

NEUE KONZEPTE IN DER TELERADIOLOGIE MIT DICOM-E-MAIL

G. Weisser¹, M. Walz², C. Koester³, D. Dinter¹, C. Düber¹

¹Institut für Klinische Radiologie, Universitätsklinikum Mannheim,
Universität Heidelberg, Deutschland

²Ärztliche Stelle für Qualitätssicherung in der Radiologie Hessen, Eschborn, Deutschland

³Gesundheitsnetz Rhein-Neckar-Dreieck, Mannheim, Deutschland

gerald.weisser@rad.ma.uni-heidelberg.de

Abstract

English title:

New concepts for teleradiology using Dicom-email

The recently published Dicom supplement 54 (dicom e-mail) defines a connection between the internet and the medical communication inside hospitals.

Up to now vendor specific dicom protocol additions were needed to realize certain teleradiology solutions. The new concept relies on vendor independent standard protocols without specific additions.

Main features:

- *client-server solution using the internet*
- *designed for emergency medicine*
- *integration of various clinical informations*
- *approved security concept*
- *modularized architecture*

The concept was realized within the scope of a teleradiology project of the state of Rheinland-Pfalz, Germany. It will be expanded to the state of Baden-Wuerttemberg, Germany in 2002 with over 20 hospitals included.

Keywords—*teleradiology, dicom, email, security*

Einleitung

Die Teleradiologie ist ein Marktsegment mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten und steigenden Anwenderzahlen auch außerhalb der Radiologie. Dies ist unter anderem auch durch gesundheitspolitische Steuerungen bei der Bedarfsplanung motiviert [1]. Die technische Grundlage der kommerziell angebotenen Lösungen ist jedoch sehr heterogen und in der großen Mehrzahl zueinander inkompatibel.

Als Verbindungsprotokoll innerhalb eines Kliniknetzes hat sich in der Radiologie das Dicom-Protokoll durchgesetzt. Für Verbindungen zwischen verschiedenen Kliniken stellen sich allerdings weiter gehende Anforderungen wie Datenschutz und Authentifizierung, die mit dem Dicom-Protokoll alleine nur schwer oder gar nicht umsetzbar sind. Daher setzt die überwiegende Mehrzahl der Teleradiologie-Anbieter herstellerspezifische Erweiterungen des Dicom-Protokolls ein oder verwendet von vorneherein andere Übertragungsprotokolle. Das führt dazu, dass Teleradiologie-Lösungen unterschiedlicher Hersteller in den meisten Fällen inkompatibel sind. Anwender, die auf eine Verbindung mit mehreren unterschiedlichen Partnern angewiesen sind müssen daher in der Regel mehrere unterschiedliche Teleradiologie-Systeme mit wechselnden Benutzeroberflächen verwenden.

Für die Planung zweier Pilotprojekte zur regionalen und landesweiten Teleradiologie wurden daher Lösungen für eine Hersteller-übergreifende Teleradiologie gesucht. Diese sollte zudem notfallgeeignet und kostengünstig sein sowie einem hohen Sicherheitsstandard genügen.

Die weltweit am häufigsten verwendete Form des elektronischen Datenaustausches mit mehreren hundert Millionen Nutzern ist der Internet-Dienst E-mail. Für den sicheren Austausch von Informationen über E-mail gibt es eine Reihe von standardisierten, plattformübergreifenden Lösungen, neue Standards werden auf Grund der großen Zahl der Anwender breit und schnell umgesetzt. Seit Februar 2002 ist für die Verbindung des E-mail-Dienstes zum Dicom-Standard als Supplement 54 verabschiedet [2]. Dieses definiert das Dicom-Dateiformat als Dateianhang einer E-mail (MIME-Attachment).

Auf der Basis dieser Erweiterung des Dicom-Standards wurden Hersteller-unabhängige Konzeptionen zur Teleradiologie entwickelt, deren Möglichkeiten und Grenzen im Folgenden erläutert werden. Hierfür wurden die Anforderungen eines Pilotprojektes zur landesweiten Vernetzung von Schlaganfallstationen und Neurochirurgischen Zentren zu Grunde gelegt.

