Aufbau einer JAVA/DICOM-basierten Hirninfarkt-Bilddatenbank mit integriertem Datenschutz

Johannes Bernarding, Andreas Thiel, Jürgen Braun, Christian Koennecke[1], Thorsten Schaaf, Jochen Hohmann, Gunter Bellaire[3], Karl-Jürgen Wolf[2] und Thomas Tolxdorff

Institut für Medizinische Informatik, Statistik und Epidemiologie, [1]Neurologische Poliklinik, [2]Abteilung für Radiologische Diagnostik, Universitätsklinikum Benjamin Franklin, Freie Universität Berlin,
12200 Berlin, Hindenburgdamm 30
[3]Surgical Research Unit OP2000, Robert Rössle Klinik am Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin, Universitätsklinikum Charité,
Medizinische Fakultät der Humboldt Universität zu Berlin, 13125 Berlin
Email:bernarding@ukbf.fu-berlin.de

Zusammenfassung: Verteilte Bilddatenbanken im medizinischen Bereich erfordern typischerweise die schnelle Übertragung großer Datenmengen innerhalb einer heterogenen Hard- und Softwareinfrastruktur. Exemplarisch wurde der Prototyp einer plattformunabhängigen Hirninfarkt-Datenbank realisiert. Der geforderte plattformunabhängige Transfer und das Management der Bilddaten erfolgt mittels des DICOM-Standards (Digital Imaging and Communication in Medicine). Aus den Originaldaten abgeleitete Parameter werden DICOM-konform gespeichert. Der periphere Zugriff erfolgt ohne Zusatzsoftware mittels Web-Technologie auf einen in der Radiologie installierten JAVA-basierten DICOM-Server. Patienteninformationen aus Abteilungssystemen werden über Schnittstellen eingebunden. Da DICOM keine Verschlüsselung gespeicherter Daten beinhaltet, wurden DICOM-konforme Verschlüsselungsverfahren implementiert. Unter verschiedenen getesteten Verfahren war eine neuentwickelte DICOM-konforme Teilverschlüsselung die optimale Lösung.

Schlüsselwörter: DICOM, JAVA, Datenschutz, Telemedizin, Bilddatenbank

1. Einleitung

Die Erfassung komplexer Krankheitsbilder erfordert oft multizentrische Studien, deren Ergebnisse zusammengeführt werden müssen. Während dies für klinische Daten oft realisiert wurde, stehen entsprechende Bemühungen für digitale Bilddatensammlungen erst am Anfang. Solche Datenbanken könnten bei Beachtung von Datenschutzbestimmungen auch für externe Nutzer zur Fortbildung oder Diagnoseunterstützung von großem Vorteil sein. Beim Aufbau eines Telekonsultationszentrums mit integrierten Bild- und Befunddaten zur Nutzung in einer heterogenen Hard- und Softwareumgebung müssen meist folgende Probleme gelöst werden [1,2]: a) Umfangreiche Originalbilddaten sind zu verwalten und deren Informationsfülle sinnvoll zu reduzieren. b) Sekundärbilder müssen aus den Originaldaten berechnet und letzteren zugeordnet werden (Abb. 1). c) Befunddaten verschiedener Abteilungen oder

Kliniken müssen integriert und zugeordnet werden, bildbasierte Auswertungen müssen nachvollziehbar sein. d) Die heterogene Hard- und Softwarearchitektur erfordert plattformunabhängige Lösungen. e) Zugriffe auf die Daten und Befunde müssen abgestuft und unter Beachtung der Datensicherheitserfordernisse erfolgen. Zur optimalen Nutzung in einer heterogenen Architektur bietet sich der DICOM-Standard an [3], der für Transport und Verwaltung medizinischer Bild- und Patientendaten entwickelt wurde. Nachteilig ist, daß in DICOM zur Zeit keine ausreichenden Datenschutzmechanismen integriert sind. Unterschiedliche DICOM-konforme Datenschutzkonzepte sind daher zu entwickeln und zu evaluieren.

Zur exemplarischen Lösung dieser Probleme wurde eine Bild- und Befunddatenbank humaner Hirninfarkte aufgebaut. Dies erforderte sowohl die Einbindung von Kernspin- und Computertomographien (MRT, CT) als auch die Integration berechneter Parameter und ASCII-basierter Patienteninformation.

