Ein Whitepaper zur Administration und Qualitätssicherung von DICOM E-Mail basierten Teleradiologie-Netzwerken

Florian Schwind
Heiko Münch
Andre Schröter
Uwe Engelmann
CHILI GmbH, Heidelberg, Deutschland
Gerald Weisser
Universitätsklinikum, Institut für Klinische Radiologie und Nuklearmedizin, Mannheim, Deutschland

1 Hintergrund

DICOM E-Mail ist ein in Deutschland weit verbreiteter Standard, der in den letzten Jahren zur fortschreitenden Vernetzung und dem Aufbau von neuen Teleradiologie-Netzwerken beigetragen hat [1, 2]. Das E-Mail Protokoll wird durch eine Erweiterung des DICOM Standards (Supplement 54: DICOM MIME Type) als Transportmechnismus für Bilddaten verwendet. Durch die einfache Konfiguration und die Kommunikation über dedizierte Server ist es möglich, einen neuen Partner nur durch Anlegen eines Postfaches und dem Austausch von kryptographischen Schlüsseln [3] dem Netzwerk hinzuzufügen. Die aufwändige Konfiguration von VPNs und die damit verbundenen Schwierigkeiten bei der Abstimmung zwischen den IT-Abteilungen einzelner Kliniken entfallen, da keine direkte Verbindung zwischen den Partnern nötig ist. Es müssen lediglich entsprechende Ports für den E-Mail Verkehr in der Firewall freigeschaltet werden (Abb. 1). Auch nicht auf DICOM E-Mail basierende Netzwerke können über entsprechende Schnittstellen problemlos angebunden werden.

Durch die asynchrone Kommunikation über zentrale E-Mail Server ergeben sich in der Praxis allerdings auch Nachteile. Zwar ist das Einbinden neuer Partner technisch einfach möglich, allerdings bedeutet es auch immer einen hohen administrativen Aufwand, bis das neue Postfach und der dazugehöriger Schlüssel allen Teilnehmern bekannt gemacht wurde. Gleiches gilt auch für das Ändern eines Partners oder das Erneuern eines Schlüssels zum sicheren Datenaustausch. Hierbei muss jedem Partner der neue Schlüssel mitgeteilt werden, um auch weiterhin die Verschlüsselung und das Signieren der Daten zu gewährleisten.

Ein weiteres Problem ist die Qualitätssicherung in den vorhandenen DICOM E-Mail Netzwerken. Da kein direkter Kontakt zwischen den einzelnen Knoten besteht und diese meist auch von unterschiedlichen Herstellern betrieben werden, ist eine automatisierte Konstanzprüfung nicht ohne weiteres möglich. Hierfür fehlt ein Standard, der es erlaubt auch in solchen heterogenen Netzwerken eine Konstanzprüfung zwischen verschiedenen Teilnehmern anzustoßen, um Daten für die in der DIN 6868-159 geforderten Protokolle [4, 5] für die Behörden bereitzustellen.

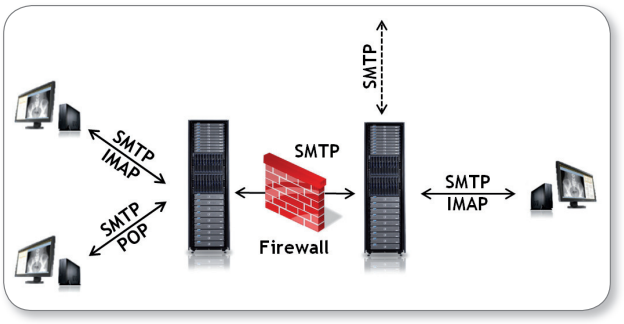

Abb. 1: Schematische Darstellung eines DICOM E-Mail Netzwerks

Dieser Beitrag stellt ein Verfahren vor, welches entwickelt wurde, um administrative Nachrichten zwischen DICOM E-Mail Partnern auszutauschen und dadurch die Konfiguration von entfernten Systemen sowie die einfache Konstanzprüfung via E-Mail ermöglicht. Die Entwicklung fand zusammen mit der Arbeitsgruppe Informationstechnologie @GIT [6] der Deutschen Röntgengesellschaft statt und ist als Whitepaper [7] verfügbar.

