

IMAGE COMPRESSION USING THE WAVELET TRANSFORM

Pavel Urbánek

Master Degree Programme (2), FIT BUT

E-mail: xurban27@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: David Bařina

E-mail: ibarina@fit.vutbr.cz

Abstract: This article is focused on image compression using wavelet transform. Transform and block coding is briefly explained. Wavelet transform is compared to cosine transform and major advantages are pointed out. Main algorithms for coding DWT coefficients e.g. EZW, SPIHT or EBCOT are introduced and later compared using quality assesment methods SSIM and PSNR. Results are discussed and possible future goals mentioned.

Keywords: image compression, wavelet transform, coding, DWT, EZW, SPIHT, EBCOT, JPEG 2000

1 ÚVOD

Komprese obrazu je významnou součástí zpracování multimediálního obsahu, každé její vylepšení je přínosem – multimediální data se sdílejí snáze a je dosaženo větší obrazové kvality a dalších pozitivních vlastností.

Tento článek je zaměřen na ztrátovou kompresi obrazu. Pro ni se nejčastěji používá transformační schéma. V současné době je velmi rozšířená komprese na bázi diskretní kosinové transformace (DCT) – použita například ve známém JPEG. Existují však i další způsoby komprese, například využívající diskretní vlnkové transformace (DWT) [1], které budou dále představeny a porovnány. Příkladem z této kategorie je JPEG 2000, což je standard pokročilého kódování obrazu. Implementace významných technik kódování koeficientů DWT a jejich srovnání jsou základem další práce, která spočívá v hledání nových kompresních metod.

2 DISKRÉTNÍ VLNKOVÁ TRANSFORMACE

Vlnková transformace je podobným nástrojem jako kosinová transformace. První velký rozdíl spočívá v použití vlnky (krátká vlna, většina energie je lokalizována na konečném úseku) pro rozklad signálu oproti vlnám (nekonečné, periodické) použitým u jiných transformací.

Další významnou odlišností je to, že vlnková transformace vytváří tzv. časově-frekvenční reprezentaci původního signálu. Zatímco kosinová transformace umožnila získat frekvenční reprezentaci signálu, nebylo pomocí ní možné určit, kde v signálu se konkrétní frekvence vyskytla. Řešením je použití multirozkladu – umožňuje získat poměrně dobré frekvenční rozlišení pro nízkofrekvenční události a současně dobrou časovou lokalizaci pro vysokofrekvenční události.

3 KÓDOVÁNÍ KOEFICIENTŮ DWT

Výstupní koeficienty dvojrozměrné DWT mají charakteristické vlastnosti. Utvářejí strom, v kterém je možné najít závislosti mezi jednotlivými úrovněmi a listy. Také významnost koeficientů je svázána s touto hierarchií, čehož kódovací algoritmy využívají. Provádí se kódování po bitových rovinách a obvykle od nejvýznamnějších koeficientů po ty nejméně významné. Je tedy možné v libovolném

bodě přerušit kódování a dosáhnout tak přesné velikosti nebo požadované kvality – tento přístup je označován *Embedded coding*.

3.1 EZW

Embedded Zero-tree Wavelet (EZW) je základní technikou kódování koeficientů DWT, pracuje na výše popsaném principu a využívá poznatku, že pokud ve stromové struktuře je nevýznamný koeficient, tak je možné očekávat, že i jeho potomci jsou nevýznamní. Pokud je tento předpoklad splněn, pak se zakóduje pouze kořen tohoto „nulového“ podstromu [3]. Výstupem EZW jsou symboly a bity. Symboly je možné dále kódovat, například aritmetickým kóděrem.

3.2 SPIHT

Algoritmus *Set Partitioning in Hierarchical Trees* (SPIHT) [2] vychází z EZW, nicméně strom koeficientů neprochází způsobem BFS. Využívá tří seznamů, díky nimž pořadí zpracovávaných koeficientů více koreluje s významností v obraze. Od EZW se liší v tom, že neprodukuje symboly, ale pouze bity. Není tedy potřeba dalšího kódování, nicméně je možné jeho použitím dosáhnout lepších výsledků.

3.3 EBCOT

Embedded Block Coding with Optimized Truncation (EBCOT) se oprostí uje od kódování na základě závislosti mezi úrovněmi DWT stromu, koeficienty se snaží dekorelovat v dané lokální oblasti [4]. Koeficienty predikuje z jejich čtyř- a osmiokolí a kóduje chybu. Jednotlivé typy kontextů klasifikuje a následně provádí aritmetické kódování každého kontextu individuálně. Algoritmus EBCOT je jádrem standardu JPEG 2000.

4 SROVNÁNÍ ALGORITMŮ KÓDOVÁNÍ KOEFICIENTŮ

Ucelené vyhodnocení zmíněných algoritmů je možné pomocí srovnání jejich efektivity (poměr kvality a velikosti bitového toku) objektivními metodami. Protože transformační kódování obrazu je zaměřeno především na ztrátovou kompresi, musí být k dispozici techniky měření kvality obrazu.

