

LOSSY IMAGE COMPRESSION USING DCT

Radek Liška

Bachelor Degree Programme (5), FIT BUT

E-mail: xliska09@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: David Bařina

E-mail: ibarina@fit.vutbr.cz

Abstract: This paper deals with currently used methods of lossy image compression. Nowadays widely used method is DCT which is basis of JPEG codec. There is a basic description of each compression step used in JPEG. Existing methods are presented to improve compression ratio and image quality. Effect of these methods is shown in experiments on image data.

Keywords: JPEG, JPEG-Plus, DCT, image compression

1. ÚVOD

Cílem tohoto příspěvku je popsat možná vylepšení a rozšíření standardu JPEG, která by mohla vést ke zvýšení kvality a kompresního poměru obrázků tímto zpracovávaných. V kapitole 2 je popsána posloupnost algoritmů, které se dnes běžně používají pro ztrátovou obrazovou kompresi ve standardu JPEG. V kapitole 3 jsou uvedeny návrhy možných vylepšení a v kapitole 4 výsledky experimentování s nimi.

2. ZTRÁTOVÁ KOMPRESSE OBRAZU

Ztrátová komprese obrazu s využitím diskrétní kosinové transformace (DCT) využívá převodu do barevného modelu YCbCr. Složka Y je jasová, na kterou je lidský zrak nejvíce citlivý, složky Cb a Cr jsou barvonosné, na které je zrak citlivý méně než na jasovou složku. Proto je možné z barvonosných složek použít menší datový objem při zachování výsledné vnímané kvality obrazu nebo jejím menším snížením ve srovnání s obdobnou ztrátou informací z jasové složky.

Zpracovávaný obraz je dále rozdělen na bloky velikosti 8×8 pixelů. Na každý z těchto bloků je aplikována DCT, výsledné zpracované bloky frekvenčních koeficientů jsou kvantizovány. Poté jsou linearizovány a nakonec zakódovány na výstup. Při dekódování je pořadí kroků opačné.

DCT (diskrétní kosinová transformace) [1] převádí signál z prostorové do frekvenční domény. Nejčastěji používaná DCT-II (1), obvykle zvaná jen „DCT“, je tvořena následující rovnicí:

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cos \left[\frac{\pi}{N} \left(n + \frac{1}{2} \right) k \right] \quad k = 0, \dots, N-1 \quad (1)$$

Inverzní transformace k DCT-II je DCT-III (2) násobená 2/N („IDCT“). Samotná DCT-III:

$$X_k = \frac{1}{2} x_0 + \sum_{n=1}^{N-1} x_n \cos \left[\frac{\pi}{N} n \left(k + \frac{1}{2} \right) \right] \quad k = 0, \dots, N-1 \quad (2)$$

Na bloku se provádí dvourozměrná DCT, která se provede jako série jednorozměrných DCT. DCT koncentruje nejvíce energie na nízkých frekvencích obrazu, zejména v prvním elementu tvořícím DC koeficient (Direct Current = stejnosměrný proud; frekvence tohoto koeficientu je vždy nulová). Ostatní elementy jsou AC koeficienty (Alternating Current = střídavý proud).

DCT je ve své podstatě bezztrátová transformace, ztrátě informací se dá vyhnout zvýšením přesnosti reprezentace čísel. Snížení kvality ve ztrátové kompresi obrazu způsobuje kvantizace, která probíhá vydělením matice DCT koeficientů pomocí kvantizační tabulky. Obvykle existuje jedna kvantizační tabulka pro jasovou složku a jedna pro barvonosné složky. Koeficienty této tabulky jsou zpravidla přímo úměrné výši frekvence na dané pozici. Jejich hodnoty je možné škálovat pomocí uživatelského nastavení. V tabulkách JPEG standardu [2] lze vidět důraz na snížení objemu informace v barvonosných složkách i ve vyšších frekvencích všech tří složek.

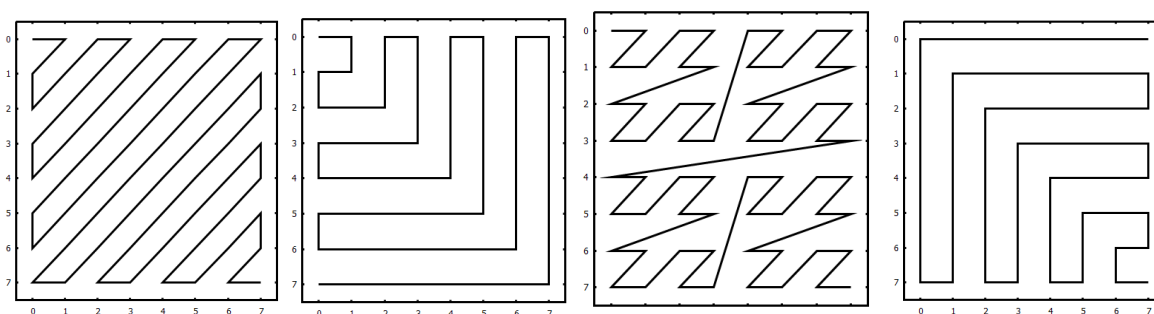
Blok transformovaný pomocí DCT po kvantizaci stále tvoří dvourozměrnou matici. Jelikož většina kodérů zpracovává pouze jednorozměrný proud dat, je třeba je do jednorozměrné podoby převést pomocí linearizace. JPEG standard používá cik-cak průchod (obrázek 1.a).

