Ein Vergleich von Wavelet und JPEG basierten selektiven Methoden im Bereich der medizinischen Bildkompression

Alfred Bruckmann und Andreas Uhl

Forschungsinstitut für Softwaretechnologie (RIST++)
Hellbrunnerstr.34, A-5020 Salzburg
Universität Salzburg, Österreich
Email: {abruck,uhl}@cosy.sbg.ac.at

Zusammenfassung. In dieser Arbeit stellen wir verschiedene Algorithmen zur selektiven Kompression von medizinischen Bildern vor. Hierbei werden explizit angegebene Regionen im Bild verlustfrei und unwichtigere Regionen verlustbehaftet gespeichert. Wir vergleichen dabei Verfahren, die einerseits auf der JPEG Methode basieren und andererseits mit einer Wavelettransformation arbeiten.

Schlüsselwörter: Bildkompression, Wavelets, Selektive Kompression

1 Einleitung

Grundsätzlich gibt es zwei unterschiedliche Arten von Kompressionsmethoden:

- Verlustfreie Methoden, die eine Rekonstruktion des Bildes ohne jeglichen Verlust an Qualität erlauben.
- Verlustbehaftete Methoden, die eine höhere Kompression erlauben, wobei sich allerdings das rekonstruierte Bild vom Original unterscheiden kann.

Selektive Bildkompression ist eine Kompressionstechnik die explizit definierte signifikante Bereiche verlustfrei speichert und Regionen im Bild, die von geringerer Bedeutung sind, verlustbehaftet komprimiert. Diese Verfahren stoßen auf großes Interesse in der Telemedizin und anderen medizinischen Anwendungen.

Medizinische Bildkompression leidet unter dem Faktum, daß die meisten Ärzte ihrer Diagnose nicht ein Bild zu Grunde legen wollen, das verlustbehaftet gespeichert wurde (d.h. mit Fehlern). Dies ist zum Teil durch juristische Umstände begründet und natürlich spielt die Angst vor einer Fehldiagnose hervorgerufen durch verloren gegangene Informationen während des Kompressionsvorgangs eine große Rolle [1]. Dadurch können nur verlustfreie Kompressionstechniken verwendet werden, welche die Kompressionsrate auf in etwa 3 beschränken (im Gegensatz von Raten bis zu 100 bei verlustbehafteten Methoden). Andererseits sind viele Mediziner davon überzeugt, daß die Zukunft des Gesundheitswesens von Anwendungen wie Telemedizin wesentlich geprägt werden wird. Anwendungen dieses Typs verlangen höhere Kompressionsraten als dies mit verlustfreien Methoden erreichbar ist [2].

Einen möglichen Kompromiß stellen die selektiven Kompressionsmethoden dar, die höhere Raten erreichen als reine verlustfreie Methoden. Dabei werden nur für die Diagnose relevanten Bereiche des Bildes ohne Verlust gespeichert.

Waveletmethoden haben auch im Bereich der medizinischen Bildverarbeitung viel Aufmerksamkeit erregt. Die Anwendungen erstrecken sich über Rauschreduzierung, Bildverbesserung, Computer Axial-Tomographie (CAT), Kernspintomographie (KST) und Positronenemmisionstomographie (PET). Panych [3] und Urriza [4] diskutieren verschiedene Aspekte von Wavelet basierten Algorithmen zur Kompression von medizinischen Bildern, analoge Verfahren für medizinische Videodaten werden von Ho [5] und Wang [6] beschrieben. Für Übersichten über fortführende Literatur in diesem Bereich siehe auch [7, 8].

In dieser Arbeit stellen wir verschieden selektive Bildkompressionsmethoden vor und vergleichen sie mit JPEG basierten Techniken.

