Verlustbehaftete Bilddatenreduktion von digitalen Koronarangiogrammen

Vergleich der subjektiven Bildqualität mit verschiedenen objektiven Parametern

U. Bürgel, R. Brennecke, H.P. Fritsch, J. Meyer

II. Medizinische Klinik und Poliklinik,
Universitätsklinikum Mainz, 55101 Mainz
Email: buergel@2-med.klinik.uni-mainz.de

Zusammenfassung Zum Testen und Entwickeln von neuen verlustbehafteten Algorithmen für die Bilddatenkompression benötigt man leicht zu ermittelnde, berechnete Bildqualitätsparameter. Die Korrelation solcher berechneter, „objektiver“ Parameter mit der visuellen, subjektiven Beurteilung der Bildqualität wurde für JPEG-komprimierte Koronarangiogramme untersucht. Zusätzlich zu drei auf der mittleren quadratischen Abweichung basierenden Bildqualitätsparametern wurde dabei ein neu entwickeltes, die Bildstrukturen berücksichtigendes Bildqualitätsmaß getestet. Die visuelle Bildqualitätsbeurteilung wurde von sechs Beobachtern anhand einer fünfstufigen Skala durchgeführt. Als Bildmaterial dienten 40 verschiedene Bilder (acht Koronarangiogramme in fünf verschiedenen Kompressionsstufen). Mit Hilfe des neuen Qualitätsparameters konnte die Korrelation zur visuellen Qualitätsbeurteilung von ca. 92% ($PSNR$) auf ca. 96% gesteigert werden.

Schlüsselwörter: subjektive Bildqualität, objektive Bildqualität, JPEG, Koronarangiogramme

1 Einleitung

In digitalen Systemen für die Koronarangiographie entstehen sehr große Bilddatenmengen (ca. 400 MByte pro Untersuchung), daher wird zur Zeit im Rahmen der DICOM-Standardisierung die Zulässigkeit der Datenreduktion nach dem JPEG-Standard bewertet. Dies geschieht mittels zeitaufwendiger und kostenintensiver psychovisueller Verfahren. Zum Testen und Entwickeln von neuen Algorithmen für die verlustbehaftete Bilddatenkompression benötigt man leichter zu ermittelnde Bildqualitätsparameter. Diese berechneten Bildqualitätsparameter müssen möglichst gut mit den Ergebnissen aus visuellen Tests korrelieren. In dieser Arbeit sollen daher die üblicherweise verwendeten Qualitätsparameter *MSE* (*mean square error*), *NMSE* (*normalised mean square error* $= MSE/Varianz$), *PSNR* (*peak to peak signal to noise ratio* $= 10 * log_{10}(255^2/MSE)$) sowie ein neu entwickelter Parameter Q bezüglich ihrer Korrelation mit visuellen Bildqualitätsbewertungen getestet und verglichen werden.

2 Verfahren

2.1 Bildmaterial und visuelle Bildqualitätsvergleiche

Als Bildmaterial wurden acht verschiedene Koronarangiogramme (Einzelbilder, 512x512 Pixel, digitale Kardioangiographieanlage Siemens HICOR) verwendet, welche in jeweils fünf Kompressionsstufen (Qualitätsfaktor = 79, 84, 89, 94, 98) mittels des JPEG-Verfahrens komprimiert wurden. Die Bildqualitätsbewertung erfolgte nach Kantenanhebung (unsharp masking). Die visuellen Beurteilungen wurden nach Interpolation auf 1024x1024 Pixel von sechs Beobachtern vorgenommen [1]. Dabei bewertete jeder Beobachter jedes Bild in allen fünf Kompressionsstufen mittels einer fünfstufigen Skala:

1. slight difference - just detectable
2. small difference; image usable and very adequate
3. image quality passable; image usable but below standard
4. low image quality; image usable but difficult to use
5. image not generally usable; changes in structures

Durch Mittelung über die Scores der verschiedenen Beobachter erhält man hieraus einen mittleren subjektiven Bildqualitätsparameter *MOS* (*mean opinion score*).

2.2 Entwicklung und Test eines neuen Fehlermaßes

Zur Berechnung des neu entwickelten, berechneten Bildqualitätsparameters segmentiert man, analog zu dem bei Hosaka-Plots [2] verwendeten Verfahren, die Koronarangiogramme in Gebiete unterschiedlicher Blockgröße und „Aktivität“ (Bildkanten-Regionen). Man erhält dabei fünf Klassen bestehend aus quadratischen Blöcken mit Kantenlängen von 1,2,4,8 und 16 Pixeln. Kleinere Blöcke befinden sich in Bildkantenregionen und größere Blöcke repräsentieren homogenere Gebiete. Diese in dem Originalbild berechnete Segmentierungsmaske wird gleichermaßen auf Original- und entkomprimiertes Bild angewendet. Für jede der Klassen werden vier verschiedenen Parameter berechnet, welche die Bildveränderungen beschreiben. Hierzu werden zunächst die Bildinhalte korrespondierender Blöcke im Original- und entkomprimierten Bild verglichen, indem Standardabweichung σ und Mittelwert μ für jeden Bildblock berechnet werden. Auf diese Art und Weise erhält man im Original- und entkomprimierten Bild für jede Klasse k die Verteilungen:

$$\mathbf{S}_k^{orig} = \{\sigma_{1_k}^{orig}, \sigma_{2_k}^{orig}, \ldots, \sigma_{N_k}^{orig}\} \qquad \mathbf{S}_k^{komp} = \{\sigma_{1_k}^{komp}, \sigma_{2_k}^{komp}, \ldots, \sigma_{N_k}^{komp}\}$$

$$\mathbf{M}_k^{orig} = \{\mu_{1_k}^{orig}, \mu_{2_k}^{orig}, \cdots, \mu_{N_k}^{orig}\} \qquad \mathbf{M}_k^{komp} = \{\mu_{1_k}^{komp}, \mu_{2_k}^{komp}, \cdots, \mu_{N_k}^{komp}\}$$

