

Simulacioni modeli kodovanog paketskog prenosa podataka u DVB-H sistemu

Nenad Kraguljac, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad

Sadržaj — Ovaj rad proučava predložene simulacione modele kodovanog paketskog prenosa podataka od servera do velikog broja mobilnih (*handheld*) prijemnika u DVB-H (*Digital Video Broadcasting - Handheld*) sistemu. Objašnjene su dve varijante modelovanja paketskog kanala između servera i prijemnika i način njihove realizacije: *Run-Length* Markovljev model kanala sa četiri stanja i statistički model kanala. Motivacija za ovaj rad je u proučavanju i potencijalnom unapređenju modela DVB-H paketskog kanala koji bi mogli da se koriste u analizi performansi prenosa zaštitno kodovanih IP podataka. Kao rezultat implementacije paketskih DVB-H modela kanala data je njihova primena u simulacionom modelu prenosa IP paketa upotrebom danas popularnih zaštitnih kodova: Raptor i LDPC kodova.

Ključne reči — DVB-H, LDPC kodovi, modelovanje paketskog kanala, Raptor kodovi.

I. UVOD

Osnovni cilj modernih telekomunikacija jeste razvoj i unapređenje bežičnog široko-pojasnog komunikacionog sistema. Primer jednog takvog sistema je DVB-H (*Digital Video Broadcasting - Handheld*) sistem [1], namenjen širokopojasnoj distribuciji velike količine podataka od centralnog servera u IP mreži, preko predajnika koji pokrivaju velika geografska područja, do velikog broja prijemnika koji učestvuju u *broadcast* prijemu. Za jedan takav sistem potrebno je obezbediti mnogo više nego što su prethodni sistemi zahtevali, u smislu potrebnog protoka u bežičnim vezama, efikasnosti rada mobilnog prijemnika sa ograničenim mogućnostima baterije i efikasne implementacije SFN (*Single Frequency Network*) mreže velikog pokrivanja. Zajedničko za sve navedene zahteve jeste da obezbede efikasnu mrežu implementaciju i prenos podataka do korisnika i u 'teškim' uslovima., npr. kada se prijemnik nalazi u 'senci'. DVB-H sistem je baziran na DVB-T standardima. U takvim uslovima, prijemnik često nije u stanju da ispravno prihvati sve poslate IP pakete, tako da pouzdano rešenje za njihov prenos predstavlja značajan problem. Obzirom da se radi o masovnom *broadcast* sistemu, mehanizmi koji uključuju zahteve za retransmisijom (ARQ – *Automatic Repeat reQuest*) od strane prijemnika nisu primenjivi zbog potencijalnih

'erupcija' broja takvih poruka. Stoga se u DVB-H sistemu (i u nekim drugim bežičnim *broadcast* sistemima, npr. MBMS servisu u okviru 3G-UMTS sistema) pribegava upotrebi zaštitnog kodovanja (FEC – *Forward Error Correction*).

Ovaj rad opisuje načine modelovanja paketskog kanala prenosa IP paketa u DVB-H mreži. Modeli paketskih kanala treba da nam posluže za generisanje realističnih uslova prenosa IP paketa, gde će model koji je opisan svojim statističkim parametrima kao rezultat dati sekvence koje opisuju proces pristizanja IP paketa na prijemnik. Takvu sekvencu najčešće jednostavno opisujemo kao niz jedinica i nula, gde jedinica znači pouzdano primljen IP paket, a nula njegov gubitak. Osnovni problem je verno generisanje ove sekvence koja odgovara statistici kanala u realnim uslovima. Modeli kanala parametrizovani su odnosom signal/šum na fizičkom nivou iz očiglednog razloga, što stanje na fizičkom nivou prenosa direktno utiče na kvalitet prenosa IP paketa između serverske aplikacije na predaji i aplikacija koje primaju IP podatke na prijemu.