2 Methoden

Ziel der Entwicklungen war es, die bisher schon bestehende @GIT Standardempfehlung für die Teleradiologie (Version 1.5), welche den einfachen und sicheren Austausch

Autoren: Schwind, F.; Münch, H.; Schröter, A.; Weisser, G.; Engelmann, U.
Titel: Ein Whitepaper zur Administration und Qualitätssicherung von DICOM E-Mail basierten Teleradiologie-Netzwerken
In: Duesberg, F. (Hrsg.) e-Health 2013, Solingen (2012), Seiten: 196-199

von DICOM und Nicht-DICOM Daten per E-Mail näher beschreibt, so zu erweitern, dass Konfigurationsaufgaben automatisch und auch herstellerübergreifend durchgeführt werden können. Administrative Nachrichten sollten in einer einheitlichen XML Struktur vorliegen und per E-Mail über die schon bestehenden Mechanismen übermittelt werden können. Hierbei war es wichtig, die bereits verwendeten Standards beizubehalten und weiter auszubauen, woraus sich folgende Grundbedingungen für den neu zu entwickelnden Typ von E-Mails ergaben:

- Alle Nachrichten müssen sowohl verschlüsselt als auch signiert werden.
- Die Verschlüsslung erfolgt OpenPGP/GPG-kompatibel.
- Um Rückmeldung über den Erfolg einer Aktion zu erhalten, muss für die Abarbeitung der Nachrichten zwingend der Benachrichtigungsmechanismus für E-Mails (MDN – Message Disposition Notification) implementiert werden.
- Da Bestätigungen pro E-Mail behandelt werden, ist nur eine Aktion pro E-Mail zulässig.

Weiterhin wird empfohlen eine Whitelist für den Empfang und die Abarbeitung von E-Mails, basierend auf GPG Schlüssel-IDs, zu verwenden.

2.1 Eingesetzte Technik

Um Steuernachrichten neben den eigentlichen Bilddaten durch ein DICOM E-Mail Netzwerk zu transportieren, wurde der Begriff der Service Part E-Mail eingeführt. DICOM E-Mails sind MIME Multipart E-Mails und bestehen aus einem Header, der die Transportinformationen der E-Mail enthält sowie einem verschlüsselten Body in dem die eigentlichen Bilddaten transportiert werden.

Zur Unterscheidung zwischen den neuen Service Parts und normalen DICOM E-Mails wurde ein neuer Header-Tag X-TELEMEDICINE-SERVICEPART definiert, welcher die durchzuführende Aktion durch seinen Wert näher beschreibt (Abb. 2). Durch die Verwendung des Header Tags wird die Filterung der E-Mails bereits im verschlüsselten Zustand ermöglicht. Die zurzeit definierten Aktionen sind ADDRESS- oder KEYUPDATE zum Verbreiten bzw. Ändern von Adressdaten, TESTTRANSFER zum Anstoßen einer Konstanzprüfung sowie PROTOCOL zur Rückübermittlung der Prüfergebnisse.

Der verschlüsselte und signierte Mail-Body muss vom Empfänger entschlüsselt und auf Validität geprüft werden. Hierbei spielt die geforderte Whitelist eine große Rolle, so dass nur E-Mails von vertrauenswürdigen Empfängern bearbeitet werden. Zudem ist es durch ein erweitertes Rechtekonzept auch möglich, die Ausführung einzelner Aktion abzulehnen bzw. erst nach manueller Bestätigung zuzulassen.

