

Implementacija Android 4K hibridnog OTT STB uređaja

Radovan Marković, Darko Dejanović, Sreten Tanacković, Milan Ačanski, Ilija Bašičević, *Member, IEEE*

Apstrakt— U ovom radu je prikazano jedno rešenje implementacije Android 4K hibridnog OTT STB uređaja. Cilj ovog rada jeste proširenje mogućnosti koje pružaju OTT i hibridni STB uređaji u jednu celinu, kao i mogućnost reprodukcije video sadržaja visoke rezolucije. Dato rešenje je implementirano modulima koji su obezbedili funkcionalnost digitalne televizije i bazirano je na postojećim standardima iste kao i standardima za komunikaciju.

Ključne reči— Digitalna televizija; DTV Sistem; Hibrid; STB; Android; OTT; 4K; UHD; HLS; DVBC; IPTV;

I. UVOD

Danas je televizija jedan od svedoka razvoja modernih tehnologija. Kao i svaka tehnologija i televizija je prošla kroz svoj vlastiti proces razvoja i unapređenja. Razvoj televizije kroz istoriju se može podeliti u nekoliko etapa i faza, kao što su: način emitovanja, tehnike emitovanja slike, prenosnog puta, pa sve do uske povezanosti sa razvojem televizijskih prijemnika koja se prilagođavala zahtevima tržišta.

Niti jedna etapa u dosadašnjem razvoju televizije nije napravila toliku ekspanziju kao način prenosa signala tj. sa prvobitnog analognog na digitalni signal. Tada se uvodi novi pojam u televizijskoj industriji „digitalna televizija“. Takođe, kao i svaka tehnološka evolucija i digitalna televizija je sa sobom donela mnoge prednosti i otvorila put novim mogućnostima daljeg razvoja. Smenom analogne televizije javljaju se problemi na tržištu, prvenstveno kod korisnika čiji prijemnik nije mogao da obradi digitalni signal. Zbog tog problema televizijska industrija je plasirala STB (set-top-box) uređaje na tržište koji su datim korisnicima omogućili pogodnosti koje digitalna televizija pruža.

Trud i napor da se obezbedi sadržaj visokog kvaliteta i zadovoljavajuće iskustvo u korišćenju televizijskih usluga je izazov za televizijsku industriju, koja se suočava sa

konstantnim zahtevima tržišta. Jedan od najvećih zahteva tržišta danas, jeste mogućnost gledanja sadržaja u visokoj rezoluciji. Očigledno je zašto je ova tehnologija dostigla popularnost: daje bolji kvalitet slike, a samim tim još bolje iskustvo pri korišćenju televizijskih usluga. Sledeći od uslova jeste mogućnost korišćenja STB uređaja gde god se korisnik nalazio i da nije striktno vezan za područje pod kojim poslužitelj pruža svoje usluge.

Uslovljena zahtevima tržišta, digitalna televizijska industrija je primorana da konstantno unapređuje svoje usluge i drži korak sa tehnološkim inovacijama, što neretko iziskuje kompletnu promenu multimedijalnog okruženja krajnjih korisnika. Jedno rešenje koje prevazilazi ovaj problem jeste implementacija hibridnog OTT(over the top) STB uređaja koji u isto vreme pruža reprodukciju video sadržaja u visokoj rezoluciji i koji nije striktno vezan za područje na kome dati poslužitelj emituje digitalni signal. Naime, to znači da ukoliko korisnik želi da koristi pogodnosti koje neki poslužitelj pruža, ne mora da bude u njegovoj mreži i njegovom okruženju pružanja digitalnog sadržaja. Primer jeste da korisnik koji uzme paket usluga nekog provajdera iz jedne zemlje, ne mora da živi u toj zemlji. Samim tim znači da je STB uređaj hibridnog tipa i da sadrži OTT tehnologiju koju pruža digitalna televizija. Dati navedeni STB uređaji rade na Android operativnom sistemu.

II. TEORIJSKE OSNOVE

A. Digitalna televizija

Digitalna televizija (DTV) predstavlja oblast potrošačke elektronike koja se bavi uređajima čija je primarna namena prijem TV signala i prezentacija video i audio sadržaja, koja treba da zadovolji mnoge tradicionalne i istorijske zahteve, kako samog tržišta tako i propisanih standarda. I pored grubih okvira ove delatnosti, u ovoj oblasti postoji dosta prostora za inovacije i uvođenje novih tehnologija u navike korisnika.

