

Internet televizija

D. Milovanović, Z. Bojković

Sadržaj — Internet televizija je prvi uspešan primer konvergencije digitalne televizije, telekomunikacija i računara. Evolucija obuhvata digitalnu televiziju, multimedije i personalne računare povezane na Internet. Tehnološki izazovi Internet televizije su infrastruktura i procesi standardizacije, promena strukture industrija, globalni uticaj na modele poslovanja i strategiju, kao i regulativa. U radu su selektovane *InternetTV* aplikacije i prikazani primeri objavljivanja video materijala, TV programi na zahtev i emitovanje prenosa uživo. U drugom delu rada su prezentovani *IPTV sistemi* sa strane operatera i testiranje kvaliteta servisa prema korisnicima.

Ključne reči - InternetTV, IPTV, multimedijalne komunikacije.

I. UVOD

Internet televizija je nastala evolutivnom konvergencijom televizije, telekomunikacija i računara. Evolucija obuhvata digitalnu televiziju, multimedijalne telekomunikacije i personalne računare povezane na Internet [1].

Tehnološki izazovi Internet televizije su infrastruktura i procesi standardizacije, promena strukture industrija, globalni uticaj na modele poslovanja (novi izvori zarade) i strategiju, kao i regulativa [2].

Postoji znatno interesovanje za isporuku TV servisa preko IP mreža. Servisi televizijske difuzije postaju digitalni i interaktivni, tako da tehnološki zahtevi postaju sve složeniji. Napredne tehnike digitalne obrade i komprimovanja video/audio signala, kao i distribucije omogućavaju projektovanje ekonomičnih sistema. Veliki broj operatera i proizvođača opreme radi na standardizaciji IPTV sistema (ATIS/IIF, ITU-T FG IPTV) kako bi servisi postali široko dostupni i pouzdani.

Osnovne tehnologije paketiziranog digitalnog video signala su dostupne ali preostali su brojni problemi projektovanja, razvoja i puštanja u rad komercijalno dostupnih IPTV servisa: standardizacija pojedinih elementata arhitekture, zaštita sadržaja, kao i aspekti servisa (skalabilnost, interoperabilnost, performanse i naplaćivanje) [3].

U radu je Internet televizija prezentovana kao dve odvojene oblasti: InternetTV i IPTV sistemi. U prvom delu uporedno su prikazani aktuelni InternetTV portali za objavljivanje video materijala sa strane korisnika, TV na zahtev i emitovanje programa uživo. U drugom delu rada su prezentovane arhitekture IPTV sistema i testiranje kvaliteta servisa prema korisniku.

D. Milovanović (e-mail: DragoAM@Gmail.com).

Z. Bojković (e-mail: Z.Bojkovic@Yahoo.com).

II. INTERNETTV

InternetTV se pojavljuje pod različitim nazivima (*WebTV*, *EnhancedTV*) u širokom rasponu složenosti sistema. Najjednostavniji sistemi su individualizovani dvosmerni kanali u internet stilu, koji su povezani (ali i ne potpuno sinhronizovani) sa standardnim TV programima. Internet kanal služi za prenos dodatnih informacija za TV program (detalji vesti i sportskog programa) i omogućavaju transakcione aktivnosti u interaktivnom oglašavanju. Sledeći korak složenosti sistema je kombinacija Internet kanala za selekciju video programa na zahtev (*Video on Demand*). Najsloženiji sistem je potpuno asinhrona dvosmerna televizija, u kojoj korisnici primaju i emituju individualizovane TV programe, a izdavači imaju direktan distribicioni kanal do potrošača.

A. Video portal

YouTube video portal omogućava korisnicima objavljivanje, pregledanje i međusobnu razmenu video sadržaja (Sl. 1). Portal koristi *Adobe Flash* tehnologiju za prikazivanje različitog video sadržaja koji su producirali korisnici (filmski inserti, TV klipovi i muzički spotovi, amaterski snimci).