2.2 Administration durch Service Parts

Jeder Service Part wird durch den Namen und seine Aktion identifiziert, welche sich im Hauptknoten der XML Struktur befinden. Hierbei entspricht der Name immer dem im E-Mail Header angegebenen X-TELEMEDICINE-SERVICEPART Tag und die Aktion beschreibt den Service Part

```
From: servicepart@hospital_a.com
To: recipient@hospital_b.com
Message-ID: <0xa8c061a1.31566615.1340528895712.0@chilivm27>
Subject: CHILI/Mail DICOM E-Mail
Disposition-Notification-To: servicepart@hospital_a.com
X-TELEMEDICINE-SERVICEPART: ADDRESSUPDATE
Content-Type: multipart/encrypted; protocol="application/pgp-encrypted";
  boundary="PART-BOUNDARY=_ch-xxxx-mp-enc-sig_1340528895802"

--PART-BOUNDARY=_ch-xxxx-mp-enc-sig_1340528895802
Content-Type: application/pgp-encrypted
...

-----BEGIN PGP MESSAGE-----
Version: GnuPG v1.4.10 (GNU/Linux)

hQEMA8J6XjS3GanhAQf/flUZXiMGhUg19hPb4/sCQFAv5sjpfT60EObk5rwApT0y
BqfHk6X6ns5dXp+oN5NQ4o54EZpjqb02KCHgUXzA2W1HUy4PnU3qSzDCkoIAP
vdd46YBjDkiM+WxnbciaXH9jdWe0zIsMqpaausqWFHEpzmuBDzRzqA0M3RrI0ZJ
LN8UHZ9JZrpx6efEuGmKbA.....x6wLoO7yUFnmzORPvi488jW0utvL0tWiCw4OD
gSpHH9fX3o8SkXza/9frRfzguxnqNKKzmaPJUYeTIshBYYKfPlZiUjG6ov8Isw8wjfd
=i+5G
-----END PGP MESSAGE-----

--PART-BOUNDARY=_ch-xxxx-mp-enc-sig_1340528895802--
```

Abb. 2: Beispiel einer verschlüsselten Service Part E-Mail zur Adressänderung

genauer. Alle weiteren zur Durchführung einer Aktion benötigen Daten sind Service Part spezifisch und befinden sich immer unterhalb des Hauptknotens der XML Struktur. Abbildung 3 zeigt die Service Parts eines ADDRESSUPDATES. Hierbei existiert die Aktion SET, welche einen neuen Partner anlegt bzw. einen bestehenden ändert sowie die Aktion REMOVE, mit der ein Partner entfernt werden kann.

Beim Anlegen einer neuen Verbindung wird dieser immer eine eindeutige ID zugeordnet, um eine spätere Identifizierung zu ermöglichen. Außerdem werden die wichtigsten Verbindungsdaten der Teleradiologiestrecke, wie Mailserver, Port, E-Mail Adresse sowie die zu verwendende GPG Schlüssel-ID angegeben. Beim Entfernen einer Verbindung genügt es, die zuvor festgelegte Verbindungs-ID zu übermitteln.

Das Hinzufügen oder Entfernen eines öffentlichen GPG-Schlüssel erfolgt nach dem gleichen Schema, wobei es beim Hinzufügen genügt den Base-64 kodierten Schlüssel zu übertragen. Die Zuordnung des Schlüssels zur E-Mail-Adresse erfolgt über das Tag GPGKeyID in der ADDRESSUPDATE Nachricht. Entfernt werden kann ein Schlüssel unter Angabe dessen Schlüssel-ID. Dieser Mechanismus lässt sich auch leicht in bestehende Administrationsoberflächen integrieren (Abb. 4).

