

Metodologija optimalnog dizajna servera za pohranu audio i video sadržaja kulturne baštine

Aleksandar Mastilovic¹, Narcis Behlilovic¹, Pamela Begovic¹

¹ Elektrotehnički fakultet u Sarajevu, Univerzitet u Sarajevu, Bosna i Hercegovina

E-mail: narcis.behlilovic@etf.unsa.ba

Abstract - *Već dugi niz godina svedoci smo važnosti procesa digitalizacije AV sadržaja i tranzicije sa konvencionalnih medija za pohranu i čuvanje na moderne medije i sisteme za dugovječno čuvanje kulturnih i drugih sadržaja. Polako, ali sigurnim koracima, TV studijska produkcija, produkcija muzičkih sadržaja, umjetničke fotografije i drugo, napuštaju analogni svijet i polako postaju dio digitalne svakodnevnice, prateći na taj način modene tehničke i tehnološke trendove, a oslanjajući se na sve prednosti navedenih tehnoloških rješenja. Aktualnost ovog problema, glavna je ideja ovog rada, gdje će biti predstavljen optimalni pristup za dizajniranje servera za pohranu i dugovječno čuvanje AV sadržaja, vodeći pri tome računa o tehničkim i finansijskim ograničenjima, koja se u praktičnim realizacijama neosporno nameću.*

Ključne riječi - *compression algorithms, QoS, DSIS, MOS, MPEG-2, MPEG-4, H.264*

1. UVOD

Od početaka televizije i generalno ideje pokretne slike, gledalac takvih video sadržaja je tehnički pratio niz sukcesivnih statičkih slika, koje su se dovoljno brzo smjenjivale, dajući optičku iluziju kontinualnosti sadržaja. Optička varka se sastojala u činjenici, da ako se sukcesivne slike smjenjuju dovoljno brzo, tromo ljudsko oko takve promjene neće moći pratiti, te se u mozgu tada stvara osjećaj stvarnog pokreta. To su shvatili i dizajneri video signala, i na bazi osobina perzistencije ljudskog oka, odnosno njegove tromosti, kreirali video prezentaciju konvencionano baziranu na ekranima sa katodnom cijevi i tri elektronska mlaza, ili pak danas na tankim ekranima LCD-a ili plazme. Rezultati, koji su dobijeni, više su nego prihvatljivi. Pojavom digitalnog signala i uopšte uvođenjem procesa digitalizacija u moderne medije, pred inženjerima se našao novi izazov prilagodbe konvencionalnih sadržaja. Generalno, digitalni signali su robusni i otporni na šum, ali njihov prenos i snimanje na prijemnoj strani su tehnički i ekonomski višestruko kompleksniji problem i zahtjevaju više kapaciteta. Međutim, statistički je pokazano da pokretna slika posjeduje puno repetitivnih detalja, kao i veliki broj sličnih ili istih sukcesivnih poluslika, koji se ne moraju nužno prenositi, već je njihovu sličnost i repetitivnost dovoljno statistički uvažiti kroz dogovorene metode prenosa i smještanja sadržaja na pohranu. Ljudsko oko, naravno, opet neće biti svjesno da je "prevareno", a sa tehničkog aspekta sačuvano je višestruko više prenosnog kapaciteta i kapaciteta za pohranu sadržaja. Skup navedenih metoda izbacivanja iz prenosa i pohrane sadržaja koji se višestruko ponavljaju naziva se digitalna kompresija video signala [1].

Danas postoji čitav niz aktualnih algoritama kompresije, pri čemu svaki pronalazi posebno mjesto za svoju aplikaciju, za koju je specifično i kreiran. Optimalnost svakog od pojedinačnih algoritama može se adekvatno procijeniti veličinom datoteke na tvrdim diskovima (u daljem tekstu HDD, eng. *Hard Drive Disk*) i QoS parametrima kvalitet u prenosu digitalnog signala od mjesta produkcije do gledaoca i/ili servera za dugotrajnu pohranu. U ovom radu biće prezentirana metodologija optimalnog dizajna servera za pohranu AV sadržaja, pri čemu će se fokus staviti na softverski pristup i analizu parametara veličine datoteke za pohranu sadržaja i parametri QoS relevantni za objektivni i subjektivni kvalitet AV sadržaja.

