

ARHITEKTURE MULTIPLEKSIRANJA U MULTIMEDIJALNIM SISTEMIMA

Irina Reljin^{1,2}, Marija Zajeganović-Ivančić¹

¹Visoka škola strukovnih studija za informacione i komunikacione tehnologije, Beograd

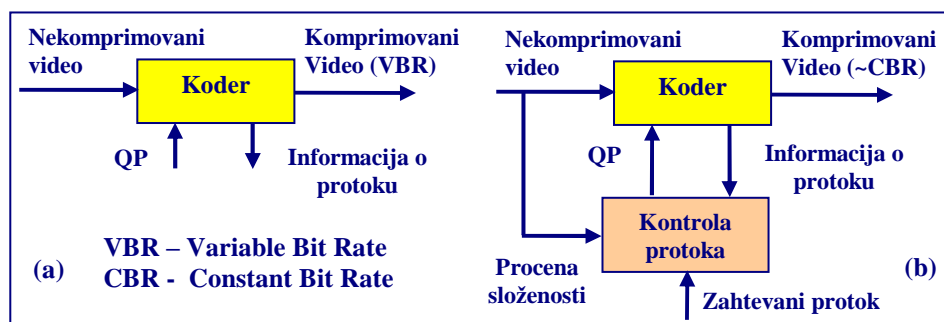
²Elektrotehnički fakultet, Beograd

Sadržaj: Nove generacije kodera u multimediji obavljaju jednovremeno kodovanje više izvora zasnovano na statističkom multipleksiranju. U radu se razmatraju performace takvog kodovanja i njihov uticaj na različite arhitekture multipleksiranja.

Ključne reči: MPEGx koder, statistički multiplekser, CBR, VBR, Transport stream.

1. Uvod

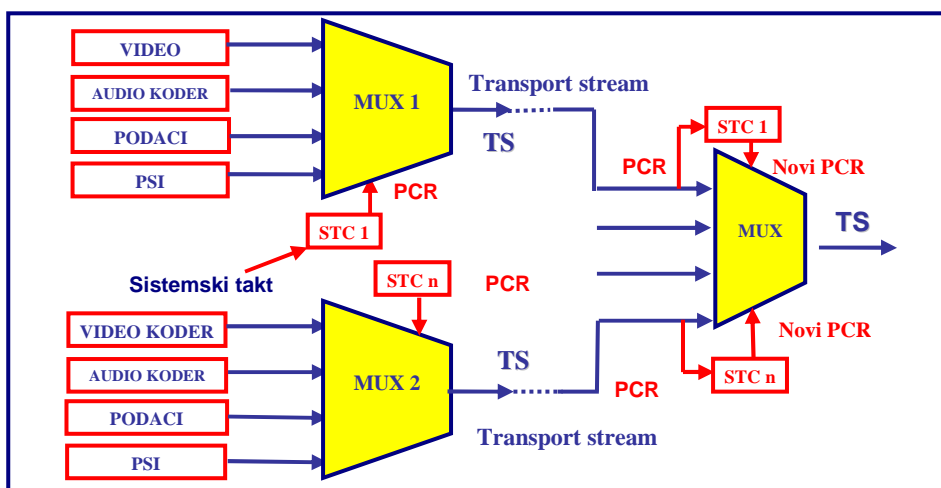
Kompresija multimedijalnih signala predstavlja veoma složen process koji zavisi od mnogo faktora. Osnovni izbor tipa kompresije sada, kada postoji veliki broj standarda, specificira šta dekođer u određenoj tehnici prenosa, odnosno uslovima rada u mreži kojom se prenosi komprimovani sadržaj, mora dobiti na ulazu. Pored niza zahteva koje treba ispoštovati u produkciji, arhiviranju i prenosu multimedijalnih sadržaja, jedan od veoma važnih je izbeći potencijalno kaskadiranje kodera. S druge strane, kapacitet linka namenjenog prenosu je ograničen, što izvorno kodovanje (kompresiju) dodatno komplikuje [1]. 4



Slika1. Kompresija sa (a) VBR, (b) CBR izlaznim protokom.