Anforderungen und Zielsetzung

Für die Anwendung der Teleradiologie gibt es eine Vielzahl von Szenarien, z.B.:

- Einholung von Konsilen und Zweitmeinungen z.B. Neuroradiologie, Neurochirurgie oder Neurologie
- Verlegungs- und Therapiemanagement von Notfallpatienten
- Verbesserung der Radiologischen Präsenz bei Bereitschaftsdienst und Notfallversorgung
- Anbindung von Zuweisern und Verlegungskliniken

Aus diesen Szenarien ergeben sich die konkreten Anforderungen an eine bestimmte Teleradiologie-Lösung. Für die genannte Vernetzung von Schlaganfallstationen und Neurochirurgischen Zentren sowie für den Charakter eines Pilotprojektes zur regionalen und landesweiten Nutzung ergeben sich folgende Anforderungen:

- Notfalleignung (Ausfallkonzept, minimale Verzögerung bei der Übertragung, einfache Bedienbarkeit auch in Grenzsituationen)
- Konsequentes Sicherheitskonzept (Verschlüsselung, Authentifizierung)
- Hersteller-Unabhängigkeit

- Hohe Kosteneffizienz (Nutzung von vorhandenen Ressourcen, Mehrfachnutzung von anzuschaffenden Komponenten)

Neue Konzepte

Die radiologische Bildkommunikation innerhalb einer Klinik geschieht in der großen Mehrzahl der Kliniken auf Basis des Dicom-Protokolles. Ziel der Konzeption war daher die transparente Kopplung einer Dicom-E-mail Lösung mit der klinikinternen Dicom-Kommunikation. Hierfür werden die per Dicom-Protokoll empfangenen Daten in Standard-konforme Dicom-E-mails und zurück gewandelt. Diese Wandlung kann manuell gesteuert oder auch automatisiert erfolgen. Das Sicherheitskonzept mit Verschlüsselung, Authentifizierung und Signatur benutzt dabei die für den E-mail-Verkehr bereits realisierten Konzepte.

Für den Austausch der Dicom-E-mails werden Internet-Mailserver benutzt, die aus Gründen der Datensicherheit zusätzliche Sicherheitseinstellungen gewährleisten (Verbindungen nur zu bekannten Partnern, nur verschlüsselte Verbindungen zugelassen). Diese Sicherheitseinstellungen sind gemäß RFC genormt und werden bereits heute von einer Vielzahl von kommerziellen Mailservern genutzt. Der Aufbau von solchen Mailservern ist in räumlicher Zuordnung der Kliniken der Maximalversorgung vorgesehen, sie stehen dabei außerhalb der klinikinternen Netze im Internet. Betrieb und Administration erfolgt aus technischen und medico-legalen Gründen von Seiten der Kliniken.

Grundprinzip für die Realisierung der Lösung ist die transparente Einbindung der Teleradiologie in die vorhandenen Strukturen der Bild- und Befundverteilung innerhalb einer Klinik. Sind solche Strukturen noch nicht vorhanden, so sollten die neuen Workstations nicht nur der alleinigen Nutzung für die Teleradiologie dienen. Auch in großen Zentren stellen die teleradiologischen Arbeitsabläufe immer nur einen kleinen Teil der klinischen Routine dar. Vielmehr sollte mit der gleichen Plattform und den gleichen Arbeitsabläufen auch die Routinediagnostik abgearbeitet werden. Hierdurch wird eine sichere Bedienbarkeit der Teleradiologie gewährleistet, Ausfälle der installierten Lösungen werden frühzeitig erkannt, zeitraubende Fehlbedienungen vermieden.

Verbindungskonzept

Bei der Konzeption des Verbindungsnetzes sind die Anforderungen für die Notfalldiagnostik bezüglich Übertragungsgeschwindigkeit und Verfügbarkeit zu beachten.

Die Topologie der Leitungsverbindungen ergibt sich aus der Struktur des Teleradiologie-Netzwerkes. Bei einem Server-basierten Konzept (wie hier vorgeschlagen) genügt eine einzelne Leitungsanbindung zu einem der Mailserver (per Internet oder direkter Einwahlleitung), um alle teilnehmenden Partnerkliniken zu erreichen.

Die Konzeption als Internet-Dienst erlaubt dabei eine flexible und kostengünstige Anbindung, da keine Fixierung auf einzelne Provider notwendig ist.

