

Modulares Design von webbasierten Benutzerschnittstellen für inhaltsbasierte Zugriffe auf medizinische Bilddaten

Bartosz Plodowski¹, Mark Oliver Güld¹, Henning Schubert², Daniel Keyzers³
und Thomas M. Lehmann¹

¹Institut für Medizinische Informatik, RWTH Aachen

²Klinik für Radiologische Diagnostik, RWTH Aachen

³Lehrstuhl für Informatik VI, RWTH Aachen

Email: Bartosz@bartorama.de

Zusammenfassung. In der Medizin ist man darauf angewiesen, schnell Daten wieder zu finden. Dies gilt insbesondere für die Vielzahl von medizinischen Bilddaten. In diesem Beitrag wird ein modulares Design von webbasierten Benutzerschnittstellen für inhaltsbasierte Zugriffe auf medizinische Bilddaten präsentiert. Schwerpunkte werden auf die Modularität, die Trennung von Inhalt und Layout sowie die Realisierung der Mechanismen *Relevance Facts*, *Relevance Feedback* und *Query Refinement* gelegt. Die Verwendung von standardisierten Schnittstellen garantiert dabei die problemlose Erweiterbarkeit des Systems.

1 Einleitung

Beim inhaltsbasierten Zugriff auf Bilddaten werden diese nicht durch textuelle Attribute; sondern durch automatisch extrahierte Merkmale und Merkmalskombinationen beschrieben, die aus einzelnen Bildpixeln oder aus segmentierten Bildregionen berechnet werden. Für die Anfragen an ein solches System müssen geeignete Schnittstellen verfügbar gemacht werden [1]. Neben der einfachen Vorgabe von Beispielbildern oder Merkmalswerten müssen dabei für medizinische Anwendungen vor allem drei Mechanismen realisiert werden:

- Mit *Relevance Facts* werden zu jedem gefundenen Bild die Kriterien visualisiert, warum dieses Bild als Ergebnis der Suchanfrage ausgegeben wurde;
- Beim *Relevance Feedback* kann der Arzt seine Anfrage durch Modifikation der Parameter korrigieren oder verfeinern [2];
- Das *Query Refinement* beschreibt den gesamten Prozess der Suchverfeinerung [3] und muss daher auch logische Verknüpfungen von Teilergebnissen bereitstellen.

Insbesondere im Internet werden bereits einfache Applikationen zum inhaltsbasierten Bildzugriff angeboten. Zwar gibt es z.T. sehr komfortable Interfaces, um z.B. farbige Bildregionen [4] und deren Anordnung [5] vorzugeben, diese sind

jedoch durchweg proprietär und dadurch nicht übertragbar. Ausserdem werden die oben genannten Mechanismen nicht hinreichend unterstützt.

Die hierfür notwendige Kommunikation zwischen den einzelnen Anwendungen wird mit Hilfe der Extensible Markup Language (XML) realisiert [6]. XML beschreibt ein Grundmuster für den Aufbau gleichartiger Dokumente. Dadurch ist es möglich, für verschieden Anwendungen Standardschnittstellen zu schaffen. Ein solcher Standard ist das XML Remote Procedure Calling (XML-RPC) [7], das für den Aufruf von Prozeduren und die Übergabe der Parameter benutzt wird.

In diesem Beitrag wird ein modulares Konzept präsentiert, das neben den darzustellenden Bildern, Bildstrukturen und Merkmalen (I/O-Information) auch Prozessinformation modelliert und in der serverseitigen Datenbank des Systems ablegt. Die Protokollierung von Interaktionen ermöglicht die Wiederholung komplexer Query-Refinement-Prozesse sowie Bezüge auf vorherige Anfrageschritte. Weiterhin können Funktionen zur logischen Verknüpfung von Ergebnismengen einfach integriert werden. Damit wird der inhaltsbasierte Bildzugriff auch für medizinische Fragestellungen anwendbar.

2 Methoden

Auf der physikalischen Werkzeugebene wird die klassische Client/Server-Architektur eingesetzt. Auf der logischen Werkzeugebene werden drei Komponenten modelliert: Datenbank, Webserver und Browser (Abb. 1). Die serverseitige relationale Datenbank enthält alle Bilder, Merkmale, Methoden zur Merkmalsberechnung und auch die Prozessinformation, die für das Query Refinement verwendet wird. Die Datenbank ist mit dem Webserver, auf dem der Hypertext Preprocessor PHP [8] betrieben wird, über die Standardschnittstelle SQL [9] verbunden. Clientseitig wird ein Browser betrieben, auf dem das Webinterface dargestellt wird. Mit Hilfe von HTML, Javascript und DOM (Document Object Model) können so die Inhalte auf dem Browser dynamisch modifiziert werden. Auf der Anwendungsebene wurde für den Webserver eine modulare Toolbox in PHP mit einheitlich definierten Schnittstellen entwickelt. Diese beinhaltet Module zur Datenausgabe, Parametereingabe und Prozessteuerung (Abb. 2).