Stepen kompresije, a time i kvalitet komprimovanog sadržaja (u inverznoj zavisnosti), kontroliše se izborom kvantizacionog parametra Q_p čija je veličina inverzno

proporcionalna protoku na izlazu koderu. Veličina Q_p je celobrojna i zavisi od željenog stepena kompresije, može se menjati za različite tipove (intrakodovanih i interkodovanih) slika [2-5], a u rasponu koji specificira pojedinačni standard. U slučaju ograničenog kapaciteta linka, kompresija se vrši uz dodatnu kontrolu protoka, slika 1.b. Za unapred specificiranu veličinu protoka linka, vrši se procena složenosti video sadržaja i, na osnovu nje, određuje veličina kvantizacionog parametra. Treba istaći da se smanjivanje kvaliteta komprimovanog sadržaja nikada ne vrši u onim elementima koji specificiraju kompenzaciju pokreta, niti u podacima vezanim za servis.



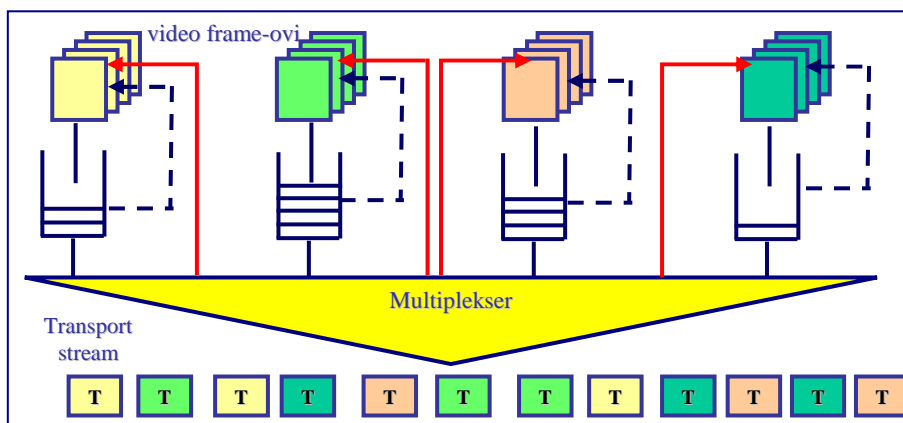
Slika 2. Formiranje transport stream-a od pojedinačnih izvora.

Klasični koderi namenjeni televiziji formiraju transport stream (izlazni komprimovani sadržaj) pojedinačno za svaki izvor, slika 2. Nove generacije koderu su se pojavile u trenutku kada je mnogim emiterima, odnosno distributerima video sadržaja, neophodno da povećaju broj kanala. Nove tehnologije i algoritmi kompresije su značajno smanjili protok, uz zadržavanje subjektivno dobrog kvaliteta videa i audija. Novi korak u komprimovanju, uz povećanje broja kanala, u kontrolu protoka uvodi statistički multiplekser za veći broj jednovremeno kodovanih signala [2-5].

U ovom radu su razmatrane posledice jednovremenog multipleksiranja i kodovanja na percepciju kvaliteta reprodukovanog videa, poglavlje 2. Moguće arhitekture multipleksiranja u headend-u, u zavisnosti od pozicije kodovanja su opisane u trećem poglavlju.

