

Zuverlässige Dienste für eine landesweite Teleradiologie

Trustworthy Services for a state-wide Teleradiology

Martin STAEMMLER¹, Henry RITTER, Susann WROBEL, Hans-Heino EHRICKE
Fachhochschule Stralsund, Zur Schwedenschanze 15, 18435 Stralsund

Zusammenfassung. Der Aspekt der Zuverlässigkeit wird auf drei Ebenen betrachtet: (i) zentrale Infrastruktur für eine landesweite Teleradiologie, (ii) Routinebetrieb aus Betreiber- und Anwendersicht sowie (iii) Authentizität durch Signatur von Bild- und Befunddaten in der Teleradiologie. Zu allen drei Ebenen werden Lösungsansätze vorgestellt und spezifische Umsetzungen detailliert beschrieben, um die Anforderungen an die Hochverfügbarkeit einer zentralen Infrastruktur, einer DIN6868-159 konformen Konstanzprüfung und an eine Signatur in Verbindung mit der zukünftigen Telematikinfrastruktur zu erfüllen.

Abstract. Trustworthiness is addressed on three layers: (i) technical infrastructure for a state-wide teleradiology, (ii) routine service in the viewpoint of a technical operator and teleradiology users, and (iii) authenticity using electronic signatures for images and reports. Different approaches are presented for all three layers together with detailed descriptions of implementation, in order to comply with the requirements of high-availability of the infrastructure, a DIN 6868-159 compliant constancy check and an electronic signature based on the German Health Telematics Infrastructure.

Keywords. teleradiology, infrastructure, constancy testing, DIN 6868-159, high-availability, digital signature, German Health Telematics infrastructure

Einleitung

Teleradiologie (TR) hat ihren Weg in die Regelversorgung gefunden. Nahezu jedes Krankenhaus verfügt über teleradiologische Strecken zu dedizierten Partnern, meistens als Punkt-zu-Punkt-Verbindung. Zudem existieren einige TR-Netze, die sich auf mehrere Krankenhäuser erstrecken und unterschiedliche Topologien aufweisen [1-3]. Bei einer großen Zahl an Beteiligten – wie in dem hier vorgestellten landesweiten TR-Netz in Mecklenburg-Vorpommern [4] – steigen die Anforderungen an die Zuverlässigkeit. Sie ergeben sich zudem aus der Zweckbestimmung des TR-Netzes. Neben der „zweiten Meinung“ umfassen sie vor allem zeitkritische Anwendungen wie den „neurochirurgischen Notfall“ und die „Teleradiologie nach Röntgenverordnung“ (RöV) [5].

Dieser Beitrag stellt Lösungen zur Gewährleistung der Zuverlässigkeit auf unterschiedlichen Ebenen vor:

¹ Corresponding Author

1. zentrale Infrastruktur für ein landesweites TR-Netz
2. Routinebetrieb mit Konstanzprüfung gemäß DIN 6868-159 und Überwachung der Betriebsbereitschaft sowie
3. in Verbindung mit der zukünftigen Telematikinfrastruktur eine Vorgehensweise zur Sicherung der Authentizität von Bilddaten und Befund.

1. Zuverlässige zentrale Infrastruktur für ein landesweites TR-Netz

Aus Anwendersicht sollte die TR auf Seiten der beteiligten Einrichtungen – bis auf ggf. notwendige Komponenten für die netzwerktechnische Anbindung – keine zusätzlichen, spezifischen Systeme oder Anwendungen erforderlich machen, damit die Nutzer ihre vertraute Arbeitsumgebung (RIS, PACS) für die TR verwenden können. Damit muss die benötigte TR-Funktionalität außerhalb der Einrichtungen erbracht werden. Kriterien eines Routinebetriebs wie Wartbarkeit und Skalierbarkeit unterstützen die Entscheidung für eine zentralistische Topologie, d.h. für eine zentrale Infrastruktur, an die alle Partner (1 ... n) im TR-Netz angebunden werden (Abbildung 1).

