



Teleradiologie mittels DICOM-E-Mail und PACS-Integration

B. Bergh, A. Hollerbach, R. Schall

Zentrum für Informationsmanagement – Universitätsklinikum Heidelberg

Einleitung

Im Rahmen des Teleradiologie-Projektes Rhein-Neckar-Dreieck wird die Vernetzung von 13 Kliniken im Rhein-Neckar-Raum zur Verbesserung der medizinischen Versorgung für die Akutbehandlung unter anderem der Krankheitsbilder Schlaganfall und Schädel-Hirn-Verletzung angestrebt. Bei der Umsetzung sind die Schlaganfallstationen des Rhein-Neckar-Raumes sowie die Unfallchirurgischen Kliniken mit Neurochirurgischen Zentren involviert.

Das Konzept für die telemedizinische Notfallversorgung am Universitätsklinikum Heidelberg baut auf der Basis des vom Universitätsklinikum Mannheim entwickelten Konzeptes zur Teleradiologie [1] auf und wurde am Universitätsklinikum Heidelberg dahingehend erweitert, dass die Teleradiologie-Komponenten in die vorhandene IT-Landschaft des Klinikums (KIS/RIS/PACS) sowie in die klinische Routine integriert werden konnten. Das im Folgenden beschriebene Konzept befindet sich gegenwärtig in der Umsetzung, wobei grundlegende Teile bereits in Pilotbetrieb sind.

Ziele und Anforderungen

An das geplante Teleradiologiesystem wurden verschiedene Basisanforderungen sowohl aus Sicht der Anwender als auch aus Sicht der informationstechnischen Architektur gestellt, welche im Folgenden skizziert werden sollen:

1. Das System sollte soweit offen und standardisiert sein, dass als Zuweiser bzw. Zusender nicht nur die festen Partner des Netzwerkes in Frage kommen sollten. Vielmehr sollte jeder gewünschte Partner den Service in Anspruch nehmen können.
2. Von dieser Anforderung ausgehend, sollte das System auf standardisierten Funktionalitäten wie normaler E-Mail und entsprechend für den Bildtransfer der DICOM-E-Mail [2] beruhen.
3. Die gesamte Kommunikation zwischen den Partnern sollte den aktuellen Ansprüchen an Sicherheit, z. B. durch Einsatz adäquater Verschlüsselungstechniken, genügen.
4. Die Dienst habenden bzw. für die telemedizinische Beratung zuständigen Ärzte sollten nach vollständigem Eingang eines Bilddatensatzes automatisch eine Benachrichtigung erhalten, um weitere Telefonanrufe zur Ankündigung bzw. die sonst erforderliche kontinuierliche Überwachung des telemedizinischen Arbeitsplatzes zu erübrigen. Dafür sollte eine SMS (Short Message Service) auf die, mittlerweile im Klinikum flächendeckend als Ersatz zu den üblichen Piepern im Einsatz befindlichen, DECT-Telefone (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) gesendet werden. Hinsichtlich der Zuverlässigkeit der Nachrichtenübermittlung sollten hierbei möglichst hohe Anforderungen gewährleistet werden, z. B. durch Weiterleitung bei Nichterreichen des Anschlusses oder Unterbrechung eines Gespräches für den Fall, dass das DECT-Telefon gerade in Gebrauch wäre.
5. Da erwartet wurde, dass es sich bei einer Vielzahl der Fragestellungen nicht alleine um eine radiologische Befundung, sondern vor allem auch um eine klinische Beurteilung handeln würde (z. B. ob ein operationswürdiger Befund vorliege o. ä.), sollte der Zugriff auf die Bilder und die übermittelte Fragestellung bzw. die klinischen Begleitinformationen nicht nur über spezielle Teleradiologie-Workstations in den radiologischen Abteilungen möglich sein. Stattdessen sollten die Informationen auch über einen Web-Zugang campusweit zur Verfügung stehen (z. B. im OP, auf der Intensivstation).
6. Um andererseits eine hochqualitative Bildbeurteilung zu erlauben und gleichzeitig die Anschaffung kostenintensiver Befundungsarbeitsplätze zu vermeiden, sollte eine Bildbetrachtung an den vorhandenen PACS-Workstations möglich sein.
7. Gleichzeitig sollte der Befund sowohl die radiologische Beurteilung als auch eine klinische Empfehlung zum Procedere beinhalten (z. B. Verlegung oder nicht). Um die Integrität von Bild und Konsil dabei nicht aufzuheben, sollte die Befundung in derselben Web-Umgebung möglich sein, welche für die Bildbetrachtung genutzt werden sollte.
8. Um den Aufbau einer zweiten, getrennten Speicherarchitektur zu vermeiden, sollte die Archivierung der Bilder und Befunde in dem vorhandenen PACS erfolgen.
9. Für den Fall der Verlegung des Patienten nach Heidelberg sollten Bilder und Befund sowohl für die behandelnden Ärzte als auch für die Radiologie campusweit aus dem KIS zugreifbar sein.

