

Integration einer automatischen Archivierungskomponente für kardiologische Magnetresonanz-Aufnahmen in ein medizinisches Dokumentationssystem

Thomas Wilkens¹, Jörg Riesmeier¹,
Marcel S. Claus¹ und Kay Kronberg²

¹Kuratorium OFFIS e. V., Escherweg 2, 26121 Oldenburg

²Klinik für Innere Medizin I – Kardiologie, Klinikum Oldenburg,
Dr.-Eden-Strasse 10, 26133 Oldenburg
E-Mail: thomas.wilkens@offis.de

Zusammenfassung. Seit dem Jahr 1995 werden in der Kardiologie des Klinikums Oldenburg zur Dokumentation von Ultraschall- und Herzkatheteruntersuchungen die Software-Systeme GO-Echo und GO-Kard eingesetzt, die in enger Zusammenarbeit zwischen dem Informatik-Institut OFFIS und dem Klinikum Oldenburg entstanden sind. Dieser Beitrag beschreibt die funktionalen Anforderungen, die bei der Erweiterung der Systeme um Komponenten zur automatisierten Konvertierung und Archivierung von kardiologischen Magnetresonanz-Aufnahmen gestellt wurden, und veranschaulicht deren technische Realisierung.

1 Einleitung

Im Gesundheitssektor ist es die Aufgabe moderner Informations- und Kommunikationssysteme, Ärzte und Pflegepersonal bei ihrer täglichen Arbeit zu unterstützen. Auf der Grundlage dieser Zielsetzung sind in enger Kooperation zwischen dem Informatik-Institut OFFIS und dem Klinikum Oldenburg zwei Systeme für die medizinische Dokumentation in Herzkatheter- und Echokardiographielaboren entstanden: GO-Kard und GO-Echo [1]. Neben der Dokumentation von diagnostischen und therapeutischen Eingriffen und der automatisierten Erstellung von Reporten und Briefen liegt ein zentraler Bestandteil der eingesetzten Systeme in der automatisierten Archivierung und Verarbeitung multimedialer Daten. Im Jahr 2002 wurden die Systeme um Komponenten zur automatisierten Konvertierung und Archivierung von kardiologischen Magnetresonanz-Aufnahmen (Kardio-MR) erweitert. Die Herausforderung bestand darin, ein in der Radiologie entwickeltes Verfahren mit Einzelbildaufnahmen in eine kardiologische Umgebung mit in Realzeit bewegten Bildern zu integrieren.

2 Funktionale Aspekte

Die systeminterne Komponente zur automatisierten Archivierung und Verarbeitung multimedialer Daten war vor der Integration neuer Funktionalität bereits in

der Lage, Ultraschallfilme, Herzkatheterfilme und Herzkatheteraufnahmen (Einzelbilder) automatisch zu verarbeiten und zu archivieren. Im Detail konnte der Verarbeitungsprozess für diese Arten von Bilddaten durch die folgenden fünf Schritte charakterisiert werden:

- *Schritt 1: Empfang der Daten im DICOM-Format:* Mit Hilfe des DICOM [2] Storage Service werden die Bilddaten im DICOM-Format von der Modalität über ein Netzwerk an einen zentralen DICOM-Empfänger gesendet, der die Daten entgegennimmt und redundant auf zwei Festplatten im Original zwischenspeichert.
- *Schritt 2: Archivierung der Daten auf CD-ROM:* Durch den Einsatz einer Brennrobotik werden die empfangenen Originaldaten automatisch auf CD-ROM archiviert, so dass alle Daten, die von den bildgebenden Systemen erstellt und transferiert wurden, auch noch nach Jahren zur Verfügung stehen.
- *Schritt 3: Analyse und Konvertierung der Originaldaten:* Für den Direktzugriff über einen zentralen Film-Server werden die Originaldaten automatisch analysiert und in ein entsprechendes Bildformat (AVI bzw. JPEG) konvertiert. Durch die Verwendung eines MPEG-4-Codecs wird bei der Filmkonvertierung eine Kompression auf einen Bruchteil (ca. 4%) der ursprünglichen Datenmenge erreicht.
- *Schritt 4: Verschieben der Daten auf den Film-Server des Systems:* Die im vorigen Schritt erzeugten Bilddaten werden auf den Film-Server des Systems verschoben, so dass die Verfügbarkeit der Daten an allen medizinischen Arbeitsplätzen der Station gewährleistet ist.
- *Schritt 5: Aktualisierung der systeminternen Datenbank:* Durch die automatische Aktualisierung der systeminternen Datenbank wird eine Integration der neuen Bilddaten in die digitale Patientenakte erreicht.

Aufgrund der Tatsache, dass sämtliche Aktivitäten dieses Verarbeitungsprozesses automatisiert ablaufen, werden die Ergebnisse jedes einzelnen Schrittes protokolliert und mögliche Fehler automatisch an die medizinischen Arbeitsplätze gemeldet. Auf diese Weise können Probleme, wie z. B. das Nicht-Vorhandensein von CD-Rohlingen für die CD-Brennrobotik, umgehend gelöst werden.