- **Wavelet Bildkompression** Wavelet basierte Kompressionsmethoden beruhen grundsätzlich auf einer sequentiellen Anwendung von Hoch- und Tiefpaßfiltern auf die Spalten und Zeilen des Bildes die eindeutig invertierbar sind. Verschiedene Techniken können dabei angewandt werden (siehe auch [9, 10]). Für die der Transformation folgenden Quantisierung der Koeffizienten können ebenfalls eine ganze Reihe von verschiedenen Methoden verwendet werden, angefangen von einfachen Entropy Codierungen über Vektorquantisierung [11], adaptive Methoden [12, 13] und Zerotree Codierung [14].
- **JPEG (Joint Photographic Experts Group)** Auch bei dieser Methode wird das Bild zunächst in eine günstigere Darstellung gebracht. Hierbei wird durch die diskrete Cosinustransformation (DCT) das Signal vom Ortsraum in den Frequenzraum überführt. Bei der JPEG Technik wird das Bild in 8x8 große Blöcke zerlegt und jeder Block wird separat transformiert und anschließend quantisiert. Diese Methode hat sich im Bereich der Bildkompression als de facto Standard herauskristallisiert. Detaillierte Beschreibungen können in [15] gefunden werden.

2 Selektive Bildkompression

In dieser Arbeit gehen wir nicht näher darauf ein wie die signifikanten Gebiete im Bild markiert werden. Dies könnte automatisch geschehen (z.B.: durch Suchalgorithmen zum Auffinden von Kalkablagerungen in Mammogrammen), oder durch interaktives Markieren der Bereiche durch einen medizinischen Experten.

2.1 Wavelet basierte Methoden

- **Algorithmus W1**: Als erster Schritt wird der signifikante Bereich verlustfrei komprimiert. Die Form und Position der Region(en) wird als (komprimiertes) binäres Bild gespeichert (wir nennen es "importance map"), und der Inhalt wird mit einem Arithmetischen Coder komprimiert. Der unwichtige Teil des Bildes wird mit einem Wavelet Coder komprimiert, der dieses binäre Bild

verwendet um nur Bildpixel außerhalb des signifikanten Bereichs zu kodieren. Dieses Verfahren beruht wesentlich auf der Eigenschaft der zeitlichen (bzw. örtlichen) Lokalität im Transformationsraum der Wavelettransformation (die bei einer reinen Frequenzbeschreibung wie durch DCT nicht gegeben ist). Detaillierte Untersuchungen über diesen Algorithmus finden sich in [16].
- **Algorithmus W2**: Im Gegensatz zur ersten Methode wird hierbei das ganze Bild mit einem Wavelet Coder komprimiert. Danach stellen wir das Bild wieder her (mit einem Verlust an Qualität) und berechnen mit Hilfe des Originalbildes ein Fehlerbild beschränkt auf den signifikanten Bereich. Dieses Fehlerbild wird zusammen mit der "importance map" verlustfrei gespeichert.

2.2 JPEG basierte Methoden

In Analogie zu den Waveletverfahren untersuchen wir zwei unterschiedliche JPEG Algorithmen die auf "direkter" Codierung (**Algorithmus J1**) und auf Fehlerbild Codierung (**Algorithmus J2**) beruhen. Mit Waveletmethoden haben wir den Vorteil den signifikanten Bereich beliebig wählen zu können. Durch den Umstand, daß der Standard JPEG Coder block-basiert aufgebaut ist, besteht hingegen der Nachteil, daß der signifikante Bereich nur mit 8x8 Blöcken approximiert werden kann. Die signifikanten Bereiche werden mit denselben verlustfreien Methoden wie bei den Waveletalgorithmen gespeichert, um einen fairen Vergleich zu erlauben. Die unwichtigen Bereiche des Bildes werden wiederum mit einem Standard JPEG Coder (verlustbehaftet) komprimiert.