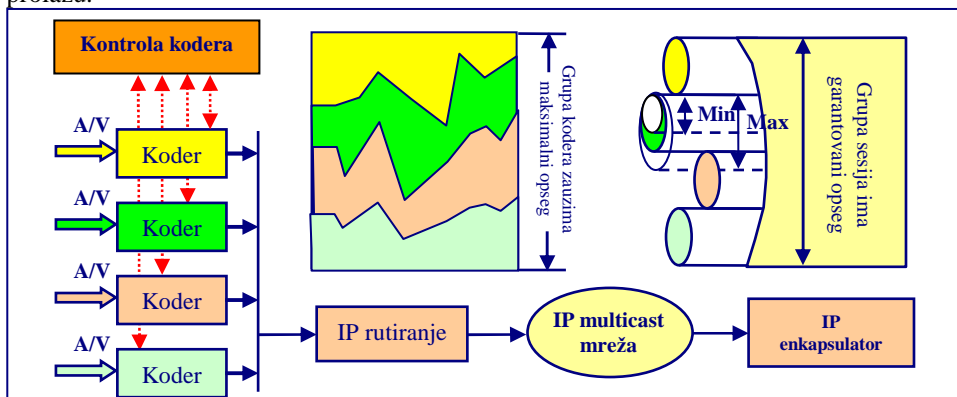
2. Statistički multiplekser

Statistički multiplekser sa povratnom spregom, slika 1.b, je pogodan za ograničeni kapacitet kanala koji emiter (ili distributer) programa, ima na raspolaganju, a pri tome se on deli na više servisa, slika 3. S obzirom da se u okviru pojedinačnih servisa komprimuju sekvence koje, usled različitih sadržaja, imaju različite zahteve (brzi sportovi ili statične slike), razumljiva je želja da im se dodeljuju resursi shodno njihovoj složenosti. Dakle, ukupan kapacitet koristi više sekvenci, pri čemu im se dinamički menjaju protoci, odnosno dinamički izračunavaju kvantizacioni parametri, slika 4.



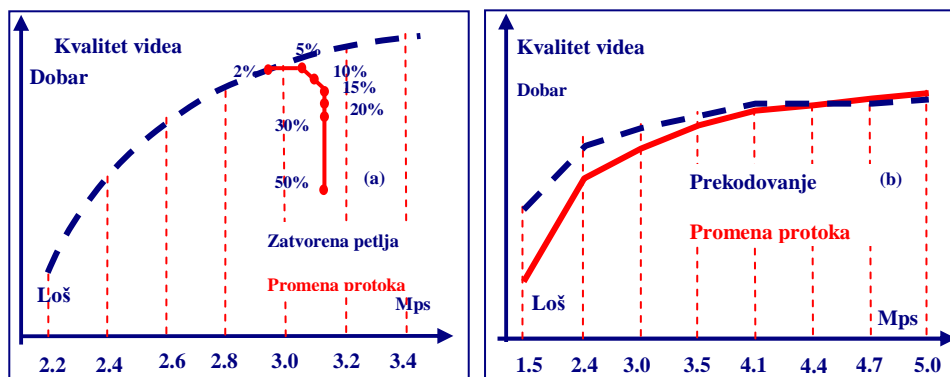
Slika 3. Jednovremeno multipleksiranje i kodovanje više izvora.

U statističkom multiplekseru sa povratnom spregom, slika 1.b, dinamički se dodeljuju resursi kako bi se maksimizirao ukupni kvalitet videa. To znači da se opseg dodeljuje na principu „koliko-je-potrebno“. Statistički multiplekser bez povratne sprege, slika 1.a, je pogodan za multipleksiranje kodovanih sekvenci na različitim pozicijama u mreži. Kodovanje ovog tipa ne optimizira iskorišćenje resursa i obavlja se u jednom prolazu.



Slika 4. Statističko multipleksiranje.

Veći broj sekvenci koje se zajedno koduju i multipleksiraju (bilo sa ili bez povratne sprege) prenose se istim kanalom, pri čemu postoji potreba da se u nekom delu mreže prekoduju ili da im se promeni protok, čime se značajno utiče na kvalitet dekodovanih sekvenci. U [4] su prikazani rezultati eksperimenta u kojem je ispitivan uticaj veličine protoka za šest sekvenci (sa prosečno 3Mbps po kanalu) pri jednovremenom multipleksiranju (sa povratnom spregom i promenljivim protokom pojedinačnih sekvenci) na kvalitet videa. Pokazuje se da kvalitet raste sa porastom protoka, slika 5.a (crtkani dijagram). Pri VBR sekvencama (formiranim bez povratne sprege), pri smanjivanju prosečnog protoka od 2% do 50%, kvalitet videa se značajno kvario (punom linijom označen dijagram).



Slika 5. Kvalitet videa pri promeni protoka u slučaju: (a) multipleksiranja sa zatvorenom i otvorenom petljom, (b) prekodovanja i promene protoka.

