementacija jednog rešenja aplikacije za prikaz DTV signala zasnovane na Linux operativnom sistemu. Protokol daljinskog povezivanja procedure (engl. *Remote Procedure Calls*, RPC) je korišćen za razvoj aplikacije koje funkcioniše po principu korisnik-poslužilac za prikaz DTV sadržaja opisanog u ovom rešenju.

Prednost RPC protokola ogleda se i u mogućnosti razvoja aplikacije koja podržava povezivanje više korisnika sa jednim poslužiocem. Izložena mogućnost je veoma značajna za razvoj DTV aplikacija za mobilne DTV prijemnike koji treba da omogući prikaz podataka svim korisnicima u automobilu. Pomoću uređaja koji su ugrađeni u sedišta vozača i suvozača (engl. *Rear-Seat Entertainment*, RSE) korisnicima na zadnjem sedištu pruža se mogućnost gledanja televizije. Na glavnoj kontrolnoj tabli automobila (engl. *Head Unit*, HU) video signal se isporučuje samo ukoliko automobil nije u pokretu radi bezbednosti. Isporučka audio signala može da se vrši i kad je automobil u pokretu. DTV mobilni prijemnik se zbog izloženih mogućnosti veoma razlikuje od principa jedan TV prijemnik – jedan ekran na kom je zasnovan standardni statički TV prijemnik.

Korisnička strana aplikacije je implementirana u Qt okruženju. Pored osnovnih funkcionalnosti koje aplikacija treba da zadovolji kao što su prikaz signala slike i zvuka, aplikacija pruža mogućnost prikaza višejezičnog prevoda, teleteksta, MHEG aplikacije, dodatne informacije o signalu kao i dodane informacije o servisu koji se emituje.

Rad se sastoji od nekoliko celina. Prvo poglavlje se sastoji od kratkog uvoda u kom su predstavljeni problemi i okolnosti koje su dovele do izrade ovog rada i opisa sadržaja rada. Drugo poglavlje uvodi čitaoca u okruženje u kom je rešenje nastalo i navodi neke teorijske osnove koje će čitaocu olakšati razumevanje daljeg teksta. U ovom poglavlju su objašnjene osnove DTV, Linux operativnog sistema na kom se zasniva ciljna platforma, RPC protokola i Qt okruženja. Treće poglavlje se sastoji od izlaganja arhitekture kompletnog sistema i objašnjenja konceptualnog rešenja aplikacije. U okviru četvrtog poglavlja predstavljena je sama implementacija aplikacije. Peto poglavlje se zasniva na testiranju performansi aplikacije radi utvrđivanja validnosti rešenja ovog rada. Šesto poglavlje sadrži kratak pregled onoga što je u aplikacije urađeno kao i mogućnosti daljeg razvoja rešenja. U sedmom poglavlju se nalazi spisak literature koja je korišćena za izradu ovog rada.

2. Teorijske osnove

U narednom poglavlju biće opisane teorijske osnove koje je potrebno izložiti pre samog predstavljanja implementacije rešenja. Date su informacije o Linux operativnom sistemu na kome se zasniva ciljna platforma, osnove DTV, RPC protokol kao i Qt okruženje u kome je implementirana korisnička strana aplikacije.

2.1 Linux operativni sistem

Linux predstavlja Unix i POSIX (engl. *Portable Operating System Interface*) kompatibilan računarski operativni sistem. Jedan je od najpoznatijih primera slobodne programske podrške i razvoja putem otvorenog koda. Osnovni izvorni kod može da se koristi, modifikuje i distribuira, komercijalno ili nekomercijalno, od strane svakoga u skladu sa odredbama odgovarajućih dozvola kao što je GNU generalna javna licenca. Tipično, Linux je upakovan u formu Linux distribucije koja uključuje Linux jezgro, alatke i biblioteke, od kojih su mnoge obezbeđene od strane GNU projekta, kao i velika količina aplikativne programske podrške koja je potreba da se izvrši namena distribucije.

Linux distribucija podržava desetine programskih jezika. Originalni razvojni alati koji se koriste za izgradnju Linux aplikacija i programa operativnog sistema nalaze se u okviru GNU razvojnog alata. Mnogo programskih jezika ima referentne višepatformske implementacije koje podržavaju Linux. Takođe, postoji i veliki broj integrisanih razvojnih okruženja kao što su: Code::Blocks, CodeLite, Eclipse, Qt Creator itd.

Iako je Linux originalno razvijan kao besplatan operativni sistem za lične računare bazirane na Intel x86 arhitekturi on je prenošen na druge platforme različitih fizičkih arhitektura više nego bilo koji drugi operativni sistem. Zahvaljujući dominaciji Andorid-a i pametnih telefona, Linux predstavlja najrasprostranjeniju instalacionu bazu u odnosu na sve opšte-

namenske operativne sisteme. To uključuje pametne telefone i tablet računare, mrežne rutere, konzole za video igre, televizore, set top box uređaje itd.

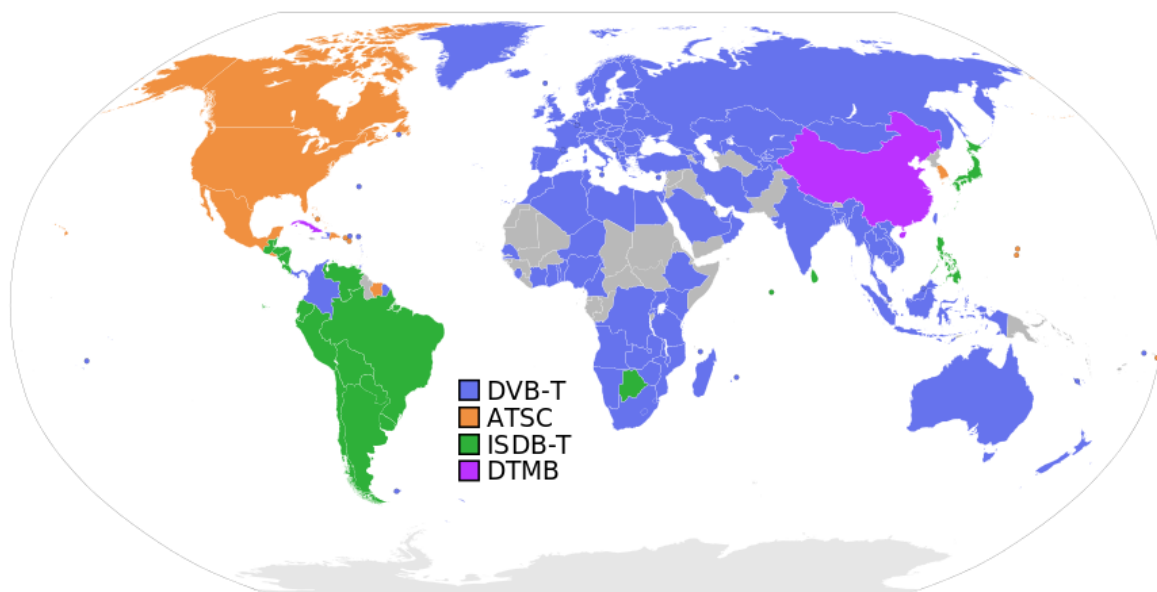
2.2 Digitalna televizija

Velika promena u televiziji, u tehničkom smislu, nastaje uvođenjem digitalne televizije. DTV je zamenila postojeće standarde prenosa televizijskog signala analognim putem i donela je mnogo više televizijskim gledaocima od značajno poboljšanog kvaliteta audio i video signala. Pored osnovne funkcije koja predstavlja prenos video i audio sadržaja, prenose se i dodatne informacije u digitalnom formatu kao što je npr. EPG [4].

Digitalna televizija dozvoljava prenos mnogo više kanala i koristi novu tehnologiju emitovanja za prevod servisa u binarni format. Svaki servis je kompresovan i konvertovan u digitalni tok podataka koristeći MPEG-2 (engl. *Moving Pictures Experts Group*) algoritme za kompresovanje [5]. Ovaj oblik digitalne kompresije pakuje najmanje pet puta više kanala u dat distributivni mrežni opseg. MPEG prenosi samo delove slike koji su se promenili u odnosu na prethodni okvir podataka (engl. *Frame*) umesto da se šalje cela slika čime se smanjuje količina podataka koji se šalju da bi se rekonstruisala originalna slika. Nekoliko digitalnih signala se može preneti istovremeno pošto je prostor koji je potreban za prenos digitalnog servisa mnogo manji nego što je potreban za prenos analognog signala. MPEG-2 omogućava da se video standardne rezolucije, za koji je potrebna brzina prenosa podatka od 270 Mb/s, kompresuje na nivo od 7 Mb/s [6]. Ovo predstavlja prvu značajnu evoluciju u televizijskoj tehnologiji još od pojave televizora u boji 1950ih godina.

Digitalni prenos podataka obezbeđuje isporuku slike i zvuka boljeg kvaliteta koji u prenosu više ne mogu biti ometani interferencijom sa drugim signalima bez obzira na rastojanje na koje se slika i zvuk prenose. Slika i zvuk koju digitalni signal nosi su isti kao i na izvoru emitovanja, sve dok signal ne postane toliko slab da prijem više nije moguć.

Postoji nekoliko različitih digitalnih standarda koji se pojavljuju iz različitih regiona sveta kako prikazuje Slika 4. Standardi koriste MPEG-2 tehnologiju za audio i video kodiranje i multipleksiranje kako bi se omogućio adekvatan protok podataka potrebnih za podršku televizije visoke rezolucije (engl. *High Definition Television*, HDTV) ili televiziju standardne rezolucije (engl. *Standard Definition Television*, SDTV).



Slika 4. Standardi digitalne televizije po zemljama sveta

Najrasprostranjeniji standardi digitalne televizije su:

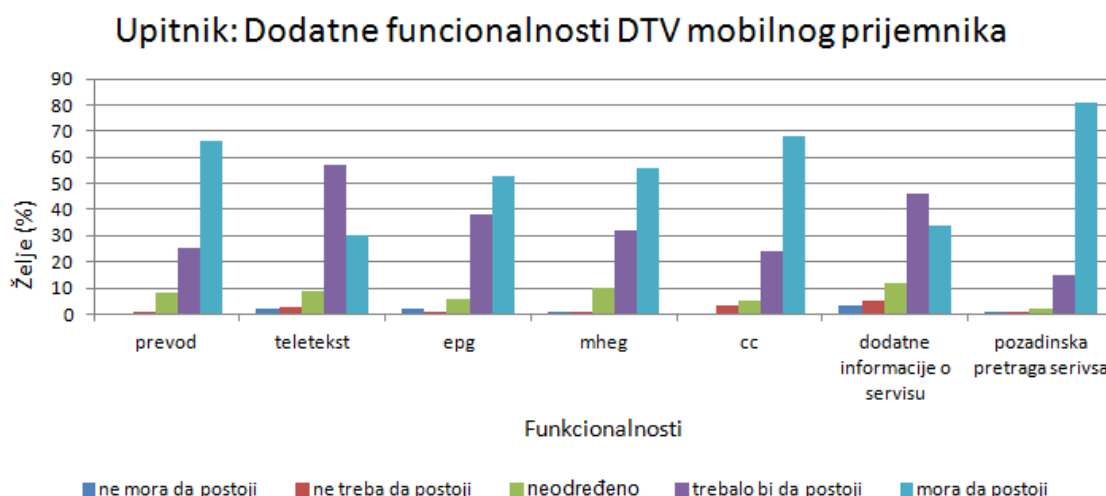
- DVB (engl. *Digital Video Broadcastig*) – Najviše se koristi u Evropi u zemljama koje su nekad koristile PAL i SECAM standarde analogne televizije.