Dabei bezeichnet N_k die Anzahl der Blöcke in der jeweiligen Klasse. Basierend auf diesen Verteilungen wird der von Hosaka eingeführte Parameter

$$dS_k = |Mittelwert(\mathbf{M}_k^{orig}) - Mittelwert(\mathbf{M}_k^{komp})| = |\overline{\mathbf{M}}_k^{orig} - \overline{\mathbf{M}}_k^{komp}|$$

berechnet. Als neue Parameter werden außerdem die Korrelationen der korrespondierenden Verteilungen berechnet:

$$KS_k = Korrelation(\mathbf{S}_k^{orig}, \mathbf{S}_k^{komp})$$

$$KM_k = Korrelation(\mathbf{M}_k^{orig}, \mathbf{M}_k^{komp})$$

Einen weiteren Parameter erhält man, indem basierend auf der Segmentierung die Entropie erster Ordnung des Differenzbildes aus Original- und entkomprimierten Bild berechnet wird:

$$Ent_k = E\big(h(orig_k - komp_k)\big)$$

wobei:
E: Entropiefunktion
h: Histogramm
$orig_k$: Pixel im Originalbild welche zur Klasse k gehören
$orig_k$: Pixel im entkomprimierten Bild welche zur Klasse k gehören

Aus diesen Parametern wird nun durch Bildung einer geeigneten Linearkombination ein neues Bildqualitätsmaß Q abgeleitet. Die Koeffizienten dieser Linearkombination wurden durch Anpassung an die MOS-Werte gewonnen. Die Anpassung wurde anhand von fünf Angiogrammen in fünf Kompressionsstufen (25 Bilder) durchgeführt und an den restlichen drei Angiogrammen getestet. Zur Bestimmung der Koeffizienten der einzelnen Parameter wurden zunächst, mittels einer Hauptachsentransformation, die Hauptkomponenten des Parameterraumes bestimmt. Es zeigt sich, daß der Parameterraum für die untersuchten Angiogramme im wesentlichen 4-dimensional ist. In diesen vier Dimensionen sind 95% der Eigenwertenergie enthalten. Basierend auf dieser Hauptachsendarstellung wurden nun die Koeffizienten mittels der Methode der kleinsten Fehlerquadrate angepasst. Anschließend wurde die Korrelation des so gewonnenen, neuen Bildqualitätsmaßes Q mit den MOS-Werte der restlichen 15 Bilder (drei Angiogramme in fünf Kompressionsstufen) getestet.

3 Ergebnisse

3.1 Vergleich der MSE-basierten Fehlermaße

Die Korrelationen von *MSE, NMSE* und *PSNR* mit den Ergebnissen aus den visuellen Beurteilungen (MOS) über alle Bilder betragen:

MSE	NMSE	PSNR
0.898	0.742	-0.902

3.2 Vergleich mit dem neuen Fehlermaß

Da ein Teil der Bilder für die Anpassung des neuen Qualitätsmaßes benötigt wird, ist die Angabe der Korrelation von Q mit dem MOS über alle Bilder nicht sinnvoll. Statt dessen wurden die Korrelationen aufgrund der Testbilder für alle 70 möglichen Kombinationen von Test- und Anpassungsbildern berechnet. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Korrelationen sind in Tabelle1 dargestellt.

Tabelle1. Mittelwerte und Standardabweichungen der Korrelationen mit MOS

	Q	MSE	PSNR
Mittel	0.959	0.915	-0.922
Stdabw.	0.013	0.042	0.033

3.3 Diskussion

Der neue Bildqualitätsparameter Q zeigt im Vergleich mit den bisher üblicherweise verwendeten Parametern eine deutlich höher Korrelation zu den Ergebnissen aus visuellen Tests. Wünschenswert ist die Erprobung an einem größeren Bilddatensatz und die Anwendung auf andere Bildkompressionsverfahren wie zum Beispiel waveletbasierte Methoden.

Literatur

1. J.P. Fritsch, F. Negwer, U. Renneisen, R. Brennecke, J. Meyer: „Visual and quantitative analysis of coronary angiograms after irreversible data compression", European Heart Journal 15(1994), 46 Abstract supplement
2. K. Hosaka: „A new picture quality evaluation method", Proceedings International Picture Coding Symposium, 86(1986), 17-18, Tokyo
3. Ho, Bruce K., Tseng V., Marco M., Doris C.: „A mathematical model to quantify JPEG block artifacts", SPIE Vol. 1897, 269-275 Image Capture, Formating and Display