Eine hohe Verfügbarkeit der Leitungsanbindung ist unabdingbar, als Zielgröße ist eine Verfügbarkeit von mehr als

99% anzustreben. Dies kann über die Anmietung einer einzelnen Leitung erfolgen (Standleitung oder Einwahlleitung), bei denen der Leitungsanbieter (Provider) mit Ausfallkonzepten für diese hohe Verfügbarkeit sorgt. Eine garantierte Verfügbarkeit beinhaltet in der Regel auch einen entsprechenden Wartungsvertrag mit 24h-Erreichbarkeit, der den Preis einer solchen Verbindung überproportional verteuert. Dies ist insbesondere bei einer geringen Nutzung einer solchen Leitungsanbindung betriebswirtschaftlich oft nicht tragbar. Daher wird insbesondere in kleineren Installationen auf eine solche hohe Verfügbarkeit bewusst verzichtet.

Eine weitere Möglichkeit einer hohen Leitungsverfügbarkeit ist ein Ausfallkonzept mit voneinander unabhängigen Leitungsanbindungen. Dies lässt sich in dem Konzept der E-mail-Kommunikation einfach und preiswert realisieren, da die große Mehrzahl der Kliniken bereits über eine Internet-Anbindung verfügen, die in der Regel getrennt von der übrigen Telekommunikations-Installation betrieben wird. Zu beachten ist hierbei allerdings, dass in kleineren Häusern zunehmend DSL-Verbindungen zur Internet-Anbindung verwendet werden. Die hier in der Regel verwendete Technik der asymmetrischen DSL (ADSL) bietet jedoch nur in der Empfangsrichtung eine hohe Geschwindigkeit (zwischen 768kBit/s und 2 Mbit/s). Für das Senden von Daten stehen jedoch nur 128-256 kBit/s zur Verfügung, diese Richtung stellt aber für die Notfall-Teleradiologie die Hauptnutzung dar (Anforderung eines Neurochirurgischen/Neurologischen Konsils im Zentrum). Zudem müssen diese Bandbreiten mit anderen Nutzern der Internet-Verbindung geteilt werden, dies kann in Stosszeiten die nutzbare Bandbreite deutlich reduzieren.

Für die Realisierung der Pilotprojekte wurde daher folgendes Verbindungskonzept geplant:

1. Kommunikationsserver in den Zentren
 - schnelle Internet-Anbindung mit ≥ 100 Mbit/s
 - zusätzliche Einwahlrouter mit ≥ 8 verfügbaren ISDN-Kanälen
2. Anbindung peripherer Häuser
 - Ausbau der Internet-Anbindung mit Standleitung (i.d.R. 2 Mbit/s) oder min. 256 kBit/s in Senderichtung mit der Möglichkeit der Priorisierung
 - Zusätzliche Verbindung mit 2-Kanal-ISDN-Routern (Ausfallkonzept)
 - **oder:** Verbindung über 4-Kanal-ISDN-Router mit Vorkonfiguration von mindestens zwei Zentren

Eine Doppelanbindung (Internet plus ISDN-Router) lässt eine automatische oder manuelle Wahl des Verbindungsaufbaus zu. So kann bei einem Ausfall einer Kommunikationsleitung sowohl vom Administrator als auch vom Anwender selbst transparent die alternative Leitung gewählt werden. Die Kosten-Nutzen-Relation der Gesamtlösung wird dabei durch die erheblich bessere Auslastung einer anzuschaffenden schnellen Leitungsanbindung durch die Internet-Nutzung bestimmt.

Sicherheitskonzept

Das Sicherheitskonzept lässt sich untergliedern in

- Ausfallsicherheit
- Leitungsverchlüsselung
- Inhaltsverschlüsselung
- Authentifizierung/Signatur.

Das Konzept der Ausfallsicherheit benötigt eine Redundanz der Komponenten für jeden Bestandteil der Übertragungskette. Neben der Leitungsanbindung (s.o.) betrifft dies u.a. die

- Kommunikationsserver,
- klinikinternen Datennetze und
- Workstations.

Auf der Ebene der Kommunikationsserver ist die Redundanz durch die Installation von mindestens drei Mailservern (an den Standorten der beteiligten Kliniken der Maximalversorgung) gewährleistet. Diese können so konfiguriert werden, dass mit jedem dieser drei Mailserver alle Projektpartner kommunizieren können.

Die Redundanz der Datennetze innerhalb der Kliniken muss von der Infrastruktur abgeleitet werden. Eine Redundanz der Workstations setzt eine Anschaffung/Aufrüstung von mindestens zwei Workstations voraus. Dies kann mit einer Mehrfachnutzung dieser Workstations z.B. für eine Bild- und Befundverteilung für klinische Partner (Schlaganfallstation) verbunden werden.

