

PRENOS KOMPRIMOVANE SLIKE RADIO KANALOM SA VEOMA IZRAŽENIM SMETNJAMA

Slavko Šajić, Čajavec Telekomunikacije i elektronika, Banjaluka

Zdenka Babić, Elektrotehnički fakultet u Banjaluci

Sadržaj - U radu je predložen metod kodovanja slike pogodan za prenos kroz radio kanale sa izraženim BER-om (npr. kanale koji su izloženi elektronskim dejstvima). Dat je prijedlog kompresije slike sa transformacijskim kodovanjem i fiksnom dužinom kodnih riječi, uz korištenje zaštitnog kSSodovanja najviših bita DCT koeficijenata. Pokazano je da predloženi način zaštite više utiče na poboljšanje kvaliteta slike nego povećanje broja DCT koeficijenata pri kodovanju slike.

1. UVOD

Digitalne video komunikacije predstavljaju kompleksan i računski veoma intenzivan proces. Postupci kompresije slike [1,2,3] su neophodni kako bi se smanjio potreban kapacitet telekomunikacionih kanala pri prenosu slike. Standardi koji pokrivaju komercijalne primjene, kao što su video telefonija, digitalna televizija, video konferencije, multimedijalni sistemi i sl., su dobro razvijeni [4]. Izbor postupka kompresije zavisi od konkretne primjene. Za gore navedene primjene koriste se standardne metode kopresije a u slučaju prenosa pretpostavlja se da je telekomunikacioni kanal sa malim BER- om (bit error rate). U tom slučaju, primjenom nekog od postupaka zaštitnog kodovanja, uspješno se rekonstruiše slika na kraju kanala. U slučaju paketskih grešaka u kanalu, primjenjuje se postupak zasnovan na interlivingu [5]. Sve navedene metode podrazumijevaju zadovoljavajuće malu grešku u kanalu.

Međutim, prenos slike kroz radio kanale sa izraženim BER-om, većim od 10^{-2} , (vojne radio komunikacije koje su usljed elektronskih dejstava često izložene namjernom ometanju), zahtijeva posebnu pažnju, pri čemu treba voditi računa o sledećem:

- Vrijeme kopresije i priprema slike za slanje u radio kanal treba da je kratko, što upućuje na izbor neke od brzih metoda za kompresiju.
- Zbog prisustva elektronskog izvidanja i drugih elektronskih dejstava od protivničke strane, vrijeme prenosa (prisusvo slike u eteru) treba da bude što kraće. Za definisan bitski protok u kanalu, kraće vrijeme prenosa zahtijeva izbor kompresione metode sa velikim faktorom kompresije.
- Prisustvo elektronskih dejstava generiše veliki broj grešaka u kanalu ($BER \geq 10^{-2}$), što u slučaju primjene zaštitnog kodovanja ne garantuje korekciju svih grešaka u kanalu. Pojava grešaka u prijemu čini nepogodnom korištenje kompresije sa promjenjivom dužinom kodnih riječi kao i prediktivnih metoda za kompresiju [6]. S druge strane, povećanjem efikasnosti zaštitnog kodovanja, unosi se veća

redundansa, čime se smanjuje stepen kompresije a povećava vrijeme prenosa što je u suprotnosti sa razmatranjem u predhodnoj tački.

- Dekodovanje i rekonstrukcija slike u prijemu takođe treba da je što brža.

2. PRIJEDLOG RJEŠENJA

Imajući u vidu prethodno izložene zahtjeve, dat je prijedlog kompresije sa zaštitnim kodovanjem samo nekoliko najviših bita transformacionih koeficijenata, kao kompromisno rješenje. Korištena je fiksna dužina kodnih riječi, pogodna za kanale u kojima se ne mogu korigovati sve greške, koja osigurava da nema propagacije greške van jednog bloka, te će u rekonstruisanoj slici samo neki blokovi slike biti degradirani, ali ne i cijela slika. Zaštitnim kodovanjem samo dijelova transformacionih koeficijenata se postiže zaštita na nivou bloka, čime se se smanjuje uticaj pojave blokovskog efekta, bez znatnog narušavanja stepena kompresije.

