

Realizacija prenosa Svetskog prvenstva u fudbalu preko Internet striminga

Ivan V. Krasnjuk, RTS, Nikola B. Stanić, BeotelNet-ISP DOO, Mirjana V. Cvijović, RTS

Sadržaj — U radu je opisan realizovani *unicast* Internet striming, za potrebe prenosa Svetskog prvenstva u fudbalu 2010 FIFA World Cup South Africa. Prikazan je tok signala od početka preuzimanja video/audio sadržaja preko satelita i striminga signala preko IP računarske mreže Radio Televizije Srbije (RTS) i BeotelNet-ISP DOO, do krajnjih korisnika na teritoriji Republike Srbije. Izmerena je prenosna karakteristika lanca uređaja za standardno emitovanje TV signala do ulaska u enkoder. Rezultati merenja su prikazani grafički. Izvršena je analiza kvaliteta signala koji je bio dostupan krajnjim korisnicima. Na osnovu realizovanog projekta predloženo je poboljšanje kvaliteta emitovanog signala preko IP računarske mreže.

Ključne reči — striming, video, audio, enkoder, server, računarska mreža, IP.

I. UVOD

IMPLEMENTACIJOM novih tehnologija u sistem RTS, stekli su se uslovi za realizaciju prenosa različitih televizijskih sadržaja putem striminga. Razvojem algoritama za kompresiju, uređaja za skladištenje podataka i računarskih mreža velikih brzina prenosa podataka omogućeno je pružanje multimedijalnih servisa u realnom vremenu preko Interneta.

Striming tehnologija omogućava pristup audio, video i multimedijalnom sadržaju preko Interneta u realnom vremenu ili na zahtev korisnika. Pod prenosom događaja u realnom vremenu (*live streaming*) podrazumeva se prenos svih audio/video signala koji se trenutno generišu. VoD (*Video on Demand*) ili video na zahtev podrazumeva distribuciju već pripremljenog i obrađenog audio/video signala po zahtevu korisnika. Osnovni princip striming tehnologije je da podeli video/audio sadržaj na delove, transmituje te delove uzastopno i omogući prijemniku da dekoduje i reprodukuje sadržaj kako delovi pristižu. Pripremu video/audio sadržaja iz same distribucije TV stanice za računarsku mrežu rade enkoderi i striming serveri u saradnji sa klijentskim aplikacijama (*player*) na strani korisnika tj. gledalaca.

Ivan V. Krasnjuk, Radio Televizija Srbije, Takovska 10, 11000 Beograd, Srbija (telefon: 381-64-8611202, e-mail: i.krasnjuk@rts.rs)

Nikola B. Stanić, BeotelNet-ISP DOO, Kumodraška 241, 11000 Beograd, Srbija (telefon: 381-11-3955166, e-mail: nikola.stanic@isp.beotel.net)

Mirjana V. Cvijović, Radio Televizija Srbije, Takovska 10, 11000 Beograd, Srbija; (e-mail: mirjana.cvijovic@rts.rs)

Klijentska aplikacija može da počne sa puštanjem sadržaja čim se primi dovoljna količina podataka bez potrebe čekanja da stigne ceo fajl. Striming tehnologija bazira se na korišćenju specijalizovanih Internet protokola kao i komunikacionih tehnika između servera i klijenta (*Quality of Service*), koje omogućavaju sinhronizovani prenos video/audio sadržaja u realnom vremenu.

Protokoli koji su direktno vezani za striming preko Interneta mogu da se klasifikuju u sledeće kategorije [1]:

- 1) Protokol na mrežnom sloju (*network-layer protocol*) koji obezbeđuje osnovne servise na mreži kao što je mrežno adresiranje.
- 2) Transportni protokoli (*transport protocol*) obezbeđuju transportne funkcije za prenos striming aplikacija sa jednog na drugi kraj mreže. Transportni protokoli uključuju *TCP*, *UDP*, transportni protokol za prenos u realnom vremenu (*RTP*), kontrolni protokol za prenos u realnom vremenu (*RTCP*).
- 3) Protokoli za kontrolu sesije (*session control protocol*) *Real-Time Streaming Protocol (RTSP)* i *Session Initiation Protocol (SIP)*, definišu poruke i procedure za kontrolu prenosa multimedijalnih podataka tokom uspostavljanja sesije.

