Ein hybrider Ansatz für Image Retrieval in medizinischen WBT-Systemen

M. Uesbeck, G. Lindenthal, M. Skalej

Abteilung für Neuroradiologie
Hoppe-Seyler-Straße 3, 72076 Tübingen
Radiologische Universitätsklinik
Email: mduesbec@med.uni-tuebingen.de

Zusammenfassung. Im Rahmen des WWW-Projekts *MURMEL* - Multimediales Ausbildungssystem für die Medizinische Lehre - erfolgt momentan die Entwicklung eines Verfahrens zur Unterstützung von text- und bildbasiertem Information Retrieval aus den enthaltenen multimedialen Daten. Dieses Paper beschreibt den aktuellen Stand der Entwicklung und stellt bezüglich des bildbasierten Retrievals ein Konzept zur Extraktion signifikanter Bildmerkmale und den Vorgang ihrer Klassifikation vor. Die von den Autoren im Zusammenhang mit Bildern eingefügten Texte und Keywords, die sie zu markierten Bildbereichen vergeben können, werden mit in den Klassifikationsprozeß einbezogen, so dass das Image Retrieval somit insgesamt als ein hybrider Ansatz aus text- und bildbasiertem Retrieval bezeichnet werden kann.

Schlüsselwörter: WBT-System, Datenbank, Image Retrieval

1 Einleitung

Web-basierte Lern- und Trainingssysteme (WBT) besitzen im Vergleich zu konventionellen Lehrmethoden durch den Einsatz vielfältiger Medien und interaktiv nutzbarer Applikationen wie Java Applets und Animationen besondere Möglichkeiten der Präsentation von Lerninhalten. In der Abteilung für Neuroradiologie des Universitätsklinikums Tübingen erfolgt deshalb derzeit die Entwicklung eines Software-Pakets, mit dessen Hilfe sich menübasiert derartige WBT-Systeme für beliebige Anwendungsbereiche aufsetzen und individuell gestalten lassen. Die generierten Systeme basieren auf dem objekt-orientierten Datenbankmanagementsystem *ObjectStore* (Object Design Inc., MA, USA) und kombinieren so neueste Webtechnologien mit den Vorteilen von Datenbanken. Jedes generierte WBT-System bietet unter anderem eine javabasierte Schnittstelle für Autoren, welche graphisch unterstützt Struktur und Inhalte des Systems gestalten und die komplexen Wissenseinheiten, die aus Text und multimedialen Komponenten samt ihrer Legenden bestehen, beliebig anordnen und miteinander verlinken können. Als Pilotanwendung wird gegenwärtig das multimediale Ausbildungssystem für die medizinische Lehre *MURMEL* realisiert, mit dem beispielhaft gezeigt werden soll, wie ein WBT-System sinnvoll in den klinischen Teil der Studentenausbildung integriert werden kann [1].

2 Problembeschreibung

Während das Retrieval textueller Information innerhalb von WBT-Systemen mittels einer integrierten Volltext-Indexierung möglich wird, stellt das gezielte Information Retrieval aus den integrierten Bilddaten ein weitaus größeres Problem dar. Um im Rahmen des WWW-basierten Systems *MURMEL* ein praktisch einsetzbares Retrieval System zu realisieren, müssen Bildverarbeitungsoperatoren zur Extraktion von Merkmalen implementiert werden, die für einzelne Bildtypen und verschiedene Bildinhalte signifikant sind und sich somit zur Klassifikation mittels entsprechender Distanzmaße eignen. Darüber hinaus ist die Entwicklung eines Konzepts erforderlich, mit dem das von den Autoren gelieferte A-priori-Wissen sinnvoll sowohl in den Prozeß der Bildklassifikation, als auch beim Image Retrieval einbezogen werden kann.

