

Jedan metod profilisanja audio dekodera na procesoru MIPS32 24Kc

Ljubinko Petrović (mentori: Branislav Pjetar, Stanislav Očovaj, Željko Lukač)

Sadržaj — U okviru ovog rada opisan je metod profilisanja audio dekodera na MIPS procesoru. Profilisanje je izvršeno na dve platforme - na razvojnoj ploči sa MIPS procesorom MIPS32 24Kc i na FPGA platformi sa instaliranim dizajnom fizičke arhitekture istog procesora. Ukratko je opisan sam procesor MIPS32 24Kc i njegovi registri korišćeni prilikom profilisanja. Na kraju je izvršeno i profilisanje za audio dekodere HE-AAC i E-AC-3 na obe platforme i prikazani su dobijeni rezultati i njihova analiza.

Ključne reči — audio dekodera, E-AC-3, HE-AAC, MIPS, profilisanje.

I. UVOD

PRILIKOM razvoja programske podrške za rad u realnom vremenu javlja se potreba za određivanjem opterećenja procesora. Potrebno je utvrditi da li se program može izvršavati na ciljnoj platformi koja ima ograničene resurse. Od interesa mogu biti potrošnja procesorskih ciklusa, broj pristupa i promašaja skrivene memorije. Određivanje procesorskog opterećenja postiže se profilisanjem programa.

U sklopu rada opisan je metod profilisanja audio dekodera na procesoru MIPS32 24Kc (Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages). Profilisanje u opštem slučaju je ukatko opisano u drugom poglavlju, dok je metod profilisanja za procesor MIPS32 24Kc detaljno opisan u četvrtom poglavlju. Dat je i sažet pregled samog procesora sa naglaskom na registre koprocesora CP0 koji su korišćeni pri profilisanju [1]-[2], kao i programa koji je profilisan.

Na samom kraju prikazni su i rezultati profilisanja audio dekodera i analiza dobijenih rezultata na dve platforme za audio datoteke kodovane različitim audio kodecima.

II. PROFILISANJE

U softverskom inženjerstvu analiza performansi,

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 12004, od 2008. god.

Ljubinko Petrović, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija; (telefon: 063/347-868, e-mail: ljubinko.petrovic@rt-rk.com).

Branislav Pjetar, FTN-IRAM-RT, Novi Sad, Srbija, email: branislav.pjetar@rt-rk.com.

Stanislav Očovaj, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija, (e-mail: stanislav.ocovaj@rt-rk.com).

Željko Lukač, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (e-mail: zeljko.lukac@rt-rk.com).

poznatija kao profilisanje, predstavlja ispitivanje ponašanja programa korišćenjem informacija sakupljenih u toku samog izvršavanja programa. Analizom performansi utvrđuju se delovi programa koji su pogodni za optimizaciju brzine izvršavanja ili korišćenja memorije, jer delove koda koji se retko izvršavaju nema smisla optimizovati, zbog toga je neophodno znati koji se delovi koda najčešće izvršavaju. Profilisanje se koristi i za upoređivanje efikasnosti različitih prevodilaca, kao i za određivanje brzine procesora neophodne za izvršavanje programa.

Profilisanjem se generišu statistički podaci o praćenim događajima koji omogućavaju programerima da napišu efikasnije programe.

Za precizno merenje utrošenog vremena ili broja događaja koji se pojavljuju prilikom izvršavanja određenog dela programa dodaje se deo koda za merenje. Ovaj kod se ubacuje ispred i iza bloka programa za koji se sakupljaju podaci. Dodatni kod očitava vreme ili neki globalni brojač događaja i izračunava razliku između učitanih vrednosti pre i posle dela koda koji se profiliše. Zbog dodavanja koda za merenje originalni kod je izmenjen pre izvršavanja. Dodatni kod, u zavisnosti od pristupa, može da ubaci sam programer, prevodilac, itd. Interesantni delovi koda često su kompleksni, a kod za merenje unosi dodatne instrukcije koje mogu uticati na rezultate merenja, radi čega se dodavanje koda za profilisanje mora odraditi selektivno i rezultati se moraju pažljivo interpretirati.

Brojači koji se nalaze u sklopu novih procesora i koji se uvećavaju kada se pojavi određeni događaj omogućavaju precizno merenje.