Video striming tehnologija je zahtevna tehnika prenosa u okviru Internet distribucije na čiji kvalitet utiču različiti faktori kao što su propusni opseg, kašnjenje, *jitter* i gubitak paketa prilikom prenosa. Kako su audio i video vremenski zavisni medijumi i budući da želimo da ih reprodukujemo bez smetnji, paketi sadržaja koji se prenosi moraju da stižu na vreme i bez grešaka.

Rad je organizovan u šest celina. Posle uvodnog upoznavanja sa osnovama striming tehnologije, u delu II je opisan lanac uređaja za prenos video/audio sadržaja i konfiguracija enkoding profila. U III delu je opisana uloga i konfiguracija striming servera, a u IV delu realizacija celokupnog projekta preko računarske mreže. Rezultati merenja i analiza kvaliteta signala prikazani su u delu V, a zaključak i predlozi za naredne implementacije u delu VI.

II. REALIZACIJA STRIMINGA U OKVIRU RTS-A

Cilj svake *broadcast* kompanije jeste da obezbedi produkciju i prenos signala za emitovanje zadovoljavajućeg kvaliteta. Lanac uređaja koji učestvuje u produkciji i prenosu signala projektuje se tako da može da zadovolji sve potrebe produkcije i prenosa, a da istovremeno izobličenja signala budu minimalna. U ovom radu predstavljen je lanac uređaja koji omogućava prenos televizijskog signala za emitovanje, od satelitskog

prijemnika do enkodera (RTS). Na slici 1 je prikazana blok šema koja opisuje lanac uređaja kroz koje signal prolazi pre ulaska u enkoder.

Budući da video/audio materijal zahteva veliki propusni opseg, sadržaj se prvo komprimuje putem algoritama za video i audio kompresiju, da bi se postigla veća efikasnost iskorišćenja propusnog opsega prilikom prenosa.

U enkoderu se originalna video/audio sekvenca komprimuje odgovarajućim algoritmom u određeni format, koji se dalje prosleđuje do dekodera da bi se rekonstruisao. Proces enkodovanja nije standardizovan i enkoder mora da proizvodi sintaksno tačan bit-stream koji se može pravilno dekodirati kompatibilnim dekoderom.

Prilikom konfigurisanja *encoding* profila korišćeni su parametri dati u tabeli 1.

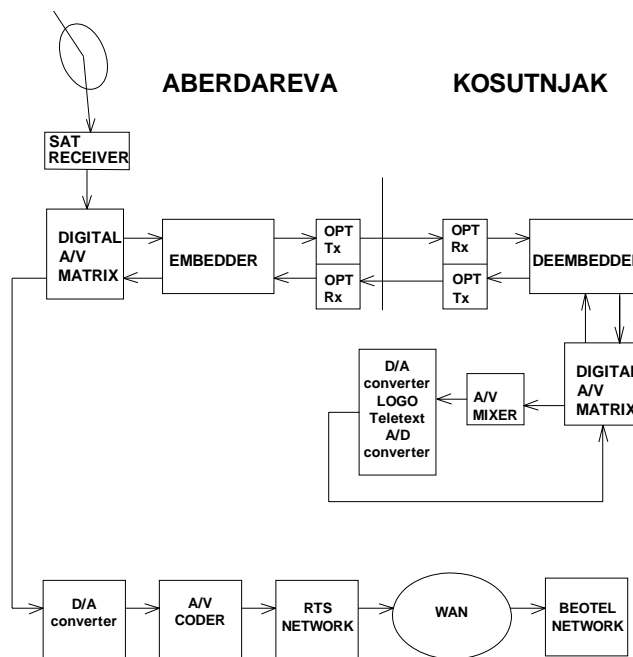
WMV (*Windows Media Video*) format kao standard za prenos Internet striminga podrazumeva format slike u rezoluciji 384x288, *bit rate* 273Kbps za video, format slike 4:3, 25 fps i audio signal 32Kbps sa frekv. 32KHz stereo. Ukupni kapacitet za celokupan video strim zajedno sa *overhead*-om iznosi 314Kbps [6]. Izabrani protok od 410Kbps, zadovoljio je zahtev za realizacijom video striminga, a ujedno omogućio dobijanje bogatije slike od gore navedenih standarda.

