Visualisierung, Management und Archivierung DICOM konformer Bilddaten

L. Vorwerk, C. Meinel, Institut für Telematik, Trier, Germany[i]

Das Institut für Telematik e.V. in Trier ist eine gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungseinrichtung unter der Verwaltung der Fraunhofer Gesellschaft. Das Spektrum der Institutstätigkeit reicht von der anwendungsorientierten Forschung in den Bereichen Informatik und Telekommunikation bis hin zur Entwicklung maßgeschneiderter Problemlösungen und Pilotsysteme für Handel, Industrie, Medizin und Verwaltung.

Die laufenden Forschungs- und Entwicklungsprojekte sind auf die praktische Nutzbarmachung neuester wissenschaftlicher Entwicklungen in den Bereichen elektronisches Publizieren, Internet/Intranet, Telemedizin, sichere Datenübertragung, Systementwurf und -analyse gerichtet. In diesem Beitrag sollen drei Entwicklungen des Instituts für Telematik aus dem Bereich der Telemedizin vorgestellt werden: Das Patienten-CD[5] System, der X-Demonstrator und ein Patent für die adaptive Komprimierung von DICOM Bildern.

Das Patienten-CD System

Durch die Erfahrung aus der Zusammenarbeit mit mehreren Krankenhäusern in Trier entstand ein benutzerfreundliches und vollautomatisiertes System für das Archivieren medizinischer Bilder der gängigsten Formate auf CD-Medien. Dieses System ermöglicht insbesondere einen breiten Zugang und eine unkomplizierte Nutzung

der archivierten digitalen Bilder und besteht aus einer „Patienten-CD System Software". Die Software umfasst einen bereits früher am Institut für Telematik entwickelten DICOM[1]-Viewer[4], ein Patienten-CD Schreib-modul und eine DICOM-Server Software. Den Aufbau des Patienten-CD Systems zeigt die nachfolgende Grafik.

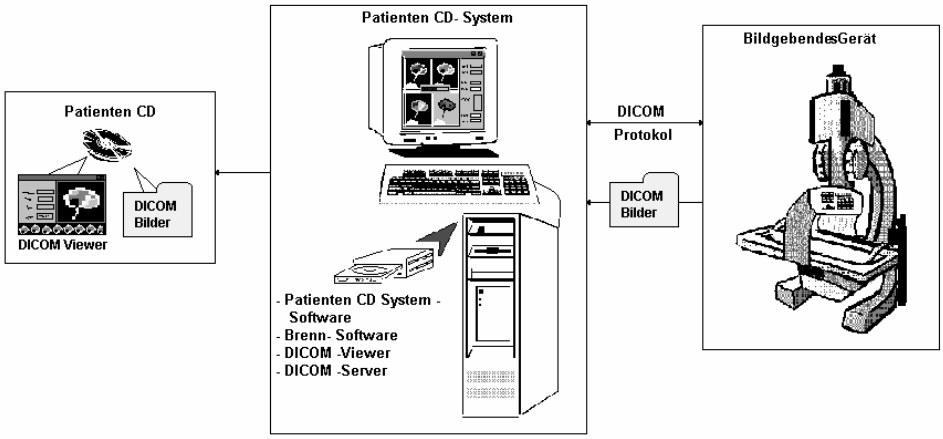

Abb. 1 Strukturschema des Patienten-CD Systems

Das Patienten-CD System dient zum Verwalten, Visualisieren und Brennen von medizinischen Bilddaten. Der DICOM-Server empfängt DICOM-Bilder von den mit einer DICOM-Schnittstelle ausgestatteten medizinischen bildgebenden Geräten über das DICOM-Protokoll und schreibt sie in ein Verzeichnis. Das Patienten-CD-System kann digitale medizinische Bilder direkt von einem bildgebenden Gerät oder von einer Workstation holen sowie empfangen. Die Aufnahmegeschwindigkeit hängt dabei einzig und allein von dem verwendeten CD-Brenner ab. Mit den zur Zeit üblichen CD-Brenner-Modellen kann der CD-Rohling mit einem Zeitaufwand von 6-7 Minuten mit 650 MB Daten beschrieben werden. Somit können bis zu 1000 digitale medizinische Bilder auf einem CD-Rohling ar-

chiviert werden. Die mit dem Patienten-CD Schreibmodul gebrannten CD-Rohlinge können später in allen handelsüblichen CD-Laufwerken gelesen werden. Nach dem Einlegen in ein CD-Laufwerk startet die CD automatisch und bietet mehrere Handlungsalternativen zur Auswahl an: Ausgewählte Bilder oder Bildserien lassen sich per Knopfdruck sehr einfach auf die CD-Medien schreiben. Erleichterung bei der Arbeit mit dem Patienten-CD-System bietet eine mitgelieferte Hilfe-funktion, die sehr ausführliche Informationen und hilf-reiche Tipps für das Arbeiten mit dem Programm bereit-stellt.

