

# Jedno rešenje proširenja DirectFB uređaja za rad sa hardverski ubrzanim JPEG dekoderom

Ivana Vojnić Tunić, Tomislav Maruna, Dejan Stefanović, Velibor Mihić

**Sadržaj** — Prikazano je jedno rešenje proširenja DirectFB uređaja za rad sa hardverski ubrzanim JPEG dekoderom. Za razvoj i ispitivanje korišćena je platforma zasnovana na PremiumD čipu proizvođača Micronas GmbH. U radu su date osnovne karakteristike DirectFB uređaja, GA uređaja i proces JPEG dekodovanja. Na kraju je dat opis realizacije kao i rezultati ispitivanja.

**Ključne reči** — DFB, JPEG, GA.

## I. UVOD

DirectFB (*Direct Frame Buffer*) je grafička biblioteka za GNU/Linux operativni sistem koja omogućava maksimalno grafičko ubrzanje sa minimalnom potrošnjom resursa, apstrakciju i rukovanje ulaznim uređajima, integrisan sistem prozora i višestruke prikazne slojeve (*Display layer*). DirectFB se oslanja na Linux-ov *framebuffer* uređaj, kao što je prikazano na slici Sl. 1, i predstavlja apstrakciju fizičke arhitekture sa programskom podrškom za svaku grafičku operaciju koja nije podržana od strane fizičke arhitekture. Ciljna TV platforma predstavlja tzv. *embedded sistem*, odnosno sistem posebne namene. Na platformi se nalazi Linux operativni sistem standardnog MIPS Linux jezgra, posebno prilagođen ciljnoj platformi. Za potrebe ovog sistema koristi se DirectFB uređaj za podršku grafičkim operacijama.

DirectFB podržava sledeće grafičke operacije:

- Isertavanje (linija, različitih površina, itd.)
- Kopiranje
- Prikaz fontova
- Rukovanje sistemom prozora
- Rukovanje resursima
- Rukovanje ulaznim uređajima
- Skaliranje

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

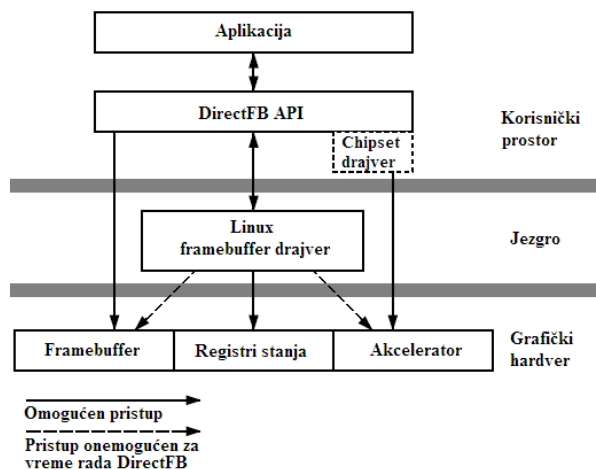
Ivana Vojnić Tunić, Autor, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija; (e-mail: ivana.vojnic@micronasnit.com).

Tomislav Maruna, Koautor, MicronasNIT, Institut za informacione tehnologije, Novi Sad, Srbija; (e-mail: tomislav.maruna@micronasnit.com).

Dejan Stefanović, Koautor, MicronasNIT, Institut za informacione tehnologije, Novi Sad, Srbija; (e-mail: dejan.stefanovic@micronasnit.com).

Velibor Mihić, Koautor, MicronasNIT, Institut za informacione tehnologije, Novi Sad, Srbija; (e-mail: velibor.mihic@micronasnit.com).

- Manipulaciju bojama
  - Manipulaciju prikaznim slojevima
- Ove operacije se mogu izvršiti i programski u slučaju da nisu podržane od strane fizičke arhitekture.



Sl. 1. Pristup *framebuffer* uređaju i grafičkoj fizičkoj arhitekturi od strane DirectFB aplikacije.