2. Methoden und Ergebnisse

Bis zum jetzigen Zeitpunkt wurden 40 Patienten mit Infarkt am Kernspintomographen untersucht (T1-, T2- und diffusionsgewichtete Sequenzen). Die Auswertung der Bilddaten erfolgte sowohl an der Steuerkonsole des Tomographen als auch auf einem externen Rechner. Gesunde und pathologische Gewebe wurden mittels einer multimodalen histogrammbasierten Methode qualitativ und quantitativ charakterisiert und als farbige Overlays dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Methode findet sich in [4, 5]. Originale, Sekundärbilder, farbkodierte Overlays und Histogramme wurden DICOM-konform abgespeichert (Abb. 2). Numerische Parameterwerte und textbasierte Patienteninformationen wurden in *private groups* in die DICOM-Bilder eingefügt. Die Langzeitspeicherung erfolgte auf CD. Bei speziellen Fragestellungen wurden zusätzlich ausgewählte computertomographische Originaldaten eingebunden.

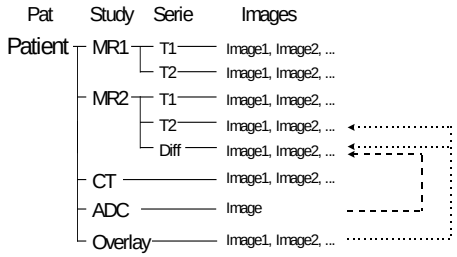

Abbildung 1: Beispiel einer Datenstruktur der beschriebenen Untersuchung zur Diagnostik des ischämischen Hirninfarktes. Sie umfaßt zwei Kernspinuntersuchungen (eine Study schließt eine spezielle diffusionswichtende Messung [Diff] ein), eine Computertomographie (CT) und berechnete Bilder. Aus der Serie Diff werden Diffusionskoeffizienten berechnet (ADC), verschiedene Bilder können kombiniert und histogrammbasiert ausgewertet werden (s. Text). Die Overlays werden DICOM-konform abgespeichert, die Basis-Bilder berechneter Daten (gestrichelte Linien) müssen erhalten bleiben [6].

Zur DICOM-konformen Integration des Datenschutzes wurden zwei Konzepte untersucht: Die Online-Verschlüsselung des gesamten Datenstromes oder eine gezielte

Offline-Verschlüsselung der relevanten Datenfelder [7, 8]. Letzteres führte zu einer erheblichen Reduktion der zu verschlüsselnden Datenmenge. Eine einfache Verschlüsselung der relevanten Felder ist jedoch in der Mehrzahl der Fälle nicht DICOM-konform, da abhängig vom Feld-Typ Zeichen und Feldlänge vorgeschrieben sein können. Zu lösen ist dieses Problem durch das Einfügen sogenannter *Private Groups* in den DICOM-Datenstrom (Abb. 3). Zum Vergleich mit Transferraten ohne Verschlüsselung wurde die Online-Verschlüsselung in die DICOM-Software des Mallinckrodt Institute of Radiology (MIR) und des OFFIS-Instituts integriert und auf unterschiedlichen Hardwareplattformen (DEC 3000/600, DEC Alphastation 255/4, PC Pentium 255 MHz) sowie Netzwerkumgebungen (Ethernet, FDDI, ATM) getestet. Speicherbasierende ATM-Datenübertragung erreichte bis zu 13 MByte/s (ohne Verschlüsselung). Maximale Übertragungsgeschwindigkeit bei *Online Verschlüsselung* mit RC4-MD5 ergab 1770 Kbyte/s, bei *Teilverschlüsselung* mit IDEA (ATM) 3900 KByte/s. Innerhalb des Klinikums wurde abschließend eine auf der Web-Technologie basierende Lösung realisiert. Randbedingungen waren klinisch akzeptable Zugriffszeiten, Softwareinstallation und -wartung an zentraler Stelle, Zugriff von nichtradiologischen Nutzern aus ohne Zusatzsoftware. Zentraler Bestandteil ist ein DICOM-Server, der in JAVA implementiert ist. Er beinhaltet eine Schnittstelle zu einer beliebigen SQL-fähigen Datenbank.