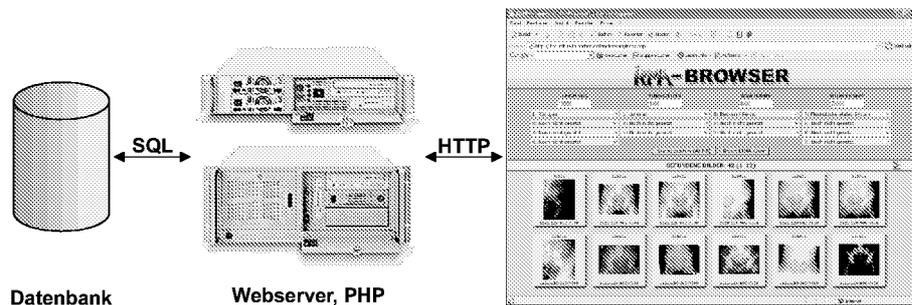


Abb. 1. Struktur der logischen Werkzeugebene

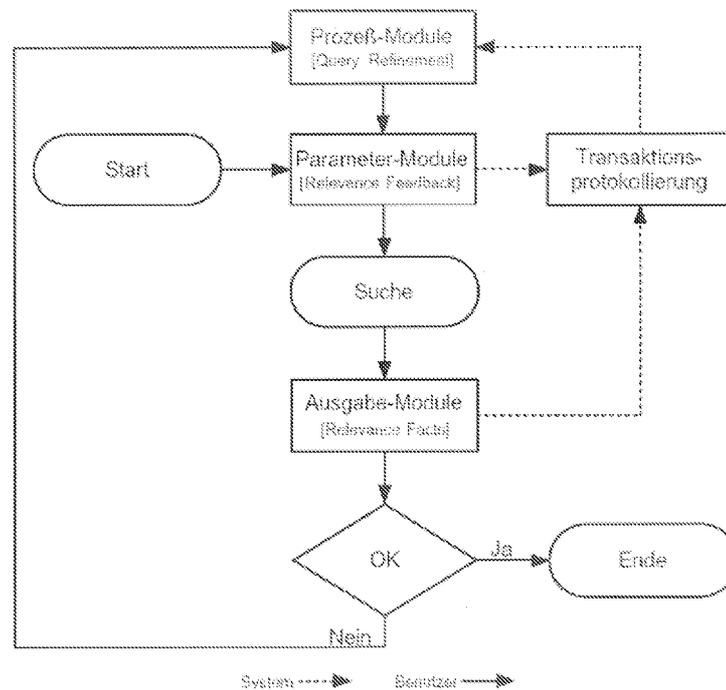


Abb. 2. Schnittstellen-Module und ihre Verknüpfung

2.1 Ausgabe-Module

Ausgabe-Module werden zum Darstellen von I/O-Informationen eingesetzt. Für den inhaltsbasierten Bildzugriff sind das

- Bilddaten (Bilder und Merkmalsbilder), die in verschiedener Größe und beliebiger Position auf der Anwendungsoberfläche dargestellt werden,
- Merkmale (Ganzzahl, Fließkommazahl, Zeichenkette), die alphanumerisch oder als Relativposition auf einer Skala dargestellt werden, und
- Regionengraphen, die auf abstrakter Ebene eine Segmentierung des Bildes beschreiben und durch Einblendung der Regionengrenzen in das Bild visualisiert werden.

2.2 Parameter-Module

Die Auswahlfunktionalität wird für alle Datenarten durch Mausklick realisiert. Mit den Parameter-Modulen können die Werte der I/O-Informationen darüber hinaus auch verändert werden. Bilddaten können z.B. mit der Maus repositioniert werden, um ihre Relevanz zu kennzeichnen. Numerische Merkmale können direkt über die Tastatur oder durch einen Schieberegler eingestellt werden. Für

Zeichenketten werden neben der Tastatureingabe auch Auswahlfenster angeboten. Für die hierarchischen Regionengraphen können wiederum Schieberegler zum Auswählen der Hierarchiestufe dienen.

2.3 Prozess-Module

Mit den Prozess-Modulen kann man einzelne Anfragen logisch verknüpfen. Hierbei werden die Operationen AND, OR, XOR und NOT unterstützt. Zum Beispiel kann eine Suchanfrage dadurch verfeinert werden, dass man Regionen oder Regionen-Teilgraphen ausschließt oder andere Merkmale explizit zur Suche mit heranzieht.