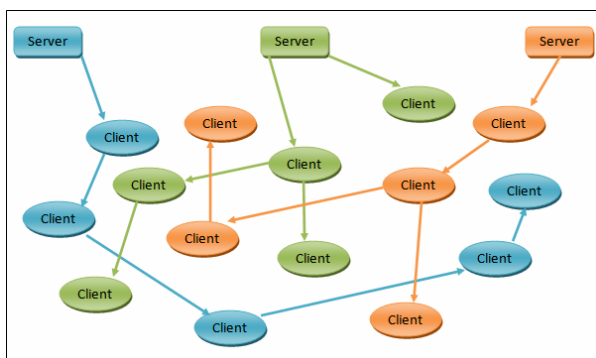


Sl. 1. Primer publikovanja video sadržaja na InternetTV portalu <http://www.youtube.com/user/simposion50rts>.

Neregistrovani korisnici mogu pregledati većinu sadržaja na portalu, registrovani mogu postaviti neograničenu količinu video materijala. Web stranice portala prikazuju srodne povezane video sadržaje na osnovu naslova i oznaka (*tags*). Moguće je objaviti komentar i pretplatiti se na selektovani sadržaj.

B. TV na zahtev

Joost TV portal distribuira video sadržaj P2P (*peer-to-peer*) tehnologijom. Samo manji broj korisnika je direktno povezan sa video serverom, tako da propagiraju video *stream* do susednih korisnika, koji dalje ponavljaju proces (Sl. 2). P2P *Joltid* tehnologija je ekonomična i pomera troškove distribucije sa vlasnika mreže na korisnike. *Joost* se finansira na sličan način kao i TV difuzne kompanije (interaktivno oglašavanje).



Sl. 2. Šematski prikaz P2P distribucije TV programa.

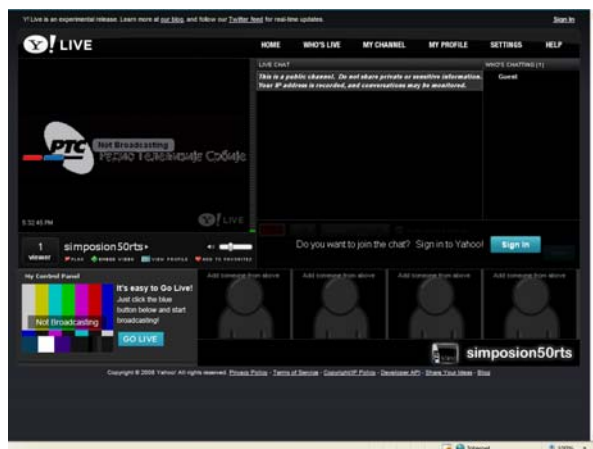
Joost sistem pretvara PC kućni računar u TV prijemnik sadržaja-na-zahtev (*on-demand*), tako da ne zahteva dodatni STB (*set-top-box*) uređaj (Sl. 3). Video je približno standardnog TV kvaliteta (*H.264 CoreAVC*) sa poluprovodnim menijem za izbor programa (28000 emisija, 480 kanala), novosti, forum, procene gledanosti i IM (*Instant Messaging*) sesije više gledalaca.



Sl. 3. Primer zahteva TV programa na InternetTV portalu <http://www.joost.com>.

C. Emitovanje uživo

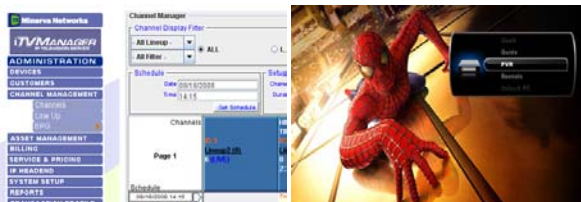
Y!Live portal omogućava korisnicima emitovanje video sadržaja u realnom vremenu. Korisnik kreira kanal, autorizuje web kameru i startuje javno emitovanje (Sl. 4). Gledaoci prate video i postoji mogućnost da se uključe video/audio ili tekstualno. Korisnik postavlja profil i prati broj gledalaca, broj emitovanja i vremensko trajanje emitovanja. Ne postoji mogućnost emitovanja predhodno snimljenog video materijala. Emitovani video se ne arhivira.



Sl. 4. Primer emitovanja uživo na InternetTV portalu <http://live.yahoo.com/simplosion50rts>.