Prelazak sa analognog na digitalni TV signal je posledica potrebe za poboljšanjem kvaliteta TV slike. Danas u svetu postoje četiri različita standarda za emitovanje digitalnog TV signala (ATSC, DVB, ISDB-T i DTMB). Prednosti prelaska sa analognog na digitalni TV signal su kvalitetnija slika i zvuk, video unazad, video na zahtev, itd. Najznačajnija prednost prelaska jeste da prenos digitalnih kanala zahteva manji propusni opseg u frekventnom spektru, tako da se količina prenesenih podataka mnogostruko povećava. Prenos veće količine podataka je bitan za mogućnost emitovanja sadržaja visokog kvaliteta (HD, Full HD, Ultra HD), a takođe

Radovan Marković -- RT-RK.doo, Narodnog Fronta 23a, Novi Sad, Srbija (e-mail: Radovan.Markovic@rt-rk.com)

Darko Dejanović - RT-RK.doo, Narodnog Fronta 23a, Novi Sad, Srbija (e-mail: Darko.Dejanovic@rt-rk.com)

Sreten Tanacković - RT-RK.doo, Narodnog Fronta 23a, Novi Sad, Srbija (e-mail: Sreten.Tanackovic@rt-rk.com)

Milan Ačanski - RT-RK.doo, Narodnog Fronta 23a, Novi Sad, Srbija (e-mail: Milan.Acanski@rt-rk.com)

Ilija Bašičević - Fakultet Tehničkih Nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: Ilija.Basicevic@rt-tk.uns.ac.rs)

omogućava i emitovanje više digitalnih kanala na istom frekvencijskom opsegu.

Takođe digitalni TV signal omogućava i prenošenje interaktivnog sadržaja, kao što su podrška za više jezika, elektronski programski vodič, teletekst, snimanje digitalnog sadržaja, HbbTv(Hybrid Broadcast Broadband TV) i ostale.

B. Prijemnik digitalnog televizijskog signala – STB uređaji

Prijemnik digitalnog televizijskog signala jeste uređaj koji vrši konverziju signala sa ciljem prikaza sadržaja na LCD, LED ili analognim televizorima. Prijemnik može biti ugrađen ili odvojeni uređaj tj. STB uređaj [1].

Prvi STB uređaji se pojavljuju 60-ih godina 20. veka i služili su za prevodjenje UHF frekvencija na VHF, i primali su signal sa kablovske mreže. Evolucijom digitalne televizije, uloga STB uređaja nije samo prijem signala, već postaje uređaj koji ima većinu osobina personalnog računara i multimedijalnog medijuma [2]. Za prenos signala se koristi MPEG-2 standard. Najbitnija je podela STB uređaja prema načinu na koji signal stiže do uređaja, pa postoje: satelitski, kablovski, IPTV i hibridni STB uređaji.

Neke od osnovnih funkcionalnosti STB uređaja su: obrada emitovanog signala, obezbeđivanje zaštite signala od neovlašćenog pristupa, obrada audio i video podataka kao i mogućnost interakcije sa korisnikom.

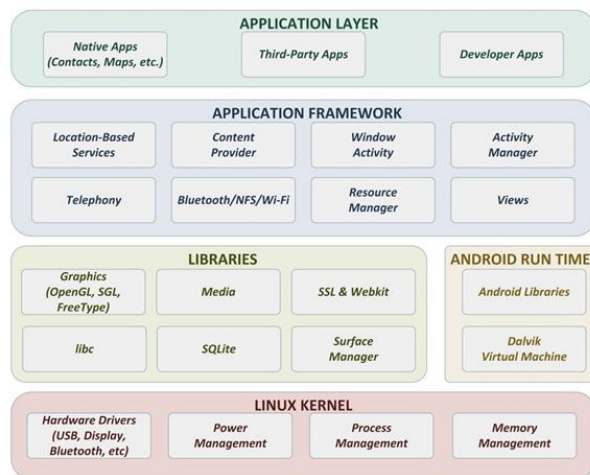
Fizička arhitektura STB uređaja je dosta slična arhitekturi personalnih računara. Razlike između personalnih računara i STB uređaja čine što personalni računari izvršavaju širok spektar programa dok su STB uređaji projektovani da obrade digitalni televizijski signal sa ograničenim brojem aplikacija. Postoje dve arhitekture projektovanja STB uređaja, a to su: Otvorena arhitektura [3] i interoperabilan koncept [4]. Arhitektura STB uređaja se sastoji od: Mrežnog spreznog modula, demodulatora, radne memorije, centralnog procesora, D/A konvertora zvuka i slike, audio i video dekodera, izlazno-ulaznog podsistema i CA modula.