TABELA 1: PARAMETRI ENKODING PROFILA U OKVIRU WINDOWS MEDIA ENCODER 9

Naziv	Opis
Uređaj	A/V Capture Card
Video Format	WMV
Frame rate	25
Ulazna rezolucija	720x576
Izlazna rezolucija	720x576
Video bit rate	410 Kbps
Audio Format	WMA, stereo
Frekv. odabiranja	32KHz
Audio bit rate	32 Kbps
overhead	9 Kbps
Total bit rate	451 Kbps

Dobitak u kvalitetu slike oglada se u detaljima pokretne slike prilikom emitovanja sadržaja, gde se primetno smanjuje efekat artefakta kao i same pikselizacije slike usled brzih pokreta u odnosu na standardno definisan *Windows Media* enkoding profil.

WMA (*Windows Media Audio*) format protoka 32 Kbps omogućava prenos signala govora zadovoljavajućeg kvaliteta [7]. Gornja granična frekvencija signala govora je 4 kHz (frekvencija odabiranja 8 kHz), pa je navedeni protok sasvim dovoljan za prenos signala govora i ambijentalnog zvuka, što je u slučaju *2010 FIFA World Cup South Africa*, bio isključivo zvuk vuvuzele.



Slika 1. Blok šema distribucije signala

III. REALIZACIJA STRIMINGA U OKVIRU BEOTELNET-ISP

Striming serveri imaju vodeću ulogu u obezbeđivanju striming servisa. Striming server se sastoji od sledeća tri podsistema [1]:

- 1) Komunikator: obuhvata aplikativni sloj i transportne protokole koji su instalirani na serveru. Zahvaljujući komunikatoru klijenti mogu da komuniciraju sa serverom i da preuzimaju željeni sadržaj na sinhron i kontinualan način.
- 2) Operativni sistem: operativni sistem za striming servere mora da zadovolji *real-time* zahteve za striming aplikacije.
- 3) Sistem za skladištenje podataka: mora da podrži zahtev za kontinualnim skladištenjem i preuzimanjem multimedijalnih sadržaja.

Striming serveri moraju da podrže određene kontrolne operacije (*stop, pause/resume, fast forward, fast backward...*), kao i adekvatne formate striminga koje im enkoder distribuira (WMA, WMV, FLV, H.264, MP3, AAC ...). Serveri imaju zadatak i da sinhronizuju prijem paketa od strane enkodera, skladište dati materijal i distribuiraju ga dalje korisnicima. Striming serveri poseduju napredne servise kao što su: AAA (*Authentication, Authorization, Accounting*), *geo-blocking, loadbalancing*, limitiranje broja korisnika, limitiranje ukupnog saobraćaja i niz drugih mogućnosti.

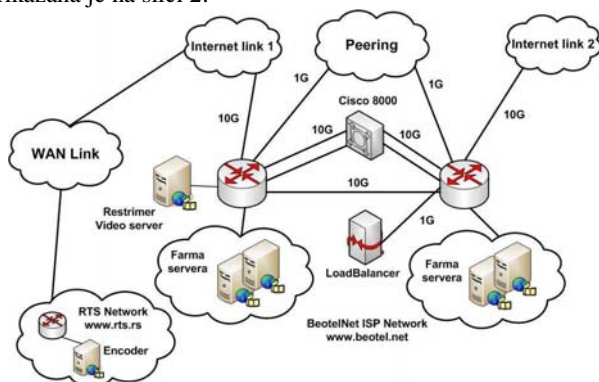
Za dati događaj korišćeni su specijalizovani hardverski serveri proizvođača IBM iz serije *System x*, sa *QuadCore Intel* procesorima, 8GB RAM-a i *Windows Server 2008* OS platformom koja u sebi sadrži *Windows Media Server* i gigabitnim *Ethernet* karticama. Gubitak paketa kod MMS (*Microsoft Media Server*) striminga kompenzuje se kroz

