

Jedno rešenje otkrivanje zamućenosti pokretne slike u realnom vremenu na Cell i Intel zasnovanim platformama

Nemanja A. Lukić, Andraš Š. Muhi, Miodrag Temerinac, Dragan Simić, *Fakultet Tehničkih nauka, Novi Sad,*

Sadržaj — Prikazana je procena performansi platformi zasnovanih na Cell i Intel procesorima u domenu procene zamućenosti (engl. *blur*) video toka. Zamućenost se procenjuje u realnom vremenu korišćenjem vektorskih (SIMD) instrukcija. Predstavljene su rezultati dobijeni upoređivanjem performansi obrade na jednom jezgrou ovih procesora. Prilikom izvršenja algoritma na Intel zasnovanoj platformi korišćeni su sledeći instrukcijski skupovi: SSE2, SSE3 i SSE4.1.

Ključne reči — Cell, Intel, ocena zamućenosti, realno vreme, SIMD, vektorsko programiranje.

I. UVOD

Pojava HD (engl. *High Definition*) video standarda omogućava bolji doživljaj pružanjem više detalja u odnosu na SD (engl. *Standard Definition*) standard. Istovremeno, količina podataka za prenos se značajno povećava. Za smanjenje protoka podataka najčešće se koristi MPEG-2 standard. Ovaj tip kompresije unosi neželjene smetnje i to su: pojava zamućenosti slike (engl. *blurring*), blokova (engl. *blocking*), pseudo ivica (engl. *ringing*), itd. Povećanjem faktora kompresije povećava se i količina artifakata koji značajno utiču na subjektivni doživljaj. Za otkrivanje i procenu količine ovih smetnji potrebni su procesori koji poseduju veliku procesnu moć.

Zamućenost predstavlja značajan faktor kod određivanja kvaliteta video sekvence. MPEG2 standard za kompresiju koristi diskretnu kosinusnu transformaciju (DCT), što kao posledicu ima pojavu gubitka detalja.

Cilj ovog rada je ispitivanje načina nadzora HD videa u domenu zamućenosti slike na dve trenutno najatraktivnije platforme sa stanovišta procesne moći i cene.

¹ Nemanja Lukić, Faculty of Technical Sciences, Trg D. Obradovića 5, 21000 Novi Sad, Serbia, E-mail: nemanja.lukic@rt-rk.com

² Andraš Muhi, Faculty of Technical Sciences, Trg D. Obradovića 5, 21000 Novi Sad, Serbia, E-mail: muhiandras@gmail.com

³ Miodrag Temerinac, Faculty of Technical Sciences, Trg D. Obradovića 5, 21000 Novi Sad, Serbia, E-mail: miodrag.temerinac@rt-rk.com

⁴ Dragan Simić, Faculty of Technical Sciences, Trg D. Obradovića 5, 21000 Novi Sad, Serbia, E-mail: dragan.simic@rt-rk.com

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 11005, od 2008. god.

II. OPIS KORIŠĆENIH PLATFORMI

Korišćene platforme u ovom radu su Intel[1],[2] i Cell[3],[4] zasnovane platforme.

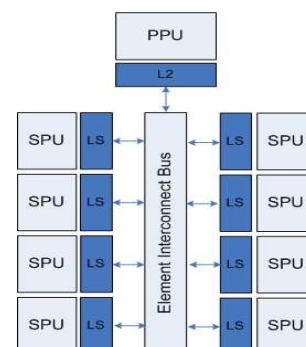
A. Cell zasnovana platforma

Heterogeni procesor sa radnim taktom od 3.2 GHz, sadrži u sebi 9 jezgara kao što je prikazano na Sl. 1. Jedno PPU (engl. *PowerPC Processor Unit*) sa 512 KB L2 skrivenom memorijom i 8 SPU (engl. *Synergistic Processor Unit*) sa 256 KB LS (engl. *Local Storage*).

PPU predstavlja 64-bitni RISC (engl. *Reduced Instruction Set Computer*) procesor opšte namene. Njegova glavna uloga je da se na njemu izvršava operativni sistem i da koordinira SPU jezgara.

SPU predstavlja DSP (engl. *Digital Signal Processor*) jezgro koje sadrži u sebi 128 128-bitnih registara koji daju fizičku podršku za vektorske instrukcije i koji može da izvršava jednu fizičku nit.

Specifičnost Cell procesora je programsko upavljanje DMA (engl. *Direct Memory Access*) zahtevima. Time se omogućava paralelni pristup memoriji za vreme izvršavanja aritmetičkih operacija. SIMD (engl. *Single Instruction Multiple Data*) instrukcijski skup Cell procesora se razlikuje od podržanih instrukcijskih skupova na Intel zasnovanim platformama.