Većina STB uređaja radi na Linux platformi, popularizacijom Android operativnog sistema, danas postoji sve više STB uređaja koji rade na ovoj platformi.

C. Android operativni sistem

Android [5] je operativni sistem zasnovan na adaptiranom Linux operativnom sistemu [6] i prvobitno je bio namenjen uređajima koji podržavaju ARM arhitekturu [7]. Danas je zastupljen na velikom broju uređaja: mobilnim telefonima, satovima, beloj tehnici, personalnim računarima, prenosivim računarima, digitalnim TV prijemnicima (Smart TV), STB uređajima itd. Da bi se omogućio širok spektar uređaja koji rade na Android platformi, bilo je potrebno Android integrisati na MIPS i x86 arhitekturu [8].

Arhitektura Android operativnog sistema može se prikazati kao slojevita struktura sa pet slojeva: Linux jezgro, biblioteke, Android radno okruženje, aplikacioni okvir i sloja aplikacija. Svaki sloj obezbeđuje funkcionalnosti za izvršavanje datih zahteva u sistemu.



Sl. 1. Arhitektura Android operativnog sistema

Servisi [9] predstavljaju komponentu koji rade u pozadini i nemaju direktnu interakciju sa korisnikom putem korisničke sprege. Primarni cilj je izvršavanje zadataka bez potrebe dobijanja instrukcija od strane korisnika. Postoje dve vrste servisa, a to su: sistemski i aplikacioni servisi.

D. 4K rezolucija i UltraHD televizija

4K rezolucija [10] se odnosi na uređaje čiji ekrani imaju horizontalnu rezoluciju veću od 4000 piksela. Ovo predstavlja rezoluciju svih materijala snimljenih u 4K formatu. Danas, postoji više 4K rezolucija na polju digitalne televizije i digitalne kinematografije. 4K rezolucija definisana od strane digitalne filmske inicijative je 4096x2160, dok je u digitalnoj televiziji 4K rezolucija 3840x2160.

UltraHD televizija [11] je digitalna televizija koja ima rezoluciju slike u 4K (3840x2160) i 8K (7680x4320) formatu. Omogućava emitovanje poboljšanog video sadržaja, što znači kvalitetniju sliku i poboljšane detalje u kontrastu slika. Danas, sve više emitera se polako okreće emitovanju 4K sadržaja.

E. Internet protokol televizija – IPTV

IPTV [12] je sistem kroz koji se pružaju usluge za internet televiziju putem mrežne infrastrukture, arhitekture i umrežavanja IP modula. IPTV predstavlja dostignuće iz oblasti primene telekomunikacija u televizijske svrhe. Razvojem telekomunikacija, a pretežno tehnike prenosa, došlo je do mogućnosti da se preko standardnih telefonskih struktura prenosi veliki broj podataka.

Tako je razvijen ADSL, koji je iskorišćen kao IP struktura za prenos IPTV, i otvorena mogućnost prenosa digitalnog televizijskog signala do velikog broja domaćinstva preko telefonske parnice. Da bi primali ovakav signal, u domaćinstvima pored modema treba da bude instaliran i STB uređaj, koji dekoduje video signal i reprodukuje ga u analognj formi. Pored videa, ovaj sistem omogućava pogodnosti koje podržava digitalna televizija: VoD, EPG, snimanje programa itd.

F. OTT (Over-the-top content)

OTT u digitalnoj televiziji predstavlja prenos multimedijalnog sadržaja preko interneta bez posredstva i kontrole pružaoca digitalnog signala. Princip rada podrazumeva prenos podataka putem IP protokola od trećeg lica (pružaoca OTT usluge) preko provajdera digitalnog signala koji nema kontrolu nad datim sadržajem koje treće lice pruža krajnjem korisniku. Samim tim pružalac samo transportuje IP pakete. Neki od takvih pružalaca OTT sadržaja jesu Netflix, Apple TV, Pluto TV i drugi.