Nach Ausführung eines ADDRESS- oder KEYUPDATES wird die Rücksendung einer Bestätigungsnachricht

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<ServicePart Name="ADDRESSUPDATE" Action="SET">
  <Connection>
    <ID>1793.138131913.139</ID>
    <DisplayConnectionName>Hospital A</DisplayConnectionName>
    <Mailserver>Server</Mailserver>
    <Port>993</Port>
    <EmailAddress>dicom@hospital_a.com</EmailAddress>
    <GPGKeyID>A28DF952</GPGKeyID>
  </Connection>
</ServicePart>

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<ServicePart Name="ADDRESSUPDATE" Action="REMOVE">
  <Connection>
    <ID>1793.138131913.139</ID>
  </Connection>
</ServicePart>
```

Abb. 3: ADDRESSUPDATE mit DICOM E-Mail Service Part

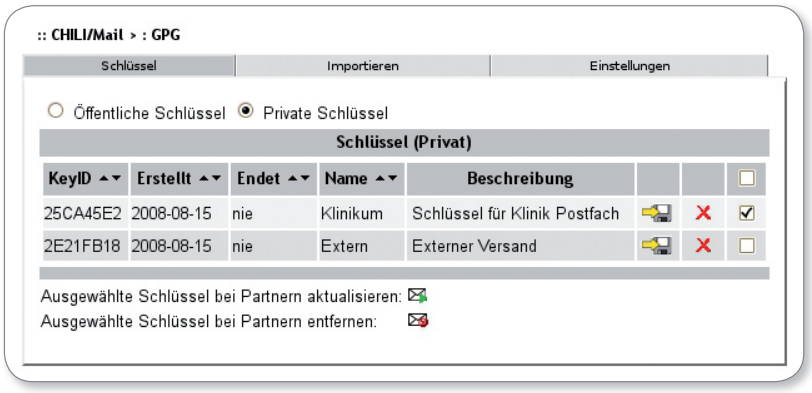

Abb. 4: Einbindung des Schlüsselupdates in die Administrationsoberfläche

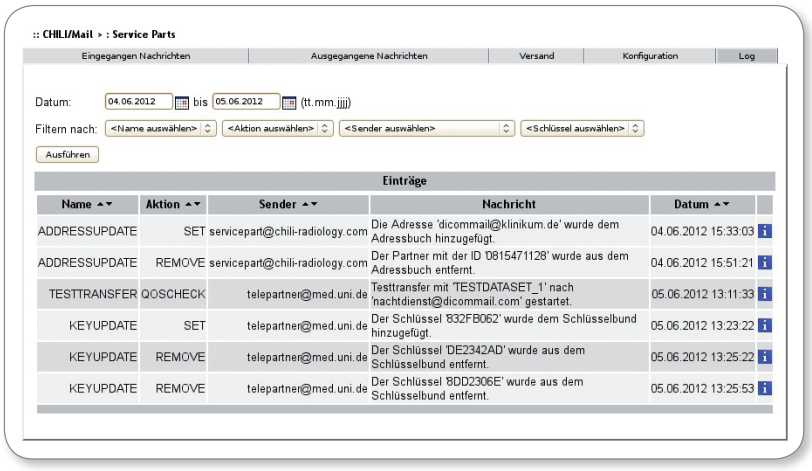

Abb. 5: Protokollierung der durchgeführten und abgelehnten Aktionen

erwartet, die entweder die Durchführung der Aktion quittiert oder unter Angabe eines definierten Fehlercodes den genauen Grund des Fehlers (z. B. kein Recht zum Ändern einer Adresse) übermittelt.

Durch die eindeutige Identifizierung der Sender über ihre Adresse und Schlüssel-ID, können die durchgeführten und abgelehnten Aktionen protokolliert werden, so dass auch noch im Nachhinein verlässlich nachvollziehbar ist, wer welches Update angestoßen hat bzw. warum eine Aktion verweigert wurde (Abb. 5).

2.3 Qualitätssicherung in DICOM E-Mail Netzwerken

Service Parts können auch dazu verwendet werden eine Konstanzprüfung zwischen zwei E-Mail-Knoten durchzuführen. Hierbei muss der Anforderer nicht einer der beiden Knoten sein, sondern lediglich die auslösende Stelle. Um eine Konstanzprüfung durchzuführen sendet der Administrator des Teleradiologie-Netzwerks eine Service Part E-Mail vom Typ TESTTRANSFER an einen E-Mail Client (Abb. 6).