Rad je organizovan u četiri poglavlja. U poglavlju II opisan je DVB-H sistem i njegovi glavni elementi: emitovanje u vremenskim podintervalima na fizičkom nivou (*time-slicing* tehnika koja predstavlja modifikaciju u odnosu na DVB-T sistem) i pakovanje u frejmove ili MPE (*Multi-Protocol Encapsulation*) na nivou linka. Primer korišćenja jednog takvog sistema dat je u istom poglavlju. U trećem poglavlju opisani su u literaturi predloženi modeli paketskih DVB-H kanala. Sa posebnim osvrtom opisan je *Run-Length* Markovljev model sa četiri stanja u poglavlju III A i detalji realizacije ovoga modela. Takođe, Statistički model paketskog kanala opisan je u poglavlju III B, gde je utvrđeno da je ovaj model nešto boljih karakteristika, te je stoga korišćen u daljim simulacijama. Primer simulacionog modela paketskog prenosa podataka u DVB-H mreži i rezultati simulacija upotrebom (DF - *Digital Fountain*) Raptor kodova i LDPC kodova dati su u poglavlju IV. Rad je dovršen uz odgovarajuće zaključke u poglavlju V.

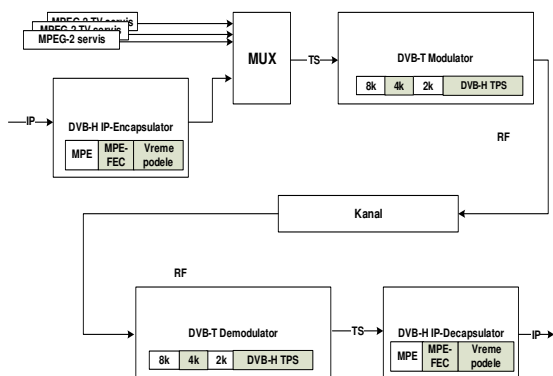
II. DVB-H SISTEM

DVB-H sistem predstavlja novu mrežnu tehnologiju u svetu mobilnih komunikacija, praćenu pojavom novih mobilnih uređaja koji imaju mogućnost selekcije nekog DVB-H izvora (npr. mobilni telefoni treće generacije). Korisnicima ovih usluga je omogućeno da na svojim handheld uređajima primaju bogate multi-medijalne

Nenad Kraguljac, student (mentor: Vojin Šenk) Fakultet Tehničkih Nauka, Departman za Energetiku, Elektroniku i Telekomunikacije, Trg D. Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija.

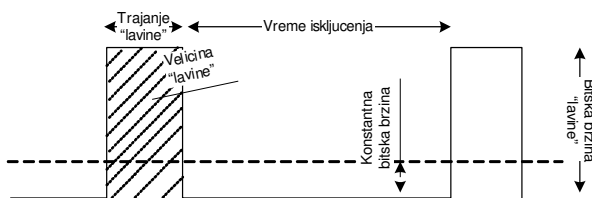
sadržaje sa različitih predajnika, kao i da na njima gledaju TV kanale sa visokim kvalitetom slike. DVB-H sistem je baziran na svom prethodniku, već postojećem DVB-T sistemu. Imaju slične osobine, ali je DVB-H namenjen za mobilnu televiziju.

Najbitnije tehničke promene DVB-H na link nivou u odnosu na DVB-T su emitovanje u vremenskim podintervalima (*time slicing*) i zaštitno kodovanje (FEC - *Forward Error Correction*). Jedan takav sistem prikazan je na Sl. 1. Novi elementi koji su karakteristični samo za DVB-H sisteme, nalaze se u zatamljenim blokovima.



Sl. 1. Opis korišćenja DVB-H sistema

Kombinacija pakovanja u frejmove ili MPE i zaštitnog kodovanja ili MPE-FEC je definisana na nivou voda podataka radi bolje tolerancije radio interferencije i Doplerovog efekta u nekim urbanizovanim sredinama.