G. Hibridni STB uređaj

Hibridni STB uređaj je vrsta STB uređaja koji korisnicima omogućava pristup različitim načinima emitovanja digitalnog signala (zemaljski, kablovski, IPTV ili satelitski). Kao IPTV STB uređaji i hibridni STB imaju mogućnosti koje pruža digitalna televizija kao što su VOD, video unazad, internet aplikacije, elektronski programski vodič, igrice, internet prodavnica itd. Integracijom različitih tokova isporuke signala, hibridni STB omogućuju transnacionalnim televizijskim stanicama fleksibilniju implementaciju aplikacija što samim tim smanjuje troškove pokretanja novih usluga, povećava dostupnost marketingu.

H. HLS protokol

HLS protokol je protokol za emitovanje video sadržaja koji je implementiran od strane kompanije Apple. Radi po sličnom principu kao MPEG-DASH – sadržaj se preuzima korišćenjem HTTP protokola i deli se u male datoteke prenosnog toka dok korisnik može da bira između različitih bitskih brzina. Takođe se koristi standardni MPEG2-TS koji se razbija u delove i koji koristi M3U liste za opis sadržaja koje se ugnježduju, tj svaka bitska brzina ima dalju listu koja definiše tačan spisak elemenata.

I. DVB-C standard

DVB-C je evropski DVB standard za slanje digitalnog signala u kablovskim mrežama. Ovaj sistem za prenos slike i zvuka koristi MPEG-2 ili MPEG-4 uz QAM modulaciju sa kodiranjem kanala.

III. IDEJNO REŠENJE

Kao što je navedeno ovo rešenje se bazira na skupu funkcionalnosti koje pružaju hibridni STB uređaji koji imaju mogućnost reprodukcije i korišćenja OTT sadržaja. Generalna ideja jeste da provajder ne bude ograničen na dostupnost svojih usluga samo u oređenom okruženju (grada ili države), nego su njegove usluge sada dostupne na širim lokacijama (npr. drugim državama, pa čak i kontinentima). Samim tim sa tehničke strane gledano realizovani su mnogi mrežni protokoli da bi OTT hibridni STB uređaj radio. Ako korisnik ima infrastrukturu za kablovsku mrežu dati STB uređaj radi putem koaksijalnog kabla i koristi DVB-C standard za produkciju video sadržaja. U slučaju da korisnik nema razvijenu infrastrukturu potrebnu za kablovsku mrežu, a ima telefonsku infrastrukturu, potrebno je da od poslužitelja ima internet konekciju da bi mogao da koristi hibridni OTT STB kao IPTV STB. Ovim su pokriveni protokoli pomoću kojih

radi IPTV tehnologija[12]. U slučaju da korisnik nema razvijenu kablovsku infrastrukturu, a nema ni internet konekciju od strane poslužitelja već ima neku drugu internet konekciju dati hibridni STB uređaj radi kao IPTV s tim da koristi HLS protokol za reprodukciju medijskog sadržaja.

Sljedeća od ideja jeste omogućavanje pristupa VOD servisima kao i instalacija OTT servisnih aplikacija koje su dostupne putem android prodavnice. Samim tim se javila potreba za zaštitom sadržaja tj dobrom enkripcijom i dekripcijom istog. To znači da korisnik u slučaju snimanja nekog videa, bilo da je to snimak neke emisije uživo ili nekog filma dostupnog iz OTT aplikacije, nije u mogućnosti da taj isti video reprodukuje na nekom drugom uređaju, pa čak ni drugom STB uređaju od istog operatera.

Ovim je obuhvaćen rad hibridnog OTT STB uređaja u svim mrežnim okruženjima a sa druge strane je obezbeđena sigurnost reprodukovano sadržaja.

Što se tiče 4K sadržaja, na ploči se nalazi fizička arhitektura, čija je funkcija da omogući reprodukciju datog sadržaja i koji mora da bude napravljen po standardu za fizičke arhitekture koji omogućavaju reprodukciju 4K formata videa. Programski je odrađeno proširivanje prihvatne memorije zbog UHD kanala, kojima je potreban veća širina opsega.