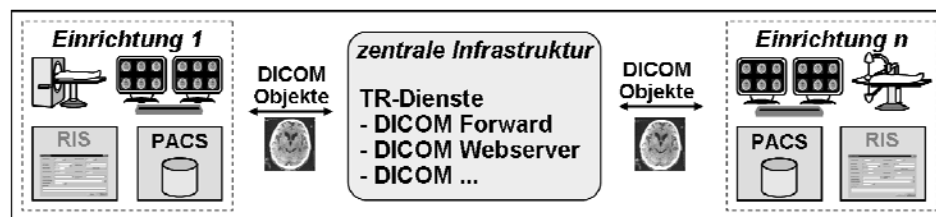


Abbildung 1. Zentralistische Topologie

In Ergänzung der genannten Vorteile erlaubt diese Topologie eine Auftrennung zwischen dem technischen Betrieb der Infrastruktur und den medizinischen, klinischen Kooperationen. Wird der Betrieb dieser zentralen Infrastruktur zudem von einem neutralen Dienstleister übernommen, so entfällt die Möglichkeit, dass große Einrichtungen – unterstützt durch ihre technischen Möglichkeiten – regionale Strukturen dominieren können. Konkret erlaubt diese Topologie eine wahlfreie Kooperation auf medizinisch/klinischer Ebene, die zudem flexibel in Bezug auf sich kontinuierlich ändernde Kooperationen in der medizinischen Leistungserbringung reagieren kann.

Der Nachteil dieser Topologie ist offensichtlich: als „single-point-of-failure“ muss die zentrale Infrastruktur eine Hochverfügbarkeit aufweisen. Abbildung 2 zeigt die Architektur, die eine nahezu vollständige Redundanz der Systeme für die TR-Dienste aufweist. Alle Netzwerkkomponenten besitzen eine gegenseitige Stellvertretung. Die physischen Server sind für den Betrieb virtueller Maschinen unter VMware redundant vorhanden. Die Managementkonsole für VMware ist nicht betriebskritisch und daher nicht hochverfügbar ausgelegt. Lediglich das iSCSI SAN ist nur implizit redundant, indem es zwar zwei Controller und Netzteile aufweist, aber die Festplatten des Raids (Raid-Level 10) nicht in einem zweiten SAN kontinuierlich gespiegelt werden. Dieses Vorgehen wird einerseits durch die Zweckbestimmung gedeckt, die nur eine temporäre Datenhaltung von DICOM-Objekten vorsieht und andererseits durch regelmäßige Snapshots vom Raid, die separat gesichert werden. Ebenso verfügen die ESX-Server über eigene Platten und sind in ihrem Bootvorgang nicht abhängig vom SAN.

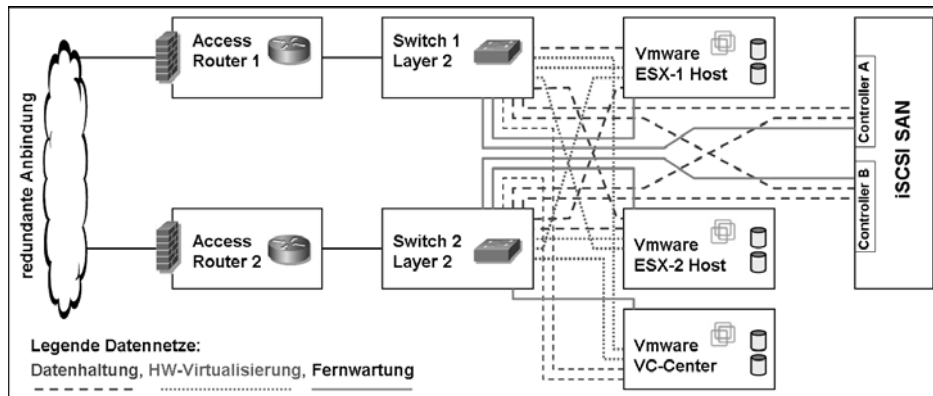


Abbildung 2. Architektur der zentralen Infrastruktur auf der System- und Netzwerkebene

In der Infrastruktur dienen VLANs (virtuelle lokale Netzwerke) zur Abschottung der einzelnen Bereiche (Datenhaltung im SAN, Virtualisierung und HW-Fernwartung) und zur Performancesteigerung, damit z.B. IP-Pakete für das iSCSI SAN nur an den relevanten Ports der Layer 2 Switchs bereitgestellt werden. Der IP-Bereich dieser VLANs ist vollständig von dem der TR-Dienste verschieden.