Postoji više tipova DVB standarda:

- DVB-T/T2 (engl. *Terrestrial*) – definiše zemaljski prenos digitalnog televizijskog signala
- DVB-C/C2 (engl. *Cable*) – definiše prenos signala putem kablovske mreže
- DVB-S/S2 (engl. *Satellite*) – definiše satelitski prenos digitalnog televizijskog signala
- DVB-H (engl. *Handheld*) – definiše prenos digitalnog televizijskog signala za mobilne uređaje
- ATSC (engl. *Advanced Television Systems Committee*) – NTSC standard analogne televizije je nasledio upravo ovaj standard koji je zastupljen u SAD, Kanadi, Južnoj Koreji i dr. Koristi se za prenos zemaljskog, kablovskog i satelitskog signala.
- ISDB (engl. *Integrated Services Digital Broadcasting*) – Standard za definisanje digitalnog radio i televizijskog signala u Japanu, Brazilu i drugim zemljama. Ne podržava teletext i prevod dok ima podršku za CC komponentu.
- DTMB (engl. *Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*) – Zastupljen je u Kini, Hongkongu i Makau. Definiše standard za prenos zemaljskog signala ka fiksnim i mobilnim mrežama.

2.2.1 Dodatne funkcionalnosti DTV televizije

Slici 5. prikazani su rezultati ispitivanja 20 korisnika koliko su ostale funkcionalnosti DTV mobilnog prijemnika bitne korisniku pored prikaza audio i video signala.



Slika 5. Prikaz rezultata upitnika

Na osnovu upitnika može se zaključiti da većina ispitanih korisnika ima mišljenje da su predložene dodatne funkcionalnosti značajne komponente DTV mobilnog prijemnika.

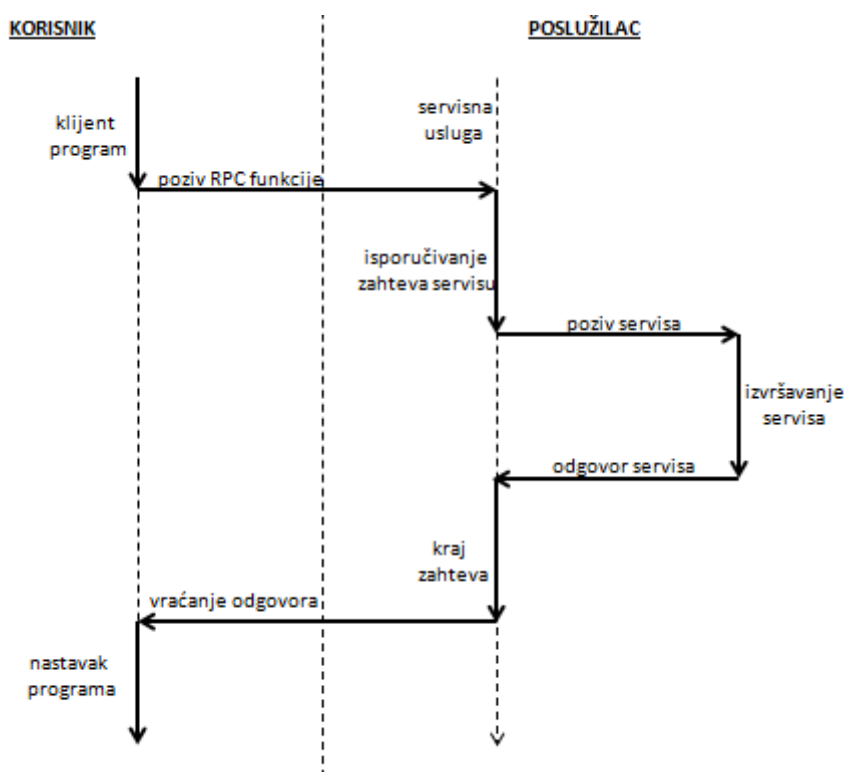
Teletext je sistem povezanih kodiranih stranica koje se prenose televizijskim signalom. Nudi niz tekstualnih informacija koje obično uključuju vesti, vremensku prognozu, TV raspored. MHEG aplikacija je DTV aplikacija koja omogućava interakciju sa korisnikom, posredstvom koje se obezbeđuju funkcionalnosti DTV prijemnika. Skriveni ili pomoćni titlovi (engl. *Closed Captions*, CC) predstavljaju tekst koji gledaocima pruža dodatne informacije ili prevod izgovorenog. Skriveni titlovi su obično naknadni pismeni zapis zvuka televizijskog programa koji ponekad uključuju i neverbalne elemente. Pozadinska pretraga servisa je funkcionalnost koja izdvaja mobilni DTV prijemnik od statičkih standardnih DTV prijemnika obezbeđujući najažurnije podatke u svakom momentu.

2.3 RPC protokol

RPC je tehnika za konstruisanje distribuiranih aplikacija koje funkcionišu po principu korisnik-poslužilac. Zasniva se na proširenju pojma konvencionalne, lokalne procedure poziva tako da pozivne procedure ne moraju biti u istom adresnom prostoru kao procedure koje ih pozivaju. Dva procesa mogu biti na istom sistemu, ali se takođe mogu nalaziti na različitim sistemima koji su povezani putem mreže. Upotrebom RPC, programeri koji razvijaju aplikacije ne moraju biti upućeni u detalje vezane za mrežno okruženje. Transportna nezavisnost RPC izoluje aplikaciju od fizičkih i logičkih elemenata mehanizma prenosa podataka i dozvoljava aplikaciji da koristi različite vrste prenosa podataka.

RPC čini korisnik-poslužilac model aplikacije moćnijim i lakšim za programiranje. U kombinaciji sa generatorom daljinskog pozivanja procedure (engl. *Remote Procedure Call Generator*, RPCGEN) protokol prevodiocem korisnik transparentno pravi udaljene pozive preko procedure lokalnog okruženja.

RPC je analogan poziv funkcija. Kao i pri pozivu funkcija, kad se napravi RPC, pozivajući argumenti se prosleđuju udaljenoj proceduri od koje pozivalac čeka odgovor. Slika 6. prikazuje tok aktivnosti koje se dešavaju tokom RPC poziva između dva mrežna sistema.



Slika 6. Prikaz mrežne komunikacije uz pomoć RPC

Korisnik formira poziv procedure koji šalje zahtev poslužiocu i čeka odgovor. Nit je blokirana u izvršavanju dok ne stigne odgovor ili dok vreme ne istekne. Kada zahtev stigne, poslužilac poziva dispečera koji obavlja traženu uslugu i šalje odgovor korisniku. Nakon što je RPC poziv završen, korisnički program se nastavlja. RPC posebno podržava mrežne aplikacije. Udaljena procedura se jedinstveno identifikuje pomoću: programskog broja, broja verzije i broja procedure. Programski broj predstavlja grupu povezanih udaljenih procedura od kojih svaka verzija ima jedinstven broj procedure. Broj verzije omogućava da više verzija RPC protokola bude istovremeno dostupno. Svaka sadrži broj procedura koje mogu biti pozivane udaljenim pristupom [7].

Za potrebe implementacije rešenja opisanog u ovom radu korišćen je rpcbind alat kao i RPCGEN alat. Opis RPC okruženja i korišćenih alata dat je u narednim poglavljima.

2.3.1 Pregled okruženja programa

RPC sadrži više nivoa okruženja aplikacije za svoje usluge. Ovi nivoi pružaju različite stepene kontrole balansa različitim količinama programskog koda u cilju povećanja kontrole i kompleksnosti.

2.3.1.1 Pojednostavljen nivo programske funkcionalnosti

Sadrži sledeće funkcije:

- `rpc_reg()` – Registruje procedure kao RPC program na svim protokolima navedenog tipa
- `rpc_call()` – Udaljeni poziv navedene procedure na navedenom udaljenom računaru
- `rpc_broadcast()` – Emituje poruku poziva u svim protokolima navedenog tipa

2.3.1.2 Standardno okruženje programa

Podeljeno je na četiri nivoa: najviši, srednji, stručni i donji nivo funkcija. Ovi nivoi pružaju programeru mnogo veću kontrolu nad parametrima komunikacije kao što su korišćeni protokol, koliko dugo se čeka odgovor na greške i ponovno otpremanje podataka.

2.3.1.2.1 Najviši nivo funkcija

U ovom nivou program mora da stvori identifikator korisnika pre pozivanja i da stvori identifikator poslužioca pre primanja poziva.

- `clnt_create()` – Generičko stvaranje korisnika. Funkciji se prosleđuje informacija gde je poslužilac lokalizovan i koji tip protokola se koristi.
- `clnt_create_timed()` – Služi za određivanje koliko je najviše vremena dozvoljeno za svaki protokol tokom pokušaja stvaranja.
- `svc_create()` – Stvara identifikatore poslužilaca za sve protokole određenog tipa. Parametar funkcije predstavlja otpremnu funkciju koja se koristi.
- `clnt_call()` – Korisnik poziva proceduru za slanje zahteva poslužiocu.

2.3.1.2.2 Srednji nivo funkcija

Omogućava kontrolisanje detalja kao što je određivanje protokola.

- `clnt_tp_create()` – Kreira instancu korisnika za određeni protokol.
- `clnt_tp_create_timed()` – Određuje maksimalno dozvoljeno vreme stvaranja protokola.
- `svc_tp_create()` – Stvara identifikator poslužioca za određeni protokol.

2.3.1.2.3 Stručni nivo funkcija

Sadrži veći skup funkcija za određivanje parametara povezanih sa protokolima.

- `clnt_tli_create()` – Stvara identifikator korisnika za određen protokol.
- `svc_tli_create()` – Stvara identifikator poslužioca za određeni protokol.
- `rpcb_set()` – Poziva `rpcbind` radi mapiranja RPC servisa i mrežnih adresa.
- `rpcb_unset()` – Uklanja mapiranje koje postavljeno pomoću `rpcb_set()` funkcije
- `rpcb_getaddr()` – Poziva `rpcbind` radi dobavljanja adrese protokola određenog RPC servisa.
- `svc_reg()` – Povezuje određeni program i broj verzije sa određenom otpremnom procedurom.
- `scv_unreg()` – Uklanja vezu postavljenu pomoću `set_reg()` funkcije.

2.3.1.2.4 Donji nivo funkcija

Sadrži funkcije koje se koriste za potpunu kontrolu opcija protokola.

- `clnt_dg_create()` – Stvara instancu RPC korisnika za određeni udaljeni program koristeći protokol bez direktnog povezivanja.
- `scv_dg_create()` – Stvara instancu RPC poslužioca koristeći protokol bez direktnog povezivanja.
- `scv_vc_create()` – Kreira instancu RPC poslužioca koristeći protokol sa uspostavljanjem direktne veze.

2.3.2 RPCBIND

`Rpcbnd` alat je potrebno pokrenuti pre bilo koje druge RPC usluge. Predstavlja alat poslužioca koji prevodi RPC programske brojeve u univerzalne adrese. Mora biti pokrenut na matičnom računaru kako bi poslužilac pokrenut na tom računaru uspeo da ostvari RPC pozive.

Kada se pokrene RPC poslužilac on govori `rpcbind` adresu na kojoj osluškuje, a RPC programski broj se nalazi na usluzi. Kada korisnik poželi da ostvari RPC poziv određenog programskog broja, on prvo kontaktira `rpcbind` na mašini poslužioca da utvrdi adresu na koju bi RPC zahtev trebao biti poslat.

Pri pokretanju `rpcbind` on proverava da li određeni ime-do-adrese prevod poziva funkcioniše pravilno. Ukoliko prevod poziva ne funkcioniše pravilno, konfiguracija mreže baze podataka može biti oštećena. Pošto RPC usluge ne mogu da funkcionišu normalno u ovoj situaciji, `prebind` prijavljuje trenutno stanje i završava sa radom.