Kao referentni model za poređenje QoS-a za različite algoritme kompresije, korišten je DSIS (eng. *Double Stimulus Impairment Scale*) test baziran na preporuci ITU-R BT.500. DSIS funkcioniše na pet nivoa gradacije. Test se provodi na način da se istovremno prikažu referentna izvorna slika i slika dobijena nakon prenosa i/ili kompresije sa većim ili manjim izobličenjima. [2]. Subjektivni testovi kvalitete AV u kojima neophodno učestvuju eksperti iz naveden oblasti, rezultiraju kalkulacijom MOS parametra (eng. *Mean Opinion Score*, srednja vrijednost bodovanja) za sve AV sadržaje, kompresovane različitim kompresijskim algoritmima.

Svi testovi, koji su provedeni, izvršeni su na vlastitim softverskim solucijama. Samo testiranje provedeno je:

- transkodiranje i snimanje sadržaja izvršeno na istom serveru, gdje se nalazi i originalni zapis, ciljem optimizacije pohrane sadržaja, sa

namjenom za dugotrajno čuvanje i eventualno kasnije prikazivanje;

- transkodiranje i snimanje video sadržaja primljenog sa vanjskog izvora.

2. UVOD U KOMPRESIJU VIDEO SIGNALA

Video signal ne može se kompresovati bez nužnog odbacivanja i umanjenja kvaliteta. Međutim, ljudski vidni sistem nije sposoban percipirati veliki broj detalja komplekse pokretne slike, što dozvoljava da pravilnim i preciznim odabirom odbacimo detalje, koje ljudsko oko neće ni primjetiti da nedostaju. Skup tih metoda nazivaju se algoritmi kompresije video signala, i njihovi rezultati praktično su impresivni.

Cilj provođenja operacije kompresije nad video signalom je u opštem slučaju smanjenje bitske brzine, koja je neophodna za održavanje prihvatljivog nivoa kvaliteta. Redukcija bitskog protoka, odnosno protoka količine informacije, upravljiva je na pokretnoj slici po dva osnova. Prvi pristup se ogleda u uspostavljanju korelacije između piksela jedne izolovane slike, i izbacivanje detalja iz prenosa koji se ponavljaju više puta (npr. pikseli pozadinske scene i slično). Ovaj pristup naziva se prostorna kompresija ili kompresija "unutar slike". Drugi pristup je uspostavljanje korelacije između uzastopnih sukcesivnih slika u vremenu, i identifikacija statičnih dijelova slike kojise ne mijenjaju, pa se samim tim ne moraju prenositi. Ovaj pristup se naziva vremenskom kompresijom ili kompresijom "između sukcesivnih slika" [1].

Oslanjajući se na navedeno, može se izvesti zaključak da postoje dva opšta pristupa kompresiji video signala, i to jedan baziran na prostornoj, i drugi, baziran na vremenskoj kompresiji. Prostorna kompresija eliminiše generalno redundanciju u pojedinačnoj slici niza slika u prenosu, uspostavljajući korelaciju između piksela same jedne izolovane slike. Vremenska kompresija, na drugoj strani, generalno eliminiše redundanciju između piksela uzastopnih sukcesivnih slika unutar niza slika u prenosu, uspostavljajući korelaciju između sukcesivnih slika. Zajednička osobina oba pristupa je, da se oslanjaju na nedostatak ljudskog vizuelnog sistema i tromosti samog oka [3].

2.1. Prostorna kompresija

Prostorna kompresija je bazirana na sličnostima između grupa piksela unutar jedne slike. Kao primjer se može uzeti slika sa pozadinom u vidu plavog neba, koja uobičajeno sadrži nekoliko redova praktično identičnih piksela. Algoritmi kompresije prepoznaju takve situacije, uzimajući u prenos samo osnovni set takvih piksela, dok dalje

prenose samo informaciju da su ostali pikseli do nekog dijela slike takođe identični. Na ovaj način, eliminiše se redundantost u bitskom protoku.

Prostorna kompresija se sastoji u sljedećim koracima:

1. diskretna kosinusna transformacija (DCT)
2. kvantizacija
3. definisanje težinskih koeficijenata
4. skeniranje
5. entropijsko kodiranje.

