Konzeption und Anwendung objektorientierter Klassenbibliotheken für die Verarbeitung und Visualisierung medizinischer Bildvolumina

Ute v. Jan[1], Jan Ehrhard[2], Stefan Maas[3] und Heinrich Martin Overhoff[3]

[1]Institut für Medizinische Informatik
Medizinische Hochschule Hannover, 30623 Hannover
[2]Institut für Medizinische Informatik
Medizinische Universität zu Lübeck, 23538 Lübeck
[3]Fachbereich Physikalische Technik
Fachhochschule Gelsenkirchen, 45877 Gelsenkirchen
Email: jan.ute.von@mh-hannover.de

Zusammenfassung. Medizinische Bilddaten werden unter verschiedenen Fragestellungen häufig mehrfach befundet. In einer heterogenen Hard- und Betriebssystemumgebung ist hierfür eine plattformunabhängige Software hilfreich. Es werden OO-Klassenbibliotheken vorgestellt, die die Entwicklung anwendungsspezifischer GUIs und Funktionalität erlauben. Anhand von Beispielapplikationen wird der flexible Einsatz unter Verwendung verbreiteter Visualisierungsbibliotheken demonstriert.

1 Einleitung

Zur medizinischen Diagnostik und Therapieplanung werden u.a. Schnittbildverfahren wie Röntgen- und NMR-Computertomographie, Positronen-Emissions-Tomographie und Ultraschallbildserien verwendet. Für die Befundung betrachtet man meist die Einzelbilder. Gelegentlich werden aber die bildlich erfaßten anatomischen und funktionellen Verhältnisse deutlicher erkennbar und lassen sich einfacher zuordnen, wenn Bildvolumina räumlich dargestellt und wesentliche Bildinhalte automatisch bestimmt werden. Hierfür existiert eine Vielzahl von Softwareprodukten [1]. Von hohem Nutzen in der typischerweise heterogenen Hard- und Softwareumgebung klinischer Abteilungen sind offene Softwareapplikationen, die nicht an proprietäre Computerplattformen gebunden sind. Die Entwicklung spezifischer klinkweit einsetzbarer Befundungs-Lösungen wird so begünstigt, und hohe Entwicklungs- und Gerätekosten werden vermieden.

Eine besondere Anforderung im Bereich der Visualisierung von Bildvolumina betrifft die Darstellung und Verwaltung irregulärer Bildvolumina, wie sie beispielsweise beim freihandgeführten 3D-Ultraschall entstehen. Kann es für planparallel aufgezeichnete Schnittbilder aus CT ausreichen, Daten wie Schichtabstand und -dicke für alle Bilder eines Datenvolumens gemeinsam vorzuhalten, so müssen für irreguläre Bildvolumina bereits in der Datenstruktur Informationen über die räumliche Lage und Orientierung der Einzelbilder vorgesehen werden.

Andernfalls erweist sich deren Visualisierung als nur schwer, d.h. über eine Umrechung auf ein regelmäßiges Gitter mit der zugehörigen Interpolation von Daten realisierbar. Um den Forderungen nach schneller Entwicklung und flexibler Portierung von Softwareapplikationen zu entsprechen wurden `C++`-Bibliotheken für die Analyse (PicLib) und Visualisierung (OpsLib) medizinischer Bilder und Bildvolumina mit beliebig orientierten Einzelbildern entwickelt, die sowohl reguläre als auch irreguläre Bildvolumina verarbeiten können.

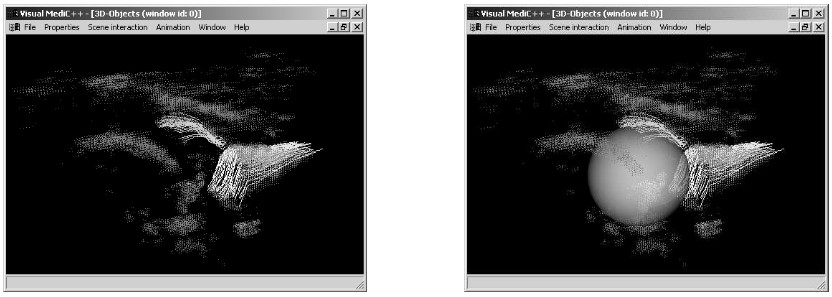

Abb. 1. Links: 3D-Darstellung eines Ultraschall-Bildvolumens der Säuglingshüfte (Grauwerte) mit überlagertem Segmentierungsergebnis (helle Linienstrukturen). Rechts: Informationsverdichtetes Bildvolumen. Das Segmentierungsergebnis wurde um eine automatisch bestimmte Kugel ergänzt, die die mutmaßliche Lage und Größe des im Originalbildvolumen nicht dargestellten Oberschenkelkopf repräsentiert.