Autoren: B. Bergh, A. Hollerbach, R. Schall

Titel: Teleradiologie mittels DICOM-E-Mail und PACS-Integration

In: Jäckel (Hrsg.) Telemedizinführer Deutschland, Ober-Mörlen, Ausgabe 2005

Seite: 250-253



10. Die Integration in die vorhandene klinische IT-Landschaft sollte so gestaltet sein, dass auch bei Ausfällen der klinischen Systeme das Teleradiologie-System nicht beeinträchtigt würde und der Service gewährleistet werden könnte.

Grundlagen und Vorbemerkungen

Protokolle und Standards

Das DICOM-Protokoll [3] konnte sich vor allem in der Radiologie als Standard für die Übermittlung medizinischer Bilder etablieren. In Supplement 54 des DICOM-Standards wird der DICOM MIME Type [2] definiert, der die standardisierte Übertragung medizinischen Bildmaterials per E-Mail erlaubt. Ziel des Konzeptes des Teleradiologie-Projektes war die Verbindung von klinikinterner DICOM-Kommunikation mit dem Bildaustausch via DICOM-E-Mail [4]. Darüber hinaus konnte für das Sicherheitskonzept bei der Übertragung auf bereits bestehende Konzepte zur Gewährleistung der Integrität, Authentizität und Vertraulichkeit von E-Mails zurückgegriffen werden.

Sicherheitskonzept

Das Sicherheitskonzept besteht aus den folgenden Bestandteilen:

- Leitungsverschlüsselung:**
 Die sichere Übertragung der E-Mails wurde mit Hilfe der SSL-Varianten der Verbindungsprotokolle POP3, IMAP4 und SMTP realisiert.
- Inhaltsverschlüsselung:**
 Die Inhalte der E-Mails werden mit OpenPGP [5, 6] verschlüsselt.
- Authentifizierung:**
 In der ersten Phase wird beim Versenden von Bildern eine „schwache Authentifizierung“ über eine Benutzererkennung und ein Kennwort gefordert. Eine weiter gehende Authentifizierung mittels elektronischer Signatur und X.509-Benutzerzertifikate wird in der zweiten Phase des Projektes angestrebt.

IT-Infrastruktur

Die im Universitätsklinikum Heidelberg vorhandene klinische IT-Infrastruktur besteht aus einem Klinischen Informationssystem (KIS), welches integriert die Funktionen für das Patientendatenmanagement (PDM) und die Elektronische Patientenakte (EPA) beinhaltet. Das Radiologie-Informationssystem (RIS) sowie ein Bildarchivierung- und Kommunikationssystem (PACS) sind davon unabhängige Produkte und beide von demselben Hersteller, wobei eine weitgehende Kopplung zwischen der „KIS-Welt“ und den Radiologiesystemen besteht.

Die Patientenstamm- und Bewegungsdaten werden aus dem KIS via HCM/HL7 an das RIS übermittelt. Zusätzlich existiert zwischen KIS und RIS eine differenzierte Leistungsanforderungs- und Terminplanungsschnittstelle (Order Entry). Vom RIS aus gelangt dann eine Arbeitsliste sowohl an die jeweiligen Modalitäten (DICOM Modality Worklist) als auch zeitgleich an das PACS. Nach Abschluss der Untersuchung an der Modalität werden die Bilder an das PACS weitergeleitet, wo dann ein Abgleich mit der vom RIS erhaltenen Arbeitslisteninformation stattfindet (Reconciliation). Erst danach können die Bilder über ein Web-Frontend aus dem klinischen Arbeitsplatzsystem heraus betrachtet werden. Ist keine korrekte Zu-

ordnung möglich verbleiben die Bilder in einem speziellen Ordner des PACS und können nur mittels der PACS eigenen Workstation angezeigt werden. Nach Fertigstellung des Befundes wird dieser wiederum via HL7/HCM an das KIS übermittelt und der Akte des Patienten zugeordnet.