Sl. 2. Prikaz načina na koji radi vremenska podela

Emitovanje u vremenskim intervalima (*time slicing*) se koristi zajedno sa MPE-FEC da bi se omogućilo efikasnije korišćenje baterije mobilnog prijemnika, koja ima ograničeno vreme trajanja. To podrazumeva da se mobilni prijemnik isključuje u trenutcima kada ne prima podatke i na tako čuva snagu baterije. Primer rada je dat na Sl. 2. Tako se umanjuje potrošnja snage, jer prijemnik dekoduje i demoduliše samo deo od interesa. Za vreme trajanja 'levine' prijemnik prima veliku količinu paketa, a to je moguće, jer su MPE sekcije slane sa visokom bitskom brzinom, a ne sa konstantnom bitskom brzinom. Tokom vremena isključenja nema prenosa, što omogućava prijemniku da se isključi i čuva snagu baterije. Emitovanje u vremenskim podintervalima i MPE-FEC su znatno detaljnije opisani u [3] i [4].

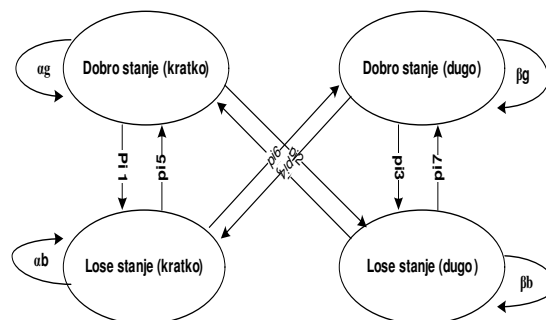
III. MODELI KANALA

U literaturi danas pronalazio brojne različite modele kanala paketskog prenosa sa gubicima: Markovljev model sa dva stanja opisan u [5]; *Run Length* Markovljev model sa četiri stanja; Statistički model, i drugi paketski modeli kanala. Svaki od načina modelovanja ima svoje prednosti, što je opisano u [6]. Svi nabrojani modeli mogu se koristiti za modelovanje DVB-H sistema. Uobičajeno se od modela kanala očekuje da verno reprodukuje sekvencu ispravnih i neispravno primljenih paketa pri prenosu, pri čemu se ispravno primljen paket obično predstavlja binarnom jedinicom, a neispravno primljen ili izgubljen, binarnom nulom. Drugim rečima, izlaz modela kanala je binarna sekvencija koja opisuje protok paketa preko kanala. U delu III A opisan je *Run-length* Markovljev model sa četiri stanja, a u delu III B statistički model. Zbog nešto manje vernosti izlaza *Run Length* Markovljevog modela sa četiri stanja, simulacije u delu IV su prikazane samo za statistički model. Simulacije *Run Length* modela sa četiri stanja u mobilnim i ad-hoc mrežama prikazane su u [6].

A. *Run-Length* Markovljev model sa četiri stanja

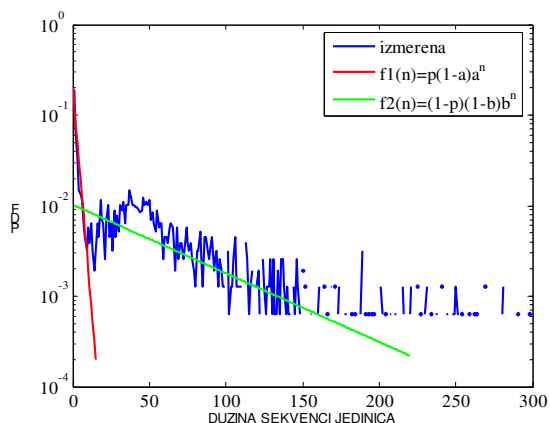
Osnovna ideja *Run-Length* modela sa četiri stanja, jeste modelovati funkcije raspodele verovatnoća dužina uzastopne pojave stanja ispravnog prenosa paketa (dobrih stanja) i neispravnog prenosa ili gubitka paketa (loših stanja). *Run-Length* Markovljev model sa četiri stanja su opisan je detaljno u [6].

Dijagram stanja prikazan je na Sl. 4.