III. IPTV SISTEMI I SERVISI

Tradicionalni način distribucije TV signala omogućava korisniku praćenje ograničenog skupa dostupnih kanala. IPTV (*Internet Protocol Television*) svakom korisniku omogućava izbor individualnog skupa kanala. Interaktivnost otvara brojne dodatne mogućnosti, kao što su glasanje ili izbor različitih video sadržaja na zahtev jednostavnim upotrebom daljinskog kontrolera. Na ekranu svakog korisnika pojavljuje se jedinstveni intuitivan vodič dostupnih sadržaja. Korisnik pretražuje po žanru ili naslovu filma i selektuje sadržaj (Sl.5).



Sl. 5. Primer IPTV sistema sa strane operatora i klijenta <http://www.minervanetworks.com>.

Potencijalni korisnici IPTV servisa su korisnici sa širokopojasnim pristupom (ADSL2+, VDSL, FTTN). Korisnik raspolaže uređajem za prijem IP paketa, detektuje video sadržaj, dekoduje podatke i prikazuje na TV ekranu. IPTV operator raspolaže jedinstvenom IP mrežom i centrom (*headend*) za prikupljanje, digitalizovanje, komprimovanje video sadržaja i pakovanje u određeni format za isporuku korisniku. Osnovna komponenta IPTV sistema (*middleware*) obezbeđuje interaktivnost korisnika, upravljanje sadržajem sa strane korisnika i operatera. Komponenta analizira zahteve korisnika sa STB na IP mreži i ako je zahtev regularan, dozvoljava pristup zahtevanom sadržaju. Na ovaj način, IPTV operator potpuno kontroliše pristup korisnika, istovremeno korisnik raspolaže potpunom slobodom izbora dostupnog sadržaja u realnom vremenu.

A. IPTV sistemi

IPTV distribuira servise digitalne televizije pomoću mrežne infrastrukture, širokopojasnih pristupnih mreža i standardnog IP protokola. Najopštija definicija IPTV je emitovanje televizijskih sadržaja, koji se tradicionalno distribuiraju satelitskim/zemaljskim/kablovskim difuznim mrežama, tehnologijama računarskih mreža. Za rezidencijalne korisnike, IPTV sadrži i VoD (*Video on Demand*) video na zahtev, kao i Internet servise (VoIP). Komercijalni *TriplePlay* servis sadrži IPTV, VoIP i pristup Internetu. IPTV provajder isporučuje servise zatvorenom mrežom ili korporativnim lokalnim mrežama.

Postoje dva osnovna tipa arhitekture IPTV servera: centralizovana i distribuirana. Centralizovana arhitektura je relativno jednostavna i podesna za upravljanje. Celokupan sadržaj je arhiviran na centralizovanom serveru i ne zahteva složen distribucioni sistem. Model je dobar za relativno manje mreže sa odgovarajućim protokom u jezgru i na ivicama kao i efikasnim CDN (*Content Delivery Network*) sistemom za isporuku sadržaja. Distribuirana arhitektura efikasnije koristi protok mreže i inherentno sadrži prednosti u upravljanju velikim serverskim mrežama. Model zahteva složenu tehnologiju za distribuciju multimedijalnog sadržaja.

Robustni i skalabilni IPTV servisi zahtevaju pažljivo projektovanje: distribucija sadržaja, srednji sloj (*middleware*), transportna infrastruktura i uređaj sa strane korisnika. Podsystem za distribuciju sadrži kodere u realnom vremenu, arhiviranje sadržaja i IPTV video server za striming servisa do korisnika. Distribucija, obrada i adaptacija su funkcije IPTV centra (*headend*). Međutim, serveri mogu biti smešteni na najvišem nivou mreže ako se primenjuje *multicast* distribucija, tako da se efikasnije koriste kapaciteti jezgra mreže. Ako se primenjuje *unicast* distribucija, serveri se smeštaju bliže korisnicima i minimiziralo opterećenje jezgra mreže.

Reprodukcija IPTV programa zahteva PC personalne računare ili STB (*set-top-box*) uređaje povezane na TV prijemnik. Video sadržaj je komprimovan MPEG-2,4 koderima i prenosi se kao MPEG transportni strim.

Osnovni IPTV protokoli su IGMP za promenu TV programa uživo, RTSP (*Real Time Streaming Protocol*) protokol se koristi za VoD servis i NPVR (*Network-based Personal Video Recorder*).