IV. OPIS REALIZACIJE

Realizovano rešenje je podeljeno na više celina. Da bi se podržale mogućnosti koje pružaju hibridni OTT STB uređaji svaka celina se sastoji iz više modula koji su međusobno povezani i koji imaju funkcionalnosti koje dati modul pruža u datom rešenju. Celine su: realizacija TV funkcionalnosti hibridnog STB uređaja, realizacija VOD servisa i implementacija sigurnosnog modula za reprodukovani sadržaj.

A. Realizacija TV funkcionalnosti hibridnog STB uređaja

Da bi se obezbedila funkcionalnost hibridnog STB uređaja, implementirani su moduli koji omogućavaju reprodukciju video sadržaja. Za pristup preko kablovske mreže implementirani su moduli koji podržavaju DVB-C standarde.

Takođe, za pristup kanalima putem IP-a implementirani su moduli koje podržavaju IPTV standarde. Da bi se obezbedio pristup „van dometa“ implementiran je modul koji reprodukuje sadržaj putem HLS protokola.

Funkcionalnost svih ovih modula je zahtevala implementaciju raznih protokola koji se koriste za date module, http, udp, rtsp itd.

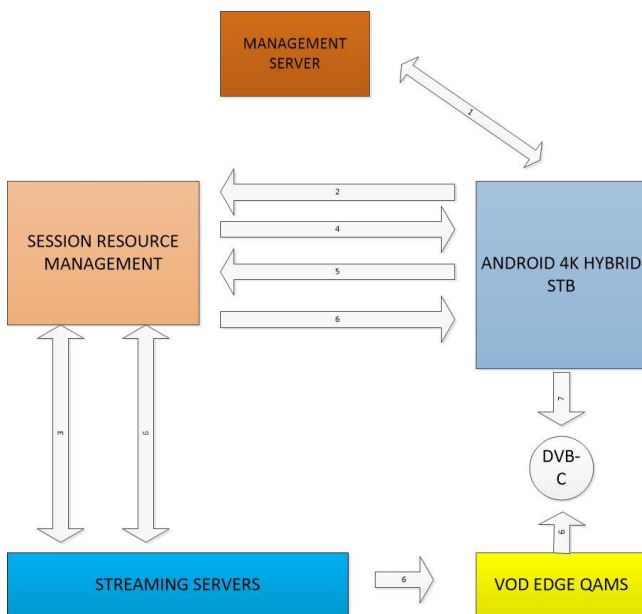
Funkcionalnost modula se testira putem aplikacije LiveTV, koja služi za skeniranje kanala. Naime, pokretanjem ove aplikacije za odredjeni modul se inicijalizuje. Nakon završenog skeniranja sledi čuvanje liste kanala u bazu podataka, koju data LiveTv aplikacija koristi kao listu kanala. Prebacivanjem kanala iz liste startuje se reprodukovani sadržaj.

B. Realizacija VOD servisa

Za potrebe pristupa VOD servisima implementirana su tri modula za pristup datim servisima, a to su pristup servisima

putem DVB-C , pristup pomoću IP-a i pristup pomoću HLS-a. U zavisnosti od mrežne infrastrukture i lokacije korisnika dati zahtevi se šalju putem geolokacije. Na slici 2 je prikazan tok pristupa i produkcije sadržaja VOD-a putem kablovske mreže tj. putem DVB-C, a opis rada je sledeći:

1. Kada korisnik inicira VOD sesiju na STB uređaju, dati uređaj šalje komandu serveru u kojoj traži strimovani URL link. Nakon prijema komande server proverava listu dostupnih url linkova i na osnovu mreže na koju je stb uređaj šalje povratni link u kojem se nalaze parametri za podesavanje RTSP sesije ka SRM –u (Season Resource Management).
2. STB šalje RTSP SETUP komandu ka SRM-u.
3. SRM sistem tada alocira potrebne QAM parametre i inicira RTSP SETUP komandu na serveru za puštanje sadržaja.
4. SRM sistem vraća STB uređaju potrebnu frekvenciju , modulaciju, simbolnu oznaku.. koje su mu potrebne za prebacivanje kanala.
5. STB uređaj šalje komandu RTSP PLAY SRM sistemu
6. SRM Sistem prosleđuje komandu serveru za strimovanje sa podacima koji specijalni UDP port treba da se oslobodi za inicirani VOD zahtev i startuje se strimovanje. Kada sadržaj stigne u edgeqam startuje isti na zadatom QAM-u
7. STB se zapuše na zadate parametre i time startuje VOD.



