

Eine neue zentrale Benutzermodellierungskomponente in adaptiven interaktiven Lehr- und Lernprogrammen: Die Controltypes

Istvan-Tibor Nebel, Ralf Paschke

Medizinische Klinik und Poliklinik III des Universitätsklinikums Leipzig, AG Medizinische Lern- und Informationssysteme, Ph.-Rosenthal-Str. 27, D-04103 Leipzig, Email: nebt@medizin.uni-leipzig.de

1 Hintergrund

Über 6 Millionen Menschen leiden zur Zeit in Deutschland an einem Diabetes mellitus – mit steigender Tendenz. Der Diabetes mellitus, die Zuckerkrankheit, ist eine Stoffwechselkrankheit, die zu einer erhöhten Zuckerkonzentration im Blut führt. Das notwendige Insulin, welches in einem komplexen Regelmechanismus für das Gleichgewicht zwischen Zuckerbedarf und Zuckerangebot sorgt, muss durch den Patienten in Abhängigkeit von Variablen wie aktueller Blutzuckerwert, Menge und Art der zugeführten Nahrung, Grad der körperlichen Aktivität u.v.a.m. abgeschätzt werden. Durch entsprechende strukturierte Schulungen soll der Patient in die Lage versetzt werden diabetesbezogene Alltagssituationen zu meistern und chronische sowie akute Komplikationen, wie z.B. Unterzuckerungen zu vermeiden. Es wurde eindeutig gezeigt, dass durch diese Schulungen eine Verbesserung der Stoffwechseleinstellung (gemessen am HbA_{1c} -Wert) bei Typ 1-Diabetikern ([6]) und damit eine Senkung der Komplikationsrate erreicht werden kann.

In einem interaktiven Schulungsprogramm zum Training der Beseitigung und Vermeidung von Unterzuckerungen (Hypoglykämien) bei insulinbehandelten Patienten mit Diabetes mellitus wurden Algorithmen der Benutzermodellierung zum Erlangen eines adaptiven Verhaltens des Programms eingesetzt. Der Ansatzpunkt des entwickelten interaktiven Hypoglykämie-Schulungsprogramms ist es, die individuellen Besonderheiten, wie den Diabetes-Erfahrungsgrad und die Computererfahrung zu berücksichtigen und darauf abgestimmte Hinweise zur Problemlösung anzubieten.

2 Intelligente tutorielle Systeme und deren Algorithmen

Um sich dem Benutzer zur Erleichterung der Bedienung und zur effektiven Lernunterstützung anzupassen, wurden adaptive Systeme entwickelt. Eine große Anwendungsdomäne bilden hierbei intelligente tutorielle Systeme und Assistenzsysteme. Einige Beispiele sind der UNIX-Consultant ([1]), GRUNDY ([8]), MIXSIM ([1]), TOURIST ([1]) oder BETREX ([9]). Für die medizinische Anwendungsdomäne kommen adaptive Experten- und Tutorsysteme wie ILIAD ([4]) oder der CARDIAC Tutor ([5]) hinzu. Diese Beispielanwendungen verwenden die im folgenden aufgeführten Methoden der Benutzermodellierung mit verschiedenen Vor- und Nachteilen.

Benutzereigenschaften werden meist in Benutzermodellen repräsentiert ([8]). Diese bilden die Grundlage für adaptive Leistungen des Systems. Stereotypen werden verwendet, um korrelierende Eigenschaften von Benutzern zu einer Klasse zusammenzufassen. Verfahren für die automatische Akquisition von Benutzermodellen zu Stereotypen bzw. Clustern sind neben regelbasierten Verfahren ([2]) z.B. der unüberwachte Algorithmus des conceptual clustering von Lebowitz ([7]). Die Klassifizierung von Benutzern erfolgt anhand der Zuordnung zu einem Cluster.

Für die Entwicklung des adaptiven Hypoglykämie-Schulungsprogramms wurden zunächst Verfahren des Maschinellen Lernens, wie das conceptual clustering in Form des Unimem-Algorithmus, regelbasierte Ansätze und Overlay-Modelle betrachtet. Darauf aufbauend wurden die Controltypes entwickelt.