Nedostaci IPTV sistema su osetljivost na gubitke IP paketa i kašnjenje transporta u realnom vremenu. Ako IPTV konekcije nisu dovoljno brze dolazi do prekida programa i gubitka slike.

B. IPTV servisi

IP-sistemi omogućavaju integraciju TV i IP servisa, interaktivnost i VoD/NPVR servise.

IP mreže omogućavaju distribuciju različitog sadržaja i dodatne funkcionalnosti. Tipične TV ili satelitske mreže, emituju kompletan sadržaj do korisnika koji selektuje program na STB. IP mreže su u prednosti zato što transportuju sadržaj samo na zahtev korisnika, tako da izbor sadržaja nije ograničen ukupnim zahtevima propusnog opsega do korisnika. Međutim, privatnost korisnika je moguće narušiti ili direktno ometati servis.

IPTV sistemi omogućavaju značajne mogućnosti interaktivnosti i personalizacije. Provajder može ponuditi interaktivni programski vodič EPG koji omogućava korisniku pretraživanje sadržaja prema žanru/naslovu ili PiP (*Picture in Picture*) pretragu kanala tako da se ne prekida selektovani program. Korisniku su na raspolaganju dodatne informacije o programu, ili programiranje snimanja pomoću mobilnog telefona.

NPVR (*Network Personal Video Recorder*) je korisnički servis koji omogućava arhiviranje TV programa uživo i naknadni pristup od strane korisnika, koji sada nije ograničen TV programskom šemom. NPVR sistem omogućava odloženo gledanje TV programa, tako da personalni video uređaj za snimanje nije potreban.

VoD (*Video on Demand*) omogućava korisnicima pretraživanje programa ili filmskih kataloga i selektovanje snimljenog materijala. Pregled selektovanog programa startuje praktično istovremeno na korisnikovom PC kućnom računaru ili TV prijemniku. Kada korisnik selektuje program, uspostavlja se *unicast* konekcija između STB dekodera korisnika i striming servera. Dodatne kontrole (*pause, slow-motion, wind/rewind*) su podržane RTSP protokolom. VoD sadržaj je zaštićen DRM (*Digital Rights Management*) enkriptovanjem.

IPTV sistemi omogućavaju jednostavnu interakciju postojećih servisa u nove funkcionalnije servise. IP servisi omogućavaju korisniku pristup sadržajima u svakom trenutku i mestu na TV prijemniku, PC monitoru ili mobilnom telefonu, kao i integraciju servisa i sadržaja.

C. Testiranje QoE kvalitet servisa

Kvalitet video signala koji korisnik opaža QoE (*Quality of Experience*) zavisi od velikog broja parametara. IPTV provajderi u prvoj fazi koduju i komprimuju video program koderima MPEG-2/MPEG-4/WM9/VC-1 nastojeći da postignu optimalni kompromis između stepena redukcije zahtevanog protoka i kvaliteta video materijala [3]. Nakon kodovanja, video je spreman za transport IP mrežom primenom UDP (*User Datagram Protocol*) protokola malog kašnjenja. Na određitu rezidencijalnog korisnika, video strim se dekoduje u STB i prikazuje na TV ekranu. Parametri koji utiču na QoE korisnika su pojava blokova piksela u slici, slika malog kontrasta, distorzija ivica, prekid audio signala i kašnjenje prilikom promene kanala (*zap time*).

Ograničeni propusni opseg je osnovni faktor u fazi projektovanja IPTV sistema. IPTV sistem koji koristi DSL (*Digital Subscriber Lines*) u pristupnoj mreži do korisnika je aktuelna tehnologija sa velikim tržišnim potencijalom. Modemi ADSL+/VDSL2 omogućavaju dovoljno protoka za *TriplePlay* integraciju telefona, pristupa Internetu i video servise koristeći samo jednu pretplatničku telefonsku liniju. Postaje ekonomično distribuirati skup SDTV/HDTV program do rezidencijalnih korisnika [4].