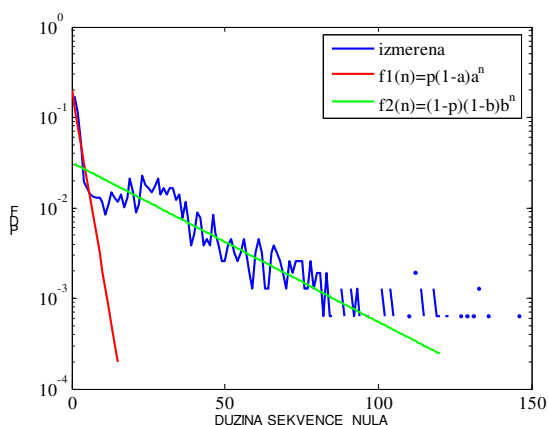


Sl. 4. Dijagram stanja *Run-Length* modela sa četiri stanja

Sl. 5. i Sl. 6. prikazuju način određivanja parametara (α, β) koji su potrebni za realizaciju *Run-Length* modela sa četiri stanja. Parametar α predstavlja nagib strmije prave, u domenu manjih dužina ponavljanja stanja, a β predstavlja nagib položenije prave, u domenu većih dužina. Osnovna ideja je, kao što je jasno sa slika, aproksimirati date funkcije raspodele verovatnoća linearnim funkcijama. Nakon dobijanja ovih parametara, generisanje binarnih sekvenci koje opisuju proces prenosa paketa dobija se realizacijom ovog jednostavnog linearizovanog modela.



Sl. 5. Aproximacija funkcije raspodele verovatnoća dužine niza ispravnog prenosa linearnim funkcijama (O_PDF)

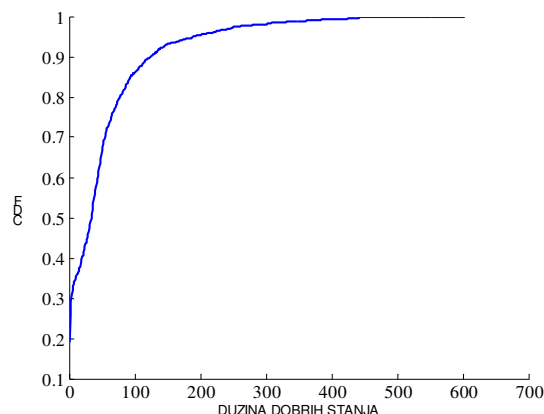


Sl. 6. Aproximacija funkcije raspodele verovatnoća dužine niza pogrešnog prenosa linearnim funkcijama (Z_PDF)

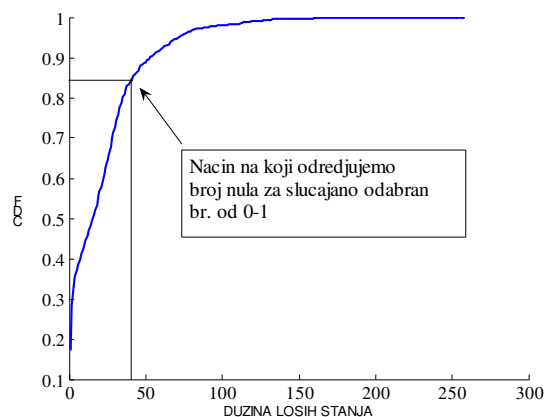
B. Statistički model

Ovaj model predstavlja kompromis između MTA (*Markov based trace analysis*) algoritama, opisanih u [8] i korišćenja izmerenih nizova prenosa paketa u realnom sistemu (*error traces*) direktno. Kumulativna raspodela verovatnoća (CDF - *Cumulative Distribution Function*) se jednostavnim sumiranjem dobija iz funkcije raspodele verovatnoća raspodele verovatnoća (PDF - *Probability Density Function*). Primer CDF funkcije prikazan je na Sl. 7, gde je prikazan CDF dobijen direktno iz PDF funkcije prikazane na Sl. 5. Nakon generisanja CDF funkcije, algoritam za određivanje dužine sekvenci dobrih i loših stanja, odnosno dužine sekvenci jedinica i nula, je veoma jednostavan. Naime, prvo se iz intervala [0,1] uniformno izabere slučajna vrednost. Dobijena vrednost jeste vrednost CDF funkcije koja se primenom inverznog CDF preslikavanja pretvara u dužinu sekvence dobrih ili loših stanja. Dakle, naizmeničnim odabiranjem CDF funkcije koja odgovara dužini sekvence dobrih stanja i CDF funkcije koja odgovara dužini sekvence loših stanja dobijamo niz jedinica i nula koji je statistički veoma sličan