TCP protokol, gde svaki izgubljeni paket biva ponovljen od strane servera ka klijentu. Kompenzacija izgubljenih paketa zavisi od veličine *buffer*-a na strani klijenta, koja iznosi oko 5 sekundi. U slučaju da se ne izvrši u ovom vremenskom intervalu dolazi do pojave pikselizacije, privremenog zamrzavanja slike ili totalnog prekida strima.

Gubitak paketa usled zagušenja na računarskoj mreži rešen je implementacijom *QoS*-a u okviru celokupne BeotelNet i RTS mreže uz pomoć specijalizovanih mrežnih uređaja Cisco SCE (*Service Control Engine*). Uređaji za kontrolu *QoS*-a vrše inspekciju paketa (*Deep Packet Inspection*) na aplikativnom sloju OSI modela i na osnovu toga rade *shaping* mrežnog IP saobraćaja.

IV. REALIZACIJA STRIMINGA PREKO RAČUNARSKE MREŽE RTS - BEOTEL NET-ISP DOO

Realizacija zahteva za prenos Svetskog prvenstava u fudbalu preko Internet striminga obuhvatala je 2000 simultanih konekcija, sa kapacitetom od 450 Kbps po korisniku (1Gbps garantovanog protoka). Realizovano rešenje trebalo je da sadrži i *Geo-Blocking* IP saobraćaja, DRM (*Digital Rights Management*) zaštitu, balansiranje zahteva, mogućnost autorizacije, redundantnost servisa u svim tačkama toka signala kao i monitoring servisa kroz *SNMP* protokol i jedinstven WEB portal za ove potrebe. Principijelna šema realizacije ovako postavljenih zahteva prikazana je na slici 2.



Slika 2. Šema striming rešenja preko IP računarske mreže RTS i BeotelNet-ISP DOO

Akvizicija video/audio signala izvršena je direktno iz MCR-a (*Master Control Room*) RTS-a gde se svi signali skupljaju i dalje distribuiraju za potrebe TV emitovanja. Uzet je nezavistan izvor kompozitnog video signala i stereo audio signala. Ovako pripremljen signal dolazi u enkoder i softverski se obrađuje kroz *Windows Media Encoder 9*, sa kreiranim profilom na osnovu gore navedenih parametara.

Pripremljeni strim je distribuiran kroz IP računarsku mrežu RTS-a i preko posebno uspostavljenog linka isporučen je u *core* mrežu BeotelNet-a. Pristigli strim dovodi se na poseban server (Restrimer) koji opslužuje farmu video servera (*Windows Media Server*) predviđenih za dalju distribuciju striminga. Centralni striming server, *LoadBalancer*, vodi računa o opterećenosti svih video

servera i distribuiraju zahteve korisnika ravnomerno na osnovu parametara opterećenosti. Svaki zahtev primljen od strane korisnika biva preusmeren ka prvom slobodnom serveru. Ovako koncipiran sistem omogućavao je ravnomerno opterećenje svih striming servera i modularnost u pogledu daljeg proširenja. U celokupnom sistemu realizovana je potpuna redundantna enkodera i restrimer servera, a omogućena je i rezervna putanja u okviru računarske mreže (RTS i BeotelNet) ka striming serverima kroz dinamičke *routing* protokole (*EIGRP*, *OSPF*, *BGP*). Ovako koncipirano mrežno rešenje dovelo je do latencije između enkodera i video servera manje od 1ms što predstavlja više nego dovoljan uslov za isporuku kvalitetnog signala.