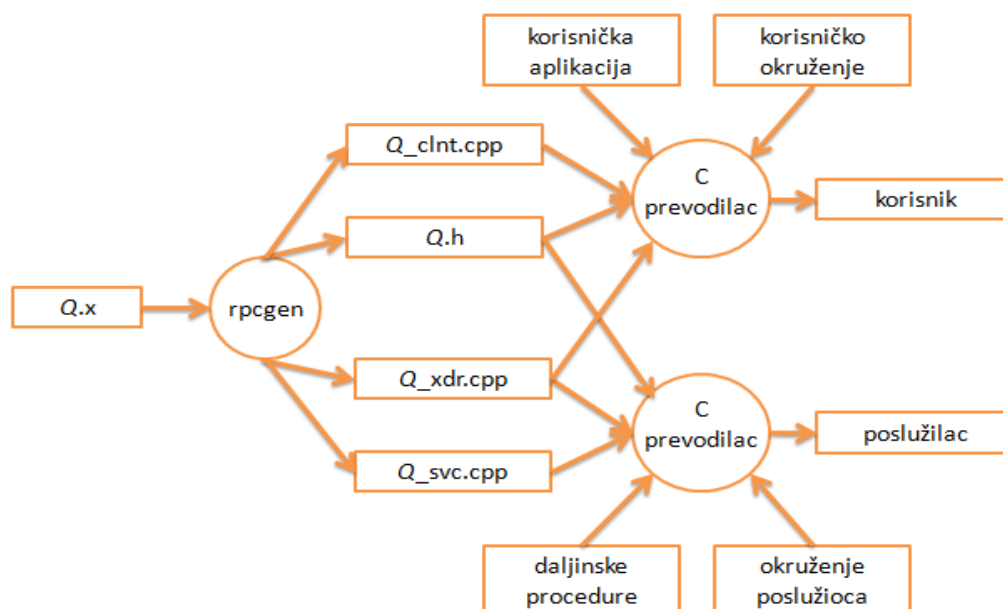
2.3.3 RPC GEN

RPCGEN je alat koji generiše module programskih okruženja sa daljinskim pristupom. Prevodi izvorni kod napisan u RPCL jeziku koji je veoma strukturno i sintaksno sličan C programskom jeziku. RPCGEN proizvodi jedan ili više izvornih modula u napisanih u C jeziku koji se posle prevode C prevodiocem.

Uobičajeni izlaz RPCGEN predstavlja:

- Datoteka zaglavlja definicija koja je zajednička poslužiocu i korisniku
- Skup biblioteka programa za spoljašnje predstavljanje podataka (engl. *XDR routines*) koje prevode svaku vrstu podataka definisanu u datoteci zaglavlja
- Vezivni deo aplikacije aplikacije koji definiše poslužioca
- Vezivni deo za korisnički deo aplikacije

Slika 7. ilustruje generisanje datoteka na osnovu unetog odgovarajućeg Q.x fajla.



Slika 7. Generisanje datoteka pomoću PRCGEN na osnovu unetog Q.x fajla

2.4 Qt

Qt predstavlja višeplatformsko aplikaciono okruženje koje ima široku primenu u razvoju aplikacione programske podrške koja se može izvršavati na različitim platformama sa malo ili nimalo promene izvornog koda i dalje predstavljajući originalnu aplikaciju sa istim sposobnostima i brzinom odziva. Qt se uglavnom koristi za razvoj grafičke korisničke sprege (engl. *Graphical User Interfases*, GUI) aplikacione programske podrške, ali se takođe mogu razvijati i programi koji ne sadrže grafičku korisničku spregu.

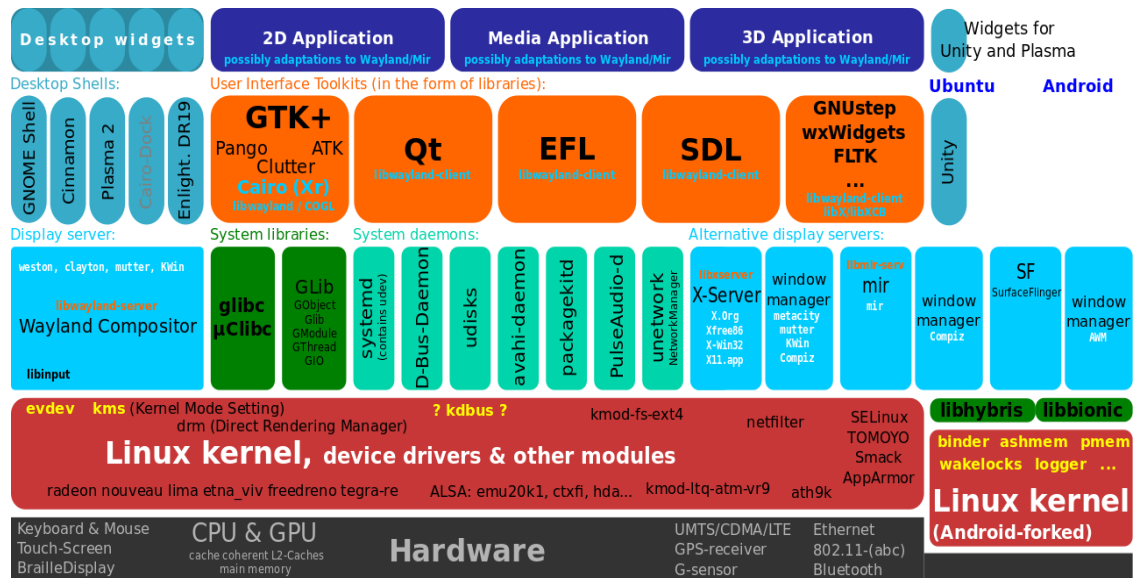
Qt koristi standardni C++ sa proširenjem koje uključuje signale i slotove koji olakšavaju rukovanje događajima. Ovo pomaže prilikom razvoja kako grafičke korisničke sprege tako i

aplikacija poslužilaca koje dobijaju skup informacija o događajima koje se trebaju pravovremeno obraditi. Qt može da se koristi u više programskih jezika pomoću jezičkog povezivanja. Izvršava se na kućnim platformama, ali i u mobilnom okruženju. Osim korisnika grafičke korisničke sprege, Qt uključuje pristup SQL bazi podataka, XML i JSON razlaganje podataka, upravljanje nitima i mrežnu podršku (engl. *parsing*).

Qt od kada je prvi put objavljen, oslanja se na nekoliko ključnih koncepata:

- Potpuna apstrakcija grafičke korisničke sprege – Kada je prvi put objavljen, Qt je koristio svoj mehanizam boja i kontrola prilikom iscrtavanja grafičkih elemenata, oponašajući izgled različitih platformi koje su pokrenute. Ovo je olakšavalo izmenu programa zato što je samo nekoliko Qt klasa zapravo zavisilo od ciljne platforme. Međutim, ovo je dovodilo do malih odsupanja pri kojim bi emulacija bila nesavršena. Novije verzije Qt koriste originalni izgled API (engl. *Application Programming Interface*) različitih platformi, na platformama koji imaju originalni skup grafičkih elemenata, čime je izbegnut prethodno pomenut problem.
- Signali i konektori – Jezička struktura uvedena u Qt za potrebe komunikacije između objekata što olakšava implementaciju željenog modela aplikacije izbegavajući standardni način kodovanja (engl. *boilerplate*). Koncept je takav da grafički elementi mogu da šalju signale koje sadrže informacije o događaju koji se mogu primiti na strani drugih kontrola koristeći specijalne funkcije poznate kao slotovi.
- Kompajler metaobjekata – Prevodilac metaobjekata, nazvan MOC (engl. *Metaobject Compiler*) je alat koji se pokreće na izvornom kodu Qt programa. On prevodi određene makroe iz C++ koda kao napomene, zatim ih koristi za generisanje dodatog C++ koda sa meta informacijama o klasama koje se koriste u programu. Ova meta informacija se koristi od strane Qt da bi se obezbedile programske funkcije koje nisu dostupne u izvornom C++: signali i konektori, introspekcioni i asihroni pozivi funkcija.

Qt dolazi sa sopstvenim setom alata koji olakšava razvoj višeplatformskih programa, koji u drugom slučaju može da bude komplikovan zbog različitih skupova razvojnih alata. Qt Creator je višeplatformski IDE (engl. *Integrate Development Environment*) za C++ i QML. Qt Creator pruža podršku za izradu i pokretanje Qt aplikacija na desktop okruženju (Windows, Linux, FreeBSD and Mac OS), prenosnim uređajima (Android, BlackBerry, Maemo and MeeGo) kao i na ugrađenim Linux uređajima. Slika 8. prikazuje primer upotrebe Qt okruženja u Linux baziranim sistemima.



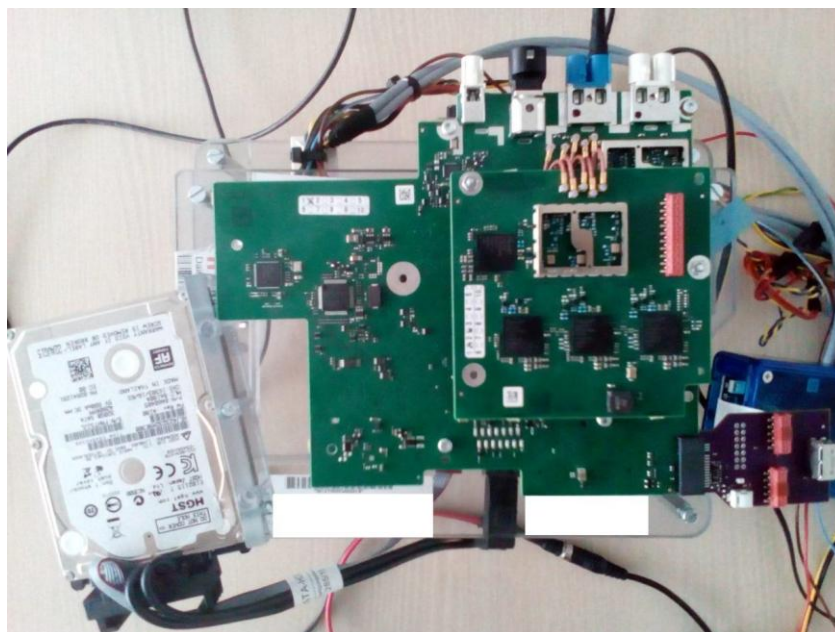
Slika 8. Primer upotrebe Qt u Linux baziranim sistemima

3. Koncept rešenja

Osnovna funkcionalnost DTV aplikacije jeste prikaz slike i zvuka u realnom vremenu. Pored osnovne funkcionalnosti potrebno je podržati prikaz teleteksta, EPG, MHEG aplikacije, dodatnih informacija o servisu itd. Rešenje opisano u ovom radu odnosi se na prikaz podataka mobilnih DTV prijemnika koji se nalaze u automobilu. Kako je od DTV prijemnika podatke potrebno preneti do ekrana lokalizovanih na sedištima automobila korišćen je poslužilac-korisnik model aplikacije koji je implementiran pomoću RPC protokola. Mobilni DTV prijemnici unose izmene u odnosu na statičke DTV prijemnike. Jedna od njih jeste mogućnost konstantne pretrage dostupnih kanala koja se izvršava u pozadini sakrivena od korisnika. Izmene nastale u toku pozadinske pretrage ostaju zabeležene i prikazane korisniku na njegov zahtev.