Bezüglich der funktionalen Erweiterung der Komponente sollte das grundlegende Konzept des Verarbeitungsprozesses nicht verändert werden, weil es sich im praktischen Einsatz bewährt hatte. Die einzelnen Schritte sollten lediglich so erweitert werden, dass zusätzlich Schichtaufnahmen eines Magnetresonanztomographen verarbeitet werden können. Während einer Herzuntersuchung mit einer solchen Modalität entstehen ca. 1500-1800 einzelne Schichtaufnahmen, die in Serien abgelegt werden, wobei jede Serie je nach Herzfrequenz ca. 20-30 Momentaufnahmen eines einzelnen Herzzyklus beinhaltet.

Die Umsetzung dieser Anforderungen war für die ersten und letzten beiden Schritte des oben angedeuteten Verarbeitungsprozesses unkompliziert. Im Hinblick auf die *Analyse und Konvertierung der Originaldaten* wurden die folgenden Anforderungen gestellt:

- Verschiedene gerätespezifische Aufnahmearten, die vom medizinischen Personal bei der Untersuchung des Patienten in Anspruch genommen werden, sollten unterstützt werden.
- Zusammengehörige (in separaten DICOM-Dateien abgelegte) Schichtaufnahmen sollten aneinander gehängt und in einen Film (AVI-Format) konvertiert werden, so dass sie mit vorhandenen Ultraschall- oder Herzkatheterfilmen am Bildschirm verglichen werden können.
- Alle konvertierten Filme sollten beim Abspielen den Untersuchungsverlauf in Realzeit widerspiegeln, damit der für die Befundung wichtige Zeitaspekt nicht verloren geht.

Der folgende Abschnitt beschreibt, wie diese Anforderungen technisch realisiert wurden.

3 Realisierung

Die Realisierung der genannten Anforderungen erforderte zunächst die Bestimmung der gerätespezifischen Aufnahmearten, die bei kardiologischen Untersuchungen mit der gegebenen Modalität verwendet werden. Auf der Grundlage dieser Aufnahmearten wurden dann zwei Konzepte erarbeitet und umgesetzt, die sich zum einen mit der Gruppierung zusammen gehörender Schichtaufnahmen und zum anderen mit der Darstellung der Filme in Realzeit befassen.

3.1 Gerätespezifische Aufnahmearten

Bei der im vorliegenden Szenario eingesetzten Magnetresonanz-Modalität handelt es sich um eine *Siemens Magnetom Sonata (Maestro Class)*-Anlage. Im Rahmen von kardiologischen Untersuchungen werden mit dieser Modalität die folgenden Aufnahmearten verwendet:

- *Typ A*: Beobachtung einer Körperschicht über die Zeit
- *Typ B*: Beobachtung mehrerer Körperschichten über die Zeit
- *Typ C*: Gleichzeitige Beobachtung eng aneinander liegender Körperschichten
- *Typ D*: Serie von MIP-Aufnahmen (*Maximum Intensity Projection*)

Bei den beiden ersten Aufnahmearten werden eine bzw. mehrere Körperschichten über einen gegebenen Zeitraum beobachtet. Bei der dritten Art werden mehrere eng aneinander liegende Körperschichten zu einem Zeitpunkt beobachtet, so dass ein entsprechender Film wie eine *Fahrt* durch den Körper des Patienten interpretiert werden kann. Bei der *Maximum Intensity Projection* wird ein durch angrenzende Schichtaufnahmen definiertes Volumen von beliebigen Blickwinkeln aus betrachtet und in eine Serie von Einzelbildern umgewandelt, die aus den jeweiligen Blickwinkelbildern nur die hellsten Pixel übernehmen.

3.2 Gruppierung der DICOM-Schichtaufnahmen

Jede DICOM-Datei einer Schichtaufnahme beinhaltet neben den Pixel-Daten eine Vielzahl von Aufnahmeparametern, u. a. zu welchem Patienten und zu welcher Untersuchung die Aufnahme gehört. Diese Informationen sind im DICOM-Header der Datei abgelegt und werden zur Gruppierung der Schichtaufnahmen ausgewertet.

Um zu bestimmen, welche der Schichtaufnahmen zusammen gehören und in einer bestimmten Reihenfolge in einen Film konvertiert werden sollen, werden zu jeder Aufnahme die Werte bezüglich *Study Instance UID* (Untersuchung in der die Aufnahme gemacht wurde), *Series Instance UID* (Serie zu der die Aufnahme gehört), *Slice Location* (Position der beobachteten Körperschicht) und *Instance Number* (Bildnummer in der Serie) bestimmt. Auf der Grundlage dieser Informationen werden Gruppen von Schichtaufnahmen zusammen gestellt, in denen sich nur Aufnahmen mit gleichen Werten in *Study Instance UID* und *Series Instance UID* befinden, und die dementsprechend in einer Serie einer Untersuchung gemacht wurden. Für jede solche Gruppe von Schichtaufnahmen wird dann die zugrunde liegende Aufnahmeart bestimmt:

- Wenn alle Werte bezüglich *Slice Location* in den Aufnahmen der Gruppe identisch sind, dann handelt es sich um die Beobachtung einer Körperschicht über die Zeit (Typ A).
- Wenn in der Gruppe unterschiedliche Werte bezüglich *Slice Location* existieren und diese unterschiedlichen Werte mehrfach vorkommen, dann handelt es sich um die Beobachtung mehrerer Körperschichten über die Zeit (Typ B). (Für diesen Spezialfall wird die Gruppe in Untergruppen unterteilt, in denen die Aufnahmen jeweils einen gleichen Wert in *Slice Location* aufweisen.)
- Wenn alle Werte bezüglich *Slice Location* in den Aufnahmen der Gruppe unterschiedlich sind, dann handelt es sich um die gleichzeitige Beobachtung eng aneinander liegender Körperschichten (Typ C).
- Wenn in keiner der Aufnahmen der Gruppe ein Wert für *Slice Location* verfügbar ist, dann handelt es sich um MIP-Aufnahmen (Typ D).

Für jeden dieser Fälle werden die Aufnahmen in den Gruppen bzw. Untergruppen in einen Film konvertiert. Die Werte in *Instance Number* definieren die Reihenfolge der einzelnen Aufnahmen im Film. Die Konvertierung geschieht mit Hilfe der Windows Standard-API zur Erzeugung von AVI-Dateien.

3.3 Umsetzung der Realzeitanforderung

Die Anforderung, dass der fertige Film den Untersuchungsverlauf in Realzeit wiedergibt, wird durch die Berechnung der *Frame Time* t_{frame} realisiert. Dieser bei der Konvertierung anzugebende Wert legt fest, wie lange jedes Einzelbild des Films angezeigt werden soll. Da die Aufnahmearten C und D keinen zeitlichen Aspekt beinhalten, wird t_{frame} lediglich für die Typen A und B berechnet. Für die Typen C und D wird ein konfigurierbarer Wert für t_{frame} angenommen, der standardmäßig auf 200 ms festgelegt wurde.

Die Berechnung von t_{frame} für die Aufnahmearten A und B geschieht mit Hilfe des *Nominal Interval*-Wertes aus dem DICOM-Header der Schichtaufnahmen. Dieser Wert beschreibt das durchschnittliche RR-Interval Δ_{RR} , d. h. den zeitlichen Abstand zwischen zwei R-Zacken eines EKG-Signals, das während der Untersuchung beobachtet wurde. Vereinfacht ausgedrückt bezeichnet Δ_{RR} die Dauer eines einzelnen Herzzyklus. Da bei kardiologischen Magnetresonanz-Untersuchungen in einer Serie stets ein einzelner Herzzyklus beobachtet wird, lässt sich t_{frame} mit Hilfe der Anzahl n_{frames} der in einen Film zu konvertierenden Einzelbilder wie folgt berechnen:

$$t_{frame} = \frac{\Delta_{RR}}{n_{frames}} \quad (1)$$

4 Fazit

Die herausragenden Aspekte der neu entwickelten Funktionalität sind auf der einen Seite die Eigenschaft, dass die konvertierten Filme, wo dies sinnvoll ist, den Untersuchungsverlauf in realer Zeit wiedergeben. Auf diese Weise wird dem behandelnden Arzt ermöglicht, Ultraschall-, Herzkatheter- und Magnetresonanz-Filme, die per Übersichtsbild angewählt werden können, im direkten Vergleich miteinander zu betrachten. Auf der anderen Seite ist die Gruppierung der Aufnahmen und die anschließende gruppenweise Filmkonvertierung sehr nützlich. Mit Hilfe dieser Eigenschaft wird die Menge von mehreren hundert Schichtaufnahmen für den Arzt überschaubar, und einzelne Untersuchungsserien können betrachtet werden, ohne dass alle Schichtaufnahmen der Untersuchung in einem DICOM-Viewer geöffnet werden müssen.

Wie praktische Erfahrungen an 280 Untersuchungen mit dem System deutlich gemacht haben, tragen die genannten Eigenschaften wesentlich zur Integration der neuen Modalität in das Spektrum bildgebender Diagnostik einer kardiologischen Abteilung bei. Des weiteren weist die vorgestellte Software Nachteile anderer Systeme nicht auf, dass Serien entweder nicht einzeln oder nicht über Übersichtsbilder ausgewählt und nur an speziellen Arbeitsplätzen dargestellt werden können und dass keine realzeitbasierte Übernahme der Herzfrequenz möglich ist. Die Erweiterung der Software stellt so einen ersten Schritt dar auf dem Weg, Magnetresonanz-Untersuchungsverfahren an Kardiologie-Standards anzugleichen.

Literaturverzeichnis

1. Kronberg K, Claus M S, Vocke W, Reil G-H: Kardiologisches Kliniknetzwerk – Ein Jahr Erfahrung mit einem Filmarchiv unter Verwendung des Formats der Motion Picture Expert Group (MPEG) Version 4. Zeitschrift für Kardiologie 2001, Band 90, Suppl 5, Seite 57.
2. NEMA Standards Publications PS3-2003: Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). National Electrical Manufacturers Association, Rosslyn, VA, 2003.