Struktura i sprega DirectFB uređaja je projektovana da omogući najlakši način implementacije sledećih modula:

- GA uređaja (*Graphic Accelerator*)
- Ulaznih uređaja
- Provajdera slike (*Image provider*)
- Video provajdera (*Video provider*)
- Font provajdera (*Font provider*)

### A. Provajder slike

DirectFB sadrži provajdere slike koji omogućuju učitavanje slike direktno na prikaznu površinu DirectFB uređaja. Podržani su sledeći formati slika:

- JPEG (koristeći *libjpeg* biblioteku)
- PNG (koristeći *libpng2* biblioteku)
- GIF (integrisana)
- različiti drugi formati (koristeći *lmlib2* biblioteku)

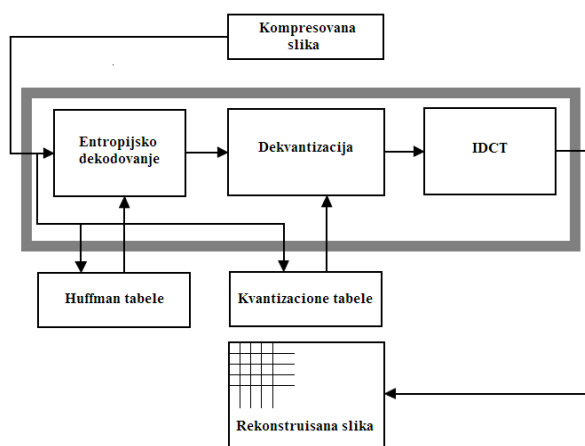
U ovom radu se opisuje realizacija proširenja DirectFB uređaja odnosno *ImageProvider* sprege, za rad sa hardverski ubrzanim JPEG dekoderom prilagođenim ciljnoj platformi umesto inicijalno implementiranog dekodera baziranog na *libjpeg* biblioteci.

## II. TEORIJSKE OSNOVE

JPEG (*Joint Photographic Experts Group*) je standard za kompresiju mirne slike. JPEG standard definiše proces kako kodovanja tako i dekodovanja slike.

### A. JPEG dekoder

Proces dekodovanja započinje dekompresijom koeficijenata koji su kodovani Hafmanovim kodom, zatim se obavlja IQ (*Inverse Quantisation*) i na kraju IDCT (*Inverse Discrete Cosinuse Transformation*). Kao rezultat ovih inverznih transformacija dobijaju se vrednosti koje predstavljaju vrednosti piksela. Blok šema JPEG dekodera je data na slici Sl. 2.



Sl. 2. Blok šema JPEG dekodera

Hafmanov način kodovanja - Dodeljuje kraći kod onim vrednostima koje se češće pojavljuju, a duži kod onim vrednostima koje se pojavljuju retko.

Zig-zag - Način analiziranja ulaza odnosno 8x8 bloka frekvensijskih komponenti. Frekvensijski koeficijenti su poredani u redosledu da se na početku nalaze niže vrednosti frekvencija a na kraju više vrednosti.

Kvantizacija - Kvantizacija se koristi za postizanje kompresije. U procesu kvantizacije sav eventualno nastali šum se koncentriše u području visokih frekvencija, gdje je slabo uočljiv. DCT (*Discrete Cosinuse Transformation*) koeficijenti su predstavljeni sa ne većom preciznošću nego što je potrebno da bi se postigao željeni kvalitet slike. Drugim rečima, cilj ovog postupka je ukloniti one podatke koje značajno ne doprinose vizuelnom poboljšanju slike.

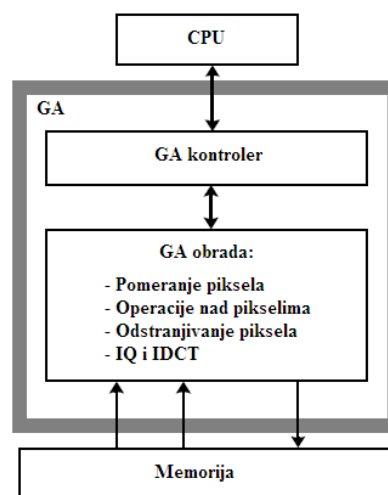
Inverzna diskretna kosinusna transformacija - Određuje amplitude signala u vremenskom domenu, na osnovu vrednosti koeficijenata signala u frekventnom domenu. Jednačina (1) predstavlja jednačinu inverzne diskretne kosinusne transformacije. Diskretna vrednost elemenata slike u bloku sa koordinatama (x,y) je predstavljena sa  $f(x,y)$ . Koeficijenti  $C(u)$  i  $C(v)$  su konstantni članovi i njihova vrednost data je u jednačini (2)