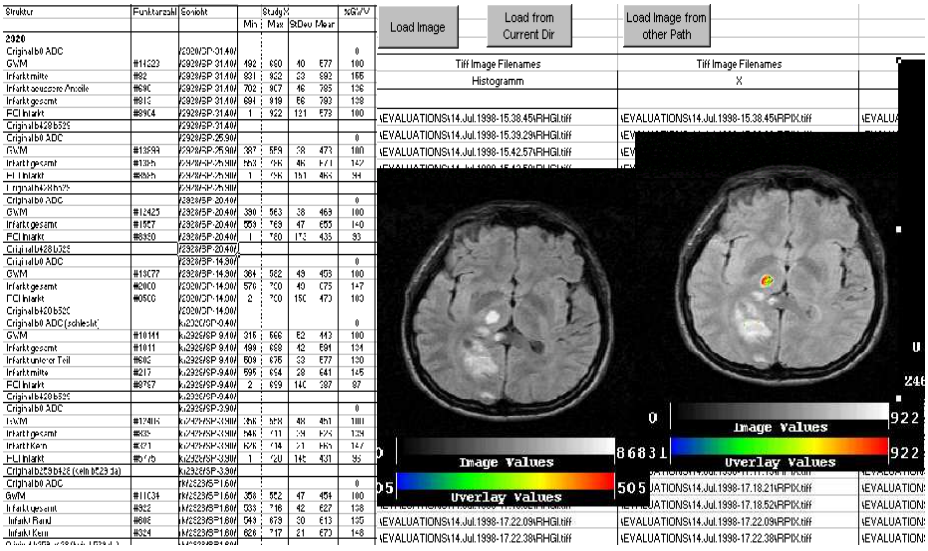

Abbildung 2: Beispiel eines Teil-View auf die Datenbank. Der dargestellte Patient erlitt ein ischämisches Ereignis 3 Tage vor der Untersuchung. Verschiedene Bilddaten können aufgerufen werden (linkes Bild: schwach diffusionsgewichtete Aufnahme; rechtes Bild: Original mit farkkodiertem Overlay eines segmentierten Teilgebiet des Infarktes). In den linken Spalten erkennt man die abgespeicherten Strukturen, in den mittleren Spalten sind die entsprechenden numerischen Auswertungen zu erkennen, die zur Charakterisierung verwendet werden können.

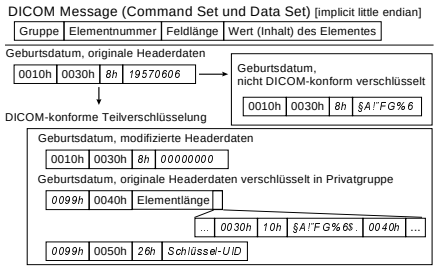

Abbildung 3: Schematische Darstellung des Aufbaus von DICOM-Command- und DICOM-Data-Sets. Der DICOM Standard unterscheidet zwischen verschiedenen Element-Typen [9]. Als Beispiel ist die Teilverschlüsselung des Geburtsdatums dargestellt. Die Elemente dürfen hier naturgemäß keine Sonderzeichen enthalten. Man füllt das Feld mit erlaubten, aber inhaltsleeren Daten und speichert die verschlüsselten Informationen in einer Privatgruppe [7,8].

Mittels eines JAVA/DICOM-Viewers können Bilder transferiert und manipuliert werden. Der Transfer der Originalbilddaten erfolgt per DICOM-Protokoll von zwei DICOM-fähigen Kernspintomographen (SIEMENS) und einem DICOM-fähigen Spiral-CT (SIEMENS). Die Anbindung eines weiteren Spiral-CT (mit Steuerrechner VAX unter VMS) erforderte die Entwicklung eines eigenen DICOM-Konverters. Die radiologischen Befunde wurden aus dem Radiologischen Informationssystem (RIS, SIMEDOS) über eine selbstentwickelte Schnittstelle eingelesen. Die Bilddaten werden über die Vorgangsnummer identifiziert. Bilder und Befunde sind mittels eines JAVA/DICOM-Viewers über Netscape einsehbar. Zusätzliche Softwarekosten und Wartungsarbeiten bei den Nutzern werden somit vermieden. Der Zugang wird geregelt über User, Paßwort und die IP-Nummer der Rechner eines jeden Nutzers

3. Diskussion

Die zunehmende Digitalisierung und Anbindung an Netzwerke ermöglicht neuartige Formen medizinischer Dienstleistungen, z.B. Bereitstellung von Datenmaterial durch spezialisierte Zentren zur Diagnoseunterstützung. Für die klinische Akzeptanz ist eine einfache Benutzerführung von hoher Priorität. Nach Erfahrungen in einem Vorprojekt sollte die Software für den Zugriff auf Bild- und ASCII-Daten zentral installiert werden. Dies hat neben einer verbesserten Wartung den Vorteil einer kostengünstigen Lösung, da die meisten der jetzt erhältlichen Softwareprodukte im Bilddatensektor relativ kostspielig und herstellerabhängig sind.