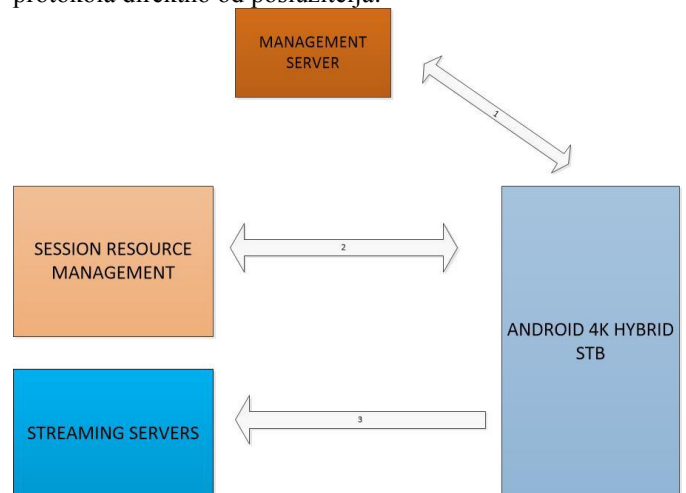
Sl. 2 VOD preko DVB-C

Da bi se inicirao VOD preko IP bilo je neophodno obezbediti preusmeravanje RTSP protokola. Ovaj modul je jednostavniji od prethodnog modula. Na slici 3 je prikazana i objašnjena realizacija ovog modula.

1. Kao i u prethodnom modulu , prilikom iniciranja VOD-a šalje se komanda serveru u kojoj traži reprodukovani link, gdje nakon prijema komande i obrade lokacije, poslužitelj vraća url link sa adresom za konekciju.

2. STB se pokušava nakačiti na Cluster SRM server gde bude preusmeren na server sa specifičnim sadržajem.

3. Nakon toga STB inicira RTSP Setup komandu na striming serveru i pokreće se strimovanje korišćenjem UDP unicast protokola direktno od poslužitelja.



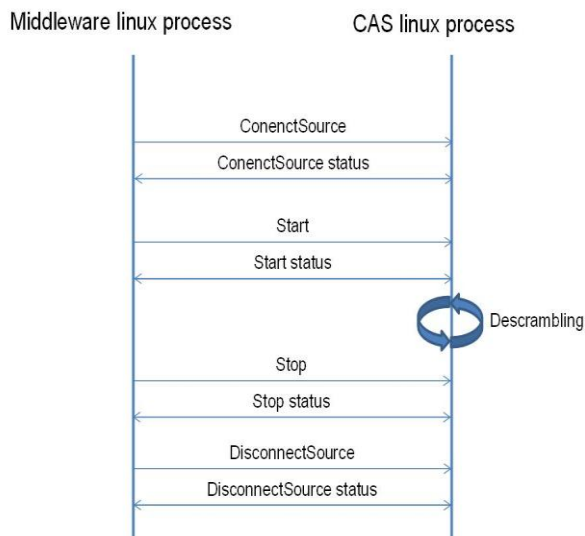
Sl. 3 VOD preko IP

Da bi korisnik mogao pristupiti VOD sadržaju iako nije u infrastrukturnom okruženju poslužitelja, koristi se modul za pristup zasnovan na HLS protokolu. Ovaj modul je dosta sličan prethodnom modulu sa IP protokolom, s tim što ovaj modul koristi Verimatrix zaštitu sadržaja i konekcija ka poslužitelju je preko http protokola.

C. Realizacija zaštite reprodukovanog sadržaja

Omogućavanjem pristupa OTT aplikacijama i VOD servisu, bilo je potrebno obezbediti adekvatnu zaštitu datog sadržaja radi dalje distribucije. Ovaj modul obezbeđuje datu zaštitu putem CA (Conditional Access) servisa, koji vrši enkripciju i dekripciju sadržaja kao i deskremblovanje datog kanala. Ovaj proces se pokreće startovanjem STB uređaja. Prilikom prebacivanja na neki zaštićen kanal ovaj proces počinje sa deskremblovanje kanala. Na slici 4 je prikazan primer procesa deskremblovanja.