$$f(x,y) = 2 \cdot \frac{C(u) \cdot C(v)}{\sqrt{M \cdot N}} \cdot \left[ \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u,v) \cdot \cos \frac{(2 \cdot x + 1) \cdot u \cdot \pi}{2M} \cdot \cos \frac{(2 \cdot y + 1) \cdot v \cdot \pi}{2N} \right] \quad (1)$$

$$C(u) = C(v) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & -za \rightarrow u, v = 0 \\ 1, & -za \rightarrow u, v \neq 0 \end{cases} \quad (2)$$

## III. ANALIZA PROBLEMA

Aritektura ciljne platforme podrazumeva postojanje Grafičkog akceleratora GA, koji omogućava ubrzanje prilikom dekodovanja slike za pojedine grafičke operacije. GA je programibilni grafički modul za generisanje i manipulaciju 2D grafike. Njegov zadatak je da obrađuje slike u *framebuffer* uređaju i da rastereti sistemski CPU (*Central Processing Unit*) prilikom obavljanja grafičkih operacija, kao i prilikom pomeranja i kopiranja slika. Struktura GA modula je data na slici Sl. 3. *Framebuffer* uređaj, u slučaju GA, podrazumeva da za svaki piksel prikazan na ekranu postoji odgovarajuća informacija sadržana u memoriji.



Sl. 3. Opšti prikaz GA uređaja

Operacije manipulacije pikselima su konfigurisane u specijalnim GA instrukcijama (*GAI*). *GAI* specifikira izvor i odredište slike kao i operacije nad pikselima. Različite operacije nad pikselima se mogu spojiti u jedan GA proces. GA se ponaša kao 2D-DMA modul optimizovan za grafičke operacije. On čita piksele iz izvorne slike, obavlja operacije nad njima i smešta ih u odredišni bafer.

Zadaci GA uređaja su sledeći:

- Kopiranje okvira (*Frame*) sa ili bez manipulacije piksela.
- Iscrtavanje linija i različitih površina u okvir.
- Logičko ili aritmetičko kombinovanje dva okvira.

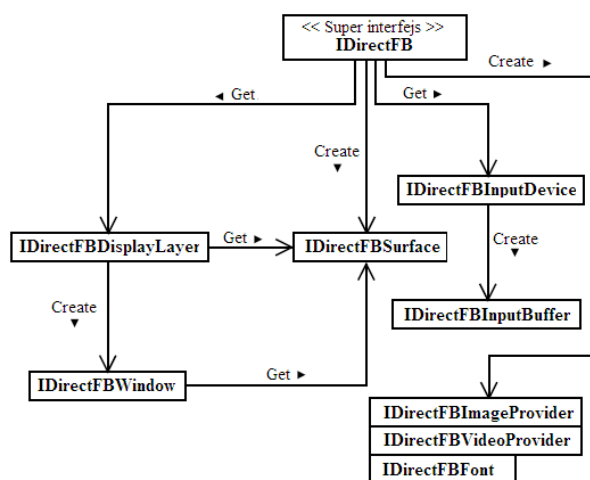
GA zadaci se izvršavaju u GA prenosima tj. čitanju podataka, njihovoj modifikaciji i pisanju u odredišnu memoriju. Ovi GA prenosni su programirani GA instrukcijama. Višestruke GA operacije mogu biti kombinovane u jednom prenosu. Kao što je dato na slici Sl. 3. instrukcije mogu biti postavljene od strane sistemskog CPU kao jedna instrukcija ili GA može da izvrši listu instrukcija koje su smeštene u memoriji (kao izvršenje programa). GA operacije su raspoređene u sledeće grupe:

- Translacije piksela
- Operacije nad pikselima
- Isecanje
- Skaliranje
- JPEG/MPEG podrška (IQ i IDCT)

U ovom primeru implementacije JPEG dekodera se oslanja na pojedine operacije GA kako bi se ostvarilo određeno ubrzanje prilikom dekodovanja slike. To su operacije dekvantizacije i inverzne kosinusne transformacije, iscrtavanje slike, skaliranje kao i konverzija prostora boja.