Diskretna kosinusna transformacija podrazumjeva podjelu slike na blokove 8x8 piksela, a zatim transformaciju piksela u nizove frekvencijski baziranih vrijednosti ili koeficijenata. Zbog prisutne prostorne redundancije, mnogi koeficijenti su praktično nula ili bliski nuli. Takvi koeficijenti mogu se praktično eliminisati, što rezultira potrebom za manje bitskih reprezentacija stanja slike i samim tim smanjenjem veličine same slike izraženo u bitima. Naravno, rezultat toga je nepovratni gubitak dijela informacije (klasa tzv. *loosy* kompresija, kompresija sa gubicima) ali tačnog onog dijela informacija koji svakako ne bi bili percipirani. Sljedeći korak je proces kvantizacije, koji podrazumjeva da se najprije koeficijenti rasporede u redoslijed prema težinskoj važnosti informacije koju reprezentuju. Definisanje težinskih faktora je strategijski proces kontrolisane degradacije ili preraspodjele već prisutnog šuma, na kompleksnije dijelove slike, gdje je nastale degradacije teže uočiti. U fazi skeniranja, DCT koeficijenti se skeniraju na način, da koeficijent najveće važnosti biva poslat prvi, zatim manje važan koeficijent, do posljednjeg najmanje važnog koeficijenta različitog od nule. Naravno, prestanak slanja takvih koeficijenata indicira da su svi preostali koeficijenti jednaki nula. Entropijsko kodiranje je finalni korak u proceduru prostorne kompresije, gdje se vrši praktično statističko kodiranje, gdje koeficijenti koji se šalju bivaju kodirani različitim bitskim dužinama, zavisno od njihove frekvencije ponavljanja, što praktično znači da se koeficijenti sa vrijednostima koje se često ponavljaju kodiraju kraćim bitskim sekvencama, dok se oni koeficijenti sa vrijednostima koje se pojavljuju rjeđe bivaju kodirani dužim bitskim sekvencama, naravno uz uvažavanje principa prefiksnosti takvih statističkih kodova. [3].

2.2. Vremenska kompresija

Vremenska kompresija je dizajnirana da minimizira duplikaciju podataka sadržanim u sukcesivnim slikama niza. Ovo se praktično postiže prenošenjem podataka o vektoru pokreta i nekim informacijama o razlikama između sukcesivnih slika, a umjesto prenosa cijele slike. Da bi uspješno mogli

predvidjeti kretanja između sukcesivnih slika, slike se dijele na tri tipa unutar niza sukcesivnih slika:

- I (eng. *Intra-coded*) slike
- P (eng. *Predictive-coded*) slike
- B (eng. *Bidirectionally Interpolated*) slike

I-slike su ključna referenca za druga dva tipa slika. I-slike se generišu kao prostorno kompresovane slike. Dalje promjene u slikama između sukcesivnih slika niza pretvaraju se u informaciju klase vektora pokreta, što se kodira u oblik podataka koji se kasnije koristi u procesu dekodiranja. Promjene se nakon I-slike prenose u vidu P-slika i B-slika. P-slike su prediktivne slike i vezane su za predikciju direktno iz I-slike. B-slike se genrišu korištenjem I-slika i P-slika, pri čemu referentne I- i P-slike mogu biti i prethodne i sljedeće slike unutar niza slika, zbog čega i potiče naziv bidirekionalne slike. Naravno, i P-slike i B-slike, nakon formiranja i umetanja u niz slika, prije same transmisije se prostorno kompresuju, čime dodatno dobijamo uštedu u bitskom protoku. Sve navedene tehnike kompenzacije pokreta nazivaju se jednim imenom vremenska kompresija. Navedena tri tipa slika prenose se u grupama, najčešće po 12 slika, gdje je početna slika uvijek I-slika. Ova struktura od 12 slika naziva se grupa (eng. *Group of Pictures* - GOP). GOP se šalje u vidu video sekvence zajedno sa podacima kao što su veličina slike, bitska brzina, i matrice kvantizacije. Svi navedeni podaci mogu biti iskorišteni u procesu dekodiranja na prijemnoj strani [1].