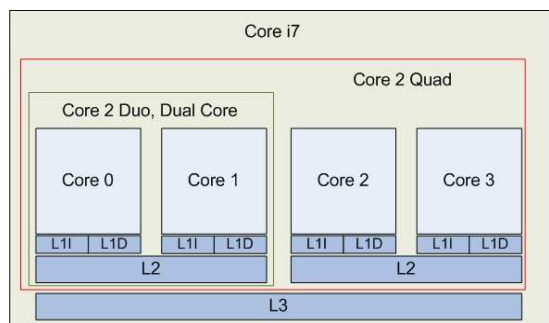
Sl. 1. Fizička arhitektura Cell procesora.

B. Intel zasnovana platforma

Na svakom jezgrou može se izvršavati operativni sistem što znači jednu fizičku nit, izuzev Core i7 koji pomoću Hyper Threading[5] tehnologije može da izvršava dve fizičke niti. Svako jezgro za fizičku podršku vektorskih instrukcija sadrži 8 128-bitnih registara.

Intelovi procesori za izvršavanje vektorskog programskog koda mogu podržavati sledeće instrukcijske skupove[2]: SSE (engl. *Streaming SIMD Extensions*), SSE2, SSE3, SSSE3 (engl. *Supplemental SSE*), SSE4.1 koji su različiti od SIMD skupa instrukcija na Cell procesoru.

Radna frekvencija i veličina skrivene memorije se menjaju od modela do modela. Međutim, osnovna fizička arhitektura je ista po familijama, kao što je prikazano na Sl. 2.



Sl. 2. Osnovna arhitektura procesora po familijama.

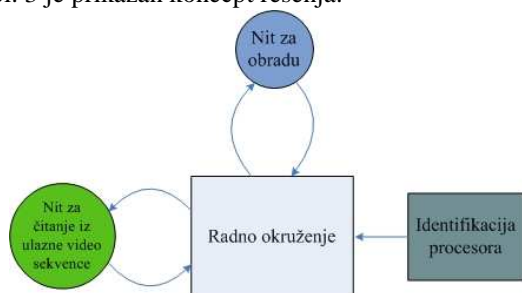
III. ALGORITAM ZA OTKRIVANJE ZAMUĆENOSTI SLIKE

Huov algoritam[6] se primenjuje u prostornom domenu koristećenjem Gausovog nisko propusnog FIR (engl. *Finite Impulse Response*) filtra za zamućenje. Na filtriranje tekuće tačke utiče i okolina, odnosno gubi se oštrina slike. Izvorna slika je u formatu YUV 4:2:2 i obrađuje se Y komponenta (osvetljenje).

Izvorna slika se zamućuje pomoću Gausovog filtra i gleda se razlika između izvorne i zamućene slike. Kada je ta razlika mala zaključuje se da je izvorna slika bila zamućena, a u suprotnom da je bila oštra. Rezultat algoritma je vrednost koja se nalazi u intervalu [0,1], pri čemu vrednosti bliske 0 označavaju da je izvorna slika zamućena, a vrednosti bliske 1 označavaju oštru izvornu sliku.

IV. OPIS REŠENJA

Program se sastoji iz sledećih delova: identifikacija procesora (samo za intel zasnovane platforme), nit za čitanje ulazne video sekvence, nit za obradu i radno okruženje. Za rad programa su potrebna dva jezgra (na jednom se izvršava radno okruženje i nit za čitanje iz ulazne video sekvence, a na drugom se izvršava obrada) i SSE2 instrukcijski skup na intel zasnovanim platformama. Na Sl. 3 je prikazan koncept rešenja:



Sl. 3. Koncept rešenja

Identifikacija procesora: određuje broj jezgara i podržane instrukcijske skupove.

Za intel zasnovane platforme napisane su tri različite obrade, optimizovane za različite instrukcijske skupove: SSE2, SSSE3, SSE4.1.

Radno okruženje: ulaz predstavlja nekompresovana video sekvenca u formatu YUV 4:2:2. Na početku se stvori nit za čitanje ulazne video sekvence i nit za obradu. Sinhronizuje se tako da se uvek čita naredna slika, a obrađuje trenutna (obrada ne treba da čeka na dobavljanje trenutne slike). Na intel zasnovanim platformama se poziva odgovarajuća obrada u zavisnosti od podržanih instrukcijskih skupova. Na Cell zasnovanim platformama se poziva obrada korišćenjem Cell SIMD instrukcijskog skupa. Rezultat (procena zamućenosti) se upisuje u izlaznu datoteku.