3 Einordnung in den Stand der Technik

Im Gegensatz zu Systemen, die sich auf bestimmte medizinische Bildmodalitäten konzentrieren ([2], [3]), sollen im Projekt *MURMEL* nicht nur Bilder verschiedener Modalität, sondern ebenso medizinische Schemazeichnungen und beliebige andere Grafiken verarbeitet werden. Dazu bietet sich eine mehrstufige Vorgehensweise bei der Klassifikation der Bildinhalte an, wie sie beispielsweise in [5] oder [6] vorgestellt wird. Dort wird zunächst die Modalität eines Bildes ermittelt, um dann in Abhängigkeit von dieser spezielle Klassifikationsschritte mit höherem Detaillierungsgrad auszuführen. Dabei wird neben den typischen "Wissensebenen" wie Originaldaten und extrahierten Merkmalsvektoren weiteres Wissen über die Bildinhalte ermittelt und beim Image Retrieval mitverwendet. Auch im Rahmen des *MURMEL*-Systems soll weiteres Wissen über die Bildinhalte mit in den Klassifikationsprozeß einbezogen werden. Dazu wird ausgenutzt, dass die Inhalte des Informationssystems von medizinischen Experten über graphische Benutzerschnittstellen eingefügt werden und diese somit a-priori Wissen über den Bildinhalt beisteuern können. In [4] wird beispielsweise beschrieben, wie ein Experte bei der Bildeingabe interessante anatomische Marken in den kli-nischen Bildern kennzeichnet und dann nur der markierte Bildbereich weiterverarbeitet wird. Durch eine solche Vorselektion, die für Autoren einen verschwindend geringen Aufwand bedeutet und somit keine weiteren Kosten verursacht ([8]), kann direkt eine Unterscheidung von wichtigen und unwichtigen Merkmalen in den Bildern stattfinden. Liegen die Bilddaten z.B. im DICOM-Format vor, wie beispielsweise beim Webbasierten System ODITEB ([7]) oder dem verteilten Bilddatenbanksystem des AKHs Wien ([8]), so könnte durch Auswertung der vorhandenen Bildheader die Güte des Information Retrievals weiter verbessern werden. Im Rahmen des *MURMEL*-Projekts wird dieses Bildformat bisher jedoch nicht unterstützt. Da jedoch die Autoren Bilder stets in Zusammenhang mit textueller Information in das System integrieren, läßt sich durch Einbezug des jeweils zugehörigen Textes der Image Retrieval Prozeß weiter verbessern. Ein solcher Ansatz wird beispielsweise in [6] verfolgt.

4 Lösungskonzept

Ausgangsbasis des hier vorgestellten Konzepts ist das javabasierte Autorentool, mit dem Autoren bereits jetzt beliebige multimediale Daten in das System einfügen können. Mit dem Ziel einer Bildklassifikation wurde das Tool um eine graphische Komponente ergänzt, bei der die Autoren in den aktuell einzufügenden Bildern interessante Bereiche markieren und mit einem Keyword belegen können. Per Mouseclick werden Text, Originalbild, markierte Regionen und deren Keywords über das Internet an die Server-seitige Datenbank gesendet und in das System eingefügt. Der Text wird volltextindexiert und kann somit ebenfalls zum Information Retrieval herangezogen werden. Zur Ermittlung des Typs eines eingefügten Bildes wird in der ersten Klassifikationsstufe auf das Originalbild ein Bildverarbeitungsfilter angewendet, der unter anderem anhand des Grauwerthistogramms die Bildmodalität ermittelt und diese mit in der Datenbank abgelegt. Abhängig vom ermittelten Bildtyp erfolgt anschließend die Anwendung weiterer Filter auf die einzelnen vom Autor markierten Regionen, deren Resultate ebenfalls in der Datenbank gespeichert werden. Zusammen mit dem abgelegten Keyword pro Region entstehen so zunächst 1:1 Relationen zwischen dem jeweiligen Keyword, das im Prinzip einen Klassennamen darstellt, und dem zugehörigen Merkmalsvektor. Bei der Vergabe eines Keywords zu einer Region kann ein Autor dabei entweder einen beliebigen Begriff vorgeben oder aus der Menge aller bereits vorhandenen Keywords auswählen. So entwickelt sich aus der 1:1 Relation eine 1:m Relation zwischen Klassenname und Menge der zugehörigen Merkmalsvektoren.

Für die Bildverarbeitungsfilter beider Stufen sind zwei verschiedene Einsatzszenarien geplant: Zum Einen sollen sie langfristig die Aufgabe der Keyword-Vergabe zu einer markierten Region automatisieren, zum anderen sollen sie bei Query-by-Example Anfragen an das System auf das vom Nutzer vorgegebene Bild angewendet werden. In beiden Fällen wird dazu der jeweils berechnete Merkmalsvektor einer der bis dahin existierenden Bildklassen zugeordnet und als Ergebnis entweder dem Autor das zugehörige Keyword bzw. dem anfragenden Nutzer die Menge aller Bilder dieser Klasse zurückgeliefert. Genauso kann ein Nutzer ein Keyword vorgeben und das System liefert entweder alle Bilder der entsprechenden Klasse zurück, oder ermittelt via Volltextsuche die Bilder, deren zugehörige Texte das gesuchte Keyword signifikant häufig enthalten.