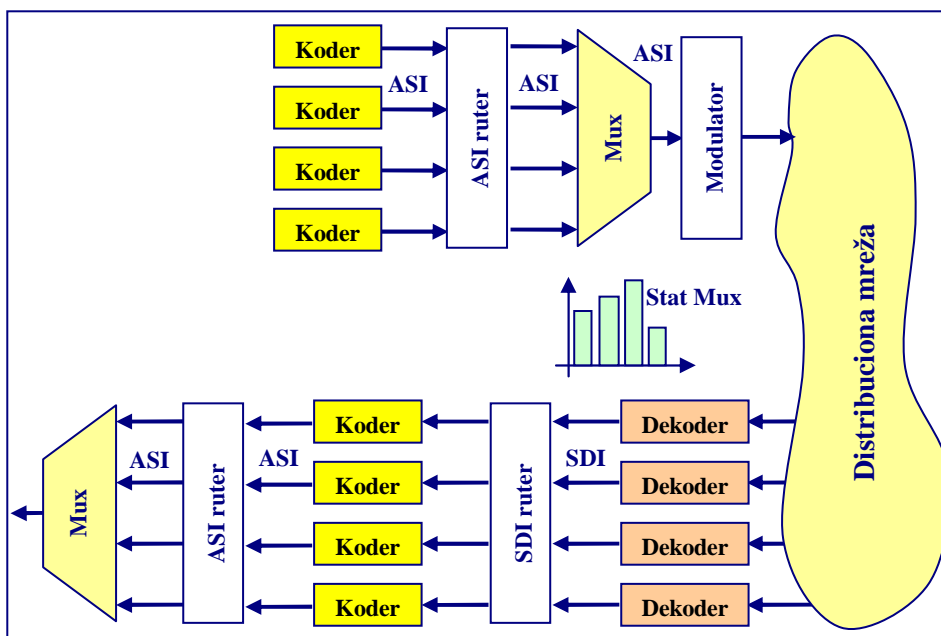
Statistički multiplekseri sa povratnom spregom imaju osnovnu prednost u iskorišćenju opsega, slika 4. S druge strane, nisu fleksibilni u slučajevima dislociranih kodera. Multiplekseri bez povratne sprege nemaju potrebu za prekodovanjem, pa su pogodni za kodovanja sekvenci na udaljenim krajevima, slika 2. U slučaju da se mora vršiti prekodovanje, neke sekvence se moraju prvo dekodovati i zatim ponovo kodovati u sistemu sa zatvorenom petljom. Nasuprot tome promena protoka ne zahteva prekodovanje i može biti dobro rešenje. Na slici 5.b. su prikazani rezultati poređenja postupka prekodovanja (dvostepenog) i promene protoka u slučaju prenosa četiri kanala u stream-u od 6Mbps. Pri prekodovanju su zadržani osnovni parametri grupe slika MPEG-2 kodovane video sekvence, čime se najmanje moguće gubi na odnosu signal-šum. Za malo smanjenje ukupnog protoka (od 6-4 Mbps), prekodovanje i promena protoka se ne razlikuju mnogo. Za velike promene protoka, prekodovanje postaje neminovnost.

Opisani eksperimenti nisu uzeli u obzir i druge parametre koji mogu uticati na kvalitet kada se signal prenosi, na primer IP mrežom. Tada je značajno imati u vidu kašnjenja i varijacije kašnjenja, kao i promenu redosleda paketa. Sistemi sa zatvorenom petljom, iako mnogo efikasniji u pogledu iskorišćenja raspoloživog opsega, zasnivaju se na vremenskim usaglašenostima i ispravno razmenjenim podacima. Stoga je veoma važno upoznati arhitekture distribuiranog kodovanja u IP mrežama.

3. Arhitekture multipleksiranja i kodovanja

U distribuiranom kodovanju multimedijalnih sadržaja, osnovni princip je "koduj jednom – distribuiraj veliki broj puta". Time se štedi na kodnim stepenima, raspoloživom opsegu između onog ko obezbeđuje sadržaj i headend-ova, smanjuju distribicioni troškovi i povećava kapacitet [3]. Centralni headend se sastoji od stepena u kom se vrši akvizicija sadržaja, stepena za kodovanje, stepena za multipleksiranje i modulaciju.