Um das Patienten-CD System bedienen zu können, werden keine speziellen Vorkenntnisse gebraucht, eine Gewöhnung an den Umgang mit dem System dauert schätzungsweise 30 min.

Ergebnisse der Tests

Die Effektivität des oben beschriebenen Systems wurde durch einen Test in einem lokalen Kankenhaus bewertet. Für diesen Test wurden insgesamt etwa 150000 DICOM-Bilder verschiedener Hersteller radiologischer Geräte (Siemens: Unix CT PIus4 Somatom, Unix CT AR Star Somatom, Unix/Sinix fluorospot, Philips; Unix Integris V3000, Unix Gyroscan, AGFA: Sun Sparc Station 20 Sun A.0.4.00) mit jeweils verschiedenen Modalitäten herangezogen.

Benutzung

Wie in Abbildung 1 zu erkennen, empfängt das Patienten-CD System, genauer das Patienten-CD Schreib-modul, die DICOM-Bilder von der Befundstation oder dem bildgebenden Gerät mittels DICOM-Server. Über ein Auflistungsmodul werden die verfügbaren Bilder dem Arzt angezeigt und zur Bearbeitung freigegeben. Der Arzt kann nun seinerseits die Auswahl treffen, welche der Bilder oder Bildserien er auf CD gebrannt haben möchte und welche nicht. Die jeweiligen Bilder werden dazu markiert und dann per Knopfdruck auf CD gebrannt. Die Dauer des Brennvorganges hängt dabei ausschließlich von den Eigenschaften des verwendeten CD-Brenners ab. Nach dem Brennvorgang ist die CD sofort einsatzbereit, enthält also neben den Bildern auch den zu ihrer späteren Betrachtung notwendigen DICOM-Viewer. Sie kann so dem Patient übergeben oder für den Patienten archiviert werden.

X-Demonstrator

Das System dient der Vorbereitung und Durchführung von Präsentationen. Der Arzt (Vorträger) lädt vor der Demonstration die Bilder in den Systemrechner, auf dem ein DICOM-Server läuft.

Der Arzt startet den Bildvorschau-Viewer, wählt das Bild aus und startet den DICOM-Bild-Viewer. Der Beamer wirft das Bild auf die Leinwand. Der Vortragende kann das Bild auf einem Monitor betrachten und mit dem Viewer-Tool bearbeiten. Alle Anwesenden können diese Bearbeitung auf der Leinwand mitverfolgen.

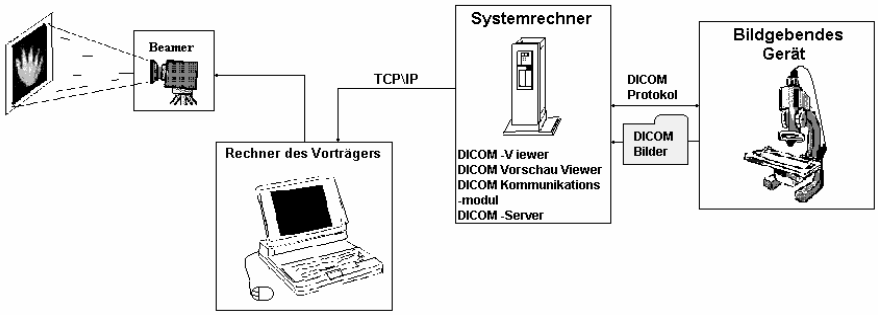

Abb.2 Struktur vom Demonstrationssystem für die Radiologie

Adaptive Bildkompression

Das mit der Fraunhofer-Gesellschaft verbundene Institut für Telematik hat ein Verfahren entwickelt, um die bei sonstigen Bildkomprimierungs-Verfahren auftretenden Einbußen an Bildqualität auf das kleinst mögliche Maß zu verringern. Das Originalbild aus einer Röntgen- oder Computertomographie-Untersuchung wird in zwei Bilder zerlegt. Das eine enthält den eigentlichen Bildinhalt, das andere technische Bestandteile des Hintergrundes. Da beide Bildbestandteile jeweils unterschiedliche Datenqualität aufweisen, werden Sie mit einem jeweils besonders geeigneten Verfahren komprimiert.