Výsledný proud linearizovaných obrazových dat je třeba zakódovat do souboru. V JPEG standardu se využívá Huffmanův kodér [5] pro jeho nízkou náročnost a dobrou výkonnost. Další popisovanou možností je aritmetický kodér [2], ale šíření jeho implementace v tomto formátu bylo omezeno kvůli dřívějšímu patentovému zatížení. Aritmetický kodér dosahuje mírného zlepšení kompresního poměru ve srovnání s Huffmanovým, navýšení času zpracování je ale výraznější a tvoří další důvod problematického prosazování aritmeticky kódovaných obrázků.

3. MOŽNOSTI VYLEPŠENÍ

S dnešním hardwarem lze použít bloky 16×16 i vyšších velikostí spolu se současnými 8×8 . Tím se sice zvýší hardwarové nároky, ale také vzroste účinnost komprese díky vlivu kvantizace.

Ve standardu JPEG je použit pouze průchod cik-cak. V JPEG-Plus je navržen pyramidový průchod (obrázek 1.b). Mortonův průchod ani reverzní pyramidový průchod (obrázky 1.c a 1.d) pro JPEG nebyly použity ani navrženy, snahou při experimentování s nimi je mapovat dvourozměrnou matici na jednorozměrný proud ještě efektivněji než standardní průchod.



Obrázek 1

Další možné přístupy k entropickému kódování bloků by mohly být Golombovo kódování či 3R (Recursive Range Reduction) [6]. Golombovo kódování je vhodné, pokud většinu obsahu tvoří několik nízkých čísel, zatímco 3R je pro kódování bloků zajímavou volbou z toho důvodu, že její účinnost na rozdíl od statistických metod nezávisí na objemu dat a je ideální pro klesající posloupnosti, které lze často v kvantizovaných blocích nalézt.

4. VÝSLEDKY EXPERIMENTŮ A ZÁVĚR

Všechny experimenty byly prováděny na obrázcích testovací sady Kodak [7] číslo 1, 2, 8, 22 a 23.

Byly provedeny testy srovnávající různé velikosti bloků a různé linearizační průchody. Vliv rozměrů bloku na velikost výsledného souboru a hodnotu indexu strukturální podobnosti SSIM při stejné hodnotě špičkového poměru signálu k šumu (PSNR) při použití navrhovaného 3R kodéru je shrnut v tabulce 1. Velikosti výstupních souborů jsou v bajtech. Referenční výsledky Huffmanova kodéru

jsou uvedeny v tabulce 2. Byly provedeny také pokusy s bloky o velikosti 64×64 pixelů, ale pravděpodobně kvůli chybě v programu byl rozdíl proti blokům o velikosti 32×32 pixelů zanedbatelný.

[PSNR (dB)]	[SSIM]	Průchod	Bloky 8×8	Bloky 16×16	Bloky 32×32
41,1	0,96	Cik-cak	675592	542492	495134
		Mortonův	696731	557063	500513
		Pyramidový	707510	570962	516315
		Reverzní pyr.	895261	620919	529994

Tabulka 1

[PSNR (dB)]	[SSIM]	Průchod	Bloky 8×8	Bloky 16×16	Bloky 32×32
41,1	0,95	Cik-cak	474039	-	-

Tabulka 2

V příspěvku byly popsány metody ztrátové komprese obrazových dat, které jsou používány ve formátu JPEG/JFIF. Návrh standardu JPEG-Plus poskytuje další možnosti. Byly shrnuty některé existující metody, které by mohlo být možné využít k vylepšení kompresního poměru. Při experimentech se standardní testovací sadou bylo zjištěno, že zvětšení velikosti bloku se může pozitivně projevit na výsledné velikosti souboru. Naopak volba nestandardního linearizačního průchodu nikdy neměla na velikost výstupu výrazný pozitivní vliv.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla částečně podporována výzkumným záměrem MSM0021630528, grantem VUT FIT-S-11-2 a projektem IT4Innovations Centre of Excellence CZ.1.05/1.1.00/02.0070.

REFERENCE

- [1] AHMED, N.; NATARAJAN, T.; RAO, K. R. Discrete Cosine Transform. In *IEEE Transactions on Computers*. New York : Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1974. s. 90-93.
- [2] ISO/IEC 10918-1:1994. *Information technology – Digital compression and coding of continuous-tone still images: Requirements and guidelines*. Geneva : International Organization for Standardization, 1994. 182 s.
- [3] MORTON, G. M. *A computer Oriented Geodetic Data Base; and a New Technique in File Sequencing*, 1966. Ottawa : IBM Canada Ltd.
- [4] VOLLBEDING, G. *ITU-T JPEG-Plus Proposal for Extending ITU-T T.81 for Advanced Image Coding* [online]. Geneva : Independent JPEG Group, 2006 [cit. 2012-03-03]. Dostupné z WWW: <http://jpegclub.org/temp/ITU-T-JPEG-Plus-Proposal_R3.doc>.
- [5] HUFFMAN, D. A. A Method for the Construction of Minimum-Redundancy Codes. In *Proceedings of the I.R.E.* New York : The Institute of Radio Engineers, Inc., 1952. s. 1098–1102.
- [6] GUIDON, Y. *Data compression: the "3R" algorithm* [online]. 2007 [cit. 2012-03-22]. Dostupné z WWW: <http://ygdes.com/ddj-3r/ddj-3r_compact.html>.
- [7] FRANZEN, R. *Kodak Lossless True Color Image Suite* [online]. 1999 [cit. 2012-03-24]. Dostupné z WWW: <<http://r0k.us/graphics/kodak/>>.