3.1 Ciljna platforma

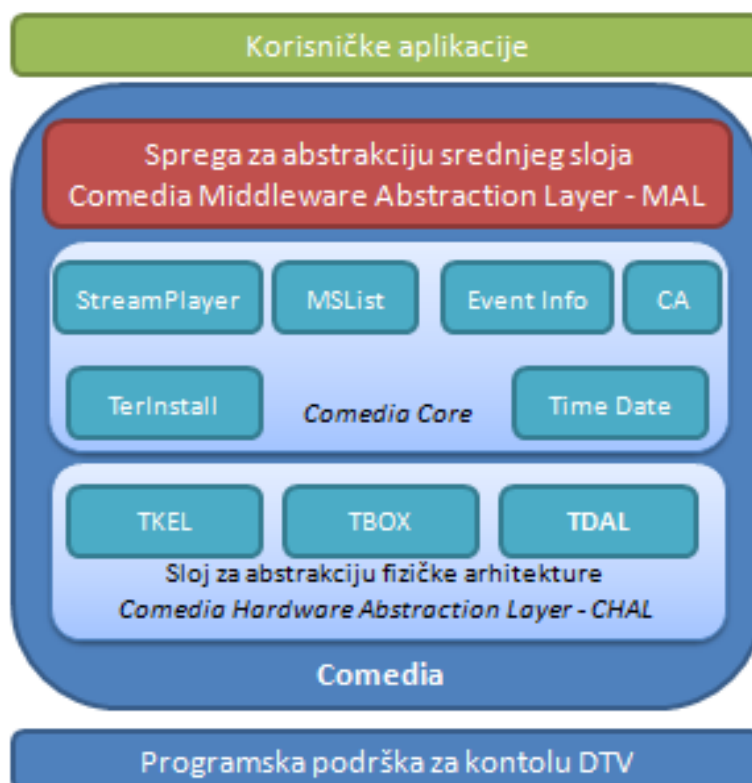
Mobilni DTV prijemnik koji je korišćen kao ciljna platforma prilikom izrade ovog rada sadrži sledeće komponente: tri DTV-T(2) i ISDB birača kanala, procesor ARM familije namenjen za prenosne uređaje, jedan prolaz za lokalnu mrežu, 1 GB memorije sa slučajnim pristupom (engl. *Random Access Memory*, RAM). Operativni sistem postavljen na ovoj platformi predstavlja posebno prilagođenu verziju Linux operativnog sistema. Ovakvim karakteristikama ploča omogućava do sad nabrojane osnovne i dodatne DTV funkcionalnosti i implementaciju aplikacije za njihov prikaz. Slika 9. predstavlja izgled ciljne platforme.



Slika 9. Izgled ciljne platforme

3.2 Comedia sloj

Radi boljeg razumevanja implementacije aplikacije, neophodno je razumeti osnovne gradivne blokove programske podrške TV prijemnika. U ovom rešenju korišćen je Comedia srednji sloj (engl. *Middleware*), proizvođača iWedia, čija arhitektura je prikazana na Slici 10.



Slika 10. Arhitektura Comedia srednjeg sloja

Sam Comedia srednji sloj se sastoji iz tri celine.

Najniži CHAL sloj (engl. *Comedia Hardware Abstraction Layer*) služi za abstrakciju fizičke arhitekture kako mu i samo ime kaže. Jezgro Comedia srednjeg sloja se oslanja na ovaj sloj. CHAL sloj je zavisen od fizičke arhitekture DTV prijemnika i sastoji se od tri nezavisne celine:

- TKEL – sloj za apstrakciju funkcionalnosti operativnog sistema realnog vremena
- TBOX – modul koji deklariše pomoćne funkcije i makroe i služi u svrhu pronalaženja grešaka programske podrške
- TDAL – sloj za apstrakciju rukovalaca uređajima i sastoji se od više modula. Svaki blok fizičke arhitekture DTV prijemnika poseduje odgovarajući TDAL rukovalac.

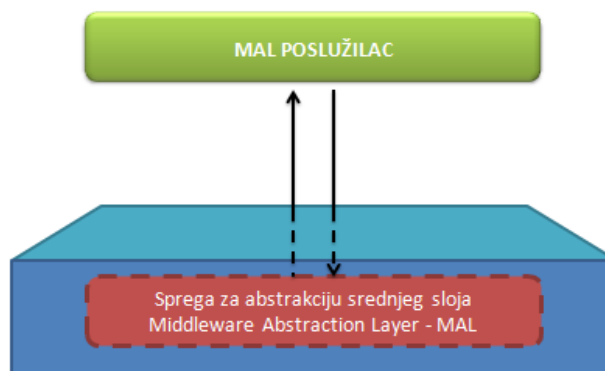
Jezgro srednjeg sloja koje naleže na CHAL sloj zaduženo je za različite funkcionalnosti kao što su: upravljanje listom programa, upravljanje audio/video prikazom, podešavanje DTV prijemnika, pristup informacijama o emisijama, podrška za prikaz prevoda, podrška za prikaz teleteksta itd.

Poslednju celinu Comedia srednjeg sloja čini MAL sloj (engl. *Comedia Middleware Abstraction Layer*) koji predstavlja spregu za abstrakciju srednjeg sloja. Uloge MAL sloja jeste enkapsulacija svih funkcionalnosti srednjeg sloja u jedan API. Pored toga omogućava aplikacijama da koriste funkcionalnosti srednjeg sloja bez poznavanja unutrašnjih detalja implementacije. MAL sloj omogućava jednostavne izmene srednjeg sloja u slučaju različite implementacije srednjeg sloja, bez potreba za izmenama u TV aplikacijama [8].

3.3 MAL poslužilac

U prethodnom izlaganju navedeno je da se aplikacija opisana u ovom rešenju sastoji iz poslužioca i korisničkog dela. Poslužilac predstavlja spregu između korisnika i MAL sloja DTV prijemnika. Ilustracija arhitekture prikazana je na Slici 11.

Aplikacija poslužioca se pokreće na samom DTV mobilnom uređaju dok se korisnici sa drugih računara registruju na njega.



Slika 11. Prikaz komunikacije MAL poslužilac i MAL sloja DTV prijemnika

MAL poslužilac se sastoji od nekoliko modula koje čine funkcije deklarirane u MAL RPC modulu koje se pozivaju od strane korisnika. U okviru ovih funkcija pozivaju se funkcije iz MAL sloja DTV prijemnika. Dobavljeni podaci se prosleđuju putem parametara funkcija poslužioca MAL RPC modula do korisnika.

3.3.1 MAL tuner rpc modul

Oslanja se na modul birača kanala MAL sloja DTV prijemnika zasluženog za upravljanje mrežnim sprežnim modulom odnosno funkcionalnostima birača kanala i DVB demodulatora. Funkcijama implementiranim u ovom modulu moguće je postaviti ili dobiti vrednost frekvencije koja se koristi prilikom pretraživanja servisa, pokrenuti pretraživanje servisa, dobiti informacije o signalu.

3.3.2 MAL route rpc modul

Modul koji služi za upravljanje rutama odnosno putanjama kojom se kreću podaci od izvora do odredišta. U ovom modulu je moguće dobiti informacije poput broja dostupnih masovnih memorija, demultipleksera ili izlaznih uređaja. Moguće je podešavanje i dobavljanje ruta za pretraživanje kanala, snimanje, reprodukciju kanala itd.

3.3.3 MAL service zapper rpc modul

Služi za upravljanje listom servisa pružajući mogućnosti dobavljanja servisa, deskriptora servisa, pokretanja i zaustavljanja servisa na zadatoj ruti, sortiranje i filtriranje spiska servisa po zadatom kriterijumu, uklanjanje servisa kao i uklanjanje servis liste.

3.3.4 MAL stream component rpc modul

Upravlja prikazom komponenti prenosnog toka kao što su teletext, MHEG. Upravlja dobavljanjem dostupnih komponenti, opisa komponenti određenog tipa, aktiviranje, zaustavljanje ili sakrivanje komponenti.

3.3.5 MAL user settings rpc modul

Pomoću ovog modula podešava se konfiguracija DTV prijemnika. Pruža informaciju trenutno podešene zemlje, jezika, vremena, prevoda, audio jezika kao i njihovo podešavanje.

3.3.6 MAL epgrpc modul

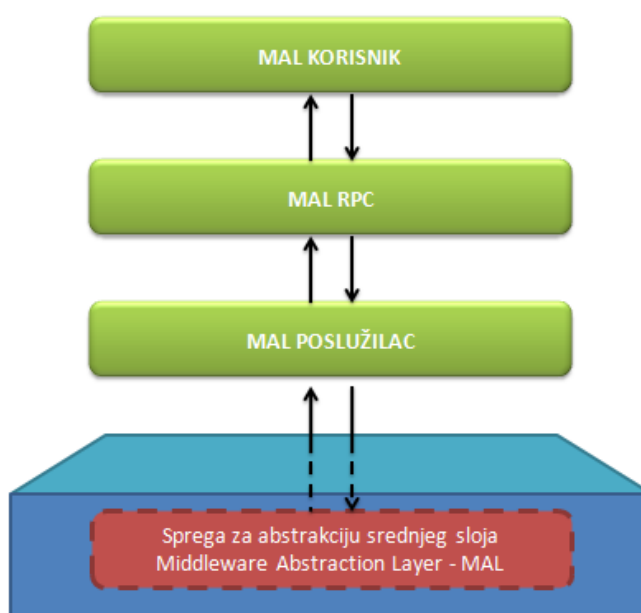
Predstavlja funkcionalnosti elektronskog programskog vodiča. Podržava dobavljanje spiska događaja na servisu, trenutnog i sledećeg događaja na servisu, broj dostupnih događaja.

3.3.7 MAL background scan modul

Modul koji predstavlja razliku između statičkog i mobilnog DTV prijemnika. Prilikom kretanja mobilnog DTV prijemnika moguće je da neki servisi postanu nedostupni zbog lošeg kvaliteta signala. Pretraživanje u pozadini, koje je sakriveno od korisnika, u svakom trenutku traži najjači signal i dobavlja servise ažurirajući servis listu i uklanjajući nedostupne servise kao i servise koji se već nalaze u listi.

3.4 MAL RPC modul

MAL RPC modul se sastoji iz modula koji preslikavaju MAL sloj DTV prijemnika. Unutar funkcija ovog modula pozivaju se funkcije napravljene pomoću RPCGEN. Poslužilac i korisnički deo aplikacije komuniciraju RPC protokolom preko ovog modula. Korisnik poziva funkciju iz MAL RPC modula koja zatim šalje zahtev MAL poslužiocu čekajući njegov odgovor. MAL poslužilac komunicira sa MAL slojem DTV prijemnika dobivljajući informaciju preko parametara funkcije. Dobavljenu vrednost MAL poslužilac prosleđuje MAL rpc odgovorom korisniku Slika 12. prikazuje izgled arhitekture rešenja i položaj MAL RPC modula.