Das Sicherheitskonzept bezüglich Leitungs- und Inhaltsverschlüsselung ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Kommunikationsmodell

Dicom-Dateien			
S/MIME, PGP, OpenGP Verschlüsselung			
SMTP/POP3/IMAP4 secure DICOM E-mail			
TCP			
IP			
Internet	ISDN/Router	a/b	Standleitung

Die physikalische Leitungsanbindung ist über das Internet, über angeschlossene ISDN-Einwahlrouter mit der Möglichkeit der Kanalbündelung, über analoge Einwahlmodems oder über angeschlossene Standleitungen möglich.

Das gemeinsame Verbindungsprotokoll ist TCP/IP, eine zusätzliche Verschlüsselung im Sinne eines Virtual Private Network VPN wird nicht verlangt.

Die Leitungsverchlüsselung erfolgt vielmehr auf der Ebene der Verbindungsprotokolle des Mailserver mit POP3, IMAP4 und SMTP. Diese werden Standard-konform als Secure-Protokolle benutzt mit Hilfe einer SSL-Verschlüsselung mit mind. 128 Bit Länge. Die verbreitetsten E-mail-Programme unterstützen diesen Standard mittlerweile, auch wenn er für private E-mail-Accounts selten genutzt wird.

Die mit der Dicom-E-mail ausgetauschten Dateien sind zusätzlich mittels PGP bzw. OpenGP [4] oder S/MIME verschlüsselt. Alle Daten auf dem Internet-Kommunikationsserver sind damit verschlüsselt und für einen potentiellen Eindringling unlesbar.

Die Authentifizierung und Signatur ist auf verschiedene Arten lösbar. In einem ersten Schritt wird die Authentifizierung über die Benutzeranmeldung mit Namen und Passwort an der Workstation-Software realisiert. Dies entspricht einer sog. schwachen Authentifizierung, die nicht den Anforderungen des Signaturgesetzes entspricht [3]. Dadurch erreichen die damit erstellten elektronischen Dateien (Konsilberichte, Befunde) keinen Dokumentenstatus. Eine zusätzliche Papierdokumentation dieser Berichte mit Unterschrift des Verfassers ist notwendig.

Exemplarischer Ablaufplan

Im Folgenden sei das Versenden von Bilddateien exemplarisch dargestellt am Beispiel eines Neurochirurgischen Konsiles, angefordert von einem peripheren Haus:

- Erstellen des Schädel-CT in der Radiologie Klinik A (25 Bilder)
- Änwählen des eingetragenen Adressaten „Neurochirurgie Klinik B“, telefonische Benachrichtigung des Neurochirurgen
- Versenden der Bilder per Dicom-Protokoll an die Teleradiologie-Workstation innerhalb der Klinik A
- Dort Verschlüsselung der empfangenen Dicom-Dateien mit dem öffentlichen Schlüssel des Empfängers („Neurochirurgie Klinik B“). Ab diesem Zeitpunkt können alle Dateien nur noch von diesem Empfängers entschlüsselt werden. Es entstehen 25 einzelne E-mails mit jeweils einem Bild.
- Versenden der verschlüsselten Dicom-Dateien mittels Dicom-E-mail an das Postfach der „Neurochirurgie Klinik B“ auf dem Internet-Kommunikationsserver
- Automatische Abfrage dieses Postfaches von der Teleradiologie-Workstation der Neurochirurgie in der Klinik B, Abholen aller 25 E-mails
- Parallel hierzu wird bereits beim Empfang der ersten E-mail die darin enthaltene Dicom-Datei mit dem privaten Schlüssel der Neurochirurgie Klinik B entschlüsselt und an die Dicom-Viewing-Software übergeben
- Die eintreffenden Bilder können von einem autorisierten Neurochirurgen (Abfrage von Benutzername und Passwort) auf der Teleradiologie-Workstation betrachtet werden

Grenzen des Konzeptes

Bestimmte Formen der teleradiologischen Kommunikation werden zur Zeit vom Konzept nicht unterstützt. So ist eine so genannte Telekonferenz (Synchronisation von Bildinhalt und Mauszeiger) nicht vorgesehen, hier fehlt es an herstellerübergreifenden Protokollen. In Zukunft kann hier eventuell z.B. mit dem offen gelegten VNC-Protokoll eine Erweiterung angedacht werden.