#### IV. OPIS REŠENJA

*DirectFB* aplikacija je strukturirana tako da koristi sprega. Sprega je u stvari C struktura koja sadrži pokazivače na funkcije. U zavisnosti od implementacije ovi pokazivači ukazuju na različite funkcije. Prikaz veza između pojedinih sprega dat je na slici Sl. 4.



Sl. 4. Prikaz veza između različitih sprega *DirectFB* uređaja

**IDirectFB** predstavlja takozvanu super spregu. Ova sprega se jedina može kreirati globalnom funkcijom *DirectFBCreate*. Sve ostale sprega su dostupne preko **IDirectFB**. *DirectFB* uređaj podržava i sprega koje se mogu dinamički implementirati:

- Provajder slike (*Image provider*)
- Video provajder (*Video provider*)
- Font provajder (*Font provider*)

Specifičnost implementacije ovih sprega omogućuje da se one po potrebi učitavaju u toku izvršavanja programa. Na primer ako je potrebno prikazati sliku, postojeće implementacije **IDirectFBImageProvider** sprega će biti ispitane pozivom funkcije *Probe*. Ako je u pitanju JPEG slika, *Probe* funkcija JPEG sprega će obavestiti sistem da može da rukuje datotekom i kreiraće se **IDirectFBImageProvider JPEG** sprega.

Provajder slike podržava dekodovanje JPEG, PNG i GIF datoteka. Sprega provajdera slike za podršku JPEG datoteka inicijalno koristi *libjpeg* biblioteku za njihovo dekodovanje. Ova biblioteka je kompletno napisana u C jeziku i sadrži naširoko korišćenu implementaciju JPEG dekodera. Svaki blok u procesu dekodovanja, u slučaju korišćenja *libjpeg* biblioteke, realizovan je softverski i prilikom dekodovanja opterećuje se sistemski CPU. Hardverski ubrzan dekodera koji je korišćen u ovom primeru proširenja *DirectFB* uređaja je prilagođen ciljnoj platformi i u cilju ubrzanja procesa dekodovanja se oslanja na GA modul. Odnosno izvršenje operacija pojedinih blokova u procesu dekodovanja prepušta GA modulu.

Kao što je prikazano na slici Sl. 2 proces dekodovanja JPEG slike je podeljeno u blokove. Entropijsko dekodovanje se u oba slučaja obavlja softverski. Naredne blokove u procesu dekodovanja predstavljaju inverzna kvantizacija i inverzna diskretna kosinusna transformacija. Za razliku od dekodera koji se oslanja na *libjpeg* biblioteku i ove funkcije obavlja softverski, u slučaju hardverski ubrzanog dekodera izvršenje ovih operacija se prepušta GA modulu. Funkcija *GA\_API\_IQ\_IDCT* GA modula obavlja proces inverzne kvantizacije i proces inverzne diskretne kosinusne transformacije za JPEG/MPEG dekodovanje. IQ i IDCT rade na principu blokova i makroblokova, što znači da se kompletan blok ili makroblok može obraditi u jednom GA prenosu. Podržani formati makroblokova su 4:2:0, 4:2:2 i 4:4:4. Nakon IQ i IDCT vrši se konverzija boje iz YUV u RGB format. Hardverski ubrzan dekodera ovu operaciju takođe prepušta GA modulu. Funkcija *GA\_API\_YCbCrToARGB* vrši konverziju boje. Ovaj proces obavlja modul za translaciju piksela koji podržava ITU-R BT.601 i ITU-R BT.709 sisteme boja. Svaki sistem boja ima dve matrice konverzije, jednu za grafičke a drugu za video podatke. Rezultati svake komponente svih konverzija su u rasponu od 0 do 255. Alfa komponenta ostaje nepromenjena prilikom konverzije boje. Nakon ove operacije se dobija bitmapa koja predstavlja originalnu sliku.

TABELA 1: REZULTATI ISPITIVANJA.