Abbildung 3 stellt die Anwendungssicht der zentralen Infrastruktur dar. Der DICOM-Forward-Dienst ist für den Empfang und die Weiterleitung von DICOM-Objekten verantwortlich und garantiert die DICOM-Kommunikation zwischen den Einrichtungen. Beabsichtigt eine Einrichtung die Bereitstellung von Bilddaten auf dem DICOM-Webserver z.B. für einen Zuweiser, so wird aus Datenschutzgründen das DICOM-Objekt pseudonymisiert, auf dem Webserver für Berechtigte bereitgestellt und diese über die Bereitstellung per Email benachrichtigt. Der Zugriff auf den Webserver erfolgt per http und ist weltweit für Berechtigte möglich.

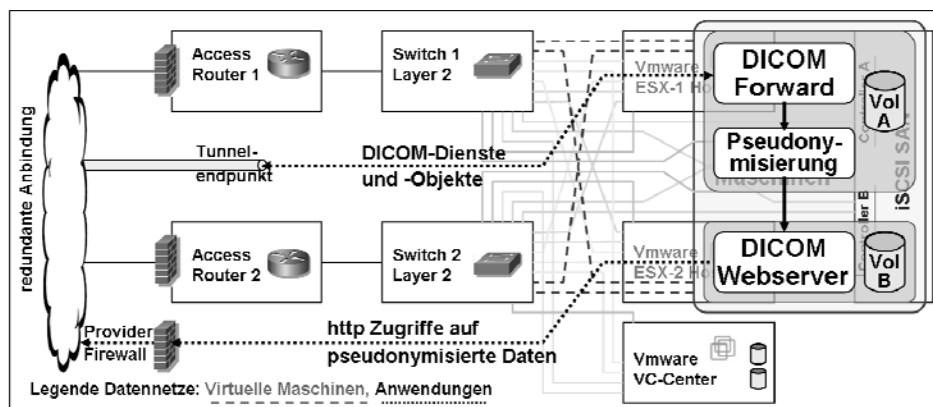


Abbildung 3. Anwendungsarchitektur

Im Gegensatz dazu erfolgt die Kommunikation von DICOM-Objekten aus datenschutzrechtlichen Gründen – sie enthalten personenbezogene Daten – mit den Einrichtungen ausschließlich über VPN-Tunnel. Ein virtueller Tunnelendpunkt in der Infrastruktur garantiert die Tunnelverbindung, wenn einer der beiden Eingangsrouters ausfallen sollte. Aus Datenschutzgründen befinden sich der DICOM-Forward-Dienst und

der DICOM-Webserver in zwei separaten VLANs mit weltweit gültigen IPs und nutzen zudem getrennte Festplattenbereiche im SAN.

Die Anwendungen werden auf virtuellen Maschinen (VM) in einem HA-(high-availability-) Cluster ausgeführt, so dass bei einem Ausfall eines ESX-Servers die VM nahezu unmittelbar (< 1s) auf einem anderen ESX-Server fortgeführt werden kann. Die gesamte Infrastruktur ist bei einem Co-Location Provider installiert, der durch mehrere Providernetze einerseits eine Anbindung mit 99,95% Verfügbarkeit bietet und andererseits Stromversorgung und Klimatisierung redundant abgesichert hat.

Insgesamt liegen damit die Voraussetzungen für einen verlässlichen Routinebetrieb der zentralen Infrastruktur vor, die zudem den Nachteil dieser Topologie mit einem „single-point-of-failure“ kompensieren.

2. Verlässlichkeit im Routinebetrieb

Ausgehend von einer geeigneten Systemarchitektur erfordert der Routinebetrieb technische und organisatorische Maßnahmen zur Gewährleistung und Überwachung der Verfügbarkeit, die einerseits dem Betreiber der zentralen Infrastruktur und andererseits der Anwendungsdömane Teleradiologie mit ihren Rahmenbedingungen, hier insbesondere den Vorgaben der RöV und DIN, zuzuordnen sind.

2.1. Systemüberwachung aus Sicht der zentralen Infrastruktur

Die Überwachung der zentralen Infrastruktur erfolgt auf mehreren Ebenen:

- Server und aktive Netzwerkkomponenten verfügen über Management Schnittstellen, über die Warn- und Fehlerzustände der Hardware per Email an den Administrator gemeldet werden.
- Auf der Ebene der Virtualisierungsumgebung (VMware) übernimmt das so genannte Virtual Center die Überwachung und meldet Vorfälle und kritische Systemzustände per Email.
- Auf der Ebene des Netzwerks wird das Tool Nagios [6] eingesetzt und spezifisch für dieses TR-Netz konfiguriert.