U ovom radu, predmet profilisanja su dva dekodera audio signala koji podržavaju dekodovanje datoteka u formatu HE-AAC (High Efficiency Advanced Audio Coding), odnosno E-AC-3 (Enhanced Audio Coding 3).

HE-AAC i E-AC-3 su poboljšane verzije algoritama AAC i AC-3 prilagodene potrebama HDTV (High Definition Television) aplikacija. Efikasnije kodovanje postignuto je povećanjem kompleksnosti algoritama. Zbog toga je interesantno utvrditi resurse potrebne za dekodovanje u realnom vremenu.

U okviru posmatranog sistema za rad u realnom vremenu, najzahtevniji deo dekodovanja audio signala jeste samo dekodovanje audio okvira. Zbog toga je deo programa koji dekoduje okvir izabran za profilisanje.

Program je napisan u programskom jeziku C, a preveden je na mašinski jezik pomoću prevodioca sde-gcc.

III. PROCESOR MIPS32 24Kc

MIPS32 24Kc je RISC (Reduced Instruction Set Computer) procesor proizveden od strane MIPS Technologies. RISC je procesor sa smanjenim skupom naredbi. Osobine koje se često sreću u RISC procesorima su sledeće:

- korišćenje jednostavnih formata instrukcija
- povećanje broja registara dostupnih procesoru
- jednostavni načini adresiranja
- korišćenje protočne strukture

MIPS32 24Kc je tridesetdvobitni procesor protočne strukture sa osam faza. Procesor može da poseduje skrivene memorije podataka i instrukcija. Ove memorije su zasebni moduli u procesoru i mogu biti sledećih veličina 8, 16, 32 i 64kB. Postojanje skrivene memorije je bitno za performanse procesora. Skrivena memorija je brza memorija, u ovom slučaju integrisana u procesor, koja se koristi da kompenzuje razliku u brzinama procesora i sporije spoljne memorije. U skrivenoj memoriji se čuvaju kopije podataka iz spoljne memorije kojima se često pristupa i procesor prvo traži potrebne podatke u njoj. Ako se traženi podaci ne nalaze u skrivenoj memoriji procesor pristupa spoljnoj memoriji, ovaj proces naziva se promašaj skrivene memorije i on troši dodatne cikluse procesora.

U sklopu procesora MIPS32 24Kc nalazi se i sistemski kontrolni procesor CP0. CP0 podržava rad sa memorijom, prevođenje adresa, rukovanje izuzecima, kao i druge privilegovane operacije. Svaki od CP0 registara poseduje broj koji ga identifikuje. Taj broj se naziva registarski broj. Koprocesor CP0 poseduje 32 registarska broja koja identifikuju njegove registre. Neki registarski brojevi odnose se samo na pojedinačne registre i oni su im neposredno dodeljeni. Postoje i registarski brojevi koji se odnose na više od jednog registra, a pojedinačnim registrima iz ovakvih grupa pristupa se preko polja *sel* iz instrukcijske reči.

IV. METOD PROFILISANJA

Prilikom analiziranja performansi prati se broj ciklusa procesora pomoću kojeg se izračunava njegova potrebna snaga u MHz i broj promašaja skrivene memorije. Za brojanje ciklusa i promašaja skrivene memorije koriste se registri koprocesora CP0.

CP0 registar 9 je tridesetdvobitni programski brojač koji broji utrošene cikluse procesora. Vrednost brojača se uvećava nakon svakog drugog ciklusa.

Za brojanje promašaja skrivene memorije koriste se dva para registara za merenje performansi koji su preslikani na CP0 registar 25. Jedan registar u paru je kontrolni, a drugi je brojački. Preko polja za izbor *sel* pristupa se jednom od ova četiri registra, njihov redosled prikazan je u tabeli 1.

TABELA 1: REDOSLED REGISTARA PERFORMANSI

sel[2:0]	Registar
0	Kontrolni registar 0
1	Brojački registar 0
2	Kontrolni registar 1
3	Brojački registar 1

Brojači su tridesetdvobitni čitaj/piši registri. Svaki brojač nezavisno od drugog meri jednu vrstu događaja definisanog u kontrolnom registru kojem je prideljen. Brojači se uvećavaju svaki put kada se pojavi događaj koji se njima meri.