Redni broj slike	Velicina slike	Rezolucija slike	Vreme dekodovanja pozivom libjpeg biblioteke	Vreme dekodovanja pozivom ubrzanog dekodera
Slika1.jpg	739 Kb	2048 x 1536	2,85 s	1,46 s
Slika2.jpg	750 Kb	2048 x 1536	2,60 s	1,22 s
Slika3.jpg	947 Kb	1728 x 2304	3,52 s	1,96 s
Slika4.jpg	1,102 Kb	2272 x 1712	3,41 s	1,73 s
Slika5.jpg	1,426 Kb	1920 x 1080	3,45 s	2,82 s
Slika6.jpg	2,888 Kb	2816 x 2112	4,29 s	3,05 s
Slika7.jpg	6,564 Kb	3648 x 2736	5,75 s	3,62 s

Iscrtavanje slike na prikaznu ravan i njeno eventualno skaliranje u slučaju hardverski ubrzanog dekodera takođe vrši GA modul. Funkcija *GA\_API\_FillRectangle* obavlja iscrtavanje slike dok njeno skaliranje obavlja funkcija *GA\_API\_LinScale*. Kada je rezolucija slike veća od same površine na kojoj treba da se prikaže, vrši se njeno skaliranje. Funkcija koja obavlja skaliranje podržava dve različite vrste skaliranja, skaliranje umnožavanjem piksela i linearno skaliranje. U ovoj implementaciji se koristi linearno skaliranje koje obavlja linearnu interpolaciju piksela. Računaju se međupiksela na osnovu pozicije između dva piksela i na osnovu faktora skaliranja čija se vrednost kreće u rasponu od 0 i 1.

Zahvaljujući GA, vreme samog procesa dekodovanja se skraćuje. Kao što je prikazano u tabeli 1. vreme potrebno da se izdekoduje slika pomoću *libjpeg* biblioteke je znatno duže nego kad se dekodovanje vrši hardverski ubrzanim dekoderom.

#### V. ISPITIVANJE

Za potrebe ispitivanja korišćena je Micronas GmbH razvojna ploča zasnovana na PremiumD čipu. Izvršeno je uporedno dekodovanje više slika različite veličine i rezolucije. U tabeli 1. su prikazani rezultati dekodovanja, odnosno brzine dekodovanja slike pomoću *libjpeg* biblioteke i hardverski ubrzanog dekodera. U tabeli se vidi da je dekodovanje ubrzanim dekoderom znatno manje od čistog softverskog dekodovanja pomoću *libjpeg* biblioteke.

#### VI. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan razvijeni primer proširenja funkcionalnosti *DirectFB* uređaja JPEG hardverski ubrzanim dekoderom. Ova implementacija predstavlja osnovu za dalji rad i nadogradnju *DirectFB* uređaja. Naime ciljna TV platforma predstavlja sistem posebne namene i za podršku grafičkim operacijama koristi se

*DirectFB* uređaj koji uz minimalno korišćenje resursa daje maksimalne performanse. Postoji mogućnost proširenja ovog uređaja drugim dekoderima koji su prilagođeni ciljnoj platformi i koji daju bolje rezultate od standardnih softverskih biblioteka. *DirectFB* uređaj osim podrške za dekodovanje mirne slike, sadrži podršku i za dekodovanje video i audio formata. Samim tim moguće je proširivati ovaj uređaj dekoderima razvijenim za potrebe platforme.

#### ZAHVALNICA

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

#### LITERATURA

- [1] Programska podrška u televiziji i obradi slike, Dr Nikola Teslić, materijali za predavanja, FTN Novi Sad, 2005.
- [2] *VCT-H Software Architecture*, Micronas GmbH, 2007
- [3] ITU, *Information Technology – Digital Compression and Coding of Continuous-Tone Still Images – Requirements and Guidelines*, CCITT T.81, 1993

#### ABSTRACT

This paper presents one solution of enhanced *DirectFB* device with graphic hardware accelerated JPEG decoder. Software evolution and testing are based on Micronas GmbH PremiumD TV controller. Characteristics of *DirectFB*, GA and process of JPEG decoding as well as short overview of software realisation and testing results are given.

#### ONE IMPLEMENTATION OF ENHANCED DirectFB DEVICE FOR USE WITH GRAPHIC HARDWARE ACCELERATED JPEG DECODER

Ivana Vojnić Tunić, Tomislav Maruna, Dejan  
Stefanović, Velibor Mihić