Die Aufgaben von Nagios lassen sich drei Aspekten zuordnen:

- Es überwacht per SNMP den Status der VLANs und der redundanten Anbindung der zentralen Infrastruktur.
- Es prüft regelmäßig die Verfügbarkeit der Netzwerkverbindung zu den einzelnen Standorten durch ein „ping“ auf den jeweiligen Tunnelendpunkt.
- Spezifisch für die TR wurde Nagios erweitert, um durch ein DICOM-C-Echo (entspricht einem „ping“ auf der DICOM-Anwendungsebene) die Verfügbarkeit eines Standorts zu prüfen. Nagios nutzt für die Überwachung den DICOM-Forward-Dienst und überwacht zeitgesteuert alle Standorte.

Beispielhaft zeigt Abbildung 4 das Protokoll für einen Standort, der in Bezug auf die Verfügbarkeit auf DICOM-Ebene sich nicht stabil präsentiert. Die Ursache dafür ist, dass die Befundungsstation von Anwendern immer wieder heruntergefahren wird und dann auf ein DICOM-C-Echo nicht reagieren kann.

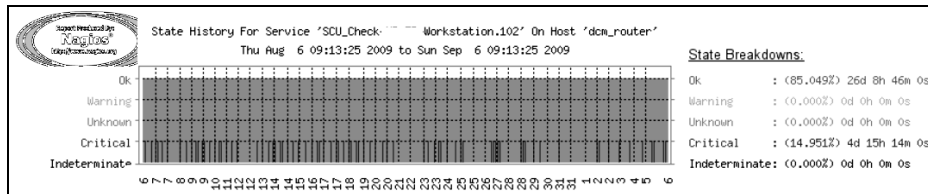


Abbildung 4. Protokoll der DICOM-Verfügbarkeit an einem Standort

Allerdings sind die beschriebenen Maßnahmen noch nicht ausreichend, um den Dienst „Teleradiologie nach RÖV“ verlässlich anzubieten und betreiben zu dürfen.

2.2. Vorgaben zur Teleradiologie gemäß RÖV und DIN 6868-159

Die RÖV erfordert eine Genehmigung für die Teleradiologie [7,8]. Die erforderlichen Unterlagen umfassen Kooperationsvereinbarungen auf der klinischen Ebene, organisatorische Maßnahmen zur Durchführung der Teleradiologie und die Erfüllung technischer Voraussetzungen. Diese sind in der DIN 6868-159 festgelegt und sehen neben einer Abnahmeprüfung für die Inbetriebnahme arbeitstägliche und monatliche Konstanzprüfungen vor (Tabelle 1).

Tabelle 1. Konstanzprüfungen gemäß DIN 6868-159

Aufgaben	arbeitstäglich	monatlich
Funktion durch Übertragung eines beliebigen Bilddatensatzes (maximal 2 Versuche)	x	x
Bestimmung der Übertragungszeit für einen definierten Prüfdatensatz, max. 15 Minuten		x
Vollständigkeit der Datenübertragung für alle Bilder und ausgewählte Einträge im Header		x
Prüfung der Bildqualität (visuell / automatisch)		x
Dokumentation der Prüfergebnisse	x	x

Eine manuelle Durchführung der Konstanzprüfung ist zeitaufwändig, insbesondere wenn für die monatliche Prüfung die Übertragungszeit, die Vollständigkeit und die Bildqualität bewertet werden sollen. Für eine automatisierte Lösung spricht zudem die geforderte Dokumentation. Während der automatische Versand von Prüfdatensätzen softwaretechnisch kein Problem darstellt, ist die Ermittlung der Übertragungszeit erheblich schwieriger. Dazu wurden folgende Lösungsansätze erarbeitet. Dabei sei Tx der sendende Standort und Rx der empfangende Standort.