Kontrolni registri brojača performansi definišu način brojanja i vrstu događaja koji se broje. Ovi registri su tridesetdvobitni i podeljeni su na osam polja (sl. 1).

31	30	12	11	5	4	3	2	1	0
M	0	Događaj		IE	U	S	K	EXL	

Sl. 1. Polja kontrolnog registra performansi

Polje M je jednobitno polje koje može da se očita, ali upis u njega nije dozvoljen. Ovo polje u kontrolnom registru 0 ima vrednost jedan što znači da postoji i sledeći par kontrolnog i brojačkog registra, a kod kontrolnog registra 1 ima vrednost nula koja označava da je reč o poslednjem paru u nizu registara performansi.

Polje 0 se ne koristi i u njega moraju biti upisane nule.

Od najvećeg značaja za brojanje promašaja skrivene memorije je polje događaj kojim se definiše šta će pridruženi brojač brojati. Za brojanje promašaja podataka skrivene memorije u ovo sedmobitno polje se upisuje vrednost 11, a za brojanje instrukcijskih promašaja skrivene memorije upisuje se vrednost 9. Za brojanje instrukcijskih promašaja skrivene memorije mora se koristiti brojački registar 1 i njemu prideljeni kontrolni registar, dok je za brojanje promašaja skrivene memorije podataka moguće koristiti bilo koji brojački registar.

IE je polje za dozvoljavanje ili zabranu generisanja prekida brojača i ono je postavljeno na nulu čime su onemogućeni prekidi.

Polja U, S, K i EXL dozvoljavaju ili zabranjuju brojanje u pojedinim modovima rada. Ova četiri najmanje značajna bita postavljena su na jedinice čime je dozvoljeno brojanje u svim modovima rada.

U izvornom programu je lociran blok koji dekoduje audio okvir, a ispred i iza njega je umetnut kod za profilisanje. Kod za profilisanje sakuplja informacije o broju procesorskih ciklusa potrebnih za dekodovanje jednog okvira i broju promašaja skrivene memorije prilikom ove operacije. Takođe izračunava srednju vrednost za sve događaje (ciklusi, promašaji skrivene memorije za instrukcije i za podatke) o kojima se sakupljaju informacije i određuje njihov maksimum za dekodovanje jednog okvira. Pored ovih podataka u kodu za profilisanje sakupljaju se i informacije o broju proizvedenih odbiraka prilikom dekodovanja jednog okvira.

V. REZULTATI PROFILISANJA

Audio dekodier na razvojnoj ploči sa procesorom MIPS32 24Kc je profilisan za dve audio datoteke. Obe datoteke predstavljaju kompresovani audio signal od 5.1 kanala sa frekvencijom odabiranja od 48 kHz. Jedna je kompresovana HE-AAC, a druga E-AC-3 kodekom.

Profilisanje je izvršeno i na FPGA (Field-Programmable

Gate Array) Xilinx Vitrex4 lx200 platformi na kojoj je instaliran dizajn fizičke arhitekture procesora MIPS32 24Kc. Na FPGA platformi profilisano je dekodovanje audio datoteke kodovane E-AC-3 algoritmom.

Zbog jednostavnije preglednosti broj ciklusa N , potrebnih za dekodovanje jednog okira, pretvoren je u MHz prema formuli:

$$cpu = (N * fs) / (m * 1000000)$$

gde je cpu snaga procesora izražena u MHz, fs frekvencija odabiranja audio datoteke koja se dekoduje i m broj proizvedenih odbiraka prilikom dekodovanja okvira.

Iz tabele 2 može se videti da je za dekodovanje E-AC-3 formata potrebna znatno veća procesorska snaga. Ovakvi rezultati su očekivani jer E-AC-3, pored dekodovanja, izvodi i transkodovanje u AC3 format.

TABELA 2: REZULTATI PROFILISANJA DEKODOVANJA OKVIRA NA PROCESORU MIPS32 24Kc

Format datoteke	Prosečno	Maksimalno
HE-AAC	129.6 MHz	157.1 MHz
E-AC-3	209.5 MHz	221.4 MHz

TABELA 3: REZULTATI PROFILISANJA PROMAŠAJA INSTRUKCIJSKE SKRIVENE MEMORIJE NA PROCESORU MIPS32 24Kc

Format datoteke	Prosečno	Maksimalno
HE-AAC	0.728	0.1292
E-AC-3	0.958	0.1072

Rezultati profilisanja promašaja skrivene memorije za dekodovanje jednog okvira na procesoru MIPS32 24Kc prikazani su u tabeli 3 i tabeli 4. Broj promašaja instrukcijske skrivene memorije i skrivene memorije podataka je veći kod dekodovanja E-AC-3 datoteke.