Ukupna količina podataka koja može biti isporučena korisniku je ograničena ADSL/ADSL2+ protokom. Jezgro IP infrastrukture je optička mreža sa malom verovatnoćom zagušenja saobraćaja, prema tome protok je ograničen pristupnom mrežom sa strane rezidencijalnog korisnika. Kada saobraćaj dostigne maksimalno dostupni protok, paketi se uništavaju prouzrokujući smanjenje kvaliteta IPTV slike. ADSL protok može biti privremeno ugrožen spoljašnjim faktorima prouzrokujući blokove piksela u slici. Sledeća situacija je kada je IPTV servis ugrožen velikom količinom podataka koji se preuzimaju sa Interneta a prioritet saobraćaja nije korektno podešen. Situacija od značaja je striming video podataka koji su kodovani promenljivim protokom VBR (*variable bit rate*), kada promena sadržaja slike može prouzrokovati trenutno povećanje zahteva za protokom [5].

Kvalitet IPTV signala na prijemu nije određen samo dostupnim protokom. Karakteristični problemi su gubitak paketa, kašnjenje u prenosu i varijacija kašnjenja.

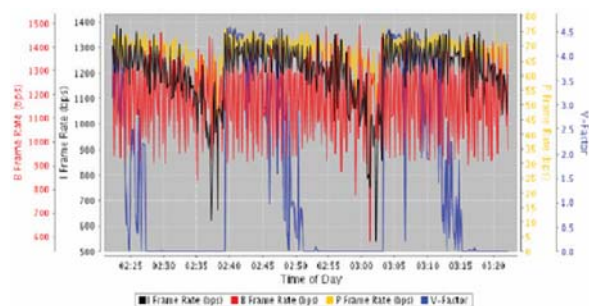
Gubitak paketa je prouzrokovan brojnim faktorima: ograničeni propusni opseg, zagušenje mreže, neispravne konekcije i greške pri prenosu. Gubitak paketa se događa u grupama, uglavnom u periodima zagušenja mreže. U zavisnosti od primenjenog transportnog protokola, gubitak paketa različito utiče na kvalitet dekodovane slike. Kada se primenjuje UDP protokol, gubitak paketa direktno utiče na sliku, ne postoji mehanizam oporavka podataka. Kada se koristi TCP protokol, gubitak paketa prouzrokuje ponovni prenos podataka, što može dovesti do praznjenja bafera dekodera i ponavljanja dekodovane slike.

Merenje kašnjenja transportnih paketa se obavlja u realnom vremenu. IP mreža rutira pakete različitim putanjama tako da je vreme prenosa paketa različito. Primenjuje se RTP (*Realtime Transport Protocol*) protokol koji sinhronizuje pakete i obeležava vremenskim oznakama (*time-stamp*) u trenutku početka transporta. Protokol omogućava isporuku paketa u redosledu koji ne odgovara početku transporta. Svaki RTP paket sadrži broj sekvence, tako da se paketi mogu obrađivati i postaviti na pravu vremensku poziciju ako je prijemni bafer dovoljno kapaciteta. Ako kašnjenje prekoračuje bafer, paket se odbacuje i smatra izgubljenim.

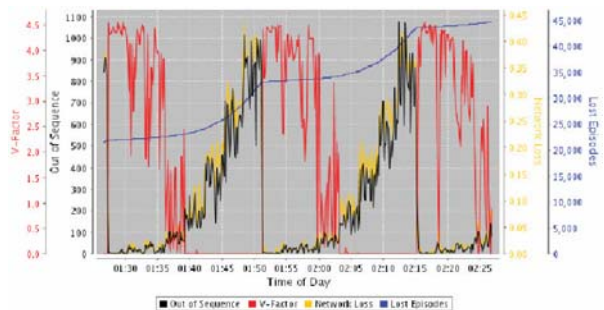
Varijacije dolaska paketa u kratkom vremenskom periodu (*jitter*) prouzrokuju zagušenje mreže ili servera. Ako *Ethernet* okviri pristižu u STB sporije ili brže, u zavisnosti od uslova na mreži, neophodno je baferovanje za ublažavanje varijacija. U zavisnosti od veličine bafera, nastupa prekoračenje ili pražnjenje bafera, što prouzrokuje degradaciju dekodovanog video signala. U fazi projektovanja, provajder na osnovu STB karakteristika, specificira maksimalno dozvoljene varijacije sa strane IPTV mreže, tako da se održi zahtevani nivo QoE sa strane korisnika.