2 Materialien und Methoden

Die Bildanalysebibliothek PicLib enthält Operatoren für die Verwaltung von Einzelbildern und Bildvolumina. Ihre Methoden sind überladen realisiert und können auf einkanalige und mehrkanalige Einzelbilder sowie Bildvolumina angewandt werden. Auf ihrer Basis lassen sich aufgabenspezifische Segmentierungsoperationen und -verfahren entwickeln.

Durch eine spezifisch konzipierte Topologie-Klasse wurde eine Verbindung realisiert zwischen Pixelgeometrie und Bildlage bzw. -orientierung. Diese Flexibilität erlaubt die Verwaltung regelmäßiger (z.B. aus CT oder NMR) sowie unregelmäßiger (z.B. aus Ultraschallschnittbildserien) Bildvolumina bei gleichem Speicheraufwand. Die Darstellung aufgezeichneter oder analysierter Bildvolumina erfolgt mittels der Visualisierungsbibliotheken Open Inventor™ oder VTK, die für unterschiedliche Betriebssysteme zur Verfügung stehen, zusätzliche Interaktionsfunktionalität wird mittels der OpsLib-Bibliothek realisiert.

3 Ergebnisse

Mittels der o.g. Bibliotheken wurden plattformunabhängige, für beliebige Bilddatensätze geeignete Lösungen für einige Befundungs- und Therapieplanungsaufgeben implementiert. Hierzu gehören Visualisierungen automatisch segmentierter Ultraschallbildvolumina von Säuglingshüften für die Diagnostik der angeborenen Hüftgelenksdysplasie sowie die Planung von Endoprothesenimplantationen des Knies ebenfalls basierend auf 3D-Ultraschallbildvolumina. In beiden Fällen wurden spezifische Segmentierungsalgorithmen implementiert und validiert. Die aufgabenspezifisch programmierte Visualisierung erlaubt es, wahlweise Grauwertbildvolumina und Segmentierungsergebnisse einzeln oder überblendet darzustellen (Abbildung 1). Die visualisierte Diagnostik und Planung basiert auf irregulären 3D-Ultraschallbildvolumina.

Um die klassische Diagnostik nachzuvollziehen lassen sich für die Analyse des Säuglingshüftgelenks virtuelle Schnittebenen einblenden. Weiterhin erlaubt die neuartige Darstellung ausschließlich der gelenkbildenden Anteile des segmentierten Bildvolumens differenzierte Einblicke in die Gestalt des Gelenkes und Überdachung des Oberschenkelkopfes.

Für die Planung von Prothesenimplantationen können Prothesenmodelle eingeblendet und interaktiv frei positioniert werden. Dies erlaubt eine differenzierte Diagnostik mit der Quantifizierung der Gelenkmissbildung. Die zur Diagnostik eines dysplastischen Hüftgelenkes und Planung einer Umstellungsosteotomie dienenden röntgen-computertomographischen Bilder stammen von einer 22-jährigen Patientin (Abbildung 2, links). Die präoperative Wahl eines geeigneten Knieendoprothesenmodells sowie dessen korrekte virtuelle Platzierung im Gelenk wird als Beispiel einer als Therapieplanungsumgebung in Abbildung 2 (rechts) gezeigt.

