

Sistem za prenos slike za potrebe istraživanja u bušotinama

Ivan Mezei, *Graduate Member, IEEE*, Rastislav Struharik, *Graduate Member, IEEE*

Sadržaj — Sistemi za istraživanje vode, nafte i gasa zahtevaju upotrebu specijalizovane merne i druge opreme. Zbog teških uslova u bušotinama u kojima oprema radi, mogućnosti havarija su povećane. Radi sprečavanja havarija uvode se razne dodatne mere i oprema. Jedan od načina povećanja sigurnosti rada je i vizualizacija okruženja sonde. Pored toga vizualizacija omogućava i prikupljanje dodatnih istraživačkih podataka. Za potrebe realizacije sistema za vizualizaciju u okviru ovog rada prikazan je sistem za prenos slike baziran na *Motion JPEG* sistemu.

Ključne reči — prenos slike, *Motion JPEG*, FPGA, IP jezgra

I. UVOD

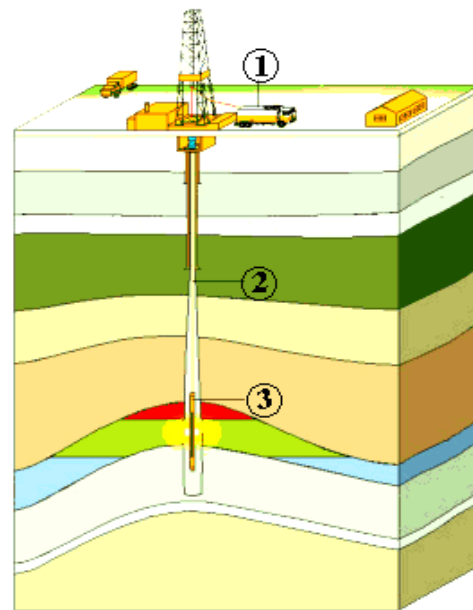
ISTRAŽIVANJA vode, nafte i gasa zahtevaju postojanje različitih specijalizovanih mernih sistema. Uzimajući u obzir da se ova merenja vrše u bušotinama koje mogu biti i do 5 kilometara duboke, oprema koja se koristi za merenja je potrebno da ima takve karakteristike koje omogućavaju rad u složenim uslovima koji mogu biti u bušotinama [1].

Na Sl. 1., prikazan je sistem koji se koristi u istraživanju bušotina. Ovaj sistem se sastoji od skupa odgovarajućih sonde (3) koje su sa jedne strane povezane kabelom (2) koji se upušta u bušotinu, a sa druge strane su povezane sa akvizicionom jedinicom na površini (najčešće specijalizovan kamion (1)).

Osnovni problem koji produžava ukupno trajanje istraživanja ili ga čak onemogućava predstavljaju havarije na opremi unutar bušotina zbog teških uslova rada. Zbog toga se posebno projektuju i koriste sistemi za merenje kritičnih parametara koji mogu dovesti do ovih havarija [2] – [3]. Na ovaj način se smanjuje mogućnost havarije na opremi koja je najčešće veoma skupa jer se operaterima na vreme signalizira da je neki od parametara izvan dozvoljenog opsega. Proces se privremeno zaustavlja dok se ne sagledaju uzroci i otklone razlozi zbog kojih je došlo do prekoračenja kritičnih parametara.

Radi dodatnog povećanja sigurnosti merne opreme i

boljeg uvida u okruženje unutar bušotine pojavljuje se potreba za uvođenjem sistema za vizualizaciju najkritičnijih delova u okruženju sonde. Dakle, potrebno je projektovanje sistema za prenos slike sa kamere koja se nalazi na sondi.



Sl. 1. Sistem za istraživanja u bušotinama

Prenos slike zateva prenos velike količine podataka i to predstavlja problem za serijski prenos putem kabela koji može biti više kilometara dugačak. Radi prevazilaženja ovog problema potrebno je koristiti neku vrstu kompresije slike radi smanjenja količine podataka koji se prenose. Uzimajući u obzir da nije neophodna potpuna i jednoznačna rekonstrukcija slike u akvizicionom delu površinske jedinice, metode kodovanja i dekodovanja sa gubicima (entropijsko kodovanje i dekodovanje) zadovoljavaju ove zahteve. Konkretno opredeljenje je bilo za *Motion JPEG* sistem prenosa slike.