3. UPOREDBA PARAMETAR RAZLIČITIH KOMPRESIJSKIH ALGORITAMA

U razmatranju i uporedbi različitih potencijalnih kompresijskih solucija za AV servere za pohranjivanje podataka, pažnja će biti fokusirana na dva parametra: QoS kompresovanog videa i veličina dobijenih datoteka za pohranu.

U analizi multimedijalnih servisa i usluga, izražavanje nivoa kvalitete nekog sadržaja uobičajeno se radi korištenjem MOS parametra. MOS je najprihvatljiviji parametar procjene kvalitete QoS-a isporučenog i pohranjenog video sadržaja. MOS može biti definisan i kao grupa evaluacija kvalitete perceptovanog AV signala, sa uobičajenim ocjenama od 1 do 5. Kako je MOS srednja vrijednost subjektivnog doživljaja kvaliteta, što unosi u mjerenja i dozu subjektivnosti, taj efekat nepreciznosti ograničen je u skladu sa jasnim preporukama ITU-R BT.500 za provođenje DSIS testa čiji konačni rezultat je procjena MOS parametra.

Prema preporuci BT.500, ocjene u DSIS testu dodjeljuju se na osnovu subjektivnog opažanja, i to na način:

- 5 = odličan, bez uočenih nedostataka;
- 4 = prihvatljiv, nivo kvalitet osigurava razumjevanje i detekciju detalja;
- 3 = blago iritirajući, sa uočljivim nedostacima;
- 2 = iritirajući, kvalitet slike je praktično na granici mogućeg raspoznavanja;
- 1 = vrlo iritirajući, percepcija slike je skoro onemogućena osim uz ulaganje dodatnog napora [6,10].

Subjektivna percepcija kvaliteta gledaoca i njegov doživljaj kvalitete može vrlo varirati. Ovakavtestiranja su vrlo zahtjevna u vidu ljudskih resursa, kompetentnosti testera i izdvojenog vremena, s ciljem maksimalne objektivizacije testiranja. Determinisano testiranje neophodno je provesti prema sljedećoj proceduri:

- odabir sekvence za testiranje (SRT)
- priprema sistema za testiranje (HRC)
- odabir testne metode
- uključivanje minimalno 18 kompetentnih eksperata iz stručne oblasti obrade slike i videa
- kalkulacija MOS parametra.

Naravno, i mnogo drugih parametara osim kvaliteta samog video zapisa, mogu uticati na ocjene, kao što su osvjetljenost prostora za testiranje, vrsta ekrana za prikaz (LCD ili CRT), osvjetljenje slike, kontrast, udaljenost gledaoca i ekrana za prikaz, godine testera i njegova kompetentnost [10].

Postoji više načina kako se video sadržaj može prezentovati testerima. Prema preporuci ITU-R BT.500, što je poštovano i kroz testiranje čije rezultate prezentuje ovaj dokument, pretpostavlja se istovremeni prikaz originalne video sekvence i video sekvence nakon obrade/kompresije. Ovo svostruko priznava identične video sekvence naziva se DSIS test [10].

Objektivizaciju ocjena i postizanje što realnije vrijednosti MOS parametra moguće je postići izbjegavanjem proste aritmetičke sredine, već korištenjem težinskih faktora u skladu sa referentnošću testera ili druge napredne metode obrade prikupljenih rezultata ocjenjivnaja [7].

Drugi predmetni parametar je veličina datoteka na serveru za dugotrajno pohranjivanje AV sadržaja, gdje se teži postići optimalni odnos kvaliteta aV sadržaja i zauzeća istog na HDD medijima, a samim time i optimizirati troškovi implementacije sistema za pohranjivanje AV sadržaja.

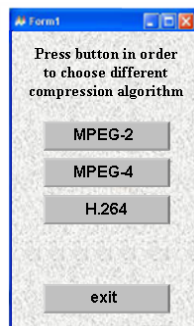
4. OPIS APLIKACIJE KORIŠTENE ZA TESTIRANJE

Za kodiranje/kompresiju originalne video sekvence u neki od popularnijih video kompresionih formata MPEG-2, MPEG-4 i H.264, neophodno je obezbjediti i softversku i hardversku podršku. Zbog nemogućnosti da se osigura hardverska podrška za sve formate kompresijskih algoritama (ili su vrlo rijetki paktnično nedostupni, ili su suviše skupi za nekomercijalne namjene) provedena kodiranja obavljena su isključivo na nivou softvera, stavaljajući u istu ravan sva tri kompeticijska formata.

