

ANALYSIS OF BITSTREAM REDUCTION METHODS FOR VIDEO COMPRESSION IN FPGA CHIP

Jakub Tomko

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xtomko01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Marek Bohrn

E-mail: bohrn@phd.feec.vutbr.cz

Abstract: This work is focused on the compression algorithm's analysis of MJPEG format and its implementation in FPGA chip. Three video bitstream reduction methods have been evaluated for real-time low latency applications of MJPEG format. These methods are noise filtering, inter-frame encoding and lowering video's quality. Based on this analysis, a suitable method for bitstream reduction has been chosen.

Keywords: JPEG, MJPEG, image compression, DCT, entropy encoding, bitstream reduction

1 ÚVOD

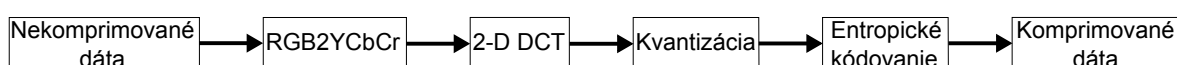
S kompresiou digitálneho videa sa stretávame každodenne. Či už ide o televízny prenos, streamované videá, alebo iné špecifické aplikácie, vždy je potrebné použiť kompresiu video záznamu. Tá umožňuje mnohonásobné zmenšenie obsahu prenášaných dát, ktorý pri dnes rozšírených videách s vysokým rozlíšením predstavuje vysoké požiadavky na ich prenos.

Medzi najrozšírenejšie kompresné štandardy patria napr. kodeky typu MPEG a H.264. Tieto kodeky poskytujú vysokú kompresiu pri zachovaní dobrej kvality obrazu. Avšak, ich nedostatkom je vysoká latencia, spôsobená komplexnými kompresnými algoritmi používanými pri kompresii videa [1].

Niektoré aplikácie vyžadujú nízku latenciu, a preto je použitie spomínaných video kodekov v týchto prípadoch nevyhovujúce. Najvhodnejším kandidátom na kompresiu videa v systémoch vyžadujúcich minimálnu latenciu je Motion JPEG (MJPEG). Ten síce poskytuje menšiu úroveň kompresie ako ostatné zmienené metódy, ale algoritmus kompresie a dekompresie je relatívne jednoduchý na implementáciu a umožňuje rýchle kódovanie video záznamu.

2 FORMÁT MOTION JPEG

Video komprimované vo formáte MJPEG predstavuje sekvenciu snímok videa, ktoré sú individuálne komprimované vo formáte JPEG. Výhodou individuálnej kompresie snímok je zjednodušenie kompresného algoritmu, keďže žiadna zo snímok nezávisí na predošlej alebo nasledujúcej snímke v sekvencii [1]. Tak, ako väčšina video kodekov, aj MJPEG je založený na sekvenčnom móde JPEG formátu. Kompresia obrazu v sekvenčnom móde JPEG formátu je zložená zo štyroch základných krokov (obr. 1) [2].



Obr. 1: Bloková schéma jednotlivých krokov pri JPEG kompresii v sekvenčnom móde [2].

Obraz je najprv prevedený z farebnej RGB roviny do jasovej YCbCr roviny. Táto transformácia využíva nedostatky ľudského zraku s cieľom umožniť vyššiu kompresiu obrazu. Chroma zložky obrazu sú následne podvzorkované typom 4:2:2 alebo 4:2:0. Tento krok je prvou časťou stratovej kompresie [2, 3].

Výpočtovo najnáročnejšou časťou kompresie je dvojrozmerná diskretná kosínusová transformácia (DCT) jednotlivých zložiek obrazu. DCT prevádza zachytenú informáciu do frekvenčného spektra, vyjadreného pomocou kosínusových funkcií. Výhodou DCT je skutočnosť, že výsledky sú reálne čísla, a tak je možné použiť rovnaký postup na výpočet inverznej DCT pri dekompresii obrazu [3].

Získané DCT koeficienty sú pred konečným kódovaním kvantované pomocou kvantovacích tabuliek. Kvantovanie DCT koeficientov má za účel minimalizovať váhu vysokofrekvenčných zložiek obrazu, na ktoré je ľudský zrak najmenej citlivý [2, 3].