Funktionsweise

Bildversand

In der sendenden Klinik wird die zu befundende Untersuchung an einer DICOM-Workstation oder direkt an einer Bild gebenden Modalität ausgewählt und der Empfänger, z. B. die Neuroradiologie des Universitätsklinikums Heidelberg, eingetragen. Die Bilder werden von dort via DICOM (C-Store) an den Teleradiologie-Server der sendenden Klinik übertragen. Mit der Auswahl des Empfängers an Workstation oder Modalität wird im Hintergrund die Empfängeradresse über den AET (Application Entity Title) der DICOM-Verbindung definiert.

Auf dem Teleradiologie-Server (vgl. Abb. 1) werden dann die Bilder der Untersuchung in DICOM-E-Mails umgewandelt und mit dem öffentlichen Schlüssel des Empfängers verschlüsselt. Hier erfolgt anhand des AET auch eine Zuordnung zu einer E-Mail-Adresse

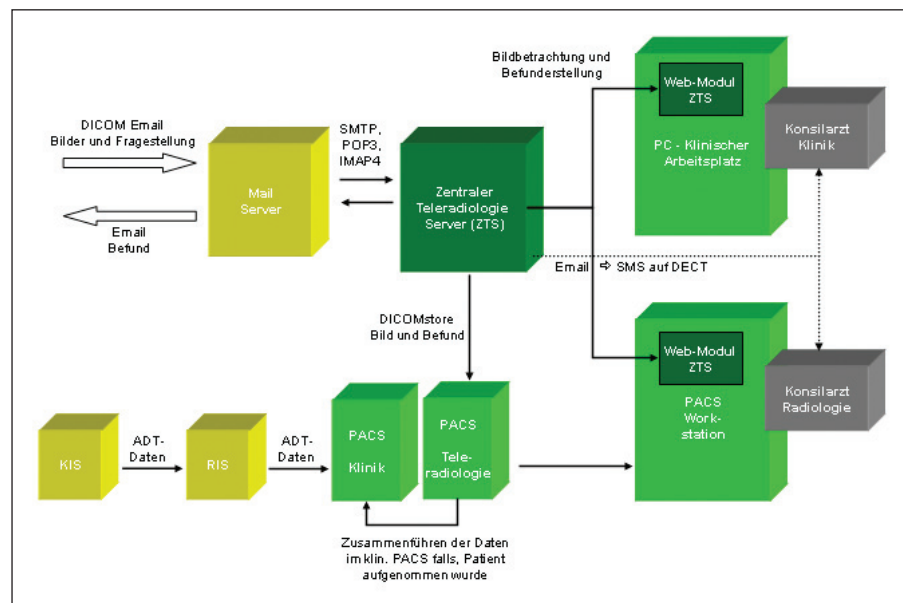


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Funktionsweise



des Empfängers, so dass insgesamt eine automatische Versendung von Bildern von jeder DICOM-fähigen Modalität möglich ist. Dabei werden jedoch keine zusätzlichen Textinformationen erstellt. Bei der alternativen, nicht automatisierten Versendung von Bildern fügt der Arzt zusätzliche Informationen zu den Bildern, beispielsweise bezüglich der Anamnese und der Fragestellung, am Teleradiologie-Server hinzu und erzeugt so eine zusätzliche E-Mail mit Textinformationen.

Da die meisten Mailgateways nur E-Mails bis zu einer bestimmten Größe zulassen, wird bei Bild-Serien (z. B. CTs) jedes Bild in eine separate E-Mail umgewandelt, verschlüsselt und versendet.

Für den Transport der E-Mails wird in der Regel die normale Internetanbindung des Senders verwendet. Bei einem Ausfall sollte auch eine telefonische Direktwahlverbindung möglich sein.

Bildempfang und Benachrichtigung

Alle eingehenden E-Mails werden zunächst auf einem im Internet befindlichen Mailserver und dort im Postfach des ausgewählten Empfängers zwischengespeichert. Von dort werden die E-Mails in regelmäßigen Zeitabständen von einem, im Intranet lokalisierten, „zentralen Teleradiologie-Server“ (ZTS) der befundenen Klinik abgerufen. Dieser entschlüsselt die Mails automatisch mit dem privaten Empfängerschlüssel und sammelt sie in einem temporären Speicher. Nach Eingang aller Bilder wird die komplette Untersuchung rekonstruiert und steht damit zur Bildbetrachtung und Befundung zur Verfügung.