2.4 Transaktionsprotokollierung

Die gesamte Funktionalität wird durch eine Transaktionsprotokollierung in der zentralen Datenbank ermöglicht. Somit können auch UNDO- und REDO-Funktionen einfach realisiert werden. Weiterhin wurden Module zum Importieren und Exportieren dieser Prozess-Logs implementiert, die es ermöglichen, auch später den Bildsuchprozess weiterzuführen, ab einem bestimmten Prozessschritt zu modifizieren, ihn erneut ablaufen zu lassen oder auch auf andere I/O-Informationen anzuwenden (siehe Abb. 2).

3 Ergebnisse

Relevance Facts werden bereits durch die Ausgabe-Module ermöglicht. Neben den Bildern, die das Ergebnis der Anfrage darstellen, können modular die Parameter visualisiert werden, die zu diesem Anfrageergebnis geführt haben. Dies ist Voraussetzung dafür, dass der Arzt seine Anfragen systemgerecht stellen kann. Die Parameter- und Prozess-Module ermöglichen ein umfangreiches Query Refinement, das erstmals auch die essentiellen Funktionen UNDO und REDO beinhaltet.

Die verschiedenen Module wurden bereits zu einer ersten Anwendung integriert, mit der die manuelle Referenz-Kategorisierung radiologischer Bilder in einen multiaxialen Code [10] unterstützt wird. Dabei werden jedem Bild bis zu 14 standardisierte Merkmale zugewiesen, wobei die Auswahl in einer Oberkategorie sofort die Auswahlmöglichkeit der Unterkategorie beeinflusst. Mit Hilfe dieses Code-Editors ist die komplexe Klassifizierung eines medizinischen Bildes in weniger als 30 Sekunden pro Bild möglich. Mit dem Code-Editor wurden bereits mehr als 2.000 Bilder kategorisiert. Die Transaktionsprotokolle werden dabei benutzt, um alle Änderungen des Codes für jedes Bild in der Datenbank festzuhalten. Somit kann jederzeit eingesehen werden, welcher Nutzer wann die Kategorisierung wie geändert hat. Ein älterer Zustand der Kategorisierung kann automatisch wiederhergestellt werden, diese können direkt auf andere Bilder übertragen werden.

4 Diskussion

Die modulare Toolbox auf der Anwendungsebene ermöglicht, mit nur wenigen Grundfunktionen (Darstellen, Auswählen und Einstellen von Bildern, Bildregionen, Zeichenketten und Zahlenwerten) komplexe und vielseitige Applikationen zum inhaltsbasierten Bildzugriff zu erstellen. Dabei muss nicht mehr versucht werden, die gesamte Funktionalität in eine Oberfläche zu integrieren. Vielmehr können die Module über standardisierte Schnittstellen zu adaptierten Applikationen kombiniert werden. In Kombination mit der Transaktionsprotokollierung bietet das System neue umfangreiche Möglichkeiten für das Content-based Image Retrieval in Medical Applications (IRMA) [11].

5 Danksagung

Das IRMA-Projekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG gefördert (Le 1108/4).

Literaturverzeichnis

1. Tagare HG, Jaffe CC, Dungan J: Medical image databases – A content-based retrieval approach. *JAMIA* (4):184–198, 1997.
2. Wu P, Manjunath BS: Adaptive nearest neighbor search for relevance feedback in large image datasets. *Procs ACM International Multimedia Conference (MM '01)*, 89–97, 2001.
3. Lau T, Horvitz E (Eds): *Patterns of search – Analyzing and modeling web query refinement*. *Procs 7th International Conference on User Modeling*, pp. 119–128, 1999.
4. Flickner M, Sawhney H: Query by image and video content – The QBIC system. *Computer* 28(9):23–32, 1995.
5. Carson C, Belongie S, Greenspan H, Malik J: Blobworld – Image segmentation using expectation-maximization and its application to image querying. *IEEE PAMI* 24(8):1026–1038, 2002.
6. W3C – World Wide Web Consortium (Ed): *Extensible markup language (XML) 1.0 Second Edition*. <http://www.w3.org/TR/2000/REC-xml-20001006>, 2000.
7. Wiener D (Ed): *XML-RPC Specification*. <http://www.xmlrpc.com/spec>, 1999.
8. Schmid E (Hrsg): *PHP Handbuch*. <http://www.php.net/manual/de/>, 2002.
9. International Organization for Standardization (Ed): *ISO/IEC 9075 – Database language SQL*. American National Standards Institute, New York, 1992.
10. Lehmann TM, Wein BB, Keysers D, Kohnen M, Schubert H: A monohierarchical multi-axial classification code for medical images in content-based retrieval. *Procs IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI'02)*, 313–316, 2002.
11. Lehmann TM, Wein B, Dahmen J, Bredno J, Vogelsang F, Kohnen M: Content-based image retrieval in medical applications - A novel multi-step approach. *Procs SPIE* 3972:312–320, 2000.