In dieser Service Part E-Mail spezifiziert er den zu verwendende Testdatensatz, den Empfänger der Daten mit E-Mail Adresse und GPG-Schlüssel, sowie eine E-Mail Adresse, an die das Protokoll nach Beendigung der Konstanzprüfung gesendet werden soll. Zusätzlich ist es möglich einen Timeout für die Prüfung festzulegen bei dessen Erreichen in jeden Fall ein Protokoll versendet wird, auch wenn noch nicht alle Daten übermittelt wurden.

Es wurden verschiedenen Datensätze definiert die typischen radiologischen Untersuchungen entsprechen und von denen mindestens die beiden für Konstanzprüfung und Funktionstest konfiguriert sein müssen (Eine vollständige Liste aller Datensätze ist im Anhang des Whitepapers zu finden). Hierbei kann jede Art von DICOM Daten verwendet werden, die in Größe und Anzahl den in der Routine vorkommenden Daten entsprechen und so die Belastung des Knotens realistisch abbilden.

Nach Erhalt der TESTTRANSFER Nachricht sendet der DICOM E-Mail Knoten die spezifizierten Daten an den angegebenen Empfänger und fordert gleichzeitig Empfangsbestätigungen an. Sobald der Sender für jedes übermittelte Bild eine Bestätigung erhalten hat generiert er aus den gesammelten Daten ein entsprechendes Protokoll im XML Format (Abb. 7) und sendet es an den angegeben Protokoll Empfänger.

Das so erstellet Service Part PROTOCOL enthält alle nötigen Informationen über die Prüfung. Der Status des Protokolls ist entweder COMPLETED oder ABORTED, falls der angegebene Timeout erreicht wurde bevor alle Daten übermittelt bzw. bestätigt werden konnten. Zusätzlich zum Status beinhaltet das Protokoll noch Informationen über den verwendeten Datensatz sowie die Größen und

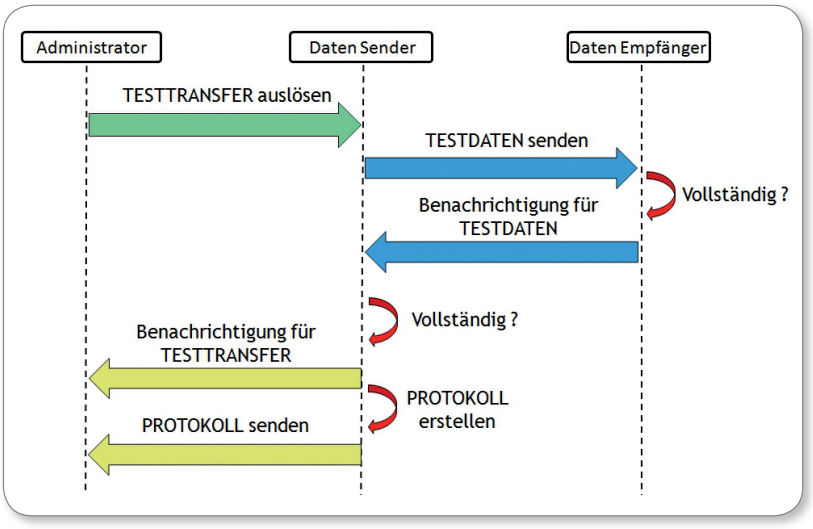

Abb. 6: Ablauf der Konstanzprüfung via Service Part E-Mails