U ovom radu prikazan je *Motion JPEG* sistem za potrebe prenosa slike u sistemima za istraživanje u bušotinama i realizacija prototipa na FPGA kolu.

II. MOTION JPEG SISTEM

Motion JPEG sistem je takav sistem kod kojeg se svaki frejm pokretne slike uzima kao jedna JPEG slika. Na Sl. 2 prikazana je blok šema *Motion JPEG* sistema. Na ulazu se uzimaju podaci iz slika podeljeni u makro blokove veličine 8x8 piksela. Prvo se izvrši direktna diskretna kosinusna transformacija (FDCT) i kvanzacija ovih podataka, a

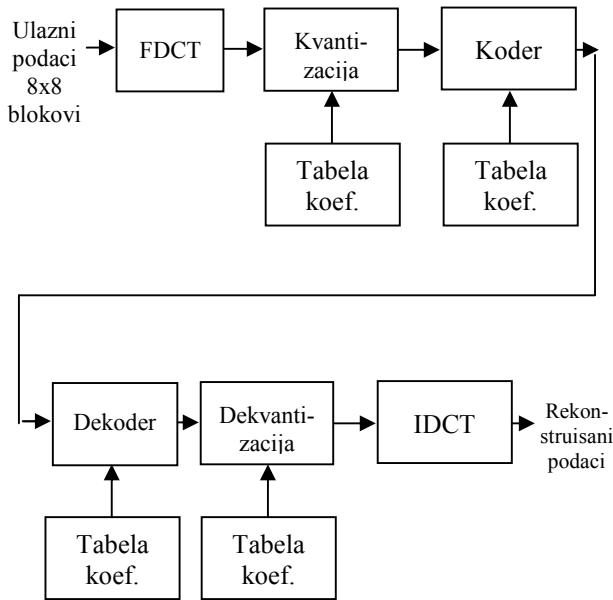
Istraživanje u okviru ovog rada delimično je finansirano od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj u okviru projekta „Razvoj sistema i instrumenata za istraživanje vode, nafte i gasa“, Ev.Br. 11006, 2008-2009.

Ivan Mezei, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-485-2553; e-mail: imezei@uns.ns.ac.yu).

Rastislav Struharik, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-485-2537; e-mail: rasti@EUnet.rs).

potom i njihovo kodovanje. U sistemu je korišćeno entropijsko kodovanje. Na izlazu kodera su komprimovani podaci i oni se potom ukoliko je potrebno serijalizuju i šalju prema prijemnoj strani.

Na prijemu se vrši inverzan postupak. Ukoliko je potrebno vrši se deserijalizacija. Nakon toga se podaci dekoduju pomoću entropijskog dekodera, zatim se vrši dekvantizacija i na kraju inverzna diskretna kosinusna transformacija (IDCT).



Sl. 2. Motion JPEG sistem

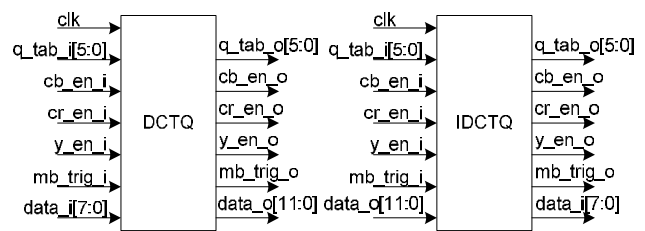
Diskretna kosinusna transformacija i kvantizacija se uobičajeno koriste u JPEG sistemima radi dobijanja skoro optimalnog broja nekorelisanih koeficijenata koji se potom mogu efikasno entropijskim koderom komprimovati.

Entropijski koder komprimuje podatke u nekoliko koraka. Prvo se vrši čitanje kvantizovanih koeficijenata u zig-zag redosledu i potom *Run-length Huffman* kodovanje. Na prijemnoj strani se vrši prvo *Huffman* i *Run-length* dekodovanje i rekonstrukcija makro blokova u inverznom zig-zag redosledu.