Zap sequence example



Sl. 4 Primer dešifrovanja

Pri startovanju STB uređaja pokreću se oba procesa koji imaju međusobnu komunikaciju. Prilikom dešifrovanja proces srednjeg sloja šalje zahtev za konekciju CAS (conditional access service) procesu, koji vraća status konekcije. U slučaju uspešne konekcije proces srednjeg sloja šalje zahtev za startovanje deskremblinga čime CAS proces startuje dešifrovanje i vraća status da je proces u toku. Isti mehanizam je i za stopiranje, tada mw proces šalje zahtjev za stopiranje i u slučaju pozitivnog odgovora od strane CAS procesa, proces i CAS proces prestaju sa komunikacijom, tj prekidaju međusobnu konekciju.

V. ZAKLJUČAK

Prikazano rešenje daje mogućnost korišćenja hibridnog OTT STB uređaja gde god se korisnik nalazio. U ovom radu je dat prikaz korišćenja svih mrežnih protokola koji se koriste u digitalnoj televiziji. Takođe, dat je prikaz implementacije VOD servisa kao i realizacija zaštite reprodukovanog sadržaja. Rešenje je dalo mogućnost operatorima korišćenje usluga bez kako mrežnih tako i lokacijskih ograničenja, tj dati korisnik može u bilo kom trenutku na bilo kojoj lokaciji da koristi usluge operatera. Time su prevaziđene dosadašnje prepreke gde su operateri bili oganičeni u pružanju svojih usluga korisnicima. Opisano rešenje radi na poslednjoj (v.7) verziji Android sistema čime se korisnicima pružaju mogućnosti koji dati sistem omogućava i ima mogućnost reprodukcije 4K video sadržaja.

Dalji razvoj podrazumeva integraciju poslednjih inovacija na polju digitalne televizije, kao što su proširenje za 8K rezoluciju, kao i podržavanje DVB-T I DVB-S.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, projekat TR32031.

LITERATURA

- [1] Pekowsky, S.; Jaeger, R., "The set-top box as "multi-media terminal", " Consumer Electronics, IEEE Transactions on , vol.44, no.3, pp.833,840, Aug 1998
- [2] Datta T., "Digital Coverage: the Set Top Box and Its Digital Interface," White paper,Enthink, July 1998
- [3] Open architecture set-top box, WO2002017638 A, William A Ruhnke, 21.02.2002, <http://www.google.com/patents/WO2002017638A1?cl=en>
- [4] Interoperability of set top box through smart card, WO2010119453 A2, K. Sridhara, P. V. Acharya, Dutta Pallab, Ravichandran Bharat, 21.10.2010, <http://www.google.com/patents/WO2010119453A2?cl=en>
- [5] Openhandset Alliance. Android overview, URL http://www.openhandsetalliance.com/android_overview.html
- [6] Understanding the Linux Kernel, Third Edition, Daniel P. Bovet, Marco Cesati, O'Reilly Media; 3 edition, November 2005
- [7] Professional Embedded ARM Development, James A. Langbridge, March 10, 2014
- [8] Android on x86: An Introduction to Optimizing for Intel Architecture, Iggy Krajci Darren Cummings, Apress; 1 edition, December 26, 2013
- [9] Android services, <http://developer.android.com/guide/components/services.html>
- [10] 4K, <http://www.dr-lex.be/info-stuff/ultrahighdef.html>
- [11] Beyond HDTV Technology, S.Kunic, Z.Sego, Zadar, 2013
- [12] Understanding IPTV, Gilbert Held, 2006

ABSTRACT

This paper presents one solution implementations Android 4K hybrid OTT STB. The aim of this work is the expansion possibilities offered by OTT and hybrid STB devices into one unit as well as the ability to play video content in high resolution. This solution implemented modules that have garnered the functionality of digital television and is based on existing standards the same as the standards for communication.

Implementation of 4K hybrid OTT STB devices

Radovan Marković, Darko Dejanović, Sreten Tanacković, Milan Ačanski, Ilija Bašičević, Member, IEEE