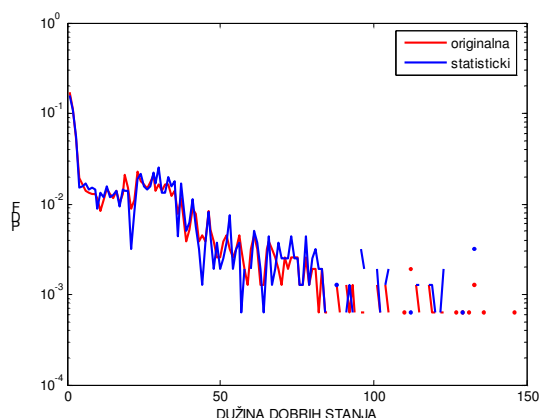
originalnom. Ovaj postupak prikazan je na Sl. 8.



Sl. 7. Kumulativna funkcija raspodele verovatnoća dužine niza ispravnog prenosa (O_CDF)



Sl. 8. Prikazuje način određivanja dužine sekvence loših stanja



Sl. 9. Poređenje izmerene sekvence sa sekvencom dobijenom upotrebom statističkog modela

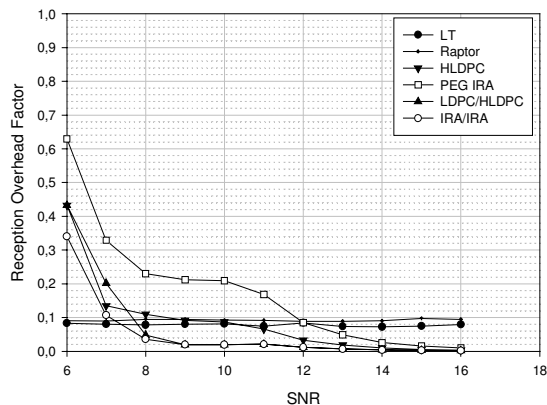
Slika 9 dobijena je programskim paketom Matlab. Originalna sekvenca dobijena je merenjem u realnom DVB-H sistemu (izvor: Test DVB-H mreža Univerziteta

Zurku, Finska) i na osnovu nje su modelovani i upoređeni različiti modeli kanala. Na osnovu niza nula i jedinica originalne sekvence dobijena je odgovarajuća PDF funkcija (plavom bojom). Nakon upotrebe statističkog modela kanala, generiše se simulirani niz nula i jedinica na osnovu kojeg se generiše nova, simulirana, PDF funkcija (prikazano crvenom bojom). Dobijene PDF funkcije (originalna i simulirana) su prikazane na istom grafiku kako bi se lakše upoređili dobijeni rezultati.

Na slici 9 se vidi da postoje određena odstupanja koja ima ovaj statistički model. Kako su ta odstupanja prilično mala može se zaključiti da se statistički model kanala dobro uklapa u prikaz stanja realnog DVB-H sistema.