Slika 12. Komunikacija MAL korisnika i MAL poslužioca preko MAL RPC modula

3.5 MAL korisnik

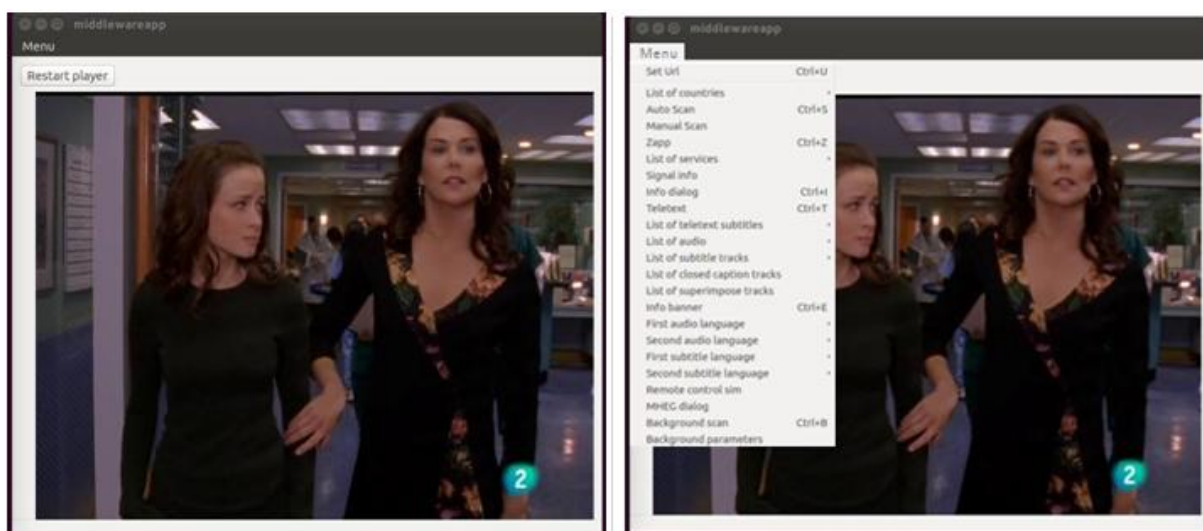
Korisnički deo aplikacije predstavlja sam prikaz dobavljenih DTV sadržaja od strane poslužioca. Na Slici 11. je prikazan položaj korisnika u odnosu na ostatak sistema. Sa nižim slojevima sistema komunicira preko MAL RPC modula. Kako Qt kreator predstavlja jedno od pogodnih okruženja za razvoj grafičke korisničke sprege na Linux operativnim sistemima

korisnički deo aplikacije implementirana je upravo u njemu. Kao što je već rečeno u prethodnom izlaganju, MAL korisnik predstavlja deo RPC protokola. Prilikom poziva funkcija iz ovog modula, korisnik registruje i povratni poziv (engl. *callback*) preko kog će dobiti tražene podatke i na koji čeka od trenutka poziva funkcije. Korisnička aplikacija se sastoji od glavnog prozora za prikaz video signala, opadajućeg menija za izbor željene aktivnosti, dodatnih prozora za prikaz grafičkih komponenti prilikom njihovog pokretanja kao i daljinskog uređaja koji služi za kretanje po MHEG aplikaciji.

Korisnička aplikacija se ne izvršava na istom uređaju gde se izvršava i poslužilac već na udaljenom uređaju koji može biti HU i RSE, a može biti i lični računar (engl. *Personal Computer*, PC) za potrebe testiranja prilikom razvoja softvera na mobilnom DTV prijemniku.

3.5.1 Osnovne funkcionalnosti

Pri pokretanju MAL korisničke aplikacije potrebno je uneti IP (engl. *Internet Protocol*) adresu poslužioca kako bi se korisnik prijavio za dobavljanje podataka sa datog poslužioca. Ukoliko prijavljivanje korisnika nije uspešno, prilikom korišćenja sledećih funkcionalnosti MAL programske sprege biće ispisana poruka da korisnik nije prijavljen poslužiocu. Nakon uspešnog povezivanja omogućen je izbor zemlje na osnovu koje će se postaviti određeni standard kao i frekventni opseg prilikom pretraživanja kanala nad kompletnim opsegom (engl. *Autoscan*). Postoji mogućnost i pretrage servisa na zadatoj frekvenciji. Po prijemu povratne informacije o završetku pretrage servisa po frekvencijama ažurira se lista dostupnih servisa. Pokretanjem željenog servisa postaju dostupne glavne funkcionalnosti DTV prijemnika: audio signal dok je na glavnom prozoru aplikacije prikazan video signal. Prikaz glavnog prozora korisničke aplikacije i menija dat je na Slici 13.

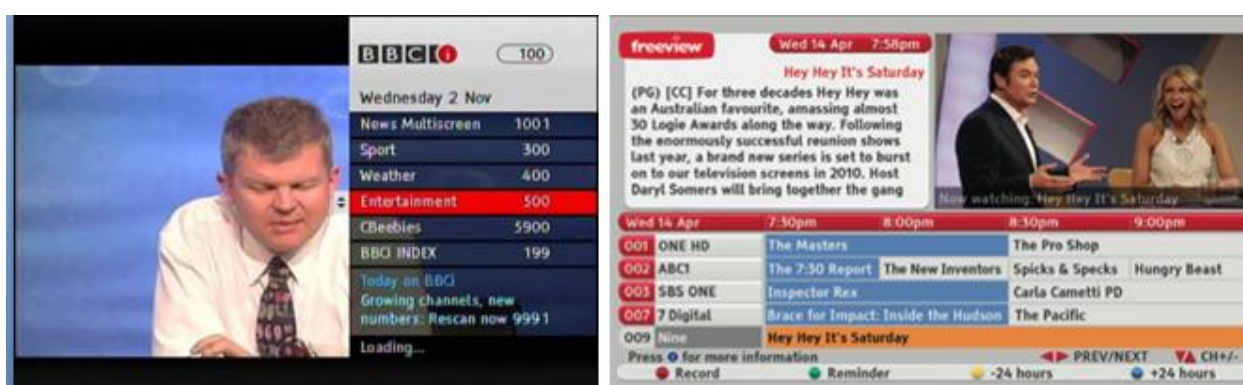


Slika 13. Prikaz glavnog prozora bez i sa prikazanim menijem

3.5.2 Dodatne funkcionalnosti

Implementacijom MAL korisničke sprege u Qt okruženju omogućen je pregledan prikaz dodatnih funkcionalnosti čiji značaj je izložen na Slici 5.

Svaka funkcionalnost se prikazuje u posebnom prozoru aplikacije omogućavajući jasan pregled glavnog prozora na kom je prikazan video signal. Kako u daljem razvoju aplikacija treba prikazivati više komponenti u jednom prozoru, u Comedia srednjem sloju implementirana je međusobna isključivost grafičkih komponenti. Kako teletekst komponenta zauzima punu površinu prozora aplikacije, nema smisla da u isto vreme bude omogućena aktivacija teleteksta i prevoda. To nije slučaj sa MHEG komponentom koja se prikazuje preko prikaza video signala ili ga prevodi na manju površinu što je moguće videti na primerima sa Slike 14.



Slika 14. Primeri MHEG aplikacija

Jedna od novih funkcionalnosti implementiranih u projektu čiji jedan deo predstavlja rešenje izloženo u ovom radu jeste pozadinsko pretraživanje servisa. Na osnovu već izabrane zemlje biće vršena pretraga servisa nad kompletnim frekventnim opsegom. Informacije kao što je sadržaj servis liste se ažurira čim stigne povratna informacija da su pronađeni novi servisi ili su servisi već dostupni u listi izgubili kvalitet signala. Sama pretraga servisa je sakrivena od korisnika.

4. Programsko rešenje

U prethodnom poglavlju prikazana je osnovna ideja implementacije rešenja opisanog u ovom radu. Poglavlje koje sledi sadrži opis implementacije RPC protokola na kom se zasniva implementirana aplikacija kao i opis implementacije same aplikacije.

4.1 MAL RPC modul

MAL sloj predstavlja spregu za abstrakciju Comedia srednjeg sloja. Kako bi poslužilac i korisnički deo aplikacije mogli da imaju pristup MAL sloju, potrebno ih je prevesti da bi se mogli koristiti na distribuirani način na mreži. Prevođenje MAL sloja vršeno je pomoću RPCGEN.

Svi nazivi procedura, tipova podatka parametara i povratnih vrednosti definisani su u `mal_rpc.x` datoteci. Na osnovu `mal_rpc.x` datoteke uz pomoć RPCGEN napravljene su sledeće datoteke:

- **mal_rpc.h** - datoteka zaglavlja potrebna za XDR datoteke
- **mal_rpc_xdr.cpp** – XDR (engl. *External Data Representation*) filteri za predstavljanje spoljašnjih podataka
- **mal_rpc_clnt.c** – korisnička vezivna datoteka
- **mal_rpc_svc.c** – vezivna datoteka poslužioca

MAL RPC modul sastoji se od podmodula koji preslikavaju podmodule MAL sloja. Funkcije unutar podmodula pozivaju određene funkcije iz `mal_rpc_clnt.c` datoteke unutar kojih se poziva **clnt_call()** funkcija. Ova funkcija poziva udaljenu proceduru koja je povezana sa programskim brojem, brojem verzije i brojem procedure na određenom računaru koji se prosleđuju kao parametri funkcije.

4.1.1 Povratni poziv funkcije

Svaki podmodul sadrži povratni poziv (engl. *callback*) koji će biti pozvan od strane RPC poslužioca kada se desi određeni događaj. Pri prijemu događaja slede pozivi sledećih funkcija:

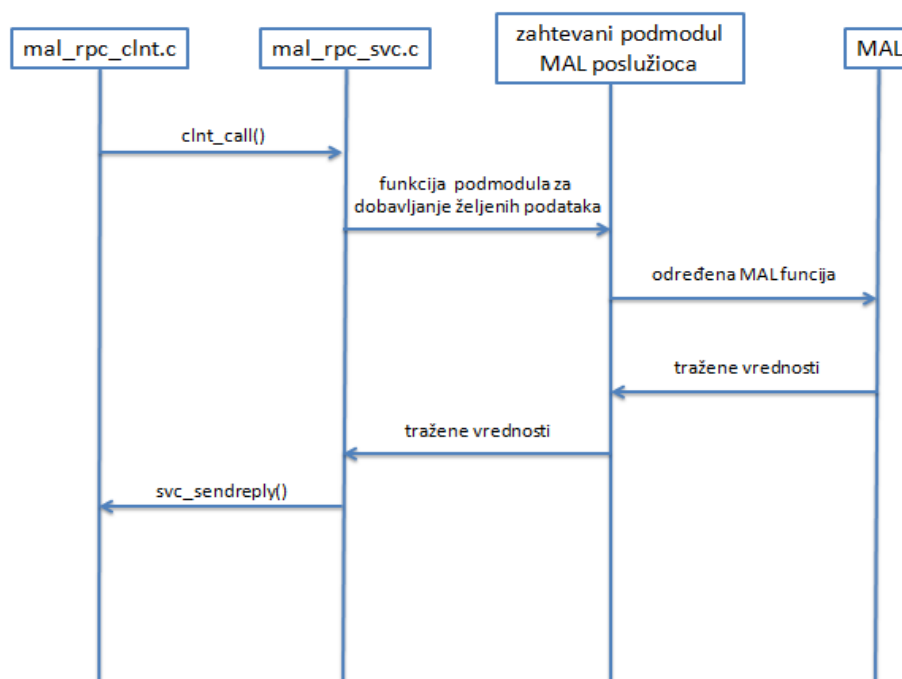
- **svc_getargs()** – Funkcija koja dešifruje argumente RPC zahteva koji su povezani sa identifikatorom usluge RPC protokola. Kao prvi parametar se prosleđuje pokazivač na uslugu RPC protokola. Drugi parametar predstavlja XDR proceduru za dešifrovanje (engl. *decoding*) argumenata čija se implementacija nalazi u `mal_rpc_xdr.c` datoteci. Kao treći parametar data je adresa argumenata.
- **svc_sendreply()** – Šalje odgovor udaljenom pozivu procedure. Sadrži tri parametra: pokazivač na uslugu, XDR proceduru za šifrovanje (engl. *encoding*) rezultata i adresu rezultata.
- **svc_freeargs()** – Oslobađa sve podatke zauzete putem RPC ili XDR protokla.