Međutim, kvalitet video signala QoE koji korisnik opaža zavisi i od vremensko/prostorne rezolucije (brzina promena i količina pokreta u slici određenog formata [6]) kao i primenjenog hibridnog prediktivno-transformacionog MPEG koda TV signala. Prema tome, od interesa je modelovanje prenetog video signala i procena subjektivnog kvaliteta slike. Subjektivni kvalitet slike se ocenjuje na skali 1-5 (*neprihvatljiv kvalitet – neprimetno oštećenje*) pri čemu nije poznat referentni video signal na predaji. Razvijen je *V-factor* model [7] koji apstrahuje osobine sadržaja, kao što su stepen komprimovanja i vrsta koda, vizuelna nedoslednost, kompleksnost i nepovezanost video frejmova (Slika 6). *V-factor* formula uzima u obzir i kašnjenje paketa, varijacije kašnjenja, kao i gubitak paketa ili njihovo naknadno stizanje u dekođer u redosledu koji je različit od redosleda slanja (Slika 7).

Na kvalitet video signala QoE koji korisnik opaža utiče i vreme potrebno za promenu kanala (*channel zapping*): odjavljivanje iz grupe gledalaca trenutno selektovanog kanala i prijavljivanje u grupu željenog kanala. U fazama odjavljivanja/prijavljivanja moguće je preklapanje prenosa dva kanala ili potpuni nestanak slike sa ekrana.



Sl. 6. Primer smanjenja vrednosti *V-factora* u zavisnosti od protoka IPB frejmova MPEG koda [7].



Sl. 7. Primer uticaja mrežnih parametara (*out of sequence, network loss, lost episodes*) na *V-factor* [7].

IV. ZAKLJUČAK

InternetTV omogućava multimedijalne sadržaje na postojećoj mrežnoj infrastrukturi i standardnim protokolima, Web tehnologijama i PC kućnim računarima. Prikazani su primeri upotrebe aktuelnih portala Internet televizije sa strane korisnika.

Sa strane provajdera usluga, *IPTV* servisi širokopojasnih mreža predstavljaju nov i kvalitetan izvor prihoda. Međutim, uspešna implementaciju različitih *IPTV* infrastruktura zahteva adekvatno testiranje opreme u laboratoriji i predviđanje ponašanje sistema u praksi. U radu je preporučen ekonomičan model testiranja kvaliteta slike koji sadrži relevantne parametre transportne mreže.

LITERATURA

- [1] K.R.Rao, Z.Bojković, D.Milovanović, *Wireless multimedia communications*, CRC Press 2008.
- [2] K.R.Rao, Z.Bojković, D.Milovanović, *Introduction to multimedia communications*, Wiley 2006.
- [3] K.R.Rao, Z.Bojković, D.Milovanović, *Multimedia communication systems*, Prentice Hall 2002.
- [4] A.Stjepanović, S.Stjepanović, Z.Bojković, "IPTV service", MMV8.8 TELFOR 2007.
- [5] S.Wright, S.Jones, C.S.Lee, *IPTV systems, standards, and architectures: Part III, IEEE Communication Magazine*, vol.46, no.2/5, pp.69-69/92-93, Feb./May 2008.
- [6] A.Takahashi, D.Hands, V.Barriac, "Standardization activities in the ITU for a QoE assessment of IPTV", *IEEE Communication Magazine*, vol.46, no.2, pp.78-84, Feb. 2008.
- [7] *IPTV real-time video quality testing*, (online): <http://www.spirentcom.com/documents/3942.pdf>

ABSTRACT

Internet television is the first convergence success of digital television, telecommunications and computers industry. The evolution involves digital television, multimedia communications and personal computers connected to the Internet. Technological challenges of Internet television are infrastructure and standardization processes, changes in industry structure, global influence on business models and strategies, as well as regulation issues. *InternetTV* applications of video sharing, TV on demand and live broadcasting are selected, as well examples are presented in the paper. *IPTV systems* on operator-side and quality of service testing on users-side are presented in the second part of the paper.

INTERNET TELEVISION

Dragorad Milovanović, Zoran Bojković