1. Protokollierung Versand – Empfang
 Tx versendet einen Bilddatensatz und Rx misst die Zeit von Versandbeginn (durch Tx im DICOM-Header eingetragen) und dem Abschluss des Empfangs. Voraussetzung für die korrekte Bestimmung der Übertragungszeit ist eine Zeitsynchronisation zwischen Tx und Rx, z.B. über ntp (network time protocol). Diese ist in der Praxis in der Regel nicht gegeben. Zudem ist die von der DIN geforderte Protokollierung auf Seiten von Tx mit dieser Lösung nicht realisierbar.
2. Versand mit Email-Bestätigung
 Tx versendet einen Bilddatensatz und erhält nach vollständigem Empfang per Email die Bestätigung von Rx. Ergänzend zu 1. muss Rx die Prüfung auf Vollständigkeit und Bildqualität vor Absenden der Email durchführen. Ebenso

erfordert die Email einen weiteren Dienst und eine zusätzliche Konfiguration für die Zuordnung DICOM-Parameter – Email-Parameter.

3. Rücksendung des Bilddatensatzes

Rx agiert als „Responder“, indem er empfangene Bilddatensätze an Tx zurücksendet. Tx misst die Dauer bis zur vollständigen Rücksendung und prüft zudem auf Vollständigkeit und Bildqualität. Die gemessene Dauer erlaubt jedoch keine konkrete Aussage zur Übertragungszeit von Tx zu Rx, da auch die Zeit für die Rücksendung enthalten ist. Dem Nachteil der Netzwerkauslastung steht der Vorteil entgegen, dass ausschließlich das DICOM-Protokoll verwendet wird.

4. Versand mit DICOM-Bestätigung

Ausgehend von 3. wird statt des vollständigen Bilddatensatzes nur eine DICOM-konforme Quittung (ohne Bilddaten) von Rx an Tx nach Prüfung von Vollständigkeit und Bildqualität übermittelt. Die Quittung trägt aufgrund der Dateigröße nur geringfügig zu der von Tx gemessenen Übertragungszeit bei.

Im Vergleich wurde der Ansatz gemäß 4. für die Realisierung ausgewählt, da er (i) ausschließlich das DICOM-Protokoll verwendet, (ii) senderseitig die Messung der Übertragungszeit und die Dokumentation erlaubt und (iii) die Übertragungszeit nur geringfügig durch die Laufzeit Ermittlung und den Zeitaufwand für die Prüfung bei Rx verfälscht ist.

Das Tool TR-DIN setzt diese Funktionalität um und verfügt einerseits über eine Konfigurationsoberfläche und andererseits über einen Dienst, der zeitgesteuert den Versand von Bilddatensätzen an Standorten vornimmt, Quittungen empfängt und dokumentiert bzw. eingehende Testdatensätze empfängt, auf Vollständigkeit und Bildqualität prüft und Quittungen zurücksendet. Abbildung 5 zeigt Ergebnisse der arbeitstäglichen Prüfung zwischen zwei Standorten A und B.

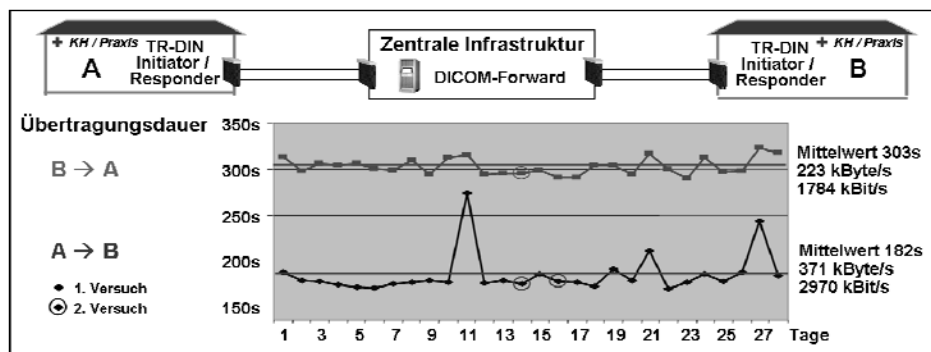


Abbildung 5. Auswertung der automatisierten arbeitstäglichen Prüfung

Im Normalfall weisen beide Strecken vergleichbare Übertragungszeiten auf, die deutlich unter der Grenze von 15 Minuten (900s) liegen. Die Ausreißer in der Richtung A→B sind durch zeitgleiche Übertragungen auf der gleichen Strecke zu erklären. Der Unterschied zwischen beiden Richtungen A→B und B→A ergibt sich aus der unterschiedlichen HW-Ausstattung der Netzwerkkomponenten, die sich in der VPN-Leistungsfähigkeit beim Ver- und Entschlüsseln zeigt. Die drei dargestellten 2. Versuche weisen normale Übertragungszeiten auf.