Conceptual clustering findet in Systemen Anwendung, in denen eine inhomogene Menge von Eigenschaften vorhanden ist, d.h. die Menge der Eigenschaften, die für eine Abfrage von Bedeutung sind, müssen nicht von Beginn der Entwicklung eines Lernprogramms an feststehen, sondern können zu jedem Zeitpunkt neu für eine Stereotypenzuordnung bzw. Klassifikation einfließen. Vorteil dieses

Verfahrens ist das automatische Berücksichtigen einer neuen Instanz im Falle einer Erweiterung des Lernprogramms um neue Wissensselemente. Nachteil ist allerdings der zeit- und ressourcenintensive Algorithmus und der hohe Implementierungsaufwand des komplexen Algorithmus.

Bei der Entwicklung von Lernprogrammen mit homogenen Eigenschaften (ähnliche Benutzerinteraktionen) können regelbasierte Algorithmen oder Overlay-Modelle zeiteffektiver verwendet werden. Zudem ist der Implementierungsaufwand eines Regelsystems geringer als eines Clustersystems. Im Falle des Hinzukommens von neuen Eigenschaften bzw. Wissensselementen in Übungssituationen müssen jedoch neue Ableitungsregeln aufgestellt werden. Die Verwendung eines Overlay-Modells ist rechenzeit- und speicherintensiv, da noch nicht beherrschte Wissensselemente überprüft werden müssen.

Die bisherigen Verfahren klassifizieren Benutzer – die eigentlichen Adaptionenziele werden dabei fest in der Anwendung verankert und geben für die klassifizierten Benutzer adaptive Hinweise aus oder intervenieren für vielfältigste Anpassungsziele.

Ziel soll also sein, ein adäquates Regelsystem zu finden, welches flexibel, d.h. ohne aufwendige Implementationsänderungen ein bestehendes adaptives System um zusätzliche Wissensselemente erweitert und zudem zeiteffektiv arbeitet und nachweislich den Lernerfolg in einem LLP verbessert. Die erarbeitete Lösung ist eine anwendungsübergreifende Komponente, welche neben Klassifikationsregeln, das adaptive Verhalten der Anwendung definiert und dabei für das jeweilige Adaptionsziel die vorteilhaftere adaptive Methode verwendet. Dieses Regelsystem, Controltypes genannt, übernimmt die Klassifikation der Benutzer und steuert das adaptive Verhalten der Anwendung.

Wir werden zeigen, ohne auf die Evaluierungsdetails (der Kürze halber) in diesem Kurzbeitrag einzugehen, dass mit den entwickelten Controltypes eine zentrale Benutzermodellierungskomponente gefunden wurde, um in einem interaktiven Lehr- und Lernprogramm (LLP) adaptives Verhalten zu erzeugen und nachweislich im Vergleich zur Verwendung konventioneller Methoden in LLP eine Verbesserung des Lernerfolgs bei Diabetespatienten eintritt. Im folgenden konzentriert sich der Artikel auf die Beschreibung der Controltypes, statt auf die Darstellung der einzelnen eingesetzten adaptiven Methoden.

3 Methoden

Entsprechend des Wissensstands des Benutzers besteht die implementierte Adaptivität in der technischen und inhaltlichen Unterstützung des Benutzers. Folgende adaptive Methoden wurden hierfür implementiert: Benutzerklassifikation mittels der neu entwickelten Controltypes, Planerkennung für Wiederholungsfehler mittels Unimem-Algorithmus, Generative Übungen und Interaktionsbeobachtung.

Die neu entwickelten Controltypes für LLP bilden die zentrale Benutzermodellierungskomponente des adaptiven Schulungsprogramms, welche die Adaptionenziele in Form von Regeln der Form *if-then-else* enthalten und eine ermöglichen damit, adaptives Verhalten in LLP zu erzeugen. Die in den Controltypes definierten Regeln für den adaptiven Interventionsprozess greifen auf dynamische und funktionale Variablen zurück, welche entweder durch Konsultation des Benutzermodells oder durch die Anwendung selbst initialisiert werden.