III. REALIZACIJA 2D-DCTQ/IDCTQ

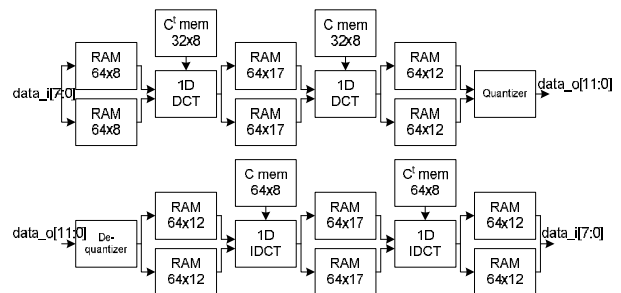
Arhitektura oba jezgra bazirana je na dobro poznatom algoritmu za računanje 2D DCTQ/IDCTQ vrednosti dekompozicijom na računanje dve 1D transformacije. Najpre se izračuna 1D transformacija vektora po vrstama, a nakon nje 1D transformacija vektora po kolonama. U slučaju DCTQ jezgra, nakon DCT transformacije vrši se kvantizacija dobijenih vrednosti radi povećavanja efikasnosti kompresije. U slučaju IDCTQ jezgra, pre IDCT transformacije potrebno je izvršiti dekvantizaciju radi dobijanja korektnih vrednosti.

Sl. 3 prikazuje način povezivanja 2D DCTQ and 2D IDCTQ jezgara sa okolnim modulima.



Sl. 3 Interfejs 2D DCTQ and 2D IDCTQ jezgara

Sa Sl. 3 može se primetiti da je interfejs oba jezgra isti. Ulazni signal $q_tab_i[5:0]$ koristi se za definisanje parametara kvantizacije i dekvantizacije. Ulazni signali cb_en_i , cr_en_i and y_en_i koriste se za specifikaciju tipa tekućeg 8x8 bloka (da li je luminentni ili hrominentni). Bitno je napomenuti da oba jezgra podrazumevaju da je slika koja se komprimuje predstavljena u YCbCr formatu. Ulazni signal mb_trig_i jeste globalni sinhronizacioni signal koji se koristi za označavanje početka sledećeg makro bloka. Ulazni signal $data_i[7:0]$ ($data_i[11:0]$ u slučaju 2D IDCTQ jezgra) služi za prenos podataka o pixelima iz tekućeg makro bloka (odnosno o DCT vrednostima u slučaju 2D IDCTQ jezgra). Funkcija izlaznih signala sa istim imenima kao kod ulaznih je identična. Sl. 4 prikazuje uprošćenu blok šemu 2D DCTQ/IDCTQ jezgara.



Sl. 4 Uprošćena blok šema 2D DCTQ (gore) i 2D IDCTQ (dole) jezgara

Svako jezgro obrađuje tekući makro blok u tri faze. Ovakav način obrade omogućava efikasno izračunavanje DCT i IDCT vrednosti i zahteva samo 64 perioda takta po jednom 8x8 makro bloku. Ovo ujedno predstavlja i maksimalnu brzinu kojom oba jezgra mogu obrađivati makro blokove, ali bitno je napomenuti da ukoliko je potrebno brzina obrade se može smanjiti.

Oba jezgra sintetizovana su korišćenjem Xilinx Foundation ISE 9.2i programskom paketa sa standardnim vrednostima parametara vezanih za sintezu [5]. Tabele 1 i 2 sadrže podatke o realizaciji DCTQ/IDCTQ jezgara

TABELA 1: PODACI O REALIZACIJI DCTQ NA FPGA KOLU

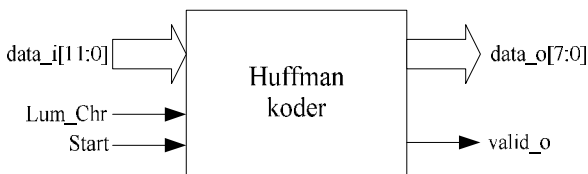
FPGA kolo	2v1000fg456-6
Broj Slice blokova	959 od 5120 (18%)
Broj Flip Flopova	224 od 10240 (2%)
Broj 4-ulaznih LUT	1006 od 10240 (9%)
Broj blok RAM-ova	5 od 40 (12%)
Ukupan broj gejtova	429346
Maksimalna Frekvencija	58.463MHz