IV. PRIMER SIMULACIJE DVB-H KODOVANOG PRENOSA

Osnovni cilj ovog rada jeste primena modela paketskih kanala na simulacije kodovanog prenosa paketa u DVB-H sistemu. Jedan od sve popularnijih metoda FEC korekcije grešaka u sistemima gde dolazi do gubitaka paketa u prenosu je upotrebom FEC mehanizama na aplikacionom nivo (AL-FEC). AL-FEC se softverski implementira na serveru koji distribuira podatke i koduju se celokupni paketi, npr. IP paketi, kao ulazni simboli u proces kodovanja i na osnovu njih se dobijaju simboli kodne reči, koji su opet IP paketi. Svaki prijemnik treba da skuplja kodovane IP pakete i onog momenta kada je dovoljno njih prisutno u memoriji prijemnika, da primeni efikasan postupak iterativnog dekodovanja kako bi povratio originalni sadržaj IP paketa. Najdalje u ovom konceptu odmakli su kodovi iz klase danas poznate pod nazivom *Digital Fountain (DF)* kodovi, ali i neke druge klase kodova nad retkim grafovima, kao npr. LDPC kodovi (kodovi sa retkim matricama provere parnosti) se mogu veoma uspešno koristiti. Sl. 10 prikazuje simulacione rezultate dobijene upotrebom raznih kodova i kodova baziranih na retkim grafovima simuliranih upotrebom simulatora kanala opisanih u ovom radu. DVB-H kanal modelovan je za razne odnose signal-šum na fizičkom nivou. Mereni rezultati pokazuju višak kodovanih paketa, u odnosu na broj originalnih paketa, koje je u proseku potrebno primiti za svaku klasu AL-FEC kodova kako bi originalan sadržaj bio u potpunosti rekonstruisan.



Sl. 10. Primeri simulacionih rezultata kodovanog prenosa paketa upotrebom opisanih modela kanala u DVB-H

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je implementacija popularnih modela paketskih kanala koji opisuju proces gubitaka paketa podataka pri prenosu od servera do korisnika sistema. Ovi modeli su od velike važnosti za danas popularne IP bazirane sisteme, gde mogu poslužiti za modelovanje gubitaka IP datagrama pri prenosu. Upravo takva jedna primena, masovni prenos IP podataka od DVB-H servera, preko bežičnog *broadcast* DVB-H sistema, ka mobilnim korisnicima, opisana je detaljno u ovom radu.

LITERATURA

- [1] ETSI, "Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)", European Telecommunication Standard, EN 302-304, November 2004.
- [2] ETSI, "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, channel coding, and modulation for digital terrestrial television", European Telecommunication Standard, EN 300-744, January 2004.
- [3] J. M. Kornfeld and U. Reimers, "DVB-H, the emerging standard for mobile data communication", *EBU Technical Review*, (2005-01).
- [4] G. Faria, J. A. Henriksson, E. Stare, P. Talmola, "DVB-H: Digital Broadcast Services to Handheld Devices", *Proceedings of the IEEE*, vol. 94, No. 1, January 2006.
- [5] J. McDougall, S. Miller, "Sensitivity of Wireless Network Simulations to a Two-State Markov Model Channel Approximation", *Proc. Globecom '03*, San Francisco, California, 2003, 697-701.
- [6] J. McDougall, J. Joseph, Y. Yi, S. Miller, "An Improved Channel Model for Mobile and Ad Hoc Network Simulations", *Proc. CIIT '04*, St. Thomas, US Virgin Islands, 2004.
- [7] A. Konrad, B. Y. Zhao, A. D. Joseph, R. Ludwig, "A Markov-based channel model algorithm for wireless networks", *Wireless Networks* 9(3), Kluwer Academic, New York, 2003, 189-199.
- [8] J. Poikonen, J. Paavola, "Error Models for the Transport Stream Packet Channel in the DVB-H Link Layer", *Proc. ICC 2006*, Istanbul, Turkey, 2006.

Abstract- This paper reviews various simulation models for coded data transmission from server to numerous handheld receivers in DVB-H (Digital Video Broadcasting-Handheld) system. Two server-user packet channel models and their realisations: Four State Run Length Markov model and Statistical model, are explained in detail in this paper. Motivation for this work is research and potential improvement of the suggested DVB-H channel models which can be used in performance analysis of transport of FEC coded IP data. As result of implementation of DVB-H channel models, we give their application in simulation scenarios that model coded transmission of IP data using currently very popular FEC codes: Raptor and LDPC codes.

**Simulation model of coded packet data transmission
in DVB-H**
Nenad Kraguljac