Fast jedes Krankenhaus ist heute mit einem modernen intranet-internet-orientierten Radiologie-Informations-System (RIS) für die Bearbeitung und Übertragung medizinischer Bilder ausgerüstet. Beim internet-basierten Austausch medizinischer Bilddaten tauchen jedoch zwei schwerwiegende Probleme auf. Das erste besteht in der unzumutbar langen Dauer der Übertragung medizinischer Bilder. Für die meisten medizinischen Anwendungen ist

dies vollkommen unakzeptabel. Das zwei-te Problem ist mit der vorgeschriebenen Archivierung verbunden. Den gesetzlichen Vorschriften zur Archi-vierung medizinischer Daten zufolge müssen die meisten dieser Datenmengen in entsprechenden Datenbanken auf-bewahrt werden.

Für eine geschickte Komprimierung der medizinischen Bilder ist es auf der einen Seite wichtig, einen möglichst großen Komprimierungsfaktor zu erzielen und sicherzustellen, dass auf der anderen eventuelle Verluste an (Bild-) Information nicht wahrnehmbar sind. Die Idee der adaptiven Kompression, bei der die Vorteile verschiedener schon vorhandener Verfahren (z.B. JPEG[2], LZW[6]) ausgenutzt werden, ist dabei hilfreich. Adaptive Kompressionsalgorithmen kombinie-ren verlustfreie Verfahren mit verlustbehafteten Ver-fahren in einer jeweils durch die Eigenschaften des zu verarbeitenden Originalbildes bzw. Bildausschnitts be-stimmten und auf diese jeweils zugeschnittenen Art und Weise.

Die besonderen Anforderungen an adaptive internettaugliche Kompressionsalgorithmen für medizinische Bilder bestehen in der Forderung, dass der ausgewählte Komprimierungsalgorithmus bei gleicher Qualität des rekonstruierten Bildes einen höheren Kompressionsfaktor als andere Komprimierungsalgorithmen erlaubt, dass der jeweils ausgewählte Algorithmus keine sichtbaren Verzerrungen zum Originalbild erzeugen darf und, dass die Zeit für Kompression und insbesondere für Dekompression weniger als 2-5 Sekunden beträgt. Ein Schwerpunkt der wissenschaftlichen Forschung am Trierer Institut für Telematik auf dem Gebiet digitaler Bildverarbeitung

liegt in der Entwicklung von adaptiven Kompressionsalgorithmen für medizinische Bilder, die dieser Anforderung genügen.

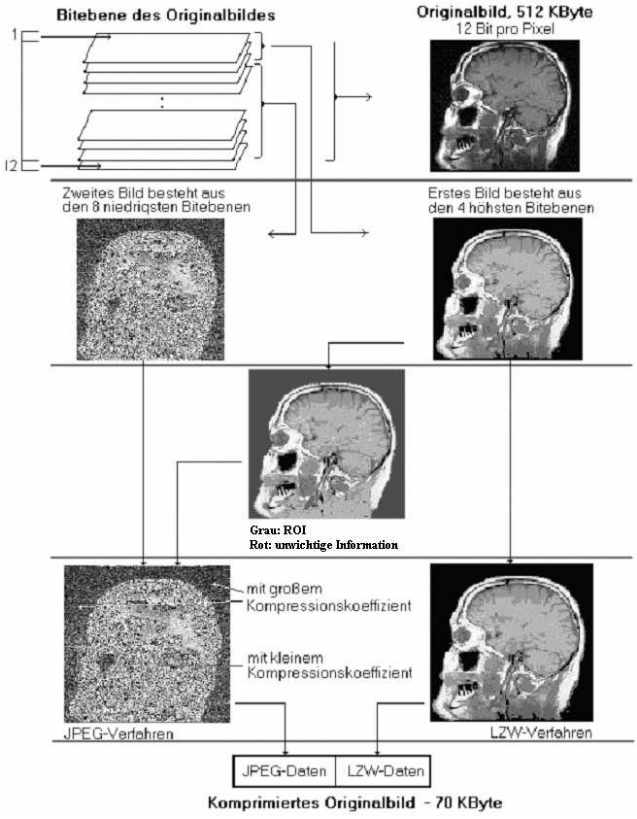

Abb. 3: Schema der Bildkompression

Die adaptive LZW-JPEG Kompression gliedert sich in vier Schritte (Abb. 3).

- Zuerst wird das Originalbild in zwei Bilder aufgeteilt. Das erste Bild besteht aus den höchsten Bit-Ebenen des Originalbildes, das zweite Bild besteht aus den niedrigsten Bit Ebenen des Originalbildes. Die Einteilung der Bit-Ebenen in die zwei Klassen erfolgt aufgrund der Analyse des Mittelwertes der Segmentparameter für jede Bit-Ebene.