Za predmetno testiranje kreirana je aplikacija bazirana na VLC *open-source* softverskom rješenju, sa idealnom podrškom za najrazličitije AV formate. U konkurenciji su biula sljedeća tri formata:

- MPEG-2
- MPEG-4
- H.264

Predmetna aplikacija nalazi se na serverskoj strani. Odabirom opcija moguće je povući originalni AV zapis sa predefinisane eksterne lokacije ili mrežnog udaljenog resursa, transkodirati ga u neki od ponuđenih kompresijskih formata i pohraniti na unaprijed predviđeno mjesto na HDD našeg AV servera za pohranu. Nakon provedenih procedura transkodiranja u naše predmetne kodeke, pristupilo se analizi i mjerenju kvaliteta i veličine datoteka na odredišnom serveru.



SI. 1. Aplikacija za transkodiranje AV sadržaja

5. REZULTATI MJERENJA

U toku transkodiranja i pohranjivanja video signala na HDD serverske mašine. Na osnovu dobijenih rezultata testiranja navedenih različitih kompresijskih formata cilj je identificirati najpovoljniji format u vidu odnosa QoS kvalitete i veličine datoteka za dugotrajnu pohranu AV sadržaja.

MPEG-2 kodirani signali su imali problema sa pojavom pikselizacije i probleme sa održavanjem kontinualnosti toka video zapisa. Za bitsku brzinu 1024 kbps, konture prikazanih objekata bile su jasne, ali već pri pojačanoj kompresiji na bitskom protoku od 512 kbps iverice objekata postale su grubo nazubljene i pikselizacije je izrazito dolazila do izražaja. Međutim, pri smanjenju bitske brzine, postignoto je poboljšanje u kontinualnosti video zapisa Audio signal je postigao kontinualnost, uz praktično savršen kvalitet zapisa i idealnu sinhroniziranost sa video signalom.

MPEG-4 kodirani signali su subjektivno iskazivali više pikselizacije, dok su ostali parametri praktično bili skoro isti.

H.264 kodirani signal praktično nije imao problema sa pikselizacijom, sa vrlo dobrim kvalitetom audio i video signala, čak i pri manjim bitkima tokovima visokog nivoa kompresije. Najveći problemi kod H.264 mogli su se uočiti sa izrazitim kašnjenjima i povećanom hardverskom naporu za procesiranje.

Na slici 1, prikazane su slike izvađenje iz video zapisa kompresovanih različitim algoritmima, pri bitskoj brzini od 1024 kbps.



SI. 2. Slike izvađene iz video zapisa MPEG-2, MPEG-4 and H.264, respektivno, pri 1024kbps

Kao što je rečeno u uvodnom dijelu, pored mjerenja kvalitete, za dizajniranje servera za pohranu, izrazito je važno dimenzionirati prostor za pohranu AV sadržaja, a što ponajviše zavisi od veličine same datoteke koja se snima. U skladu sa navedenim, izvršeno je testiranje, u vidu transkodiranja 3 minute originalnog video zapisa u jedna od tri predmetna kompresiona formata, pri bitskoj brzini od 1024 kbps. Korištenjem MPEG-2 i MPEG-4 kompresijskog formata, za 3 minute originalnog video sadržaja pri bitskoj brzini 1024kbps, zauzeće prostora na HDD u vidu nove transkodirane datoteke iznosilo je približno 27 MB. U slučaju da je pri istim uslovima korišten H.264 algoritam za kompresiju, zauzeće na HDD servera iznosilo bi 26,5 MB.

Redukcijom bitske brzine na 512kbps, za MPEG-2 i MPEG-4 dobijeno je zauzeće na disku u vidu veličine datoteke od 15 MB, dok je pri istim uslovima kompresijski algoritam H.264 kao rezultat dao zauzeće od 15MB.