V. TEHNIKE OPTIMIZACIJE

Koeficijenti u maski Gausovog filtra se ponavljaju. Tačke na mestima koje se množe istim keficijentom se prvo saberu a posle se množe (smanjuje se broj operacija).

Algoritam u svom radu sadrži deljenje, a to značajno usporava izvršavanje. Radi optimizacije deljenje je realizovano množenjem recipročnom vrednošću. Postoji ugrađen brz algoritam za računanje recipročne vrednosti korišćenjem tebele za pretraživanje (engl. *LUT – LookUp Table*) koja sadrži rezultate sa 12-bitnom tačnošću. Sa 12 bita tačnosti se gubi na preciznošću radi bržeg izvršavanja.

Dalje optimizacije zavise od platforme.

A. Optimizacija na Cell platformi

Cela slika ne može stati u LS SPU procesora. Slika se obrađuje red po red. Korišćenjem specifičnosti Cell procesora za programsko zadavanje DMA zahteva istovremeno se dobavlja naredna linija i obrađuje trenutna (ne treba čekati na dobavljanje tekuće linije).

Za filtriranje se koristi MAC (engl. *Multiply And Accumulate*) instrukcija, koja obavlja sabiranje i množenje u jednoj instrukciji: dodaje na akumulator tačku pomnoženu koeficijentom.

B. Optimizacija na Intel platformi

Instrukcijski skupovi Intel zasnovanih platformi ne podržavaju MAC instrukciju. Uočena su tri načina za filtriranje:

1. Vektori koeficijenata se formiraju umnožavanjem koeficijenata. Istovremeno se obrađuje maksimalan broj tačaka koje ulazni vektor može da prihvatiti.
2. Vektori koeficijenata se formiraju smeštanjem u njih jednog reda keoficijanata maske. Vektor ulaznih tačaka se pomnoži vektorom koeficijenta, potom se rezultati saberu horizontalno unutar dobijenog vektora.
3. Proširenje optimizacije prvog načina. Broj operacija se može smanjiti proveravanjem opsega tipa 16-bitnog neoznačenog celog broja i prelazi se u tip 32-bitnog celog broja samo kad rezultat ne može da se smesti.

VI. OPIS MERENJA

A. Intel bazirana platforma

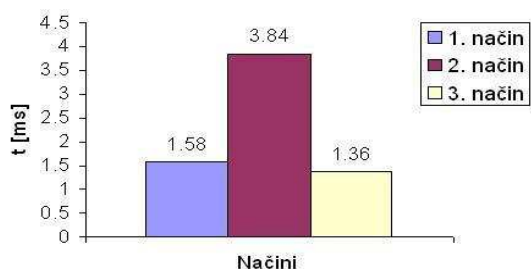
U Tabeli 1 je prikazana konfiguracija platforme na kojoj se merilo:

TABELA 1: KONFIGURACIJA PLATFORME ZA MERENJE.

Komponenta	Model
Procesor:	Intel Core 2 Duo 8200
Matična ploča:	MSI P35 Neo3
RAM memorija:	2x 1 GB DDR2, 800 MHz

Na Sl. 4 su prikazani rezultati merenja korišćenjem tri opisana načina za filtriranje ulazne slike:

Vreme potrebno za filtriranje slike



Sl. 4. Filtriranje slike veličine 720x576 sa maskom veličine 5x5.

1) Merenje korišćenjem jednog jezga

Na Sl. 5 i Sl. 6 su prikazani izmereni rezultati za slike veličine 720x576 i 1920x1080 respektivno korišćenjem jednog jezgra.



Sl. 5 Vreme obrade slike veličine 720x576.



Sl. 6. Vreme obrade slike veličine 1920x1080.

Na Sl. 7 i Sl. 8 su prikazani izmereni rezultati za slike veličine 720x576 i 1920x1080 respektivno korišćenjem jednog jezgra i Intelov prevodilac.



Sl. 7. Vreme obrade slike veličine 720x576 koristeći Intelov prevodilac.



Sl. 8. Vreme obrade slike veličine 1920x1080 koristeći Intelov prevodilac.

2) Merenje korišćenjem dva jezgra

Na Sl. 9 i Sl. 10 su prikazani izmereni rezultati za slike veličine 720x576 i 1920x1080 respektivno korišćenjem dva jezgra.



Sl. 9. Vreme obrade slike veličine 720x576.



Sl. 10. Vreme obrade slike veličine 1920x1080.

Na Sl. 11 i Sl. 12 su prikazani izmereni rezultati za slike veličine 720x576 i 1920x1080 korišćenjem dva jezgra i Intelov prevodilac.



Sl. 11. Vreme obrade slike veličine 720x576 koristeći Intelov prevodilac.



