

IntER-T Intelligentes Enanced Reality-basiertes Trainingsystem für die echokardiographische Diagnostik

Sabine Trochim

GMD Forschungszentrum Informationstechnik GmbH
Institut für Angewandte Informationstechnik
Sabine.Trochim@gmd.de

Zusammenfassung

Das intelligente Trainingssystem, das in eine *enhanced reality*-basierte Simulationsumgebung eingebettet ist, soll den lernenden Arzt bei der selbständigen (simulierten) Untersuchung anstelle eines erfahrenen Arztes „beobachten“ („watch dog“).

Aus dem Untersuchungskontext heraus, der neben den erhobenen Patientendaten auch durch unmittelbare Verhaltensauswertung gewonnene Anhaltspunkte über den Untersucher selbst enthält, werden Problemsituationen abgeleitet, die die Grundlage für die Auswahl adäquater Hilfetemen und für adaptive Hilfemodule bilden.

1 Einleitung

Im Krankenhausalltag ist ein systematisches praktisches Training an High-End-Geräten kaum realisierbar. Dies betrifft auch die *Echokardiographie* (Ultraschall Diagnostik des Herzens), in der eine richtige Diagnose in hohem Masse von der Erfahrung des Untersuchers abhängt. Eine unzureichende praktische Ausbildung kann deshalb zu Fehldiagnosen führen.

Das intelligente Trainingssystem kann im Rahmen eines interaktiven Internet-Echokardiographiekurses die Rolle des Beobachter und Lehrers für eine simulierte Ultraschalluntersuchung übernehmen.

Ausgehend von einem *semantischen Protokoll*, das neben Messwerten und protokollierten Aktionsdaten auch abgeleitete Informationen über die eingestellten Ultraschallebenen und das Verhalten des Benutzers enthält, wird der momentane Unterstützungsbedarf ermittelt. Verwendete Techniken hierfür sind Fuzzy-Regeln und Planerkennung.

Das System setzt auf einer Enhanced-Reality-Umgebung für die Echokardiographie auf (siehe Abschnitt 3), die es erlaubt anhand eines integrierten 3D- bzw. 4D-Ultraschall Datensatzes des Patienten eine simulierte Ultraschalluntersuchung durchzuführen. Während der Untersuchung soll dem lernenden Arzt ohne „Frage-Antwort-Spiel“ Hilfestellung

gegeben werden. Darin unterscheidet es sich z.B. von fallbasierten, wissensbasierten medizinischen Tutorsystemen, die nicht auf die eigentliche Handlung, sondern hauptsächlich auf die Wissensüberprüfung ausgelegt sind. Der Unterstützungsbedarf wird allein durch direkte Ableitung aus protokollierten Daten über sein Verhalten, wie z.B. Positionsangaben des Schallkopfes oder der eingestellte Schallmodus, und den von ihm erhobenen medizinischen Parametern, ermittelt.

Analogien bestehen z.B. zu dem Expert Surgical Assistant ([Ba95]), der eine virtuelle Umgebung für die minimalinvasive Chirurgie mit Gestikererkennung und einem regelbasierten Expertensystem koppelt. Weiterhin sind interaktive Simulationssysteme für andere Aufgabenbereiche zu betrachten, z.B. die wissensbasierte virtuelle Konstruktionssimulation CODY ([JLW98], [HJK98]), die eine direkte Manipulation der virtuellen Bauteile zulässt und den Konstrukteur durch wissensbasierte Interpretation der Bauteilpositionen und -kombinationen unterstützt.

2 Systemaufbau

Das Trainingssystem besteht aus den in Abb. 1 dargestellten Komponenten.

Für das Erstellen eines *semantischen Protokolles* aus den Rohdaten, das u.a. abgeleitete Schallebenen, Meßwerte, Aktionen und Verhaltensdaten (wie z.B. "Fächeln", "Stillstand" des Schallkopfes) enthält, sind der *Parser* und ein Modul für die *Positionserkennung* zuständig. Zu den eingestellten Schallebenen soll ausserdem ein *Konfidenzgrad* abgeleitet werden, der die Güte der Schallebene für Messungen angibt.

Die vorverarbeiteten Rohdaten werden dann interpretiert, indem mit Hilfe von Fuzzy-Regeln *Fehl-* bzw. *Hilfskonzepte* abgeleitet werden und mittels Planerkennung die verfolgte Diagnose bestimmt und auf Richtigkeit überprüft wird. Hierfür ist die *Inferenzkomponente* zuständig. Die abgeleiteten Konzepte und Diagnosen bestimmen den Unterstützungsbedarf, der die Auswahl der kontextsensitiven Hilfen steuert.