Na slici 1 prikazana je blok šema kompresije, prenosa i dekompresije sive slike.

Prvo se izvrši razlaganje ulazne slike na blokove 8×8 piksela (vrijednost piksela 0-255), a zatim se nad njima izvrši diskretna kosinusna transformacija (DCT) u DCT bloku.

Na izlazu DCT bloka dobijamo 64 DCT koeficijenta koji predstavljaju dvodimenzionalni spektar ulaznog signala. Koeficijent (0,0) predstavlja DC koeficijent koji je negativan dok preostali koeficijenti (AC koeficijenti) mogu biti i pozitivni i negativni. Statistički gledano najveću energiju nosi DC koeficijent, zatim koeficijenti u prvoj dijagonali, drugoj dijagonali, itd...

Da ne bi prenosili predznak za AC koeficijente, vršimo pomijeranje (translaciju) AC koeficijenata u pozitivno područje tako što matricu AC koeficijenata sabiramo sa odgovarajućim elementima translacione matrice (vrijednost DC koeficijenta ostaje nepromijenjena). Koeficijenti translacione matrice biraju se prema statistički očekivanim vrijednostima AC koeficijenata za opštu klasu slika. Translaciona matrica korištena u ovom slučaju prikazana je na slici 2.

U opštem slučaju (ne vodeći računa o klasi slika) translaciona matrica ima iste koeficijente po dijagonalama, čija vrijednost opada prema vrijednostima AC koeficijenata nakon DCT (translacioni koeficijent (0,0) = 0).

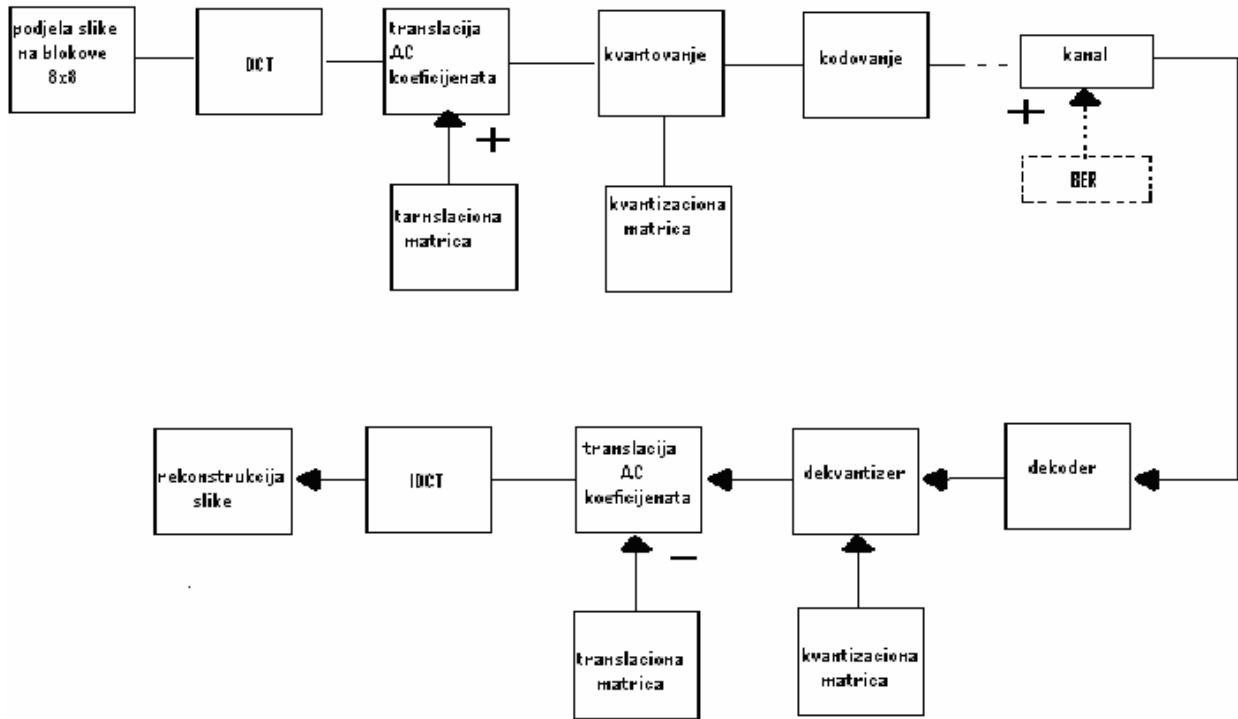
Ako se desi da je AC koeficijent nakon translacije manji od nule, zaokružuje se na nulu, a ako se desi da je veći od maksimalno dozvoljene vrijednosti zaokružuje se na maksimalnu dozvoljenu vrijednost.