Die Ergebnisse zeigen, daß Plattformunabhängigkeit bei Transfer und Management der Bilddaten mittels DICOM optimal gelöst werden kann. Das Konzept der *private groups* ermöglicht eine flexible Gestaltung des sehr umfangreichen Standards. Es kann nicht nur für die dargestellte DICOM-konforme Teilverschlüsselung genutzt werden, sondern erlaubt beispielsweise auch die Einbindung von Zusatzinformationen (z.B. Befunde, Labordaten). Dieses Konzept ermöglicht somit den Aufbau einer minimalen multimedialen Patientenakte. Zwar ist die Einbindung entsprechender Datenstrukturen auch in DICOM in einem sehr umfangreichen Teil beschrieben, wurde

jedoch unseres Wissens nach bis zum jetzigen Zeitpunkt noch von keinem Hersteller implementiert.

Die zu verschlüsselnde Datenmenge, die bei den vorgestellten spezialisierten Untersuchungen pro Patient im Bereich von ca. 80 Mbyte lag, konnte durch die Teilverschlüsselung erheblich reduziert werden. Wesentliche, nicht patientenspezifische Informationen (z.B. Schichtdicke und -abstand, Sequenznamen etc.) bleiben erhalten. Externe Applikationen können Daten trotz verschlüsselter Information weiterverarbeiten (z.B. bei funktioneller Bildgebung oder Matching-Algorithmen). Zum jetzigen Zeitpunkt werden Nutzer durch die Projektleitung eingetragen und autorisiert.

Zusammenfassend zeigt der realisierte Prototyp, daß mittels JAVA/DICOM unter Beachtung von Datenschutzmaßnahmen multimediale verteilte Anwendungen kostengünstig realisiert werden können.

4. Literatur

1. Bernarding J, Thiel A, Hohmann J, Cosic D, Tolxdorff T: Telemedizin auf öffentlichen, ungeschützten Breitbandnetzen. In: Muche R, Büchele G, Harder D, Gaus W (Hrsg.), Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie: GMDS ´97. MMV Medizin-Verlag München, 215-219, 1997.
2. Thiel A, Bernarding J, Kurth R, Wenzel R, Villringer A, and Tolxdorff T: Telemedicine with Data Security in the ATM-based Berlin Networks. In Medical Imaging 1997: PACS Design and Evaluation: Engineering and Clinical Issues, Hori CH, Blain JG, Editors, Proc. SPIE 3035, 191-199, 1997.
3. NEMA Standards Publication PS3.X (1994): Digital Imaging and Communications in Medicine, Parts 1-10, 1994.
4. Bernarding J, Braun J, Hohmann J, Haarbeck K, Stapf C, Hoehn-Berlage M, Wolf KJ, Tolxdorff T: Multiparameter MR Imaging including ADC-Maps and Relaxometry for Cluster Analysis: Improved Differentiation between Healthy and Ischemic Tissue in Humans. Revised version submitted to Magn Res Med
5. Bernarding J, Braun J, Hohmann J, Kurth R, Wolf KJ, and Tolxdorff T: Time course of the diffusion coefficient and relaxation times in human cerebral infarcts. MAGMA, Vol V, No II (Suppl.), 69, (1997).
6. Eichelberg M, Ehlers G, Hewett, and A Jensch P: Management of DICOM Data Structures - an Object-Oriented Approach. In Computer Assisted Radiology 1995, Lemke HU et al. (editors), Springer Verlag Berlin, Germany, 1995 ,452 - 457.
7. Thiel A, Bernarding J, Hohmann J, Cosic D, Tolxdorff T: Security concepts in clinical applications using DICOM. In: Horii SC and Blaine GJ (ed.) Medical Imaging: PACS Design and Evaluation: Engineering and Clinical Issues, SPIE 3339, 11-22, 1998.
8. ftp://ftp.nema.org/medical/dicom/SUPPS/sec-v017.doc
9. Levine BA, Cleary KR, Norton SN, Cramer TJ, Mun SK: Challenges encountered while implementing a multi-vendor teleradiology network using DICOM 3.0. In Medical Imaging 1997: PACS Design and Evaluation: Engineering and Clinical Issues, Hori CH, Blain JG, Editors, Proc. SPIE 3035, 1997, 237-246.

Das MedSeC Projekt wurde gefördert vom BMBF/DFN (Deutsches Forschungsnetz e.V.).