- Im zweiten Schritt wird das erste Bild analysiert und daraus eine Einteilung des zweiten Bildes in zwei Bereiche abgeleitet, wobei der erste Bereich die Informationen zum eigentlichen Untersuchungsobjekt (Region of Interest (ROI)) beinhaltet und der zweite Bereich keine Bedeutung für die Diagnose hat, da er unwichtige Bildinformation beinhaltet.
- Im dritten Schritt wird das erste Bild mittels LZW-Verfahrens(GIF), also verlustfrei komprimiert. Das zweite Bild wird mittels des JPEG-Verfahrens kodiert. Dabei wird der erste Bereich des zweiten Bildes verlustfrei (und folglich mit einem kleineren Kompressionsfaktor) komprimiert während der zweite Bereich mit der uninteressanten Information mit einem großen Kompressionsfaktor komprimiert wird.
- Zum Abschluß werden die bei der Kompression erzeugten LZW-Daten und JPEG-Daten in einer Datei integriert.

Die Effektivität des oben beschriebenen Algorithmus wurde mittels einer statistischen Modellierung bewertet. Für eine statistische Modellierung wurden DICOM-Bilder verschiedener Hersteller radiologischer Geräte (Siemens, Philips, ...) mit jeweils verschiedenen Modalitäten verwendet. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Kompressionsverhältnisse für die ver-schiedenen Kom-

pressionsalgorithmen und für die unter-schiedlichen Bildmodalitäten.

Tabelle: Kompressionsraten (PSNR > 40dB)

	CT	MR	US	NUK	CR	DS
LZW	1.3 : 1	1.5 : 1	1.8 : 1	1.5 : 1	1.4 : 1	1.4 : 1
Huffman	1.4 : 1	1.7 : 1	1.6 : 1	1.5 : 1	1.7 : 1	1.7 : 1
Arithmetik	1.4 : 1	1.6 : 1	1.5 : 1	1.4 : 1	1.6 : 1	1.6 : 1
JPEG	4 : 1	4 : 1	5 : 1	3 : 1	5 : 1	5 : 1
Wavelet	5 : 1	4 : 1	6 : 1	3 : 1	6 : 1	6 : 1
Fraktal	5 : 1	4 : 1	4 : 1	4 : 1	5 : 1	5 : 1
VQ	4 : 1	4 : 1	4 : 1	4 : 1	4 : 1	4 : 1
LZW-JPEG	***7 : 1***	***7 : 1***	***20 : 1***	***6 : 1***	***12 : 1***	***12 : 1***

Der Vergleich zwischen den verschiedenen Kompressions-verfahren belegt deutlich den Vorteil des entwickelten adaptiven GIF-JPEG-Kompressionsverfahrens gegenüber den bekannten herkömmlichen verlustbehafteten und verlust-freien Verfahren bei Beibehaltung der Qualität des re-konstruierten Bildes (keine sichtbare Verzerrung zum Originalbild, d.h. dem Peak-Signal-to-Noise-Ratio(PSNR) -Kriterium zufolge müssen für die acht höherwertigen Bit-Ebenen des Originalbildes und des dekodierten Bil-des Werte größer als 40dB gelten. Der LZW-JPEG Algo-rithmus erzeugt die höchsten Werte.

Als standardisierte, in jedem gewöhnlichen Internet-Browser verfügbare Verfahren eigenen sich das ent-wickelte GIF- bzw. JPEG-Verfahren besonders gut für In-ternet-Anwendungen, wie das am Institut für Telematik entwickelte GIF-JPEG-Kompressionsverfahren beweist. Da-bei benötigt das entwickelte LZW-JPEG-Dekodierungs-Applet lediglich 600 Byte und eine Decodierungszeit von weniger als 5 Sekunden.

Referenzen:

1. Digital Imaging and Communications in Medicine, Teil 1–15. NEMA Standards Publication PS3.X, 2000.

2. JPEG Technical Specification: Revision (Draft), Joint Photographic Experts Group, ISO/IEC JTC1/SC2/WG8, CCITT SGVIII, 1990.

3. GRAPHICS INTERCHANGE FORMAT Version 89a Programming Reference, 1995

4. JAVA–DICOM–Viewer, Sergej Hludov, Christoph Meinel, Preprint Institut für Telematik Trier (Germany),1998

5. Das Patienten CD–System. Sicherheitsaspekte der mobilen Technologien, Preprint, Institut Für Telematik Trier (Germany), 2000

6. Graphics File Formats Reference and Guide, by C. Wayne Brown and Barry J. Shepherd, published by Manning (Prentice Hall), (1995)

---

[i] Telemedizinf"uhrer Deutschland, p.186–189, Achim J"ackel, Deutsches Medizin Forum, 2001.