Kvantizer je definisan kvantizacionom matricom (slika 3) koja određuje sa koliko bita će se kodovati pojedini koeficijenti.

Svakoj dijagonali je dodijeljena fiksna dužina kodne riječi (bez obzira na klasu slike). Kvantizacionom matricom je dodijeljen najveći broj bita za kodovanje DC koeficijenata, zatim koeficijenata u prvoj dijagonali, drugoj dijagonali, itd... Ovakav način kodovanja daje fiksnu dužinu binarnog niza

komprimovane slike što predstavlja prednost pri prenosu kroz realne radio kanale (kanali sa izraženim signalima smetnje).

Kompresione metode kod kojih se prenose biti koji služe za određivanje dužine kodnih riječi, sinhronizaciju blokova itd., su nepodesne za prenos slike kroz kanale sa jako izraženim BER-om jer postoji velika je vjerovatnoća gubitka sinhronizacije što potpuno degradira primljenu sliku (slika postaje neprepoznatljiva).



Sl. 1. Blok šema

0	256	128	64	32	16	8	0
256	128	64	32	16	8	0	0
128	64	32	16	8	0	0	0
64	32	16	8	0	0	0	0
32	16	8	0	0	0	0	0
16	8	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Sl. 2. Translaciona matrica

11	9	8	7	6	5	4	0
9	8	7	6	5	4	0	0
8	7	6	5	4	0	0	0
7	6	5	4	0	0	0	0
6	5	4	0	0	0	0	0
5	4	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Sl. 3. Kvantizaciona matrica

U slučaju fiksne dužine kodne riječi bitno je odrediti samo prvi bit u binarnoj sekvenci slike na prijemu, što ne predstavlja problem u digitalnim radio-komunikacijama u kojima se sinhronizacija podataka "oslanja" na sistemsku sinhronizaciju radio kanala. U ovom slučaju greške u kanalu utiču na one blokove čiji je binarni niz "pogođen" greškom pri čemu nema propagacije greške pri dekodovanju cijele slike u prijemu.

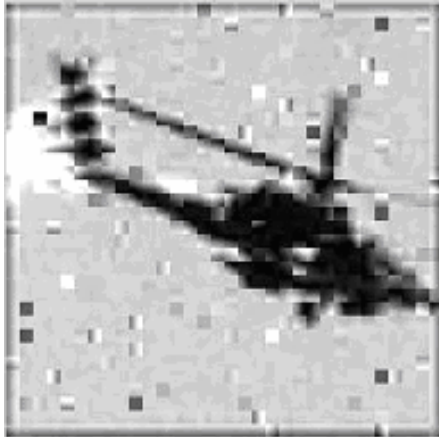
3. REZULTATI SIMULACIJE

Blok šema sa slike 1 je simulirana u MATLAB-u za različite vrijednosti stepene kompresije i iznosa greške u kanalu (BER-a). Takođe, dati su rezultati u slučaju zaštite bita koji nose značajnu energiju slike (težinski najviši biti značajnih