TABELA 2: PODACI O REALIZACIJI IDCTQ NA FPGA KOLU

FPGA kolo	2v1000fg456-6
Broj <i>Slice</i> blokova	1012 od 5120 (19%)
Broj Flip Flopova	258 od 10240 (2%)
Broj 4-ulaznih LUT	1090 od 10240 (10%)
Broj blok RAM-ova	5 od 40 (12%)
Ukupan broj gejtova	487598
Maksimalna Frekvencija	51.015MHz

IV. REALIZACIJA HUFFMAN-OVOG KODERA/DEKODERA

Huffmanovo kodovanje koristi se za statističko kodovanje ulaznih simbola na osnovu verovatnoće njihovog pojavljivanja. Kratke kodne reči dodeljuju se ulaznim simbolima sa velikom verovatnoćom pojave, dok se dugačke kodne reči dodeljuju ulaznim simbolima sa malom verovatnoćom pojavljivanja. Procedura za pridruživanje kodnih reči ulaznim simbolima razvijena od strane Huffman-a obezbeđuje optimalnu raspodelu kodova [6]. Huffman kodovanje predstavlja standardni način dodatne kompresije podataka nakon DCT transformacije u sistemima za kompresiju slike (JPEG i MPEG). Na Sl. 5 prikazan je način povezivanja projektovanog kodera sa okolnim modulima.



Sl. 5 Interfejs jezgra za Huffman kodovanje

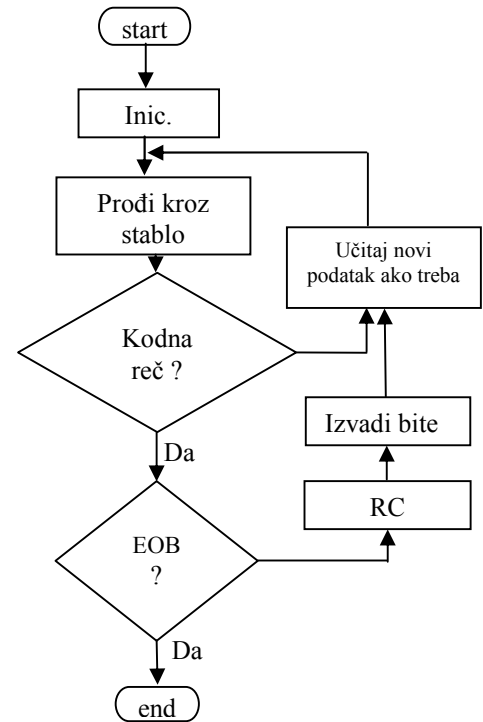
U Tabeli 3 je prikazana zauzetost FPGA kola i osnovni podaci o realizaciji kodera na FPGA kolu. Procenjena maksimalna radna frekvencija je oko 76 MHz, a dekodler je testiran na radnoj frekvenciji od 27 MHz.

TABELA 3: PODACI O REALIZACIJI KODERA NA FPGA KOLU

FPGA kolo	2v1000fg456-6
Broj <i>Slice</i> blokova	1120 od 5120 (21%)
Broj Flip Flopova	318 od 10240 (3%)
Broj 4-ulaznih LUT	1964 od 10240 (19%)
Broj blok RAM-ova	6 od 40 (12%)
Ukupan broj gejtova	417138
Maksimalna Frekvencija	76.182MHz

Na prijemnoj strani stižu komprimovani podaci u Huffman dekodler. Podaci su sekvence Huffman-ovih kodnih reči sa dodatnim bitima između.

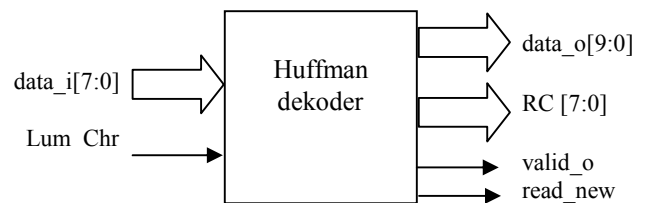
Prilikom određivanja arhitekture Huffman dekodera postoji čitav niz pristupa pri čemu se moraju napraviti različiti kompromisi [7]. U ovom radu mi smo se odlučili za serijsku implementaciju sa paralelnom ekstrakcijom dekodovanih podataka. Algoritam koji opisuje implementirani postupak dekodovanja prikazan je na Sl. 6.