Die Schnittstelle zwischen Programmierumgebung und den Adaptionenzielen bildet die Beschreibungssprache der Controltypes für die zu definierenden Dialogablaufbedingungen und für die Klassifikation der Benutzer. Durch dieses Verfahren ist das Verhalten des Programms jederzeit extern der Anwendung selbst änderbar. Das Beschreibungsschema dieser Sprache geht von einer hierarchischen Gliederung aus. So wird der zu erstellende Bildschirminhalt als *page* bezeichnet und stellt den Rahmen für weitere in speziellen Tags eingeschlossene Befehlsstrukturen für die Regeln bereit. Der Vorteil der Controltypes liegt hiermit in der zentralen Definition des adaptiven Verhaltens des LLP anhand definierter Variablen, welche unter bestimmten Bedingungen zur Ausgabe von Dialogen oder zur Aktivierung von bestimmten Programmteilen konsultiert werden.

Die Controltypes geben somit adaptive, auf den momentanen Zustand des Systems abgestimmte Dialoge für einen klassifizierten Benutzer aus. Zudem steuern sie mit den belegten Variablen die optimal abgestimmte adaptive Methode, wie die Planerkennung oder die generativen Übungen an. Im folgenden ist ein Auszug aus der Regelbeschreibungssprache der Controltypes notiert (Source 1), welcher besagt, dass ab dem 2-maligen Absolvieren der Übungssituation 1 der Dialog mit der ID 0 ausgegeben werden soll, ansonsten der Dialog mit der ID 1.

Source 1

```
<if> (#counter(#trained(#sit(1)))=2)<dialog>did0</dialog><else><dialog>did1</dialog></if>
```

Anstelle der Ausgabe eines Dialoges mit `<dialog>did0</dialog>` können auch Programmprozeduren, wie beispielsweise die Planerkennung (`pid0`) bei einem 6-maligen Misserfolg mit `<action>pid0</action>` ausgelöst werden:

Source 2

```
<if> ((#lastsucces()=false) und (#counter(#nonsuccesses)==6)) <action>pid0</dialog></if>
```

Sowohl die Dialoge (`did`) als auch die Programmprozeduren (`pid`) müssen in einem speziellen Abschnitt der Controltypes (`;definitions`) deklariert werden:

Source 3

```
;definitions
```

```
<did0>:„Sie haben diese Übung bereits absolviert.“
```

```
<pid0>:planrecognition
```

Die Klassifikation der Benutzer erfolgte nach einfachen Regeln, welche ebenfalls in den Controltypes notiert sind. Im LLP wurden aufgrund des Programmaufbaus 4 Benutzerklassen definiert (Beginner, Mediocre, Advanced, Expert). Für die Benutzerklasse *Advanced* erfolgte folgende Notation in den Controltypes: `<advanced>:#complete(#exercises)=true`. So wird definiert, dass der Benutzer in die Fortgeschrittenen-Klasse zugeordnet wird, sobald alle Übungen des LLP komplett absolviert wurden. Auf die Definitionen der anderen Benutzerklassen wird an dieser Stelle verzichtet. Die Regeln für das adaptive Intervenieren sind für jede Benutzerklasse in den dafür gekennzeichneten Bereich der Controltypes einzeln aufgeführt. Folgende Auflistung zeigt einen Auszug aus den wesentlichsten Funktionen der Controltypes. Berücksichtigt werden:

- die *Anzahl der Mausklicks* und die *Aufenthaltsdauer* auf einer Bildschirmseite zur **Navigationsunterstützung**
- die *Erfolgsrate*, *Häufigkeit*, *Vollständigkeit* und *Auswahl der Übungen* für verschiedene **adaptive Interventionen**, wie angepasste Hinweise, generative Übungen, Planerkennung etc. Dazu zählt ebenso das
- *Anfordern von spezifischen Programmfunktionen*. Anhand dieses Datensatzes kann der Benutzer einer Benutzerklasse zugeordnet werden:
- **Benutzerklassifikation**

Desweiteren muss nicht, wie in ([1]), das Dialogverhalten des LLP in den Benutzermodellen verankert werden. Die Benutzermodelle beschränken sich somit auf die Speicherung benutzerrelevanter Eigenschaften.