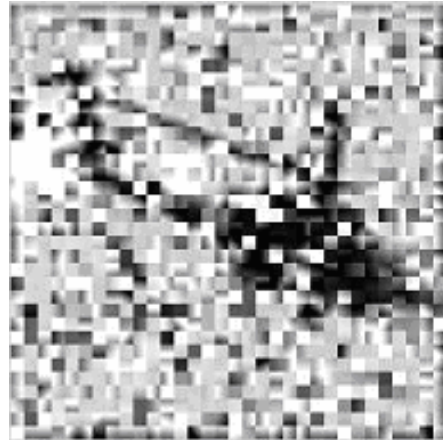


(a)
Original

Sl. 4. Eksperimentalni rezultati: (a) original; (b,c,e,f) rekonstruisane slike u prijemu nakon prolaska kroz kanal sa naznačenim BER-om, naznačenim brojem DCT koeficijena i stepenom kompresije, bez zaštitnog kodovanja; (d,g) rekonstruisane slike u prijemu nakon prolaska kroz kanal sa naznačenim BER-om, naznačenim brojem DCT koeficijena i stepenom kompresije, sa zaštitnim kodovanjem.



(b)
BER: $10e-2$
DCT koef.: 3
kompresija: 17.66



(e)
BER: $10e-1$
DCT koef.: 3
kompresija: 17.66



(c)
BER: $10e-2$
DCT koef.: 6
kompresija: 9.66



(f)
BER: $10e-1$
DCT koef.: 6
kompresija: 9.66



(d)
BER: $10e-2$
DCT koef.: 3
kompresija: 12.49
sa zaštitnim
kodovanjem



(g)
BER: $10e-1$
DCT koef.: 3
kompresija: 12.49
sa zaštitnim
kodovanjem

koeficijenata). Unošenjem zaštitnih bita u postupku kodovanja smanjuje se efekat kompresije.

Na slici 4 su prikazani rezultati simulacije. Slika 4a je originalna slika helikoptera. Izvršeno je transformacijsko kodovanje (DCT) originalne slike, pri čemu su po blokovima zadržani samo DC koeficijenti i AC koeficijenti prve dijagonale. Dobijen je stepen kompresije od 17,66. Nakon toga, slika je propuštena kroz kanal sa BER-om 10^{-2} . Na izlazu kanala rekonstruiše se slika prikazana na slici 4b. Ako se umjesto 3 DCT koeficijenta zadrže i koeficijenti sa druge dijagonale (ukupno 6 DCT koeficijenata), dobije se stepen kompresije 9,66, a rekonstruisana slika je data na slici 4c. U ova dva navedena slučaja nisu korišteni dodatni biti za zaštitu težinski značajnih koeficijenata.

Rezultat uvođenja zaštitnog kodovanja pri prolasku slike kodovane sa 3 DCT koeficijenta kroz kanal sa BER-om od 10^{-2} , prikazan je na slici 4c. Korišteno je zaštitno kodovanje na bazi većinske logike, pri čemu je za DC koeficijente jedanaesti bit kodovan sa 5 bita (dekodovan logikom 3 od 5), dok su deseti i deveti biti kodovani sa 3 bita (dokodovani logikom 2 od 3), a najviši biti AC koeficijenata prve dijagonale takođe kodovani sa 3 bita. Ukupna unesena redundansa iznosi 12 bita po bloku, tako da je stepen kompresije smanjen na 12,49.

Na slikama 4e-4g su prikazani rezultati simulacije prenosa komprimovane slike kroz kanal sa BER-om 10^{-1} . Pri tome je korišten isti broj DCT koeficijenata kao u primjerima datim na slikama 4b-4d. Dobijeni stepeni kompresije su: 17,66 za sliku kodovanu sa 3 DCT koeficijenta bez zaštitnog kodovanja, 9,66 za sliku kodovanu sa 6 DCT koeficijenta bez zaštitnog kodovanja i 12,49 za sliku kodovanu sa 3 DCT koeficijenta sa zaštitnim kodovanjem.