Es ist wichtig darauf hinzuweisen, daß die direkten Methoden (W1 und J1) progressive Transmission erlauben was insbesondere bei beschränkter Kanalkapazität in telemedizinischen Anwendungen von großer Wichtigkeit sein kann. Im Gegensatz dazu sind die Verfahren die auf der Fehlerbildspeicherung beruhen (W2 und J2) auf eine feste Kompressionsrate festgelegt und können die signifikanten Bildteile erst am Ende der Bearbeitung darstellen, wogegen direkte Verfahren dies sofort leisten können (also vor einer Anzeige der restlichen Bildteile).

3 Experimentelle Ergebnisse

Die Kompressionsrate ist definiert durch das Verhältnis zwischen der Anzahl der Bits im Originalbild und der Anzahl der Bits im komprimierten Bild. Die erreichbaren Raten sind sehr von der Größe und Form der markierten Gebiete abhängig. Um die Qualität komprimierter Bilder zu messen verwenden wir als Maßzahl PSNR (Peak to Signal Noise Ratio) gemessen in Dezibel (db):

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} (f(i,j) - \hat{f}(i,j))^2}$$

wobei f und $\hat{f}$ die N x N Pixel im Original und im komprimierten Bild repräsentieren.

In der Abb. 1 sehen wir die Selektion von wichtigen Bereichen für ein Lungen CT und den Vergleich der erreichten Kompressionsleistungen der unterschiedlichen Algorithmen. Wie auch für ein Angiogramm (Abb. 2) können wir

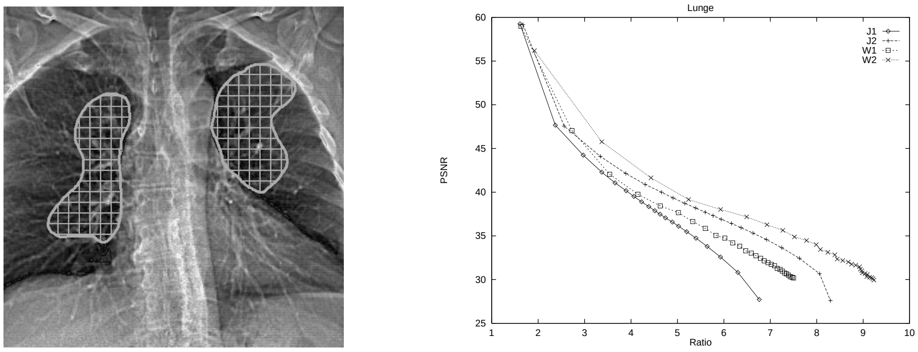

Abb. 1. Selektion und Kompressionsleistung für ein Lungen CT

die klar bessere Leistung der Algorithmen die mit einem Fehlerbild arbeiten erkennen. Insbesondere zeigt der auf Wavelets basierende Algorithmus W2 immer das beste Verhalten. Diese Beobachtung konnte auch noch für viele andere medizinische Bilder gemacht werden, die hier nicht gezeigt werden.