Weiterhin sind trotz einer konsequenten Nutzung von internationalen Standards Anpassungen in der Software der Teleradiologie-Anbieter für eine Nutzung dieses Konzeptes

tes erforderlich. Hier zeigen jedoch bereits eine Reihe von Anbietern Interesse an der Unterstützung, mehrere Anbieter haben bereits Vorversionen mit integrierten E-mail-Clients gezeigt. Für die Realisierung des Sicherheitskonzeptes können die Software-Firmen teilweise auch auf die Ergebnisse von anderen Projekten zurückgreifen [5].

Diskussion

Bei einer Vielzahl von installierten Teleradiologie-Lösungen ist auf Grund des einfachen Sicherheitskonzeptes keine Integration der Bilddaten in die Infrastruktur der Kliniken vorgesehen. Zielpunkt und Endpunkt der Bilddaten ist dabei der klinische Partner z.B. die Neurologie und die Neurochirurgie. Aus Sicht der Kosteneffizienz (Leitungskosten, fehlende Mehrfachnutzung der Hardware) und der Ausfallsicherheit (seltene Nutzung, keine Einbindung in Routineabläufe, zumeist keine 24h-Wartungsverträge aus Kostengründen) ist eine solche Konzeption überholt. Die in den meisten Kliniken bestehende, integrative Rolle und Kompetenz der radiologischen Fachabteilungen bleibt dabei oft ungenutzt.

Ausgefeiltere Sicherheitskonzepte sind kommerziell erhältlich, benutzen jedoch ausnahmslos Herstellerspezifische Erweiterungen. Damit sind sie geeignet, begrenzte lokale Partnerschaften und größere Projekte mit geschlossenen Benutzergruppen zu realisieren. Speziell für Zentren in Regionen mit hoher Krankenhausedichte sind jedoch oft mehrere Lösungen für eine zufrieden stellende regionale Abdeckung erforderlich. Dies stellt die beteiligten Partner vor das Problem einer Einarbeitung und Nutzung mehrerer Lösungen mit zum Teil sehr unterschiedlicher Bedienung.

Das Grundprinzip der vorgestellten Lösung ist die Abkehr von der spezialisierten Teleradiologie-Lösung und die transparente Integration teleradiologischer Szenarien in den bestehenden Workflow der Kliniken.

Die vorgestellte Lösung benutzt ausschließlich internationale Standards. Dennoch müssen solche Standards in kommerzielle Produkte integriert werden, um sie nutzbar zu machen. Bereits heute ist bei mehreren Herstellern eine Integration von E-mail in Dicom-Workstations verfügbar, bei weiteren Herstellern steht diese Integration in näherer Zukunft an. Die zusätzlich notwendige Integration der Verschlüsselungstechnologie wird durch die Verfügbarkeit mehrerer kostenfreier Lösungen und Entwicklungsumgebungen für alle Betriebssysteme mit hoher Marktpräsenz unterstützt [4, 5]

Die vorgestellten Konzepte sind in Grundzügen im Rahmen des Landesprojektes Rheinland-Pfalz zur Kopplung von Schlaganfallstationen realisiert worden. Dieses Projekt verbindet 4 Kliniken in Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg (Klinikum Ludwigshafen, Hetzelstift Neustadt, Stadtklinik Worms und Universitätsklinikum Mannheim) und ist seit 1.7.2002 im Vollbetrieb. Eine Erweiterung dieses Netzes ist im Rahmen der Zukunftsoffensive III des Sozialministeriums Baden-Württemberg auf insgesamt 4 Zentren und 17 beteiligte Kliniken genehmigt. Eine Realisierung wird im Laufe des Jahres 2002 beginnen.

Literaturverzeichnis

- [1] R. Schüllli, „Geburtsstunde der Teleradiologie“, *Krankenhaus und Management* 12/2001
- [2] Dicom Supplement 54 (Dicom-E-mail): http://medical.nema.org/Dicom/supps/sup54_pc.pdf
- [3] Signaturgesetz SigG 2001 in der aktuellen Fassung von 5/2001 http://jurcom5.juris.de/bundesrecht/sigg_2001/gesamt.pdf
- [4] GNU Privacy Guard Projekt, in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie BMWi, <http://www.gnupg.de/>
- [5] Pilotversuch SPHINX, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, <http://www.bsi.de/aufgaben/projekte/sphinx/index.htm>