Entropické kódovanie je posledným krokom JPEG kompresie a je zložené zo štyroch častí – DPCM, RLE, VLE a Huffmanovho kódovania. Úlohou DPCM a RLE v kombinácii s VLE je znížiť redundanciu v blokoch kvantovaných DCT koeficientov. Takto upravené dáta sú následne zakódované pomocou Huffmanových tabuliek [2].

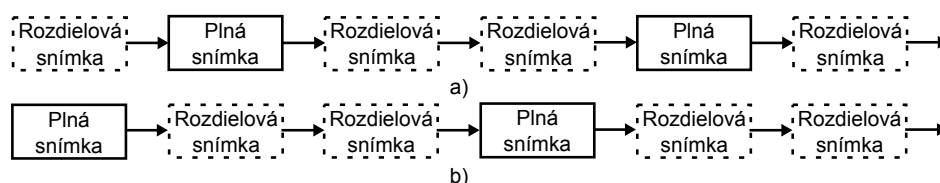
Súčasnne obvody FPGA disponujú DSP blokmi, blokovými RAM (BRAM) pamäťami a umožňujú paralelné spracovávanie dát. Práve vďaka týmto skutočnostiam sú obvody FPGA vhodné na spracovanie videa a s ich pomocou možno dosiahnuť vysokú priepustnosť výsledného obvodu. DSP bloky obsahujú MAC jednotky s hardvérovými násobičkami a sčítačkami, ktoré umožňujú efektívnu realizáciu výpočtovo náročných operácií ako je DCT a kvantovanie získaných DCT koeficientov. BRAM pamäte sú vhodné na implementáciu zásobníkov častí spracovávaného obrazu a náhľadových tabuliek, potrebných na rýchle Huffmanovo kódovanie [3].

3 METÓDY REDUKCIE DÁTOVÉHO TOKU

Najjednoduchšou metódou sa javí použitie najmenej potrebnej kvality videa. Z analýzy vyplýva, že veľkosť dátového toku videa v kvalite QF 60 – 100 prudko rastie a zároveň nedochádza k výraznému zlepšeniu vnímanej kvality videa. Vo videu v kvalite QF 10 – 20 je ľahko pozorovateľný výrazný pokles vnímanej kvality. Naopak, zmeny vo vnímanej kvalite videa v rozsahu QF 30 a 60 sú minimálne a dátový tok je podstatne nižší ako pre video kvality QF > 60.

Na filtráciu šumu referenčných videí boli použité mediánové filtre typu 3×3 a 5×5 . Výsledky analýzy dokazujú, že filtrácia šumu má vplyv na dátový tok len pri použití vysokej kvality videa (QF > 80). Pri použití nižšej kvality je vplyv filtrácie minimálny, a to najmä kvôli vysokému kvantovaniu DCT koeficientov. Pokles dátového toku videa kvality QF 20 – 50 je priemerne 3% v prípade filtra 3×3 a 6,8% pre filter 5×5 .