Kontribicioni sadržaji su najčešće CBR kodovani i znatno su većeg protoka nego krajnji signal koji ide u distribuciju. Višestruko kodovan i multipleksiran signal iza statističkog multipleksera znatno je efikasniji i složeniji, slika 6.

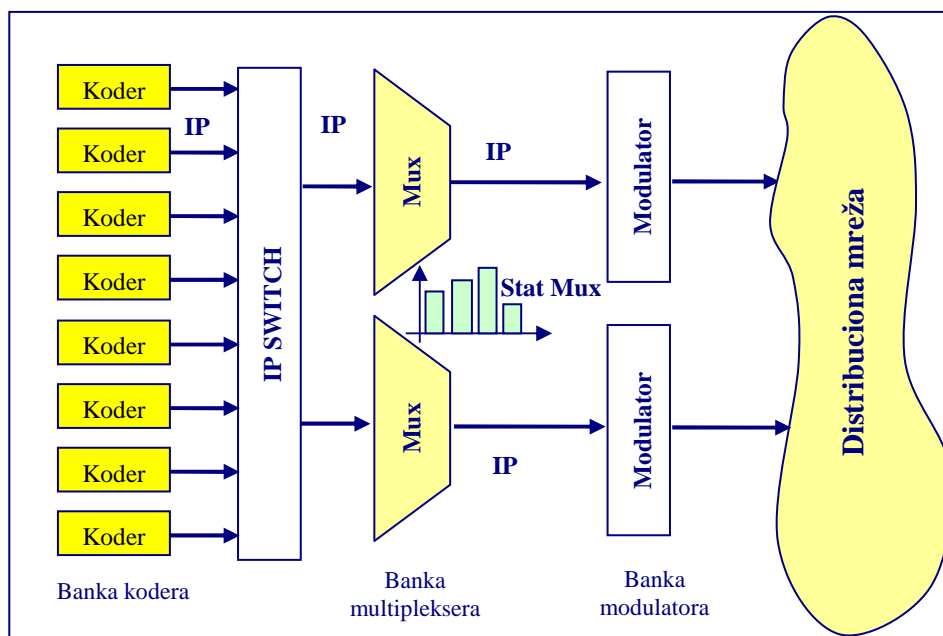


Slika 6. Arhitektura mešovitog headend-a.

Koder na ulazu komprimuje signal kako bi bilo moguće isporučiti ga pretplatnicima. Ako je sadržaj već bio komprimovan, pribavljen u komprimovanom obliku, može se desiti da ne bude pogodan za isporuku do krajnjeg korisnika. Kontribucione sekvence su velikog protoka radi održanja kvaliteta pre postprodukcijske obrade. Statistički multiplekser se nalazi u centralnom headend-u do kog treba distribuirati sadržaje koristeći ASI (asinhroni serijski interface). ASI je standardno rešenje za dotur komprimovanih sadržaja do statističkog multipleksera. U tom formatu je moguće rutirati saobraćaj (kontribucioni ili signal primarne distribucije), slika 6. U IPTV headend-ovima signal se distribuira kao CBR (kada se sastoji od više multipleksiranih sekvenci) ili kao VBR sa samo jednim transportnim stream-om (zbog ograničenog kapaciteta poslednje milje). Iza multipleksera se formira transport stream, slika 2, pogodan za modulaciju i emitovanje. Modulacioni stepen se nalazi na granici distribucione mreže, što znači da je do njega neophodno doturiti komprimovani sadržaj u ASI formatu. Postupak pripreme signala za distribuciju koji je opisan, podrazumeva idealne uslove sa izrazito malim kašnjenjem, fiksnim opsegom i malim i konstantnim greškama. Ono što je ovde problem je da ASI interface može podneti rastojanja do najviše 200m (podrazumevajući kablove visokog kvaliteta) i koristeći skupe rutere.

ASI ruteri zahtevaju korišćenje skupih distribucionih pojačavača, a pri tome postavljaju velika ograničenja u pogledu uspostavljanja veza. Stoga se arhitektura mešovitog headend-a mora zameniti IP centralizovanim. IP obezbeđuje sledeća poboljšanja: povećanje protoka na 10GigE, ne unosi ograničenja u pogledu rastojanja, obezbeđuje bidirekcionu transport podataka, fleksibilno rutiranje, poboljšana redundantna rešenja. Stoga se uz kodere nude IP izlazi uređaja. Sada ne postoji slaba tačka između

kodera i multipleksera (ASI interface), već multiplekser može da izabere sadržaj stream-a dinamički, sa bilo kog kodera u IP mreži, korišćenjem multicast IP protokola, slika 7.