```xml
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ServicePart Name="PROTOCOL">
  <TransmissionStatus>COMPLETED</TransmissionStatus>
  <TestDataSetID>TESTDATASET_1</TestDataSetID>
  <ObjectsSent>
    <Count>1</Count>
  </ObjectsSent>
  <ObjectsReceivedConfirmed>
    <Count>1</Count>
    <Time>67</Time>
    <MailSize>526192</MailSize>
    <ObjectSize>497354</ObjectSize>
  </ObjectsReceivedConfirmed>
  <DataSender>
    <EMailAddress>sender@hospital_a.com</EMailAddress>
  </DataSender>
  <DataRecipient>
    <EMailAddress>receiver@hospital_b.com</EMailAddress>
  </DataRecipient>
  <ProtocolRecipient>
    <EMailAddress>admin@hospital_a.com</EMailAddress>
  </ProtocolRecipient>
  <ErrorTimeOut>1800</ErrorTimeOut>
  <DatagramMail EMailMessageID="0xa8c061a1.5482965.1338894693349.1">
    <EMailContentID>0xa8c061a1.5482965.1338894693349.3</EMailContentID>
    <StartDateTime>20120605131135</StartDateTime>
    <NotifyDateTime>20120605131242</NotifyDateTime>
    <MailSize>526192</MailSize>
    <ObjectSize>497354</ObjectSize>
  </DatagramMail>
</ServicePart>
```


Abb. 7: Übermittlung der Prüfergebnisse

Übertragungsgeschwindigkeiten der einzelnen E-Mails und der darin enthaltenen DICOM Bilder. Konnten einzelne Bilder nicht übermittelt werden, so enthält das Protokoll auch den detaillierten Fehlercode. Aus diesen Daten ist es nun möglich ein vollständiges Konstanzprüfungsprotokoll zu generieren.

3 Ergebnisse

Die beschriebenen Methoden wurden implementiert und auf einem Connect-a-thon zwischen verschiedenen Mitgliedern der @GIT getestet. Es wurde gezeigt, dass die herstellerübergreifende Konfiguration mittels Service Part E-Mails problemlos funktioniert und eine automatische Konstanzprüfung zwischen E-Mail Konten verschiedener Hersteller möglich ist.

Durch die neu definierten Service Parts wird erreicht, dass ein DICOM E-Mail Netzwerk fast vollständig via E-Mail verwaltet werden kann, sobald die initiale Konfiguration abgeschlossen ist. Auch die Konstanzprüfung kann jetzt über DICOM E-Mail abgewickelt werden und erfordert kein weiteres Eingreifen von Seiten der Nutzer. Durch diese neue Funktionalität wird es möglich, die von der DIN 6868-159 geforderten Protokolle zur Konstanz- und Abnahmeprüfung automatisch und für ein ganzes DICOM E-Mail Netzwerk zu generieren.

4 Fazit

Administratoren können die Verwaltung von DICOM E-Mail Netzwerken durch die eingeführten Service Part E-Mails in Zukunft einfacher und schneller durchführen. Auch in großen und herstellerübergreifenden Netzwerken kann jetzt die tägliche bzw. monatlich Konstanzprüfung von Teleradiologiestrecken gemäß DIN 6868-159 automatisch mittels Service Parts durchgeführt sowie protokolliert werden.

Aktuell sind insgesamt vier Service Parts zur Administration und Konstanzprüfung definiert. Diese können zukünftig leicht erweitert werden, um weitere Anforderungen bei der Kommunikation in DICOM E-Mail Netzwerken umzusetzen.

Zurzeit ist der vorgeschlagene Standard ausschließlich in einem deutschen Whitepaper dokumentiert. Die Ausarbeitung eines internationalen IHE-Profils (*Integrating the Healthcare Enterprise*, eine Initiative zur herstellerübergreifenden Standardisierung von Arbeitsabläufen und Schnittstellen im Gesundheitswesen – www.ihe.net) mit den vorgeschlagenen Erweiterungen zu DICOM E-Mail würde die Verbreitung weiter vorantreiben und die Technologie auch in anderen Ländern bekannter machen.

Quellenangaben unter www.e-health-2013.de

Kontakt

Florian Schwind
CHILI GmbH
Friedrich-Ebert-Str. 2
D-69221 Dossenheim/Heidelberg
Tel.: +49 (0) 6221 1 80 79 -10
Fax: +49 (0) 6221 1 80 79 -11
f.schwind@chili-radiology.com