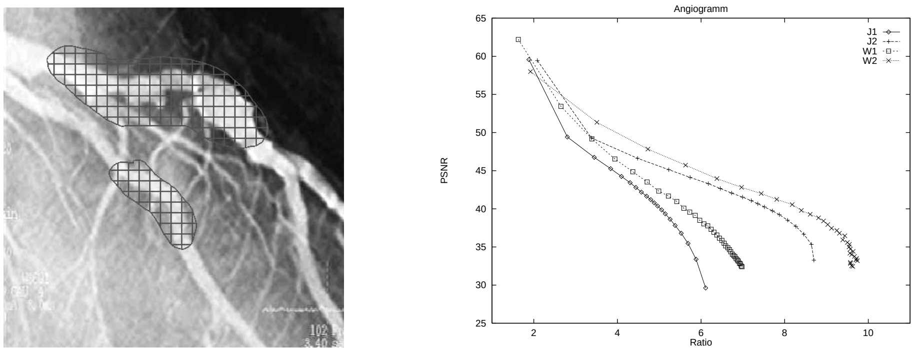

Abb. 2. Selektion und Kompressionsleistung für ein Angiogramm

4 Schlußfolgerungen

In der vorliegenden Untersuchung zeigt sich (wie schon in vielen vorhergegangenen Vergleichen), daß Wavelet-basierte Kompressionsverfahren dem JPEG Standard wesentlich überlegen sind. Insbesondere zeigt sich die Überlegenheit dieser Methoden im Bereich der selektiven Bildkompression die durch spezielle theoretische Eigenschaften des Wavelettransformationsbereiches plausibel erklärt werden kann. Insbesondere bei hohen Kompressionsraten zeigt sich bei gleicher Bildqualität eine deutlich bessere Kompressionsleistung. Zusätzlich zeigt sich, daß die erhöhte Funktionalität von "direkten" Methoden im Bereich der progressiven Transmission mit einer etwas geringeren Kompressionsleistung bezahlt werden muß.

Basierend auf unseren Ergebnissen kann für eine spezifische Anwendung der am meisten geeignete Algorithmus ausgewählt werden.

Literatur

1. S. Wong, L. Zaremba, D. Gooden, and H.K. Huang. Radiologic image compression – a review. *Proceedings of the IEEE*, 83(2):194–219, 1995.
2. P.C. Cosman, R.M. Gray, and R.A. Olshen. Evaluating quality of compressed medical images: SNR, subjective rating, and diagnostic accuracy. *Proceedings of the IEEE*, 82(6):919–932, 1994.
3. L.P. Panych. Theoretical comparison of Fourier and Wavelet encoding in Magnetic Resonance Imaging. *IEEE Trans. on Medical Imaging*, 15(2):141–153, 1997.
4. I. Urriza, L.A. Barragan, J.I. Artigas, J.I. Garcia, and D. Navarro. Choice of word length in the design of a specialized hardware for lossless wavelet compression of medical images. *Optical Engineering*, 36(11):3033–3042, November 1997.
5. B.K.T. Ho, M.-J. Tsai, J. Wei, M. Ma, and P. Saipetch. Video compression of coronary angiograms based on discrete wavelet transform with block classification. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 15(6), December 1996.
6. J. Wang and H.K. Huang. Medical image compression by using three-dimensional wavelet transformation. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 15(4), August 1996.
7. M. Unser and A. Aldroubi. A review of wavelets in biomedical applications. *Proceedings of the IEEE*, 84(4):626–638, 1996.
8. A. Aldroubi and M. Unser, editors. *Wavelets in Medicine and Biology*. CRC, Boca Raton, FL, USA, 1996.
9. A. Averbuch, D. Lazar, and M. Israeli. Image compression using wavelet transform and multiresolution decomposition. *IEEE Trans. on Image Process.*, 5(1):4–15, 1996.
10. M.L. Hilton, B.D. Jawerth, and A. Sengupta. Compressing still and moving images with wavelets. *Multimedia Systems*, 3(2), 1995.
11. P.C. Cosman, R.M. Gray, and M. Vetterli. Vector quantization of image subbands: A review. *IEEE Transactions on Image Processing*, 5(2):202–225, 1996.
12. P. Desarte, B. Macq, and D.T.M. Slock. Signal-adapted multiresolution transform for image coding. *IEEE Transactions on Information Theory*, 38(2):897–904, 1992.
13. A. Uhl. Image compression using non-stationary and inhomogeneous multiresolution analyses. *Image and Vision Computing*, 14(5):365–371, 1996.
14. J.M. Shapiro. Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients. *IEEE Trans. on Signal Process.*, 41(12):3445–3462, 1993.
15. G.K. Wallace. The JPEG still picture compression standard. *Communications of the ACM*, 34(4):30–44, 1991.
16. A. Bruckmann and A. Uhl. Selective medical image compression using wavelet techniques. *Journal of Computing and Information Technology (Special Issue on Biomedical Image Processing and Analysis)*, 2(6):203–213, 1998.