Rezultati simulacije potvrđuju očekivano poboljšanje kvaliteta slike nakon uvođenja zaštitnog kodovanja. Ovo je vidljivo poredeći slike 4b i 4d, te 4e i 4g. Osim toga, poredeći slike 4c i 4d, te 4f i 4g, primjetno je da se bolji kvalitet slike uz veći stepen kompresije dobija prenošenjem manjeg broja DCT koeficijenata uz zaštitno kodovanje, nego prenošenjem većeg broja DCT koeficijenata bez zaštitnog kodovanja.

5. ZAKLJUČAK

Kompresione metode kao što su prediktivne, transformacijske sa promjenjivom dužinom kodnih riječi i uopšte metode kod kojih se prenose biti koji služe za određivanje dužine kodnih riječi, sinhronizaciju blokava itd., su nepodesne za prenos slike kroz kanale sa jako izraženim BER-om ($\geq 10^{-2}$). U ovakvim kanalima pored greške koja pogađa pojedine piksele ili blokove velika je vjerovatnoća gubitka sinhronizacije unutar slike što potpuno degradira primljenu sliku.

Iz navedenih razloga u ovom radu je predložena transformacijska kompresija čiji su koeficijenti kodovani fiksnim dužinama kodnih riječi a sinhronizacija slike u prijemu (prvi bit slike) je povezana sa sinhronizacijom radio kanala koja se u vojnom komunikacijama uspješno uspostavlja i održava sve do greške od 10^{-1} (10%). U slučaju ubacivanja dodatnih zaštitnih bita smanjuje se faktor kompresije, pa je predložena samo zaštita težinski najvećih bita koeficijenata sa najvećom energijom. Rezultati simulacije su potvrdili poboljšanje kvaliteta pri korištenju zaštitnog kodovanja. Primjećeno je da veći uticaj na poboljšanje kvaliteta ima uvođenje ovakvog zaštitnog kodovanja nego povećanje broja DCT koeficijenata pri kompresiji slike. Određivanje kompromisa između broja DCT koeficijenata korištenih pri kompresiji slike i načina zaštite najviših bita i njihovog broja, zadržavajući pri tome neophodni stepen kompresije, zahtijeva detaljnu kvantitativnu analizu koja može biti tema budućih istraživanja.

LITERATURA

- [1] K. R. Castleman, *Digital Image Processing*. 2nd ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1996.
- [2] J. Biemond, and R. M. Mersereau, *Image and Video Processing*, In: V. Madisetti, D.B. Williams, *The Digital Signal Processing Handbook*, CRC Press 1997.
- [3] B. Furht, S. W. Smoliar and H-J. Zhang, *Video and Image Processing in Multimedia Systems*, Kluwer Academic Publishers, 1995.
- [4] Yao Wang, Jorn Ostermann and Ya-Qin Zhang, *Video Processing and Communications*, Prentice-Hall, 2002.
- [5] Grangetto, M., E. Magli, , and G. Olmo, "Ensuring Quality of Service for Image Transmission: Hybrid Loss Protection", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol 13, no.6, pp. 751-757, 2004.
- [6] Jung, P., and R. Lippmann, "Error response of DPCM decoders", *Nachrichtentechnische Z. (NTZ)*, pp. 431-436, 1975.

Abstract – New image coding scheme suitable for image transmission via channel with very high bit error rate is proposed. DCT image compression with constant word length and encryption the most important bits of the DCT coefficients is used. The proposed encryption method improves image quality and gives better results in image enhancement than increasing in DCT coefficients number.

IMAGE TRANSMISSION VIA CHANEL WITH VERY HIGH BIT ERROR RATE

Slavko Šajić, Zdenka Babić