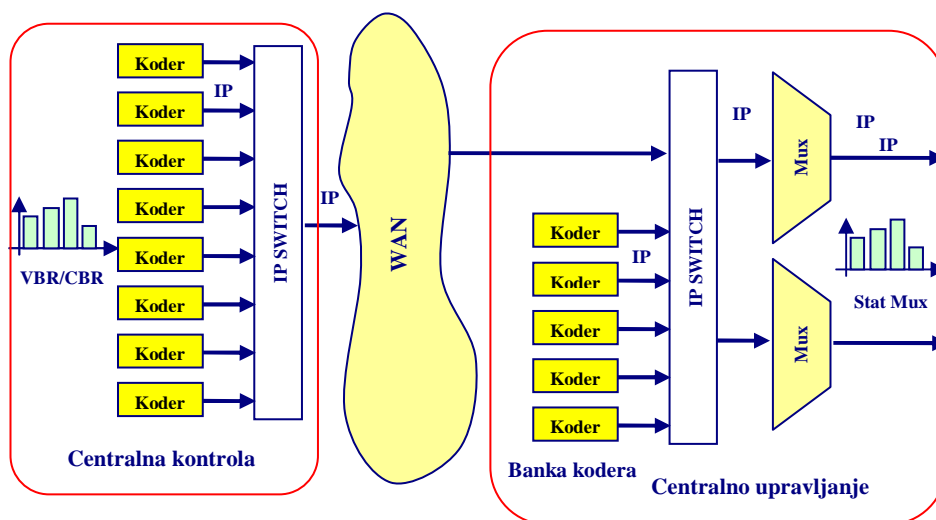
Slika 7. IP centralizovani headend.

Dotur signala primarne distribucije ili kontribucije, sada je posebno olakšan za HD (High Definition) standarde. Sekvence ovog tipa se gotovo obavezno VBR koduju kako bi se obezbedilo nekoliko HD servisa u 38Mbps opsegu (HD sada može ići sa 6Mbps po kanalu). Kontribucioni HD link zahteva 340Mbps. Ovako veliki opseg bi zauzeo STM-4 (622Mbps), što je prilično visoka cena, pa je uobičajeno da se kompresija radi na mestu produkcije sadržaja. Samim tim, kontribucioni signal ima lošije performanse ali, za sada, to je jedino moguće rešenje. Za kompresiju HD sadržaja se preporučuje H.264 AVC (MPEG-4 v.10).

Distribuirana arhitektura je nastala zahvaljujući tome što Internet protokoli ukidaju zahtev da koderi i multiplekseri budu na istoj poziciji. Ovim se omogućava provajderima sadržaja da postave krajnje kodere. Sada u mreži, slika 8, postoji samo po jedan stepen kodovanja, čime se znatno poboljšava odnos signal-šum (u kaskadiranju kodera se odnos S/N smanjuje za 3-5dB po jednom prekodovanju). Kvalitet komprimovanog sadržaja se poboljšava, nema kašnjenja prouzrokovanog prekodovanjem, smanjen je potreban opseg (kodovanje na samom ulazu u mrežu).

Dakle, IP mreža se koristi za povezivanje stepena za kodovanje sa multiplekserima. Sada su performanse mreže od velikog značaja za kvalitet prenosa multimedijalnih sadržaja. LAN (Local Area Network) se zamenjuje WAN (Wide Area Network), pa se pojavljuju nesavršenosti kao što su duga kašnjenja kroz mrežu, gubitak paketa i promena njihovog redosleda, varijabilnost vremena međunailazaka (što za

posledicu daje jitter). Zbog toga se uslozjavaju IP multiplekseri kojima se dodaju nove funkcije radi kompenzovanja opisanih nesavršenosti.



Slika 8. Arhitektura distribuiranog kodovanja.