Povratni poziv se registruje u posebnoj niti pre korišćenja bilo koje funkcionalnosti podmodula koji čeka pozive od strane RPC. Prilikom registracije pozivaju se određene funkcije RPC protokola:

- **pmap_unset()** – Predstavlja deo `rpcbind` usluge koji uništava sva mapiranja (engl. *mapping*) između broja programa i broja verzije i konektora (engl. *ports*) na računaru `rpcbind` servisa.
- **svctcp_create()** - Kreira identifikator procedure RPC servisa koji je zasnovan na TCP/IP protokolu i vraća pokazivač na njega.
- **svc_register()** – Povezuje određeni program i broj verzije sa određenom otpremnom procedurom.
- **svc_run()** – Funkcija koja čeka odgovor RPC servisa. Pri prijemu odgovora šalje određenu proceduru servisa pomoću `svc_getreqset()` potprocedure.

4.2 MAL modul poslužioca

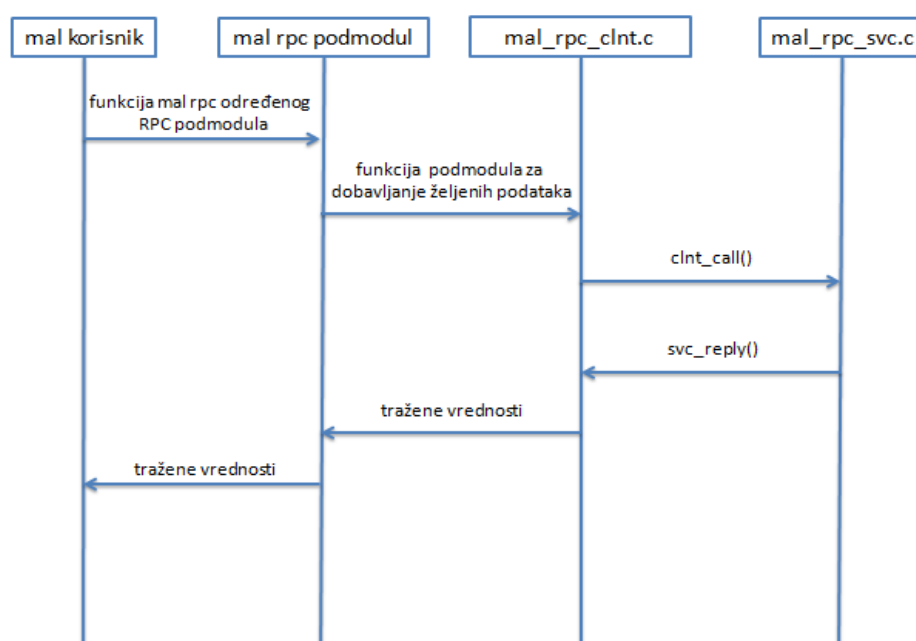
Napravljena datoteka `mal_rpc_svc.c` sadrži registraciju željenih MAL modula koji su navedeni u `mal_rpc.x` datoteci pomoću RPC funkcije `svc_register()`. Funkcije koje sadrže registrovani moduli korisnik poziva pomoću RPC funkcije `clnt_call()`. Nakon poziva unutar `mal_rpc_svc.d` datoteke biće pozvana funkcija za dobavljanje željenih podataka koja se nalazi u određenom podmodulu MAL modula poslužioca. Funkcije unutar podmodula pozivaju funkcije iz MAL sloja DTV prijemnika. Dobavljene informacije se vraćaju i smeštaju u promenljivu u `mal_rpc_svc.c` datoteci odakle se prosleđuju MAL korisniku koji čeka odgovor putem RPC funkcije `svc_sendreply()`. Na Slici 15 nalazi se prikaz prethodno opisane procedure dobavljanja podataka.



Slika 15. Prikaz komunikacije MAL poslužioca i MAL sloja DTV prijemnika

4.3 MAL korisnički modul

Korisnička aplikacija obavlja komunikaciju sa poslužiocem preko MAL RPC modula. Korisnik poziva željenu funkciju MAL RPC podmodula koji korisniku može da obezbedi željene informacije. U toj funkciji poziva se određena funkcija mal_rpc_clnt.c modula koji uz pomoć RPC funkcije clnt_call() šalje zahtev poslužiocu očekujući povratni poziv. Pri obezbeđivanju potrebnih podataka poslužilac uz pomoć svc_reply() funkcije šalje tražene informacije korisniku koji osluškuje. Protokol dobavljanja podataka od strane korisnika objašnjen je na Slici 16.

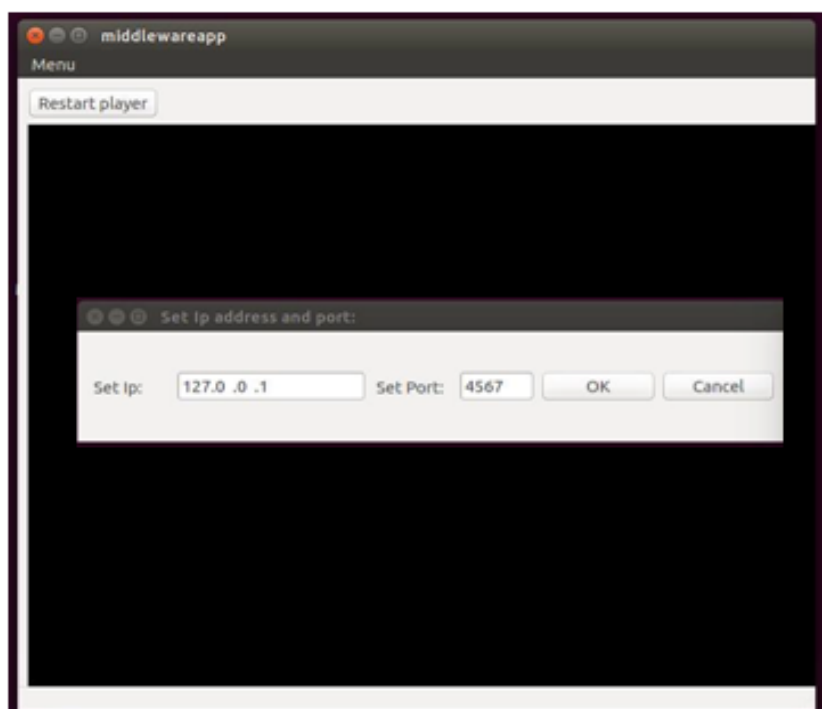


Slika 16. Prikaz dobavljanja podataka od strane korisnika

4.3.1 Qt implementacija

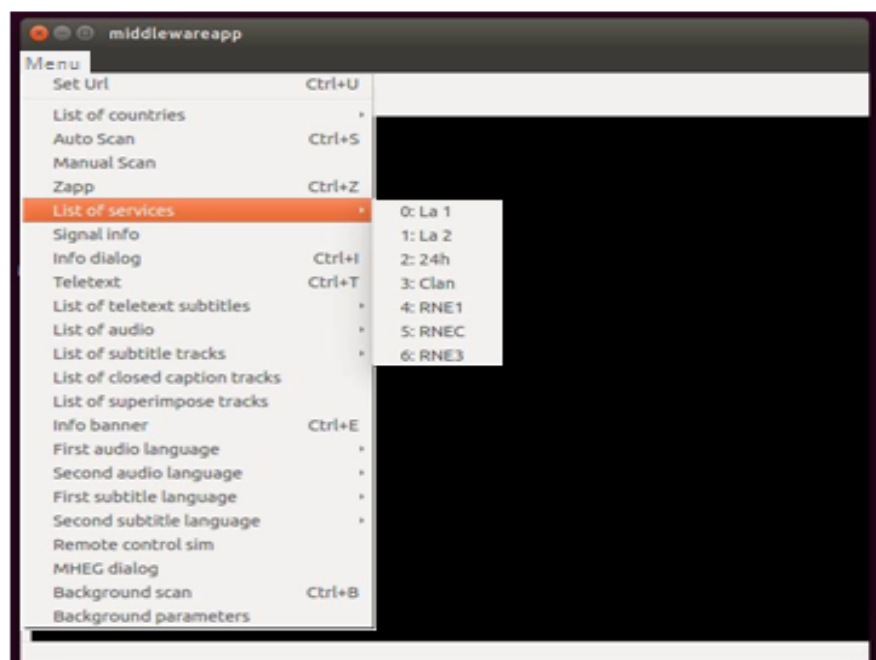
Aplikacija pruža jasan pregled dostupnih funkcionalnosti zahvaljujući grafičkim elementima kojima raspolaže Qt okruženje. Svaka funkcionalnost prikazana je kao zasebni grafički element nad kojim se izvršava određena akcija. Akcija predstavlja pozivanje MAL RPC funkcija radi dobavljanja željenih podataka.

Pri samom pokretanju aplikacije prikazuje se glavni prozor aplikacije sa opcijama ponuđenim u meniju. Pre poziva bilo koje funkcionalnosti potrebno je povezati korisničku aplikaciju sa poslužiocem tako što se u zasebnom prozoru unese IP adresa poslužioca i određeni broj priključka (engl. *port number*). Prikaz početnog prozora aplikacije i prozora za unos adrese poslužioca prikazan je na Slici 17.



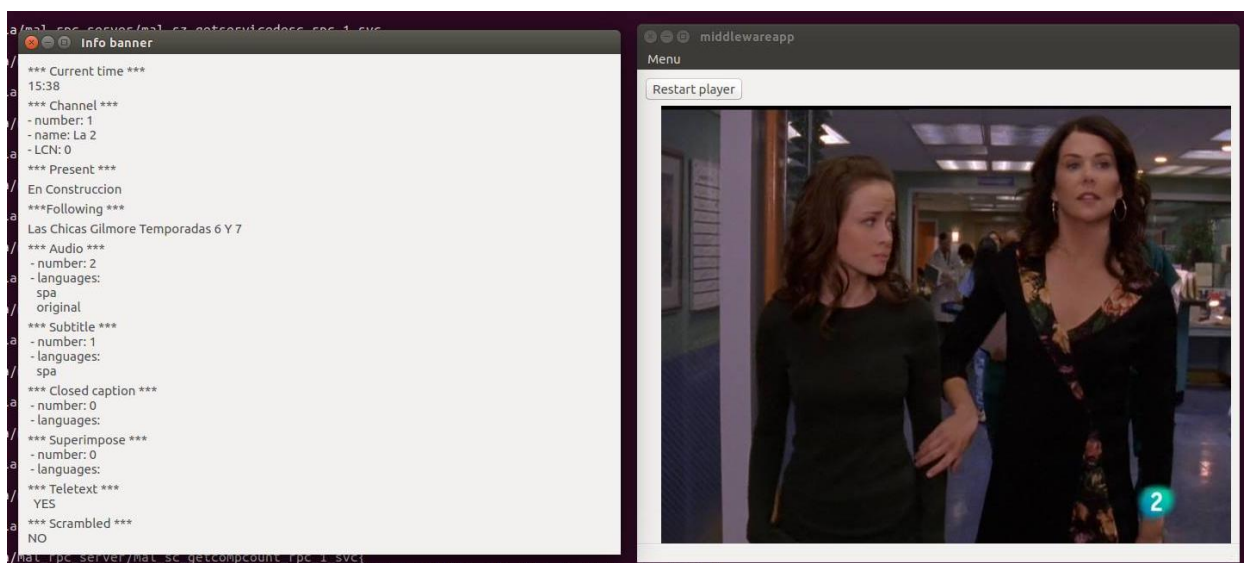
Slika 17. Početni izgled aplikacije

Nakon uspešnog povezivanja sa poslužiocem korisnik je u mogućnosti da izabere zemlju na osnovu koje će se postaviti standard i frekventni opseg pretrage servisa koja se može vršiti po celom frekventnom opsegu ili proveravajući samo željenu frekvenciju. Uspešna pretraga rezultira popunjenom servis listom. Lista može biti prazna u slučajevima kada nema servisa na pretraženim frekvencijama. Izgled menija i prikaz liste servisa prikazan je na Slici 18.