4 Fazit

Mit dem vorliegenden LLP zeigten wir in einer Evaluierung mit 120 Diabetespatienten, dass die Benutzer des adaptiven LLP auf Basis der Controltypes bessere Übungsergebnisse erzielen als in der konventionellen Version ohne implementierte Adaptivität. Die Patienten benötigen signifikant weniger Aktionen (konventionell: $\approx 1,77$ adaptiv: $\approx 1,61$) um den Blutzucker zu normalisieren. Ferner tendiert die Gruppe des adaptiven LLP im Vergleich zur Gruppe des konventionellen LPP zur Verringerung der Übungsdauer. Darüberhinaus zeigten wir mit einem Fragebogen, dass die adaptive Version benutzerfreundlicher ist als die konventionelle. Diese Ergebnisse bestätigten unsere Annahme, dass die Anpassung des Schulungsprogramms an die individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten, durch die verwendeten Methoden der Adaptivität und die entwickelten Controltypes, die Benutzung und den Lernerfolg verbessern. Somit kann davon ausgegangen werden, dass individuelle anpassbare interaktive Programme besser als bisherige konventionelle interaktive Schulungsprogramme für die Diabetikerschulung geeignet sind.

5 Ausblick

In der derzeitigen Version ist die Beschreibungssprache der Controltypes an den Anwendungsfall des Hypoglykämie-Schulungsprogramm angepasst und daher als proprietär anzusehen. Für künftige Entwicklungen von LLP muss diese Schnittstelle um weitere Sprachelemente, die auf andere spezifische Funktionalitäten von LLP zurückgreifen, erweitert werden, um sich zu einer domänen- und problemunabhängigen Beschreibungssprache für adaptive LLP zu entwickeln.

Das adaptive Hypoglykämie-Schulungsprogramm wird derzeit begleitend zur strukturierten Diabetikerschulung in der Medizinischen Klinik und Poliklinik III des Universitätsklinikums Leipzig eingesetzt und wird demnächst im Buchhandel erhältlich sein.

Literatur

- [1] Blank KH. Benutzermodellierung für adaptive interaktive Systeme: Architektur, Methoden, Werkzeuge und Anwendungen. Sankt Augustin. (1996)
- [2] Blurock ES. Course: Machine Learning, Research Institute for Symbolic Computation (RISC-Linz), Johannes Kepler University, (2000) auf <http://www.risc.uni-linz.ac.at/people/blurock/courses/learn/learn.html>
- [3] Hahn K. Hauptseminar: Intelligente Lehrsysteme, Technische Universität München, Fakultät für Informatik auf <http://www.paul.in.tum.de/seminare/lehrsystemeSS98/Vortrag01/>
- [4] Di Guo, MS, Michael j. Lincoln, MD, Peter J. Haug, MD, Charles W. Turner, PhD, Homer R. Warner, MD, PhD : Exploring A New Best Information Algorithm for Iliad. SCAMC 1991 proceedings
- [5] Eliot CR, Williams KA, Woolf BP. An intelligent learning environment for advanced cardiac life support, Proceedings / Amia annual fall symposium; 7-11; 1996
- [6] Garrard J, Mullen L, Ostrom J, McNeill LA, Etwiller DD. Clinical evaluation of the impact of a patient education program, Diabetes Educ 16(5): 394-400, (1990)
- [7] Lebowitz M. UNIMEM, A General Learning System: An Overview, In: Boulay B., Hogg B., Steels L. Advance in Artificial Intelligence-II, Elsevier Science Publishers B. V., (1987)
- [8] Rich E. Building and Exploiting User Models. PhD Thesis. Cornegie-Mellon University. (1979)
- [9] Woywod A. Verfeinerung von Expertisesystemen durch Benutzermodellierung. Lang. Frankfurt am Main; Berlin; Bern; New York; Paris; Wien. (1997)