Sobald die Untersuchung vollständig ist, versendet der ZTS automatisch eine E-Mail an einen so genannten DAKS-Server (Digitaler Alarm- und Kommunikationsserver), welcher diese der entsprechenden DECT-Telefonnummer der diensthabenden Ärzte zuordnet, in eine SMS umwandelt und zur Benachrichtigung über die Ankunft neuer Bilder an die Ärzte übermittelt. Die SMS-Nachricht enthält unter anderem Angaben zum Sender und anonyme Informationen zum Bildmaterial.

Bildbetrachtung, Befunderstellung und -versand

Der ZTS verfügt über eine java-basierte Webanwendung („Webmodul“), die prinzipiell auf jedem mit Netzwerkzugang und aktuellem Browser ausgestatteten Rechner gestartet werden kann. Diese Architektur erlaubt es, sowohl die bereits vorhandenen PACS-Reviewing-Workstations als auch nicht dedizierte medizinische Arbeitsplatz-PCs zur Bildbetrachtung und Befundbeschreibung einzusetzen.

Nach Eingang der SMS können sich klinische als auch radiologische Gutachter direkt über das Webmodul an dem ZTS anmelden. Hierbei wird zwar die vorhandene Hardware genutzt, eine direkte Verknüpfung zu den klinikinternen Systemen (KIS, RIS und PACS) besteht aber nicht. Wünschenswert wäre ein, noch nicht vorhandener, Konferenzmodus mit welchem Kliniker und Radiologe die Bilder gemeinsam betrachten und sich während eines gleichzeitigen Telefongesprächs abstimmen könnten.

Je nach Absprache übernimmt dann eine Seite die Befundbeschreibung, welche auch in dem Web-Modul des ZTS erfolgt. Hierfür stehen heute lediglich einfache Textfelder zur Verfügung. Weitergehende Textverarbeitungsfunktionen und vor allem der Einsatz von Textbausteinen wären hier wünschenswert. Sobald der Befund freigegeben ist, wird er vom dem ZTS in eine E-Mail umgewandelt und an die anfordernde Stelle geschickt. Hierbei kommen die schon zuvor beschriebenen Sicherheitsmechanismen zum Einsatz.

Archivierung

Sobald der Befund an den ursprünglichen Sender der Anforderung übermittelt wurde, generiert der ZTS aus diesem ein JPEG-Bild, welches dann als DICOM „Secondary Capture“ zusammen mit den Bildern der Untersuchung abgelegt wird. Die gesamte Untersuchung inklusive des Befundbildes wird dann an das PACS übermittelt und hier in einem speziellen Ordner dauerhaft gespeichert. Auf diesen Ordner kann von einer dedizierten PACS-Workstation aus zugegriffen werden, ein direkter Bildaufruf aus dem KIS bzw. über das Web-Interface des PACS ist jedoch nicht möglich. Für ein frei festlegbares

Zeitintervall stehen Bilder und Befund noch auf dem ZTS für einen Zugriff zur Verfügung bis sie dann nach Ablauf der Frist dort gelöscht werden.

Vom Konzept her war es gedacht die Befunde als DICOM Structured Report (SR) zusammen mit den Bildern im PACS abzulegen. Dieses wurde zum Implementierungszeitpunkt aber von den Herstellern noch nicht durchgängig unterstützt, so dass auf die oben beschriebene Variante ausgewichen wurde. Perspektivisch soll, sobald SR-Objekte von beiden Seiten unterstützt werden, auf diesen Weg gewechselt werden.

KIS-Integration

Falls der Patient in das Klinikum verlegt wird, stehen unmittelbar zwei Zugangswege zur Verfügung. Klinisch tätige Mitarbeiter erhalten campusweit über den Web-Zugang des ZTS Zugriff auf Bilder und Befund; alternativ können radiologische Ärzte auch von der PACS-Workstation direkt auf den Teleradiologie-Ordner zugreifen.

Sobald der Patient im KIS aufgenommen wurde und damit die Stammdaten über die entsprechenden Schnittstellenkoppelungen in das RIS und das PACS übermittelt wurden, kann eine Zuordnung der bisher isolierten Teleradiologie-Untersuchung erfolgen. Diese wird manuell von der auch für das Clearing der Patientendaten zuständigen Stelle vorgenommen. Gegebenenfalls falsche, bzw. nicht identische Patientenstammdaten bei den teleradiologisch übermittelten Bildern können dabei unter Beibehaltung der originalen Informationen korrigiert werden. Nach der Zuordnung kann dann auch die Teleradiologieuntersuchung zusammen mit allen in der Klinik vor Ort erstellten Untersuchungen über das KIS und den integrierten Web-Aufruf des PACS angezeigt werden. Eine direkte Integration des Befundes in das KIS oder RIS erfolgt nicht.