TABELA 4: REZULTATI PROFILISANJA PROMAŠAJA SKRIVENE MEMORIJE PODATAKA NA PROCESORU MIPS32 24Kc

Format datoteke	Prosečno	Maksimalno
HE-AAC	19.193	26.216
E-AC-3	31.694	32.597

U tabeli 5 prikazani su uporedni rezultati profilisanja za istu ulaznu datoteku kodovanu E-AC-3 kodekom, ali izmerene na različitim platformama.

TABELA 5: REZULTATI PROFILISANJA DEKODOVANJA OKVIRA E-AC-3 DATOTEKE

Platforma	Prosečno	Maksimalno
FPGA	237.6 MHz	249.9 MHz
MIPS32 24Kc	209.5 MHz	221.4 MHz

Rezultati pokazuju da je za dekodovanje okvira za istu ulaznu datoteku na FPGA platformi potrebna znatno veća procesorska snaga nego na pravom procesoru MIPS32 24Kc. Ovakvi rezultati su dobijeni zbog sporije memorije na FPGA platformi u odnosu na brzinu memorije na razvojnoj platformi.

Tabela 6 prikazuje uporedne rezultate promašaja instrukcijske skrivene memorije za dekodovanje jednog okvira E-AC-3 audio datoteke izračunate na različitim

platformama.

TABELA 6: REZULTATI PROFILISANJA PROMAŠAJA INSTRUKCIJSKE SKRIVENE MEMORIJE PRI DEKODOVANJU OKVIRA E-AC-3 DATOTEKE

Platforma	Prosečno	Maksimalno
FPGA	0.957	0.1076
MIPS32 24Kc	0.958	0.1072

Rezultati su očekivani i pokazuju da je broj promašaja instrukcijske skrivene memorije izjednačen na obe platforme.

TABELA 7: REZULTATI PROFILISANJA PROMAŠAJA SKRIVENE MEMORIJE PODATAKA PRI DEKODOVANJU OKVIRA E-AC-3 DATOTEKE

Platforma	Prosečno	Maksimalno
FPGA	7.04	7.61
MIPS32 24Kc	31.694	32.597

Rezultati iz tabele 7 pokazuju značajna odstupanja u broju promašaja skrivene memorije podataka. Ovakvi rezultati su očekivani zbog razlike u veličini skrivene memorije na ovim platformama. Veličina skrivene memorije podataka na razvojnoj ploči sa procesorom MIPS32 24Kc je dvostruko manja od iste memorije na FPGA platformi.

VI. ZAKLJUČAK

Opisan metod profilisanja audio dekodera na procesoru MIPS32 24Kc je dao očekivane rezultate za dekodovanje audio datoteka kodovanih HE-AAC i E-AC-3 kodecima. Rezultati dobijeni profilisanjem daju uvid o zahtevnosti programa i omogućuju programerima da odrede da li će se program izvršavati u realnom vremenu na ciljnoj platformi. Rezultati se mogu iskoristiti i za optimizaciju pojedinih delova programa, poređenje prevodilaca, itd. Uz manja podešavanja moguće je profilisati i druge delove audio dekodera ili nekog drugog programa.

LITERATURA

- [1] Dominic Sweetman, "See MIPS run" Morgan Kaufmann Publishers, Inc. USA., 1999.
- [2] MIPS Technologies, Inc., "MIPS32 24K processor core family software user's manual," 2006.

ABSTRACT

This paper describes an audio decoder profiling method on MIPS32 24Kc processor. Profiling was performed on two platforms - development board based on MIPS32 24Kc and FPGA platform with implemented hardware design of the same processor. Processor and its registers used in the profiling are briefly described. The profiling results generated on these platforms using different audio formats are presented and analysed.

AUDIO DECODER PROFILING METHOD ON MIPS32 24Kc PROCESSOR

Ljubinko Petrović