U tabeli 1 dat je pregled ostavrenih rezultata eksperimentalnih mjerenja uz jasnodefinisane uslove pod kojima je vršeno mjerenje, te uporedba istih. U

tabeli su navedene i veličine datoteke dobijenih kroz navedene testove, te subjektivne ocjene za kvalitet navede njih rezultujućih video zapisa kroz DSIS test, a izraženo preko MOS parametra:

Table 1. MOS i veličina dobijene datoteke za AV zapise korištenjem različitih kompresijskih algoritama pri različitim bitskim brzinama

Kompresijski format	Video bitska brzina transkodiranja (kbps)	MOS	Veličina datoteke (MB)
MPEG-2	512	1.5	15.7
	1024	3.5	27
MPEG-4	512	1.5	15.7
	1024	2.5	27
H.264	256	3.5	10
	512	4.5	15.5
	1024	5	26.5

Slični rezultati dobijeni su i transkodiranjem starog analognog zapisa sa VHS kasete na server, pri čemu je za obradu dolaznog signala korištena TV tuner kartica Hauppauge PVR-150.

6. ZAKLJUČAK

MPEG-2 je danas najzastupljenija šema video kompresije; koristi se za kodiranje videa koji se pohranjuje na DVD, za video *streaming* preko Interneta i predstavlja najčešći kompresioni format digitalne televizije širom svijeta. S druge strane, MPEG-4 predstavlja općenitiji format za razmjenu, sa H.264 verzijom, kao jednom od nekoliko šema za video kompresiju. Postoje brojne razlike formata iz MPEG familije, sa svojim prednostima i manama. Međutim, treba naglasiti da H.264 format predstavlja format koji unosi visoki nivo kompresije u odnosu na raniji MPEG-2 format, proizvodeći pri tome video velikog kvaliteta.

Iz pregleda tabele 1 može se zaključiti da se korištenjem H.264 kompresije dobija gotovo savršen AV signal, koji zahtjeva dvostrukom manji kapacitet kanala, te dvostruko smanjuje prostor na disku neophodan za pohranu materijala, u odnosu na MPEG-2 i MPEG-4 formate, koji pri tome proizvode kompresovane signale značajno lošije kvalitete. Veličina kompresovane datoteke se korištenjem H.264 formata umanjuje gotovo 3 puta u odnosu na isti *file* kompresovan sa MPEG-2 formatom. Međutim, cijena koju je neophodno platiti za povećani kvalitet kompresovanog signala, kao i značajno bolji stepen kompresije, je kompleksniji sklop predajnika i prijemnika, koji za sobom nose zahtjeve za visokim performansama korištenog hardware-a na kojem se vrši obrada signala. Korištenjem računara standardnim performansama, prilikom reprodukcije video

signala, javlja se početno kašnjenje kompresovanog signala u odnosu na originalni signal.

Na koncu se može zaključiti da su testovi, sprovedeni u sklopu rada potvrdili brojne pretpostavke iz literature, kojima se H.264 najavljuje kao nova šema video kompresije, za koji se može pretpostaviti da će u potpunosti zavladatai kao standard digitalne obrade video signala za mnoge aplikacije, uključujući i pohranu AV materijala.

REFERENCES

- [1] David Strachan, "Video Compression", SMPTE Journal, February 1996, Ontario, Canada
- [2] "Objective and subjective evaluation methods for selected aspects of fax image quality", Andrzej Glowacz, Michal Grega, Przemyslaw Gwiazda, Lucjan Janowski, Mikolaj Leszczuk, Piotr Romaniak
- [3] "MPEG-2 digital broadcast: Pocket Guide", Acterna USA, 2001
- [4] "MPEG4 - Short introduction", Rickard Neehr Patrick Aubert de la Rüe, 2001
- [5] K. Brandenburg and H. Popp, "An introduction to MPEG Layer-3", Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen (IIS), June 2000
- [6] ITU-T Recommendation P.800, 1996.
- [7] "Testing MPEG based IP video QoS/QoS", Shenick Network Systems
- [8] <http://www.videolan.org>
- [9] "Comparison of QoS parameters of received IPTV signals, using different compression algorithms for streaming live or stored AV materials", P. Begovic, N. Behlilovic, A. Mastilovic, 15th International Conference on Systems, Signals and Image Processing, IWSSIP 2008, Bratislava, Slovakia, 2008
- [10] ITU-R Recommendation BT.500-11, 2002.