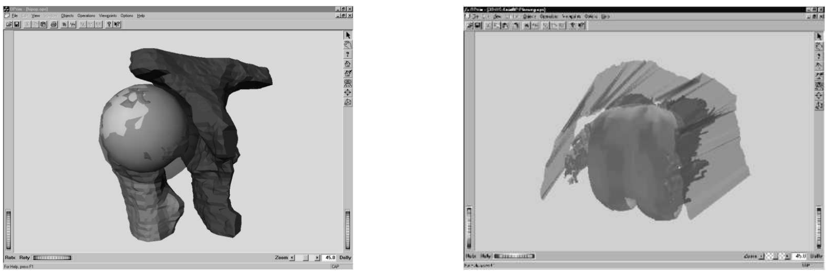

Abb. 2. Links: Befundung einer Gelenkbildung. Die Inkongruenz des Oberschenkelkopfes und der Hüftpfanne wird durch zwei Kugeln verdeutlicht, die die Gelenkflächen von Kopf und Pfanne (transparent) repräsentieren. Die Kopfkugel durchdringt die Pfannenkugel, somit besitzen beide unterschiedliche Zentren: Das Kugelgelenk ist exzentrisch. Rechts: Planung einer Prothesenimplantation auf einem segmentierten Ultraschall-Bildvolumen des Knies. Das Prothesenmodell wurde interaktiv im 3D-Modell platziert. Das Planungsergebnis lässt sich aus beliebigen Perspektiven betrachten.

Weitere Anwendungen basierend auf Röntgen-Computertomogrammen dienen u.a. der Darstellung von Gesichtsmißbildungen (Abbildung 3) und der Planung von Umstellungsosteotomien zur Dysgnatiekorrektur. Dreidimensionale Modelle, die aus Segmentierungen von Bildvolumina gewonnen wurden können gespeichert werden und lassen sich bei weiteren Untersuchungen wiederverwenden.

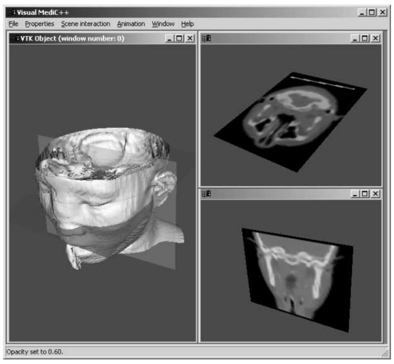

Abb. 3. Mehrfenster-Visualisierung. Um Befunde in unterschiedlichen Darstellungsformen (links: segmentiertes Röntgen-CT-Bildvolumen des Schädels mit eingeblendeten frei positionierbaren Schnittebenen, rechts: zugehörige Schnittbilder) und verschiedenen Perspektiven gleichzeitig darstellen zu können, lassen sich parallel beliebig viele Fenster öffnen und auf dem Desktop positionieren.

4 Diskussion

Bildvolumina werden zur Befundung i.a. als Serie von Einzelbildern dargestellt. Die Verwaltung der Pixelgeometrie und der expliziten Raumlage der Einzelbilder erlaubt – z.B. für irregulär angeordnete Bilder aus Ultraschallbildvolumina – deren direkte Visualisierung als Bildvolumen ohne eine Reorganisation der Daten auf ein regelmäßiges Gitter. Dies reduziert den Rechen- und Speicheraufwand. Die Realisierung von Bildsegmentierungen ist zudem unabhängig davon, ob einzelne Bilder oder Bildvolumina analysiert werden, da die Verwaltung der Daten als Eigenschaft objektorientierter Klassen realisiert wurde. Das Programmierkonzept ermöglicht kurze Entwicklungszeiten für anwendungsspezifische Applikationen. Diese Programme erlauben auch unter unterschiedlichen Betriebssystemen und in heterogenen Rechnernetzen identische Programmbedienung.

5 Schlussfolgerungen

Durch den objektorientierten Ansatz reduziert sich der Entwicklungsaufwand, zudem sind plattformübergreifende Lösungen ohne zusätzlichen Aufwand realisierbar. Die Mehrfenstertechnik erweitert die übliche Visualisierung in den drei Hauptebenen und einem 3D-Fenster und ermöglicht dem Arzt so eine flexiblere Befundung der Bilddaten.

Literatur

1. Bro-Nielsen M: Interactive 2-4D medical image and graphics visualization software. Procs Computer Assisted Radiology CAR96, H.U. Lembke et. al., p 335-338, Elsevier, Amsterdam, 1996