TR-DIN ist als Java-Anwendung auf unterschiedlichen Plattformen lauffähig. Seine Einbindung kann entweder auf einem separaten System oder gar in bestehende Systeme erfolgen, der Ressourcenbedarf ist gering.

3. Verbindlichkeit in der Teleradiologie

Neben einer impliziten Authentifizierung durch die etablierten VPN-Tunnel zwischen den Einrichtungen und der Infrastruktur wurde zudem untersucht, ob die derzeit verfügbaren Grundfunktionen der Telematikinfrastruktur (TI) eine einrichtungs- oder personenbezogene Authentizität bereitstellen können. Grundlage bildet eine realisierte Musterumgebung gemäß Releasestand 2.3.4 (Siemens Konnektor, SCM eHealth100, gematik-Musterkarten [HBA, SMC-B, SM-K, SM-KT]).

Der erste Ansatz (Abbildung 6) sah vor, die TI für die Signatur und den Transport des DICOM-Objekts zu nutzen. Voraussetzung für eine Signatur mittels Konnektor ist, dass das zu signierende Objekt im XML-Format vorliegt, eine Anforderung, die durch eine BASE64-Kodierung leicht zu erfüllen wäre. Untersuchungen zeigten, dass der Zeitaufwand für die Signatur im Konnektor mit wachsenden Datenmengen steigt. Unabhängig davon kann dieser Ansatz nicht erfolgreich umgesetzt werden, da die TI gemäß Spezifikation nachrichtenbasiert ist und auf 1 MB in der Nachrichtengröße begrenzt ist [9]. Auch die kürzlich vorgestellte Spezifikation zu Medizinischen Datenobjekten (MDO) [10] unterliegt dieser Begrenzung.

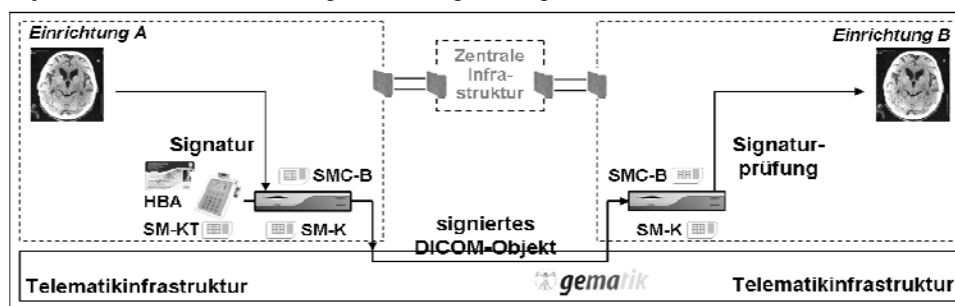


Abbildung 6. Signatur und Transport eines DICOM-Objektes mit Hilfe der Telematikinfrastruktur

Zur Lösung dieses Problems wurde ein zweiter Ansatz gewählt, der für die Signatur einen Hybridansatz vorsieht (Abbildung 7).

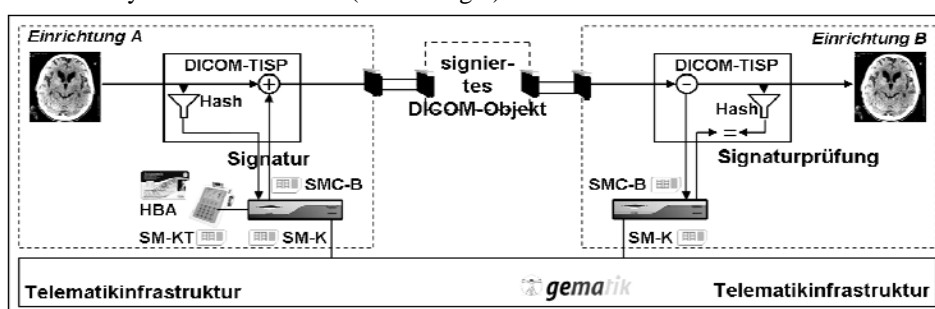


Abbildung 7. Signatur eines DICOM-Objektes mit Hilfe der Telematikinfrastruktur

Dafür wurde ein so genannter TI-Subscriber Proxy (TISP) entwickelt, der als DICOM-Proxy DICOM-Objekte entgegen nimmt und zunächst einen MD5-Hash über das DICOM-Objekt bildet. Dieser Hash wird dann dem Konnektor – entsprechend den Vorgaben in einem XML-Dokument – für die Signatur zur Verfügung gestellt. Abhängig von der Art der verwendeten Signaturkarte erfolgt eine personenbezogene (HBA) oder eine einrichtungsbezogene (SMC-B) Signatur. Da die TI für den Transport des