A. *Geo-Blocking* i DRM

Prilikom realizacije striminga obezbeđen je *Geo-Blocking* IP saobraćaja na teritoriji Republike Srbije za javno dostupne mreže bazirane na Internet Protokolu. Funkcija *Geo-Blocking*-a se bazira na svakodnevnoj proveru IP adresa koje je međunarodna organizacija *Ripe NCC* (<http://www.ripe.net>) dodelila RS domenu i primeni određenih pravila za dati opseg IP adresa. Pravila se odnose na kontrolu pristupa korisnicima identifikovanim da pripadaju geografskoj teritoriji Republike Srbije. Ova usluga podrazumeva i blokadu pristupa kroz međunarodno dostupne *Proxy* servere koji su iz opsega IP adresa RS domena.

Metod provere IP adresa je realizovan na osnovu softverskog paketa koji je razvijen od strane BeotelNet-ISP DOO, a bazira se na dnevnim upitima ka *Ripe NCC* bazi podataka koja ažurira IP adrese iz RS domena na dnevnom nivou. Na osnovu ovoga principa obezbeđen je i *Geo-Blocking* IP saobraćaja koji dolazi i od strane mobilnih operatera, gde se na dnevnom nivou ažuriraju ACL (*Access Control List*) samih striming servera.

Uvođenjem DRM (*Digital Rights Management*) sistema zaštite izvršena je i kontrola pristupa multimedijalnim sadržajima, radi zaštite autorskih prava. DRM zaštitom se onemogućava snimanje i distribucija materijala od strane krajnjih korisnika.

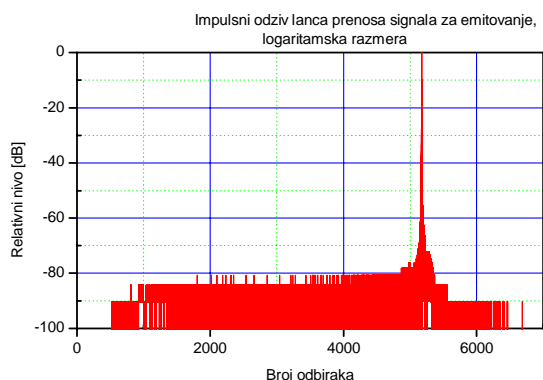
V. MERENJA I REZULTATI MERENJA

Produkcija signala na Svetskom kupu *2010 FIFA World Cup South Africa* je bila prema *EBU* (*European Broadcasting Union*) standardima, signal koji je RTS primao satelitskim putem zadovoljavao je *broadcast* kvalitet i degradacije su bile u okvirima dozvoljene tolerancije. Prilikom analize nije razmatran lanac produkcije signala, već samo lanac prenosa signala od izlaska iz satelitskog prijemnika pa do ulaska u enkoder. Izvršeno je merenje karakteristike prenosa lanaca uređaja prikazanih na slici 1. Prilikom merenja korišćen je sledeći lanac merne opreme:

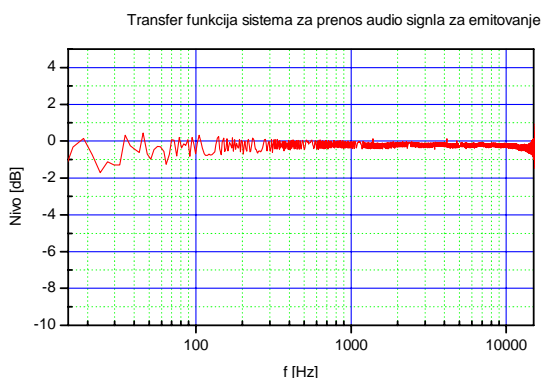
Laptop Hp Compaq 6710b, Digigram Vx Pocket 440 i Softver za merenje impulsnog odziva [2].

Na slikama 3 i 4 prikazani su impulsní odziv i transfer funkcija opisanog sistema, respektivno. Može se videti da

je odnos signal/šum veći od 65 dB, a *ripple* u propusnom opsegu ± 1 dB. Analizom rezultata merenja utvrđeno je da lanac opreme za prenos audio signala za emitovanje u okviru RTS-a ne unosi značajne degradacije u signal.



Slika 3. Impulsni odziv lanca opreme kroz koji je prolazio signal pre formiranja striminga.



Slika 4 Transfer funkcija lanca opreme kroz koji je prolazio signal pre formiranja striminga.