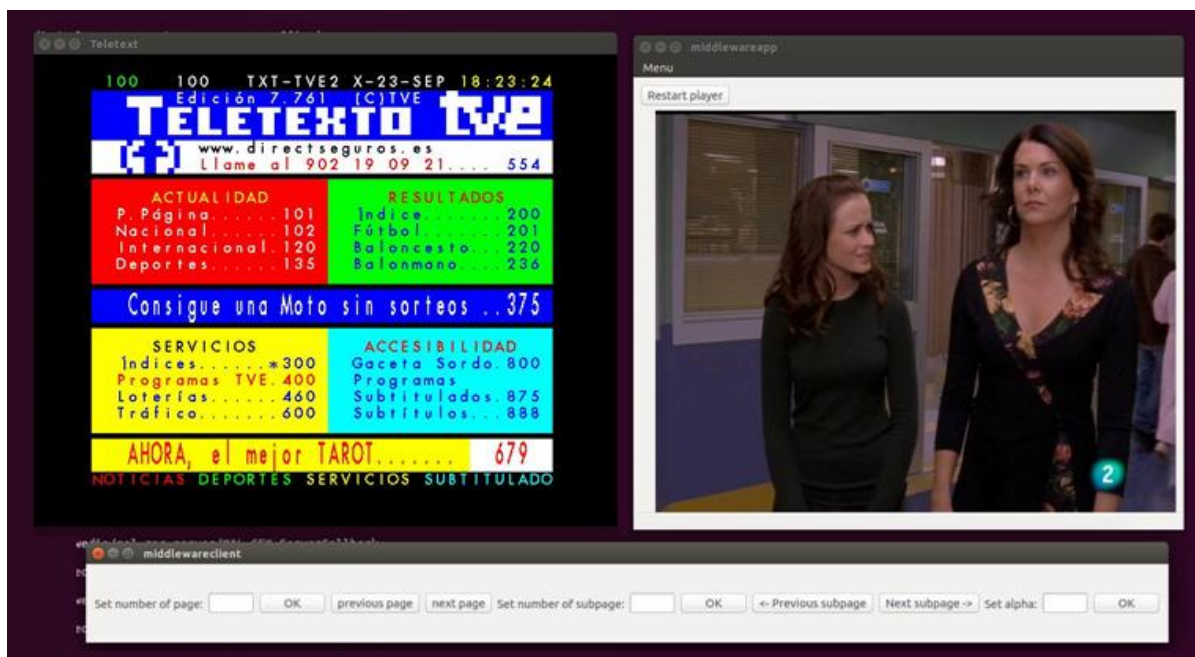
Slika 18. Izgled menija i servis liste nakon uspešne pretrage kanala

Aktiviranjem servisa sledi prikaz video signala u glavnom prozoru Qt aplikacije i isporuka audio signala. Ukoliko postoji samo audio signal, kao pri izboru radio servisa, u okviru glavnog prozora neće biti prikazan nikakav signal. Pokretanjem servisa korisniku se omogućavaju nove opcije koje su usko povezane sa servisom kao što je teletext, prevod, MHEG aplikacija, prikaz dodatnih informacija. Ukoliko korisnik zatraži ove informacije pre pokretanja servisa biće ispisana poruka koja obaveštava da servis nije pokrenut. Izgled prikaza dodatnih informacija servisa izložen je na Slici 19.



Slika 19. Prikaz dodatnih informacija o servisu

Izborom prikaza teleteksta se otvara zaseban prozor koji sadrži teletekst kao i prozor za navigaciju kroz teletekst. Moguće je kretati se kroz strane i podstrane teleteksta. Izgled aplikacije u toku prikaza teleteksta prikazan je na Slici 20.



Slika 20. Prikaz teleteksta i prozora za navigaciju kroz teleteksta

Kao i teletekst, prikaz prevoda i CC komponente implementiran je u zasebnom prozoru aplikacije gde je korisnik u mogućnosti da prati i glavni prozor aplikacije u kom je prikazan video signal. Prikaz prevoda i CC komponente je dan na Slici 21.



Slika 21. Prikaz servisa sa prevodom i prikaz servisa sa CC komponentom

MHEG aplikacija se takođe prikazuje u zasebnom prozoru uporedo sa prikazom video signala izabranog servisa. Za potrebe kretanja kroz MHEG aplikaciju implementirana je simulacija daljinskog upravljača u Qt okruženju. Daljinski upravljač se nalazi u zasebnom

prozoru koji je popunjen grafičkim elementima. Nad ovim grafičkim elementima izvršene su određene akcije kao što je to slučaj u implementaciji menija. Slika 22. sadrži prikaz MHEG aplikacije i daljinskog upravljača.



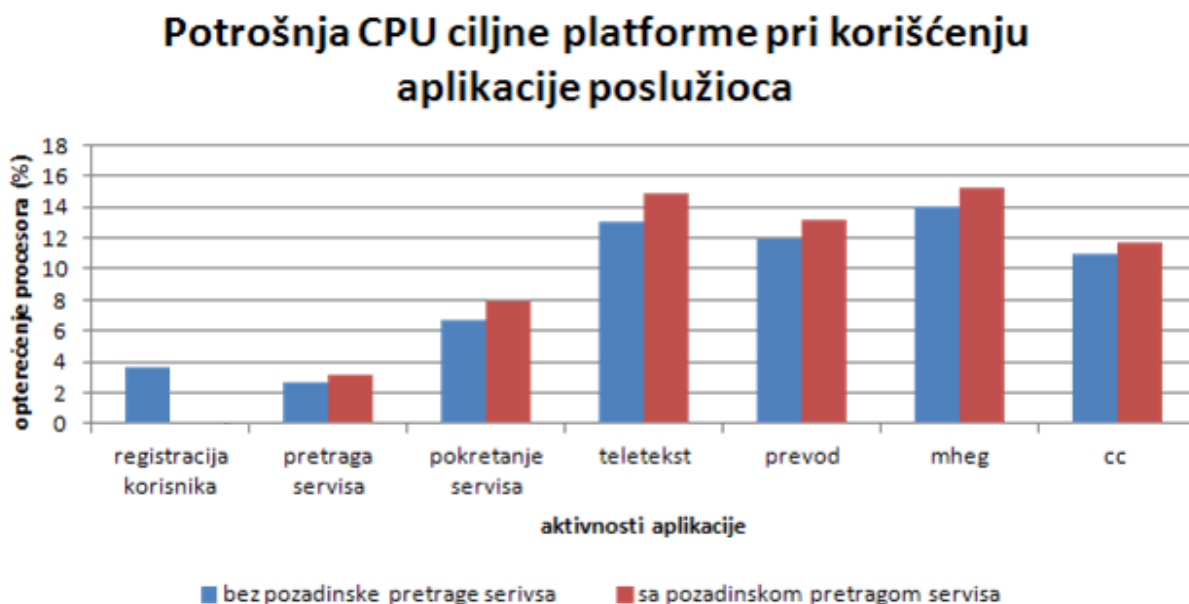
Slika 22. Prikaz MHEG aplikacije

Kako se aplikacija koristi za prikaz DTV signala sa DTV mobilnih prijemnika postoji mogućnost da oslabi signal servisa u toku njegovog emitovanja. U tom slučaju prikaz pokrenutih grafičkih komponenti će biti onemogućen, a dodatni prozori zatvoreni. Glavni prozor aplikacije će biti dostupan tako da korisnik može ponovo da pokrene servis ili zatraži određenu akciju. Dugme za ponovno pokretanje reprodukcije kanala je u svakom trenutku dostupno korisniku.

5. Ispitivanje i verifikacija

Prilikom izrade aplikacije za namenske uređaje potrebno je voditi računa i o potrošnji memorije kao i o zauzetosti centralnog procesora (engl. *Central Processing Unit*, CPU). Ispitivanje je vršeno pomoću ugrađene Linux Top komande.

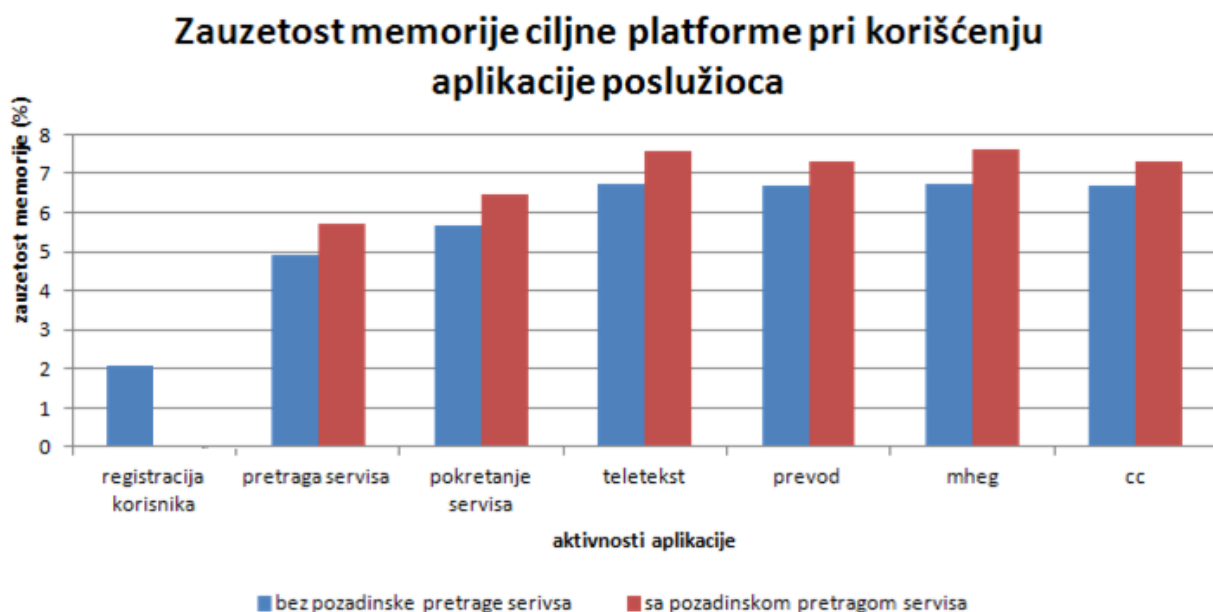
Rešenje opisano u ovom radu sadrži korisnički deo aplikacije i poslužioca. Poslužilac se izvršava na cilnoj platformi čija konfiguracija je izložena u konceptu rešenja. Na Slici 23. prikazana je zauzetost CPU ciljne platforme koja sadrži 1GB RAM bez i u toku pozadinske pretrage servisa.



Slika 23. Opterećenje procesora ciljne platforme

Najveće opterećenje procesora je izazvano prilikom pokretanja i korišćenja MHEG komponente i iznosi 12%. Osnovne funkcionalnosti DTV aplikacije kao što je pokretanje servisa i prikaz audio i video signala čini malo opterećenje za CPU ciljne platforme.

Slika 24. sadrži prikaz zauzetosti memorije prilikom korišćenja aplikacije poslužioca na ciljnoj platformi sa i bez pozadinskog pretraživanja servisa.