DICOM-Objekts nicht zur Verfügung steht, muss dieser separat über die bestehende zentrale Infrastruktur erfolgen. Die Signatur selbst ist im DICOM-Header eingebettet und wird dabei transparent an den TISP beim Empfänger übermittelt. Der TISP prüft in Verbindung mit Konnektor und TI die Gültigkeit der Signatur des Hash. Durch erneute Berechnung des Hash über das DICOM-Objekt und Vergleich mit dem signierten Hash kann der TISP die Authentizität prüfen und ggf. das DICOM-Objekt zurückweisen bzw. die Verletzung der Authentizität oder Integrität anzeigen.

4. Diskussion

Für TR-Netze, die TR nach RöV unterstützen, ist eine zentrale Infrastruktur aus Sicht des Routinebetriebs vorteilhaft. Die hohen Anforderungen an die Verfügbarkeit können nur durch Clustering oder Virtualisierung erfüllt werden. Für die Anwender erscheint die zentrale Infrastruktur durch das etablierte DICOM-Forward transparent. Ein zentraler Webservice (mit pseudonymisierten Bilddaten) in der Infrastruktur gibt berechtigten Zuweisern Zugriff auf bereitgestellte Bilddaten.

TR nach RöV erfordert arbeitstägliche und monatliche Konstanzprüfungen, die durch die Anwendung TR-DIN erheblich vereinfacht werden. Im Gegensatz zu reinen Messungen von Transferzeiten für DICOM-Objekte in der zentralen Infrastruktur erlaubt TR-DIN eine Ende-zu-Ende-Bestimmung der Übertragungszeiten zwischen Standorten in Verbindung mit der Prüfung auf Vollständigkeit und Bildqualität. Dabei wählt TR-DIN den richtigen, d.h. gemäß DIN den größten Bilddatensatz an Hand der konfigurierten Modalitäten aus. Die Anwendung TR-DIN kann sowohl in einer Topologie mit einer zentralen Infrastruktur (Push-Pull oder Push-Push) als auch bei einer direkten TR-Strecke (Push) verwendet werden.

Die Signatur von DICOM-Objekten als solche ist nicht neu [11-14]. Allerdings weist die vorgestellte Lösung nach, dass die Funktionen der TI erfolgreich zur Signatur genutzt werden können. Berechtigterweise muss die Frage nach einem „trusted viewer“ für DICOM-Objekte gestellt werden, der für Signaturen verpflichtend ist. Dennoch ist der gewählte Ansatz als generisch zu bewerten, da durch die Signatur des Hash eine Übertragung auf andere Daten (z.B. Befunde) leicht möglich ist.

5. Ergebnisse

Das Konzept der Infrastruktur hat sich erfolgreich bewährt. HW-Ausfälle (Netzteile eines Switch und eines Servers, SAN-Controller) haben zu keiner Einschränkung der Verfügbarkeit geführt. Die Netzwerküberwachung zeigt, dass die Tunnel zu den angebotenen Einrichtungen problemlos über einen virtuellen Tunnelendpunkt (für zwei Access-Router in gegenseitiger Stellvertretung) etabliert werden. Auf der Ebene der Anwendungen erfolgt durch den DICOM-Router ein zielgerichtetes Forward von DICOM-Objekten zwischen den Einrichtungen.

Diese Forward-Funktionalität wird zudem für die tägliche/monatliche Konstanzprüfung genutzt und zeigt, dass die ermittelten Transferraten im erwarteten Bereich variieren. Die Anwendung TR-DIN reduziert den Aufwand zur Umsetzung der Konstanzprüfungen für die Einrichtungen erheblich.