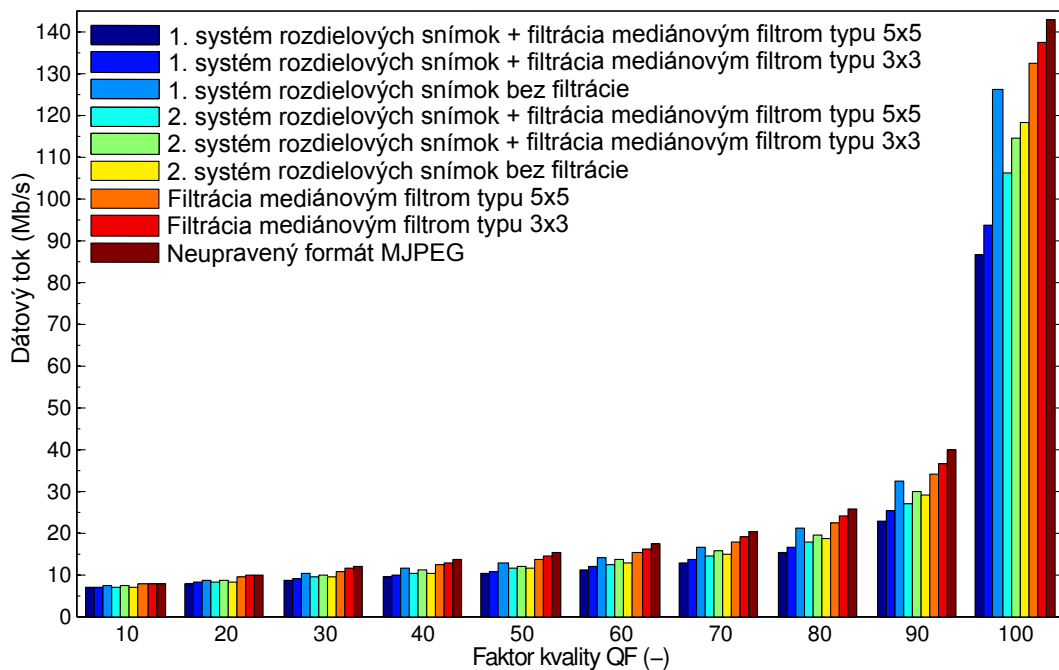
Na referenčné videá boli aplikované dva systémy rozdielových snímok (obr. 2), ktoré delia postupnosť snímok videa na skupiny troch snímok. V prípade prvého systému je úplne kódovaná vždy druhá snímka a ostatné snímky trojice sú kódované ako rozdiel ich obsahu a obsahu úplne kódovanej snímky. Druhý systém kompletne kóduje vždy prvú snímku skupiny a ostatné snímky trojice sú kódované ako rozdiel ich obsahu a obsahu predošlej snímky.



Obr. 2: Postupnosť snímok pri kódovaní s rozdielovými snímkami. a) systém č. 1. b) systém č. 2.

Obidva systémy dosahujú približne rovnaké zníženie dátového toku v priemere o 13%. Mierne zlepšenie, v priemere o 5%, bolo docielené filtráciou jednotlivých rozdielových snímok. Nevýhodou týchto redukčných metód založených na systéme rozdielových snímok je skutočnosť, že je potrebná pamäť na uchovanie jednej celej snímky videa (6 MB) a vyššia latencia výsledného obvodu.

Vhodný návrh obvodu kodeku umožňuje umiestniť obsah kvantovacích a Huffmanových tabuliek do pamäte kodéru aj dekodéru a znížiť tak veľkosť dátového toku o 210 kb/s. Na obr. 3 je znázornená závislosť veľkosti dátového toku na úrovni kvality videa pre spomínané redukčné metódy.



Obr. 3: Závislosť veľkosti dátového toku videa na jeho kvalite a použitej redukčnej metóde. Referenčné video je v HD rozlíšení 1920×1080 pri 25 FPS.

4 ZÁVER

Práca sa zaoberá kompresiou videa vo formáte MJPEG. Boli navrhnuté viaceré metódy s cieľom znížiť veľkosť výsledného dátového toku. Filtrácia šumu dosahuje minimálne zlepšenie v oblasti najvhodnejšej kvality videa. Systém rozdielových snímok zasa zvyšuje nároky na veľkosť pamäte obvodu a zvyšuje aj jeho latenciu.

Na základe týchto poznatkov bol na implementáciu do obvodu FPGA vybraný nemodifikovaný formát MJPEG. Zníženie dátového toku sa docielí úpravou formátu na prenos komprimovaných dát, a to uložením kvantovacích a Huffmanových tabuliek do pamäte kodéru a dekodéru.

LITERATÚRA

- [1] POYNTON, Ch.: Digital video and HDTV: algorithms and interfaces. San Francisco, 2003, 692 s., ISBN 15-586-0792-7.
- [2] CCITT: Information Technology - Digital Compression and Coding of Continuous-Tone Still Images. Terminal Equipment and Protocols for Telematic Services, 1993.
- [3] BAILEY, D.: Design for embedded image processing on FPGAs. New York, 2011, 482 s., ISBN 978-0-470-82850-2.