Sl. 12. Vreme obrade slike veličine 1920x1080 koristeći Intelov prevodilac.

B. Cell zasnovana platforma

Na CBE platformi vreme izvršenja algoritma za slike veličine 720x576 i 1920x1080 je 2.72 ms i 13.6 ms.

VII. ZAKLJUČAK

U izradi rada na Intel baziranoj platformi je izabran najoptimalniji, odnosno 3. način filtriranja što je prikazano na Sl. 4. Prilikom komentarisanja dobijenih rezultata moraju se uzeti u obzir razlike u arhitekturi ovih platformi i priroda korišćenog algoritma.

Sa stanovišta arhitekture, Intelovi procesori poseduju maksimalno 4 jezgra sa 8 128-bitnih registara, dok Cell ima 8 jezgara sa 128 128-bitnih registara. Sem toga specijalnost Cell procesora je programsko zadavanje DMA zahteva, dok Intelovi procesori poseduju mnogo veću prihvatnu memoriju (od 2 MB do 12 MB) u koju može stati cela HD slika.

Sa stanovišta algoritma, može se desiti da se neki algoritam brže izvršava na CBE, a neki na Intelovoj platformi. Pošto instrukcijski skupovi nisu ekvivalentni, vreme izvršenja na platformama zavisi od potrebnih operacija pomoću kojih se može ostvariti željeno ponašanje. U ovom slučaju se završavalo bržom obradom na Cell platformi pošto Cell podržava MAC instrukciju. Radi kompletne slike o performansama ovih procesora potrebno bi bilo testirati sa više algoritama.

Dodatno ubrzanje izvršavanja programa na Intel zasnovanim platformama se može postići korišćenjem Intelovog prevodioca. Pomoću njega se postiglo ubrzanje od 10%, međutim, njegova cena za godinu dana iznosi \$400.

Na osnovu celog prethodnog izlaganja može se tvrditi da procesna moć 1,5 jezgra intel (Core 2 Duo i Core 2 Quad) procesora se približava jednom jezgru Cell procesora. Najverovatnije će vremenom Intel povećati broj jezgara svojih procesora i na takav način proizvesti procesor čija je procesna moć približna Cell procesoru.

Prednosti Intelovih procesora:

- Oni su opštenamenski, na svakom jezgru može se izvršavati operativni sistem.
- Imaju veću prihvatnu memoriju.
- Mogu se kupiti zasebno i može da se bira ploča na koju će biti stavljeni. Dok Cell komercijalno može da se kupi u: Sony PlayStation 3 ili Blade Server[4].
- Niža cena.
- Brža i lakša izrada projekata.

Prednosti Cell procesora:

- Podržava MAC instrukciju.
- Na Intel zasnovanim platformama izvršenje algoritma bez SSE4.1 instrukcijskog skupa je približno 3 puta sporije. Uzrok tome je maskmove instrukcija definisana u SSE2, a ubrzanje donosi instrukcija bledv definisana u SSE4.1. Njihova uloga je uslovni memorijski upis.
- Programsko zadavanje DMA zahteva.

Svaka platforma ima svoje prednosti i slabosti, ali obe platforme omogućavaju otkrivanje zamućenosti u realnom vremenu. Koja platforma će se odabrati određuje budžet i vreme potrebno za izradu projekta.

LITERATURA

- [1] Opis Intel procesora, <http://www.intel.com/products/desktop/processors/>
- [2] "Intel@ C++ Intrinsics Reference", Document Number: 312482-002US.
- [3] IBM Systems and Technology Group, "Cell Broadband Engine Programming Tutorial".
- [4] Kratak opis Cell procesora i njegove dostupnosti, [http://en.wikipedia.org/wiki/Cell_\(microprocessor\)#Blade_Server](http://en.wikipedia.org/wiki/Cell_(microprocessor)#Blade_Server).
- [5] Intel@ Hyper-Threading Technology, Technical User's Guide.
- [6] Hu, H., de Haan, G., "Low Cost Robust Blur Estimator", *Proc. ICIP*, pp. 617-620 (2006).

ABSTRACT

This paper presents a comparison of real-time blurring estimation implementation on Intel and Cell based platforms using vector instructions. The processing power of these platforms when using only one core is compared. The execution times of the blurring estimation algorithm on Intel based platform are compared as well using SSE2, SSSE3, and SSE4.1 instruction sets.

ONE SOLUTION FOR REAL-TIME BLURRING ESTIMATION ON CELL AND INTEL BASED PLATFORMS

Nemanja A. Lukić, Andraš Š. Muhi, Miodrag Temerinac, Dragan Simić