Sl. 6. Algoritam za Huffman dekodovanje jednog makro bloka

Dekoder radi tako što prolazi kroz Huffman-ovo stablo i kada naiđe na kodnu reč izvadi dodatne bite (na osnovu kodne reči zna koliko treba da uzme). Ovo se ponavlja sve dok ne dođe do EOB kodne reči koja označava kraj. Na osnovu dobijenih podataka se može korišćenjem inverznog zig-zag redosleda upisa i upisa potrebnog broja nula (*zero run-length*) izvršiti rekonstrukcija makro blokova.

Huffman dekodler je realizovan na FPGA kolu familije Virtex2. Pojednostavljena blok šema dekodera prikazana je na Sl. 7.



Sl. 7 Uprošćena blok šema 2D DCT (gore) i 2D IDCT (dole) jezgara

U Tabeli 4 je prikazana zauzetost FPGA kola i osnovni podaci o realizaciji dekodera na FPGA kolu [4]. Procenjena maksimalna radna frekvencija je oko 90 MHz, a dekodler je testiran na radnoj frekvenciji od 27 MHz.

TABELA 4: PODACI O REALIZACIJI DEKODERA NA FPGA KOLU

FPGA kolo	2v1000fg456-6
Broj <i>Slice</i> blokova	633 od 5120 (12%)
Broj Flip Flopova	362 od 10240 (3%)
Broj 4-ulaznih LUT	1066 od 10240 (10%)
Broj blok RAM-ova	7 od 40 (17%)
Ukupan broj gejtova	471735
Maksimalna Frekvencija	89.172MHz

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je sistem za prenos slike koji će biti korišćen u buštinama za istraživanje vode, nafte i gasa. Sistem je trenutno u fazi ispitivanja prototipa realizovanog na FPGA razvojnom sistemu. Nakon uspešnog testiranja prototipa, planira se fabrikacija i testiranje uređaja koji će biti korišćen u buštinama.

LITERATURA

- [1] G. Mančić, S. Martinović, M. Živanov, "Geofizički karotaž – osnovni principi", (in Serbian) DIT NIS-Naftagas, Novi Sad, 2002
- [2] I. Mezei, D. Mihajlović, M. Brkić, M. Živanov, "A solution for monitoring of critical parameters in borehole measurement systems", *PSU-UNS International Conference on Engineering and Environment*, Serbia and Montenegro, Novi Sad, 2005.
- [3] D. Mihajlović, I. Mezei, M. Brkić, M. Živanov and M. Slankamenac, "A System for Monitoring Well Logging Parameters", *Journal of Advances in Electrical and Computer Engineering*, Vol 6(13), Number 1(25), 2006, ISSN 1582-7445, pp. 39-41,
- [4] I.Mezei, R.Struharik, "Design of Huffman Decoder FPGA Core", *Proc. XLII International scientific conference on information, communication and energy systems and technologies*, ICEST2007, Vol.1, Ohrid, Macedonia, June 24-27 2007, pp. 359-360
- [5] R.Struharik, I.Mezei, "FPGA Implementation of the 2D-DCT/IDCT for the Motion Picture Compression", *Proc. XLII International scientific conference on information, communication and energy*

systems and technologies, ICEST2007, Vol.2, Ohrid, Macedonia, June 24-27 2007, pp. 499-502

- [6] D.A. Huffman, "A Method for the Construction of Minimum-Redundancy Codes", *Proc. of the IRE*, vol. 40, no. 9, 1952, pp. 1098-1101
- [7] C. Schneider, "A Parallel/Serial Trade-Off Methodology for Look-Up Table Based Decoders", *Proc. DAC*, pp. 498-503, 1997.

ABSTRACT

Systems for water, oil and gas exploration require usage of specialized measurement and other equipment. Due to harsh operating conditions inside boreholes in which this equipment must operate, possibilities of hazards are increased. In order to prevent hazards additional procedures and equipment are being introduced. One possible solution to this problem is introduction of the system for the visualization of probe's environment. Furthermore, this system also can be used to collect additional research data. In this paper a video transmission system based on *Motion JPEG* is presented.

VIDEO TRANSMISSION SYSTEM IN BOREHOLE EXPLORATION

Ivan Mezei and Rastislav Struharik