4.1 MĚŘENÍ KVALITY

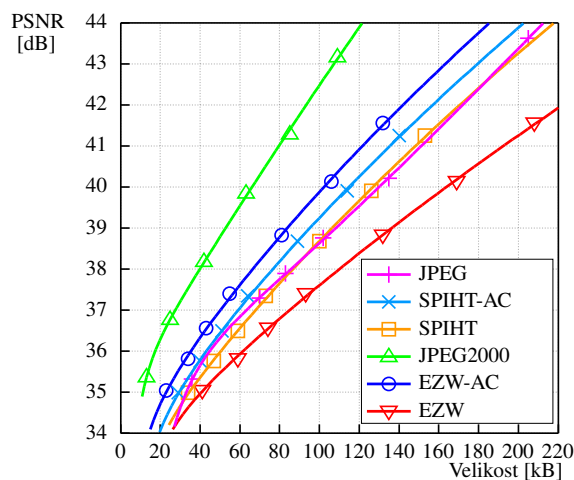
Asi nejčastěji používanou objektivní technikou je *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR). Je založena na střední kvadratické odchylce. Vzhledem k tomu, že výsledné hodnoty MSE jsou velkého rozsahu, je PSNR zobrazeno logaritmicky, jednotkou je dB. Další používanou metodou je *Structural Similarity* (SSIM) [5], která dosahuje vyšší úrovně aproximace než PSNR. Obě metody jsou tzv. plně referenční – vyžadují původní a pozměněný obraz. Pro srovnání byl použit barevný snímek *Lena* s rozlišením 512×512 bodů.

4.2 VYHODNOCENÍ

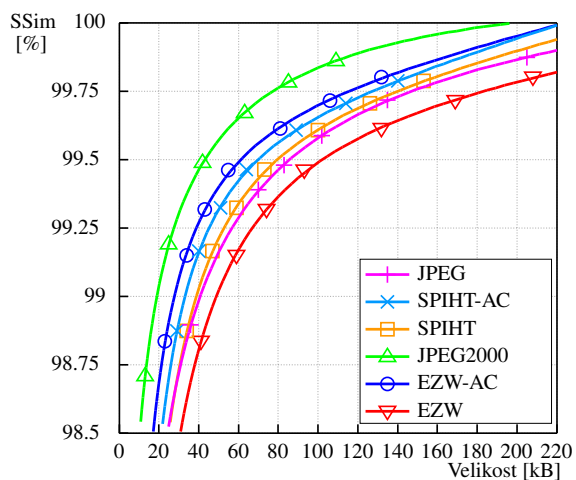
Z naměřených hodnot (Graf 1, 2) je patrné, že nejlepší komprese dosahuje JPEG 2000. Přesnější vyhodnocení měření PSNR a SSIM je možné pomocí metody *Bjontegaard Delta* (Tab. 1). Vypočtené hodnoty představují procentní rozdíl komprimované velikosti vůči referenčnímu bodu (JPEG) při zachování stejné kvality obrazu. Nejnižší efektivity dosahoval algoritmus EZW, pro dosažení stejné kvality jako JPEG vyžadoval přes 120 % velikosti bitového toku, pokud se však na jeho výstup aplikuje aritmetický kódér (AC), tak se výsledky výrazně zlepšily. Algoritmus SPIHT kódoval obraz přibližně stejně efektivně jako JPEG z pohledu metody PSNR, v SSIM jej překonal (94 %) – připojení aritmetického kóděru vedlo ke zlepšení o přibližně 10 % v obou metrikách. JPEG 2000 kódoval obraz nejlepe, díky pokročilému algoritmu predikce kontextů dosáhl v SSIM 57 % velikosti JPEG.

| Komprimovaná velikost v poměru k JPEG (100 [%]) | | | | | |
|---|-------|--------|-------|----------|----------|
| | EZW | EZW-AC | SPIHT | SPIHT-AC | JPEG2000 |
| PSNR | 128,5 | 81,9 | 100,9 | 90,9 | 63,7 |
| SSim | 120,9 | 74,3 | 94,1 | 83,4 | 57,1 |

Tabulka 1: Výsledky metody Bjontegaard Delta pro PSNR a SSim



Graf 1: Srovnání metodou PSNR



Graf 2: Srovnání metodou SSIM

5 ZÁVĚR

Byla představena komprese obrazu pomocí vlnkové transformace včetně uvedení základních algoritmů kódování koeficientů DWT. Výstupy byly srovnány pomocí metod PSNR, SSIM a Bjontegaard Delta. Z výsledků vyplynulo, že nejefektivněji komprimoval obraz JPEG 2000, pro dosažení stejné kvality jako JPEG postačovalo přibližně 60 % velikosti bitového toku.

REFERENCE

- [1] Mallat, S.: *A Wavelet Tour of Signal Processing, Third Edition: The Sparse Way*. Academic Press, třetí vydání, 2008, ISBN 0123743702, 9780123743701.
- [2] Said, A.; Pearlman, W.: A New Fast/Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees. In *Wavelet Image and Video Compression*, editace P. Topiwala, The International Series in Engineering and Computer Science, Springer US, 2002, ISBN 978-0-7923-8182-2, s. 157–170.
- [3] Shapiro, J.: Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients. *Signal Processing, IEEE Transactions on*, ročník 41, č. 12, Prosinec 1993: s. 3445–3462, ISSN 1053-587X.
- [4] Taubman, D.: High performance scalable image compression with EBCOT. *Trans. Img. Proc.*, ročník 9, č. 7, Červenec 2000: s. 1158–1170, ISSN 1057-7149.
- [5] Wang, Z.; Bovik, A.; Sheikh, H.; aj.: Image quality assessment: from error visibility to structural similarity. *Image Processing, IEEE Transactions on*, ročník 13, č. 4, Duben 2004: s. 600–612, ISSN 1057-7149.