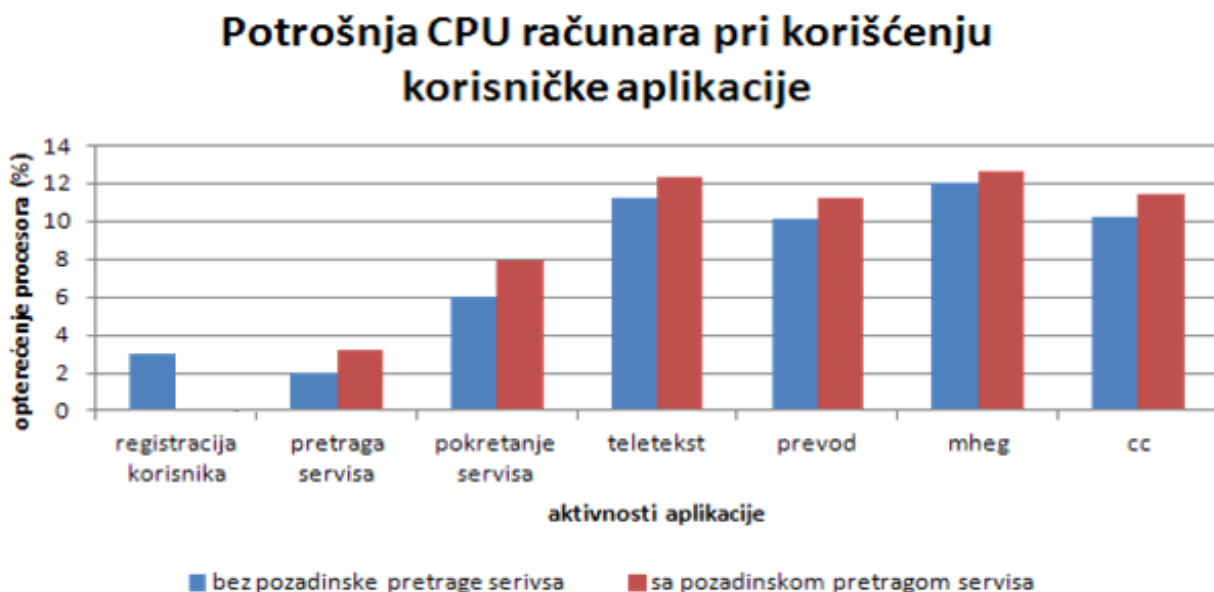


Slika 24. Zauzetosti memorije ciljne platforme

Kako je rešenje deo većeg projekta i koristi se za testiranje razvoja softvera za DTV mobilni prijemnik, korisnička aplikacija se izvršava na PC sledeće konfiguracije:

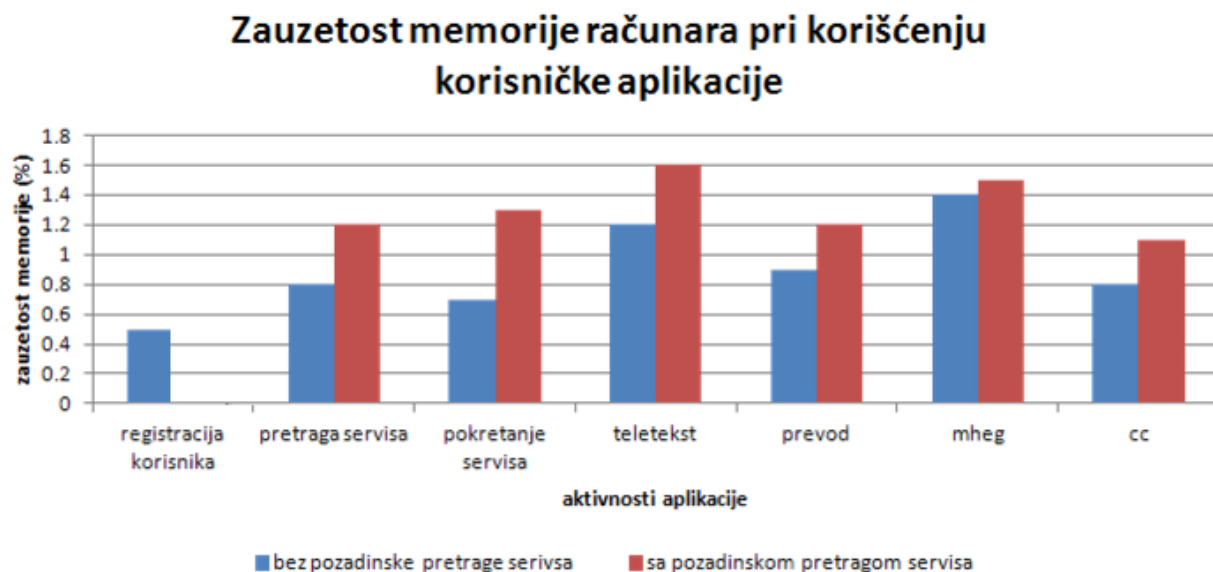
- Procesor (CPU) – Intel(R) Core(TM) i5-2400 CPU 3.10 GHz
- RAM – 8 GB

Na Slici 24 prikazana je zauzetost CPU računara prilikom rada korisničke aplikacije bez pozadinske pretrage servisa kao i u toku pretrage.



Slika 25. Zauzetost CPU računara pri korišćenju korisničke aplikacije

Takođe, data je i zauzetost memorije računara pri korišćenju korisničke aplikacije sa i bez aktivirane pozadinske pretrage kanala na Slici 26.



Slika 26. Zauzetost memorije računara u toku rada korisničke aplikacije

Ispitivanje aplikacije za prikaz DTV sadržaja dobavljenog sa DTV mobilnog prijemnika može se izvršiti u vidu provere ispunjenosti određenih zahteva koje DTV aplikacija treba da ispunjava. Zahtev, ispunjenost zahteva i objašnjenje priloženo je u Tabeli 1.

Zahtev	Ispunjenost zahteva Da / Ne	Objašnjenje
Pravovremeno ažuriranje podataka	Da	Svaka izmena se pravovremeno prepoznaje i tom prilikom se podaci ažuriraju
Prikaz video signala u realnom vremenu	Da	Prilikom pokretanja servisa video signal se dostavlja korisniku u realnom vremenu bez oštećenja signala
Isporuka audio signala u realnom vremenu	Da	Pokretanjem željenog servisa aktivira se i audio signal koji se dostavlja korisniku u realnom vremenu bez oštećenja
Mogućnost prikaza prevoda emitovanog servisa	Da	Na zahtev korisnika prevod se prikazuje u skladu sa audio i video signalom
Mogućnost prikaza teleteksta	Da	Teletekst se prikazuje pravovremeno bez oštećenja.

Mogućnost prikaza MHEG aplikacije	Da	MHEG aplikacija je dostupna korisniku.
Mogućnost istovremenog prikaza MHEG aplikacije i prevoda	Da	Istovremeni prikaz MHEG aplikacije i prevoda je omogućen
Mogućnost prikaza CC komponente	Da	Na zahtev korisnika CC komponenta se prikazuje u skladu sa audio i video signalom
Mogućnost pokretanja i zaustavljanja pretrage servisa u pozadini	Da	Korisnik je u mogućnosti da pokrene i zaustavi pretragu servisa u pozadini

Tabela 1. Ispunjenost zahteva

Pored ispunjenosti zahteva aplikacija treba na očekivani način da reaguje u različitim situacijama. Neki od mogućih realnih slučajeva u kojima mobilni DTV prijemnik može da se nađe kao i očekivano ponašanje aplikacije prikazano je u Tabeli 2.

Testni slučaj	Uspešnost Da/Ne	Ponašanje aplikacije
Pretraga servisa u čijem frekventnom opsegu se nalaze servisi različitih standarda	Da	U servis listi koje je dostupna korisniku biće dostupni koji podržavaju standard izabran pre pokretanja pretrage servisa.
Pretraživanje kanala u pozadini u toku prikazivanja servisa i njegovih dodatnih grafičkih komponenti	Da	U toku rada pozadinskog pretraživanja kanala nema zastoja u radu aplikacije i prikazivanju pokrenutog servisa kao i njegovih komponenti poput prevoda ili teleteksta.
Ponavljanje pretrage servisa za prethodno selektovanu zemlju	Da	Izbor željene zemlje postavlja i standard po kom će se vršiti pretraga servisa. Višestruko biranje zemlje i ponavljanje pretrage servisa ne utiču na rad aplikacije.
Pokretanje pretrage servisa za prethodno izabranu zemlju u toku prikazivanja servisa.	Da	U ovom slučaju pojaviće se crn ekran kao pri pokretanju aplikacije, a pretraga servisa će uspešno biti izvršena.
Prikazivanje različitih grafičkih komponenti na različitim servisima	Da	Prethodno prikazivanje grafičkih komponenti ne utiče na prikaz trenutnih grafičkih komponenti. Nema zastoja u radu aplikacije.
Ponovno pretraživanje i prikazivanje servisa posle gubitka signala u toku prikazivanja servisa.	Da	Gubitak signala je vrlo moguć slučaj kod mobilnih DTV prijemnika. Pojaviće se crn ekran kao pri pokretanju aplikacije. Ponovni prikaz servisa će uslediti ukoliko se jačina signala poveća, a da se prethodno nije menjao servis.

Tabela 2. Ponašanje aplikacije u različitim testnim slučajevima

6. Zaključak

Brz način života dovodi do potrebe za sve bržim načinom informisanja. Automobilaska industrija uspeva da drži korak uvodeći DTV u automobile kao najbrži i najefikasniji medij za informisanje. Implementacija rešenja opisanog u ovom radu predstavlja osnovu ideje prikaza DTV signala u mobilnim DTV uređajima.

Objašnjen je princip dobavljanja informacija od DTV uređaja uz pomoć RPC protokola implementiranjem aplikacije poslužioca i klijentske aplikacije. Prednost RPC protokola se ogleda u tome što omogućava povezivanje više korisničkih aplikacija sa jednom aplikacijom poslužioca. Poslužilac se pokreće na samom DTV uređaju dok korisnici koji se povezuju na njega ne moraju da se izvršavaju na istom uređaju što je veoma bitno za mobilne DTV prijemnike gde imamo jednog ili više udaljenih korisnika kao što je slučaj sa HU i RSE. Korisnička aplikacija dobavljene informacije prikazuje na ekranu korisnika posredstvom Qt aplikacije.

Rešenje opisano u ovom radu igra važnu ulogu u testiranju funkcionalnosti prilikom razvoja softvera za mobilne DTV prijemnike.

Dalje unapređenje rešenja može da ide u smeru prikazivanja svih grafičkih komponenti u glavnom prozoru aplikacije. Tada bi se glavni prozor mogao prikazati preko cele površine ekrana korisnika čineći informacije preglednijim. Pored toga dalji razvoj aplikacije treba da ide u smeru omogućavanja povezivanja više korisnika na poslužioca pokrenutog na jednoj ciljnoj platformi.

7. Literatura

- [1] Felix Richter: Americans Are The World's Biggest TV Lovers, The Statistics Portal, 18 Decembar 2015
- [2] Matthew Tranter, Delphine Robineau, Glenn Goodman: National Travel Survey: England 2014, Department for transport, 2 Septembar 2015
- [3] Niall McCarthy: Moscow Commuters Spend 127 Hours Stuck in Traffic Each Year, The Statistics Portal, 12 Novembar 2013
- [4] U. Reimers: Digital Video Broadcasting, IEEE Communications Magazine, Vol. 36, No. 6 Jun 1998
- [5] M. Robin and M. Poulin: "Digital Television Fundamentals - Design and Installation of Video and Audio Systems," McGraw-Hill, 1997
- [6] W. Fischer: Digital Video and Audio Broadcasting Technology, 2010.
- [7] Jeff Bezanson: Writing Remote Procedural Calls (RPCs) in C
- [8] Nikola Teslić, Milan Bjelica: Programska podrška u televiziji i obradi slike 2, 2015