Die Signatur von DICOM-Objekten konnte bisher nur in einer Musterumgebung verifiziert werden, da keine der beteiligten Einrichtungen über eine Anbindung an die

TI verfügt. Dazu berechnet der TISP als DICOM Proxy einen MD5 Hash des DICOM-Objekts. Der signierte Hash wird in das DICOM-Objekt eingeschleust und über den DICOM-Forward-Dienst übertragen. Beim Ziel erfolgt die Signaturprüfung über das Zertifikat in der TI und die Prüfung der inhaltlichen Übereinstimmung durch Vergleich des signierten Hash mit dem erneut berechneten.

Zusammenfassend bildet die zentrale Infrastruktur und ihre Anwendungen eine verlässliche Basis für das landesweite TR-Netz in Mecklenburg-Vorpommern.

Danksagung

Das landesweite Projekt „Schaffung eines Teleradiologie-Netzwerks in Mecklenburg-Vorpommern“ wird mit Mitteln des Ministeriums für Soziales und Gesundheit Mecklenburg-Vorpommern gefördert.

Referenzen

- [1] Engelmann U, Münch H, Schöter A, Meinzer HP, Teleradiologie-Konzepte der letzten 10 Jahre am Beispiel von CHILI, in Jäckel A (Hrsg.) Telemedizinführer Deutschland 2008, Ober-Mörlen (2008), 242-248
- [2] Eytner A, Teleradiologienetzwerk Baden-Württemberg in Jäckel A (Hrsg.) Telemedizinführer Deutschland 2006, Ober-Mörlen (2006), 302-308
- [3] Staemmler M, Ehrlicke H-H, Dräger J, Hosten N, Interdisziplinäres Telemedizinisches Netzwerk zur Unterstützung der Tumorversorgung in der Euroregion Pomerania, mdi, Forum der Medizin_Dokumentation und Medizin_Informatik, Heft 1, p 11-14, März 2004
- [4] Teleradiologisches Netzwerk Mecklenburg-Vorpommern, www.telerad-mv.de, zuletzt besucht 5.9.2009
- [5] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlung (Röntgenverordnung-RöV) www.bfs.de/de/bfs/recht/rsh/volltext/1A_Atomrecht/1A_14_RoeV.pdf, BGBl.I 2003, Nr. 17, 30.4.2003
- [6] www.nagios.org, zuletzt besucht am 5.9.2009
- [7] Regierungspräsidium Kassel, Einzureichende Unterlagen zur Genehmigung der Teleradiologie RöV, http://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Fachverbaende/Elektromedizinische_Technik/Brancheninformatioen/Gesetze_Normen/Unterlagen-Teleradiologie-17-01-2005.pdf, zuletzt besucht am 5.9.2009
- [8] Landesamt für Arbeitsschutz NRW, Merkzettel zur Mustergenehmigung „Teleradiologie NRW“ http://www.radiologie-informatik.de/download/merkzettel_zur_mustergenehmigung_nrw.pdf
- [9] gematik, Gesamtarchitektur, Version 1.5.0 vom 2.9.2008, Abschnitt 4.6.2.1, www.gematik.de
- [10] gematik, Mehrwertanwendung Fachkonzept, MWK_LE, Version 1.0.0 vom 29.8.2008, Dokument [gematik_MWA_FKMWK_LE_V1.0.0.pdf](http://www.gematik.de/gematik_MWA_FKMWK_LE_V1.0.0.pdf), www.gematik.de
- [11] DICOM Supplement 41: Digital Signatures, 10.9.2001 ftp://medical.nema.org/medical/dicom/final/sup41_ft.pdf
- [12] Eichelberg M, Riesmeier J, Loxen N, Jensch P, Introduction of Security Features to DICOM: Experiences with Digital Signatures, Proceedings of EuroPACS 2000, page 286-291, ISBN 3-85403-144-0 (2000)
- [13] Schütze B, Kroll M, Filler TJ, Ein Lösungsweg, um medizinische Bilder mit digitalen Signaturen nach dem DICOM-Standard zu versehen: Embedded Systems, Fortschr. Röntgenstr 177 p124-129 (2005)
- [14] Heuser H, Schurig A, Diefenbach V, Franke O, Niederlag W, Kunath H, Wedekond R, Anwendungen für die health Professional Card (HPC) im SaxTeleMed Modellprogramm, in Jäckel A (Hrsg.) Telemedizinführer Deutschland 2002, Ober-Mörlen (2001), 106-109