Zahtevi koji se uvode u IP mreže zbog prenosa signala u realnom vremenu, kakav je televizija ili multimedija, su konstantan propusni opseg, konzistentno kašnjenje, male greške u prenosu. Tradicionalno to je obezbeđivao ATM, oslanjajući se na mreže telekom operatora za distribuciju i kontribuciju signala. Sada se prelazi na IP koja predstavlja mrežu sa komutacijom paketa, koja nema ramove i omogućava prenos od tačke-do-tačke bez uspostavljanja fiksne rute.

Prenos komprimovanih sadržaja multimedijalnog tipa u realnom vremenu zahteva 100% dostupnost mreže, garantovani opseg, kašnjenje bez velikih varijacija, specifikiranu verovatnoću grešaka i mogućnost oporavka u realnom vremenu.

U MPEG-2 Transport Stream-u, paketi su se mogli da zamisliti kao kontejneri komprimovanih sadržaja. Alternativa tome je enkapsulacija elementarnog stream-a u IP pakete za prenos do set-top-box-eva korisnika.

Unutar enkapsuliranog stream-a se nalazi podatak o PCR (Program Clock Reference, programski takt) vrednosti. Ovaj takt se koristi, kao i u slučaju klasičnog transport stream-a, za formiranje takta na strani korisnika.

4. Zaključak

U ovom radu se analizira problem pozicioniranja kodera i multipleksera u prenosu multimedijalnih i televizijskih sadržaja. Razvojem tehnologije u poslednjoj dekadi došlo hje do znatnih promena u filozofiji i realizaciji prenosa komprimovanih multimedijalnih i video sadržaja.

Polazeći od najjednostavnijeg kodera VBR tipa u kome nema ograničenja raspoloživog protoka, vrlo se brzo došlo do formiranja kodera koji na izlazu imaju kontrolu protoka neophodnu radi zadovoljenja uslova ograničenog protoka linka koji je

na raspolaganju za prenos video ili multimedijalnih sadržaja. Nove generacije kodera omogućavaju jednovremeno kodovanje i multipleksiranje sadržaja na vrlo efikasan način, shodno složenosti pojedinih sekvenci unutar multipleksa. Ovakvo rešenje je vrlo interesantno za vlasnike multipleksa jer im garantuje maksimalno iskorišćenje kapaciteta.

S druge strane, prenos kontribucionih i sadržaja primarne distribucije sve je bliži IP rešenjima, a ona nameću kompresiju što bliže produkciji (posebno u slučaju HD prenosa). Time se multiplekser odvaja od kodera, a broj kodovanja u mreži svodi na najmanju meru (nema prekodovanja, nema smanjenja odnosa signal-šum zbog kaskadiranja kodera u prenosu). Cena koja se plaća je vezana za mogućnost povećanja jittera.

U ovom radu je opisan razvoj ideje razdvajanja kodera i multipleksa. Potrebno je, međutim, naglasiti da, kao i u drugim tehnologijama, ni jedna stara ideja ne može lako biti odbačena, kao što ni jedno novo rešenje ne mora biti idealno.

Literatura

- [1] K. Rao, Z. Bojković, D. Milovanović, *Introduction to multimedia communications*, John Wiley&Sons, NJ, 2006.
- [2] L. Boroczky, A.Z. Ngai, E.F. Westermann, "Statistical multiplexing using MPEG-2 video encoders", *IBM J. Res. Development*, Vol. 43. No.4, July 1999.
- [3] K. Deen, "Distributed encoding architectures", *Proc. NAB'07 Conference*, Las Vegas 2007.
- [4] J. Bach, "The next evolution of statistical multiplexing" *Proc. NAB'07 Conference*, Las Vegas 2007.
- [5] http://www.pixeltools.com/rate_control_paper.html (Sept. 2007.)

Abstract: *The new generation of multimedia coders, performing statistical multiplexing and coding of multiple sources is already available. The paper considers the performances of such coding and its implication over the different multiplexing architectures.*

Keywords: *MPEGx coder, statistical multiplexer, CBR, VBR, Transport stream.*

MULTIMEDIA MULTIPLEXING ARCHITECTURES

Irini Reljin, Marija Zajeganović-Ivančić