Diskussion

In Zusammenhang mit der Planung der Teleradiologie für das Universitätsklinikum Heidelberg sind diverse Varianten hinsichtlich der Integration in die Klinikum interne IT-Landschaft diskutiert



worden. Darunter waren auch Konzepte, welche eine deutlich weitergehende Integration beinhalteten. Angesichts der Komplexität dieser Szenarien wurde allerdings ein stufenorientiertes Vorgehen angestrebt. Das hier beschriebene Integrationskonzept kann somit als erste Stufe angesehen werden, bei welcher vor allem die Kriterien der einfachen Architektur und geringen Fehleranfälligkeit im Vordergrund standen. Wesentliche Teile der eingangs genannten Anforderungen können damit erfüllt werden, die inhärenten Vor- und Nachteile dieses Ansatzes sollen im Folgenden beleuchtet werden.

Als wesentlicher Vorteil des gewählten Konzeptes kann die weitgehende Bündelung der für das teleradiologische Konsil notwendigen Funktionen, innerhalb des Teleradiologiesystems, in Form des ZTS angesehen werden. Damit reduzieren sich Fehleranfälligkeit und Komplexität und gleichzeitig kann hinsichtlich der Betreuung und Wartung eine relativ klare Aufgaben- und Zuständigkeitstrennung zwischen Klinikum und Hersteller vorgenommen werden. Sowohl die universelle Verfügbarkeit der Bilder über das Webmodul als auch die Möglichkeit an jedem PC einen Befund zu erstellen, stellt zusammen mit der Benachrichtigungsfunktion insbesondere für den klinisch tätigen Konsiliaris, im Vergleich zu der Arbeit mit wenigen zentral in der Radiologie installierten Arbeitsplätzen eine Erleichterung dar. Die damit verbundene Verwendung aller vorhandenen PACS-Workstations bzw. klinischen PC-Arbeitsplätze sowie die Langzeitarchivierung im PACS machen das Konzept sehr kosteneffizient.

Zu den Nachteilen gehört, dass mit dem Web-Modul des ZTS eine zweite, von den normalen Systemen abweichende Umgebung für das teleradiologische Konsil bedient und erlernt werden muss, auch wenn der Lernprozess sich angesichts der relativ simplen Web-Anwendung in Grenzen hält. Vor allem wenn der Patient in das Klinikum verlegt wird, kann dieser Effekt in den Vordergrund treten, da außerhalb der Radiologie diese Bilder nur über das ZTS zugreifbar sind, bis eine Patientenzusammenführung erfolgt ist, so dass der Arzt zur vergleichenden Bildbetrachtung externer und interner Untersuchungen zwischen den verschiedenen Web-Mo-

dulen hin- und herwechseln muss. Nach Zusammenführung der KIS-RIS und PACS Informationen sind zwar Bilder und Befund aus der elektronischen Patientenakte aufrufbar, eine direkte Einbindung des Befundtextes des Konsils erfolgt aber nicht, wodurch die Akte inkomplett ist und eine semiautomatische Integration in einen Arztbrief als auch wissenschaftliche Auswertungen unmöglich sind. Die eingeschränkten Textverarbeitungsfunktionen für die Befundung sind störend, aber angesichts der vorerst zu erwartenden Frequenz der Nutzung akzeptabel.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das hier vorgestellte Konzept eine relativ weitgehende funktionale Integration bei gleichzeitig begrenzter technischer Integration, und damit Vermeidung entsprechend komplexer Schnittstellen, von Teleradiologie und klinikinterner IT-Landschaft ermöglicht.

Literatur

- 1) Teleradiologie-Projekt Rhein-Neckar-Dreieck. www.teleradiologie-rnd.de
- 2) DICOM Standards Committee, Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM). Supplement 54: DICOM MIME Type. 2002
- 3) NEMA Standards Publication PS 3.1-15. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). National Electrical Manufacturers Association, 2003
- 4) Weisser G, Walz M, Koester C, Dinter D, Düber C. Neue Konzepte in der Teleradiologie mit DICOM-E-Mail. Biomedizinische Technik (Berl). 2002; 47 Suppl 1 Pt 1:356-359
- 5) Callas J, Donnerhacke L, Finney H, Thayer R. OpenPGP Message Format. RFC 2440, November 1998.
- 6) Elkins M, Del Torto D, Levien R, Rossler T. MIME Security with OpenPGP. RFC 3156, August 2001.