Das *Hilfemodul* soll ausgewählte Hilfethemen und Demonstrationen der richtigen Vorgehensweisen anhand von adaptiven Simulationen anbieten. Das *Hilfemodul* besteht aus einer *Kritik-* und einer *Hilfekomponente*. Die *Kritikkomponente* ist zuständig für das Generieren von *Alerts* bei Fehldiagnosen oder ausgelassenen Untersuchungsschritten. Die *Hilfekomponente* bietet ausgewählte Hilfethemen an, sowie Demonstrationen für richtiges Vorgehen bei Messungen oder der Einstellung von Schallebenen. Die Ausgangsbasis für die Auswahl bilden die Ergebnisse der *Inferenzkomponente*.

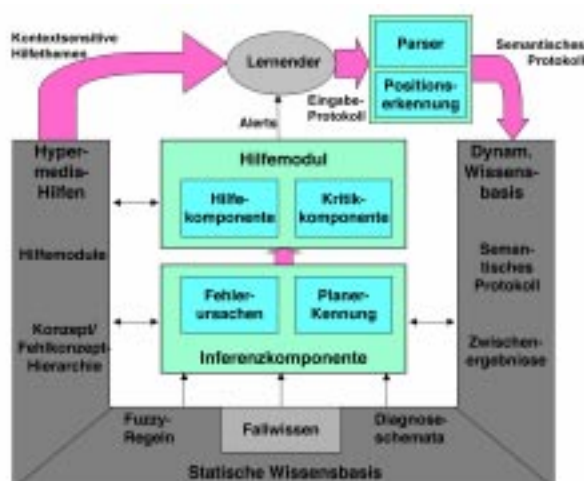


Abbildung 1: Aufbau des Trainingssystems

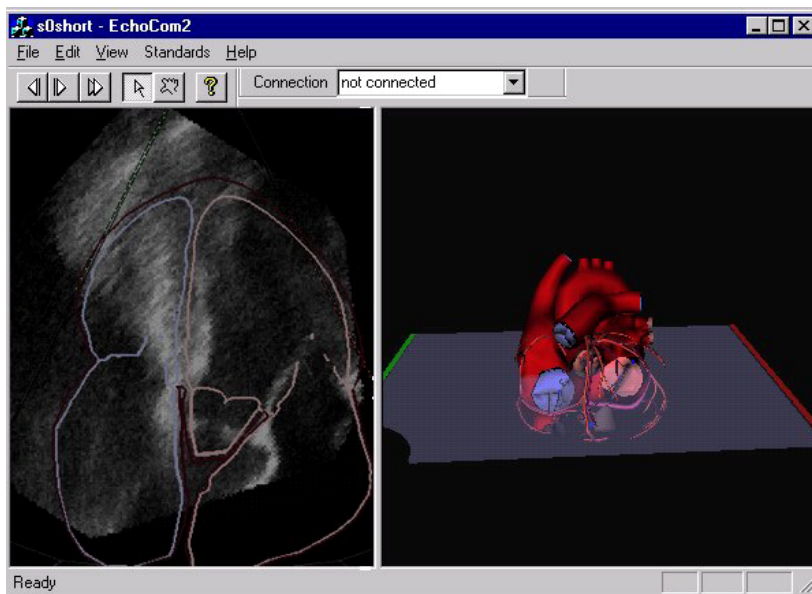
Außerdem werden Datenspeicher für das Regelwissen (Fuzzy-Regeln und Diagnoseschemata), die *Statische Wissensbasis*, sowie für das semantische Protokoll und die Zwischenergebnisse, *Dynamische Wissensbasis*, und die Sammlung der Hilfethemen und Konzepte/Fehlkonzepte, *Hypermedia-Hilfen*, benötigt.

3 Enhanced-Reality-Umgebung

Das Trainingssystem setzt auf einer Simulationsumgebung für die Echokardiographie auf, für die in den letzten Jahren bereits einige Programme an der GMD entwickelt wurden: *EchoExplorer* ([Red98]), ein CD-Rom-basiertes Trainingssystem, *EchoSim(ulator)* und *EchoCom*. Eine umfassende Beschreibung dieser Systeme ist in [Ber99] zu finden. Die Untersuchungsumgebung wird auf *EchoCom2* aufbauen, das zur Zeit in Java reimplementiert wird.

EchoCom ([Ber96], [Ber99]) ist eine Telekonsultationsanwendung, die auf einer *Enhanced-Reality*-Präsentation eines 4D-Ultraschalldatensatzes basiert. Ein simulierter Ultraschallkopf mit Positionssensor und eine Puppe liefern die Untersuchungsumgebung, in der beliebige Ebenen aus einem Ultraschalldatensatz in Realzeit berechnet werden können (EchoSim [Qua97]).