Vremena odziva striming servera do *TIER 1* provajdera (*TATA, Level 3, Sprint, TeliaSonera i GBLX*) su bila do 25ms, dok je odziv do drugih Internet Servis Provajdera u okviru računarske mreže na teritoriji Srbije kroz *peering* veze bio manji od 1ms.

TABELA 2: Odziv do *TIER 1* provajdera

TIER 1	Merna oprema	Srednje vreme odziva
TATA	Cisco 7609	20ms
Level 3	Cisco 7609	15ms
Sprint	Cisco 7609	25ms
TeliaSonera	Cisco 7609	15ms
GBLX	Cisco 7609	10ms

Izmereno kašnjenje video striminga od enkodera do korisnika u proseku je iznosilo od 10 do 20 sekundi.

Ovim je potvrđeno da su bili ispunjeni svi uslovi za pouzdan transport striminga u okviru globalne računarske mreže.

TABELA 3: Odziv do *peering* partnera

Peering	Merna oprema	Sr. vreme odziva
RS domen	Cisco 7609	1ms
SOX	Cisco 7609	1ms

VI. ZAKLJUČAK

Projekat koji je namenjen populaciji na teritoriji Republike Srbije, gde Internet priključak ima u 90% slučajeva kapacitet do 1 Mbps, uspešno je realizovan od strane RTS-a i BeotelNet-a. Konstatovano je da se promenom algoritma kompresije za video/audio signal, sa neznatnim povećanjem bitske brzine može dobiti znatno bolji kvalitet striminga pri prenosu multimedijalnog sadržaja. Merenjima je utvrđeno da se korišćenjem enkodera sa H.264 kodekom sa bitskom brzinom od 700Kbps za video signal i primenom AAC kompresije sa 64Kbps za audio signal, dobija znatno bolji kvalitet celokupnog striminga uz pomoć *Adobe Flash* enkodera i adekvatnog video servera koji podržava ovako definisan strim. Samim tim će i *QoE (Quality of Experience)* korisnika biti mnogo bolji uz zadržavanje kapaciteta ispod 1Mbps sa kojim raspolaže većina korisnika u Republici Srbiji.

LITERATURA

- [1] J. M. Peha, Y. Zhang, W. Zhu, Y. T. Hou, D. Wu "Streaming Video over the Internet: Approaches and Directions", *IEEE Transactions on Circuits and Systems for video technology*, vol. 11, no. 3, pp. 282-300, March 2001
- [2] M. V. Cvijović, Softverska implementacija *sine sweep* tehnike za merenje impulsnog odziva, TELFOR 2009.
- [3] Konsultacije sa kolegama Olgom Kepić, dipl.inž., Branislavom Radivojevićem, dipl.inž., Ognjenom Živanićem, dipl.mat., Žarkom Vuksanovićem sis.adm.
- [4] Wes Simpson, "Video Over IP", Focal Press 2008
- [5] Keith Hutton, Mark Schofield, Diane Teare, "Designing Cisco Network Service Architectures", Cisco Press 2008
- [6] F. Kozamernik, P. Sunna and E. Wyckens, "Video codecs", EBU Technical Review, January 2005
- [7] EBU Tech.doc. 3324, "EBU Evaluations of Multichannel Audio Codecs", Geneva, September 2007

ABSTRACT

In this paper *Unicast* Internet streaming, for the broadcasting of Football World Championship, was presented. The signal flow was presented completely, from overtaking of the video/audio contents through satellite to the encoding and streaming of signals through RTS and Beotel Net-ISP DOO computer networks, to the end users on the territory of the Republic of Serbia. The transfer function of chain of RTS broadcasting devices was measured. The results are displayed graphically. Analysis of signal quality, which was available to end users, has been performed. On basis of the realized project, the improvement of the quality of broadcasted signal through IP computer network has been suggested.

BROADCASTING OF THE FOOTBALL WORLD CHAMPIONSHIP THROUGH INTERNET STREAMING

Ivan Krasnjuk, Nikola Stanić, Mirjana Cvijović