In Relation zur eingestellten Schallebene, die auf der linken Bildschirmseite zu sehen ist, wird der Anschnitt eines *animierten 3D-Herzmodells* gezeigt, das in unterschiedlichen Visualisierungsmodi verschiedene Eindrücke der äusseren und inneren Struktur des Herzens, der Dynamik und des Blutflusses vermittelt. Zusätzlich können die Leitstrukturen



der Schallebene als Schnitt des Herzmodells angezeigt werden und die Modellkonturen dem “realen” Ultraschallbild überlagert werden. Dieses “Anreichern” der Ultraschalldaten durch das virtuelle Herzmodell (*augmented reality*) ermöglicht ein besseres räumliches Verständnis des Herzens (*mentales Modell*), und steigert damit die Qualität der echokardiographischen Untersuchung (*enhanced reality*, [Ber99]).

Abbildung 2: Enhanced Reality-Umgebung

4 Adaptive Hilfen

4.1 Ermitteln des Unterstützungsbedarfes

Für die Bestimmung des Unterstützungsbedarfes werden drei Abstraktionsebenen unterschieden: Auf der untersten Stufe der *Positionserkennung* und der Datenvorverarbeitung werden aus einer Folge von Positionsangaben des Schallkopfes kardiologische Standardpositionen und Schallebenen, sowie Verhaltensmuster abgeleitet, die z.B. die räumliche Orientierung des Untersuchers beschreiben. Verwendet wird eine Fuzzy-Klassifikation, wobei die Toleranzbereiche, die die Konfidenz der eingestellten Positionen festlegen, von der Lage der Aufsetzpunkte und den Lagebeziehungen der Schallebenen untereinander abhängen. Die Schallebenen mit ihren "Konfidenzwerten", die abgeleiteten Verhaltensmuster, die Aktionsdaten und Messwerte fließen in das *semantische Protokoll* ein.

Die zweite Stufe dient der *Planerkennung* von Untersuchungsschritten und der verfolgten Diagnose mit Hilfe von *kardiologischen Diagnoseschemata*. Die Untersuchungsschritte können (soweit vorgegeben) auf Reihenfolge und Vollständigkeit, sowie Konfidenz der erhobenen Befunde überprüft werden. Abgeleitete Konzepte werden an die Hilfefunktion weitergegeben, um dort Alerts zu erzeugen oder passende Hilfetemen anzubieten.

Schliesslich werden Fehlkonzepte ermittelt, die Verständnisprobleme des Arztes darstellen können, die z.B. zu Messfehlern führen. Dazu werden die protokollierten Verhaltensdaten aus dem semantischen Protokoll mit Hilfe von Fuzzy-Regeln bewertet und interpretiert. Abhängig vom abgeleiteten Konfidenzwert der einzelnen Konzepte werden dann adäquate Hilfetemen und adaptive Simulationen angeboten.

4.2 Adaptive Simulationen

Die adaptiven Simulationen sollen bei räumlichen Orientierungsschwierigkeiten das korrekte Einstellen von Schallebenen bzw. Schallkopfpositionen demonstrieren oder die richtige Vorgehensweise zur Durchführung bestimmter Messungen zeigen.

Im ersten Fall bedeutet dies z.B., dass ausgehend vom räumlichen Herzmodell der Bewegungsablauf des Schallkopfes demonstriert wird, während gleichzeitig die relevanten Strukturen der Schallebene so gehighlightet werden, bis die Leitstrukturen der gewünschten Ebene vollständig zu sehen sind.

5 Ausblick

Bisher abgeschlossen sind die Problemanalyse, die Wissensakquisition und die Konzeption der Wissensrepräsentation, sowie der konzeptuelle Aufbau des Trainingssystems. Im Moment befinden sich die Positionserkennung und die Inferenzkomponente in der Entwicklungsphase. Die adaptive Hilfegenerierung wird demnächst folgen.

Geplant ist die spätere Einbindung des intelligenten Trainingssystems in einen interaktiven Internet-Echokardiographiekurs.

Literatur

- [Ba95] M. Billinghurst and al. The expert surgical assistant: An intelligent virtual environment with multimodal input. In *Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality IV*, pages 590–607, 1995.
- [Ber96] T. Berlage. Design of a teleconsultation service for echocardiography. In *Proceedings of Interface to Real & Virtual Worlds*, pages 127–137, 1996.
- [Ber99] T. Berlage. *Enhanced Reality Systems*. GMD, 1999.
- [HJK98] M. Hoffhenke, B. Jung, and S. Kopp. Der CODY Virtuelle Konstrukteur - Manual Version 2.0. Technical Report 98/8, SFB 360 Projekt C1, Universita1998.
- [JLW98] B. Jung, M. Latoschik, and I. Wachsmuth. Knowledge-based assembly simulation for virtual prototype modeling. In *IECON'98. Proc. 24th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, volume 4, pages 2152–2157, 1998.
- [Qua97] K. Quast. *Computerbasiertes Lernen in 3D-graphischen Szenen. Entwurf, Realisierung und Evaluation einer Anwendung fuUltraschalldiagnostik*. Oldenbourg, 1997.
- [Red98] F. Redel, D.A. und Hoffmann. *EchoExplorer*. Urban & Schwarzenberg, 1998.