5 Merkmalsextraktion und Klassifikation

Im Fall des *MURMEL*-Systems handelt es sich bei den zu analysierenden Bildern neben klinischen CT-, MR-, Angio- und Standardröntgenaufnahmen auch um Schemazeichnungen neurophysiologischer Abläufe, pathologische Befunde und nachbearbeitete klinische Daten. Zu deren Klassifikation werden bisher Merkmale bezüglich Grauwertverteilung, Farbe, Textur und Form berechnet, in der Datenbank abgelegt und zunächst mittels des einfachen Distanzmaßes *Nächster-Nachbar*-Klassifikator nach Bildmodalität klassifiziert. Dabei basieren die Implementierungen auf der "Visual Information Retrieval Technology" (Fa. Virage Inc, USA), einer Bibliothek objektorientierter Klassen, mit deren Hilfe Merkmalsvektoren persistent in der Datenbank abgelegt werden können.

Zur anschließenden Verarbeitung der einzelnen markierten Regionen der Originalbilder werden bisher ebenfalls die oben erwähnten Merkmale berechnet und in Abhängigkeit der Bildmodalität klassifiziert bzw. diese bilden den ersten Repräsentanten einer neuen Klasse. Desweiteren sind Merkmalsextraktionen in Bezug auf enthaltene Bildkanten, Homogenitäten, Umrißanalysen und weitere Textur-Merkmale wie z.B. das in [9] vorgeschlagene *NxM-Gramm* geplant.

Da die Zuordnung einer Bildregion zu einer Klasse auch von den Autoren gesteuert wird, ist es möglich, dass ein Merkmalsvektor mehr als einer Klasse zugeordnet wird. Aus diesem Grund wird zusätzlich zu jedem Merkmalsvektor eine Wahrscheinlichkeit abgelegt, die angibt, wie wahrscheinlich seine Zugehörigkeit zu der ausgewählten Klasse ist. Dieses Vorgehen lehnt sich an den in [5] vorgestellten Ansatz an.

Zur automatischen Klassifikation sollen neben dem *Nächster-Nachbar*-Klassifikator weitere Distanzmaße realisiert werden, wie z.B. das *Earth Movers Distance* Maß, das in [10] bzw. [11] vorgestellt wurde, oder der in [3] beschriebene *Synergetische Klassifikator*. Auch muß nach weiteren Möglichkeiten gesucht werden, das vorhandene A-priori-Wissen über die Bilder bzw. Regionen mit in die Klassifikation einzubeziehen.

6 Experimentelle Ergebnisse

Das Client-seitige Autorentool wurde um die Komponente zur Markierung verschiedener Bereiche innerhalb eines Bildes und der Vergabe von Keywords erweitert und sämtliche Daten können bereits über das Internet in die Serverseitige Datenbank eingefügt werden. Auf Datenbankseite wurde die grundlegende Struktur der Bildverarbeitungsfilter implementiert und mit den im vorherigen Abschnitt aufgezählten Merkmalsfiltern bzw. Distanzmaßen an ersten einfachen Beispielen getestet. Die Resultate aller implementierten Filter und Distanzmaße werden auf dem Workshop präsentiert.

7 Diskussion und Ausblick

Durch die Volltextindexierung sämtlicher Texte, die mit den einzufügenden Bilddaten in Zusammenhang stehen, den Aufbau des Klassenraumes durch Vergabe von Keywords durch die Autoren und deren aktive Vorauswahl interessanter Bildbereiche werden insgesamt Bedingungen geschaffen, die ein praktisch anwendbares Information Retrieval aus den bildbasierten Daten des WBT-Systems möglich machen. Wesentlich für die Güte der Ergebnisse sind jedoch genauso auch geeignete Merkmalsfilter und Distanzmaße, die in Abhängigkeit des vorhandenen A-priori-Wissens und der "Vor-Klassifikation" bezüglich des Bildtyps die Bilddaten verarbeiten. Die diesbezüglichen genaueren Evaluationen stehen noch aus.

8 Projektrahmen

Das Projekt *MURMEL* wird seit Januar 1999 im Rahmen der "Multimedia-Gemeinschaftsinitiative Land Baden-Württemberg und Deutsche Telekom AG" vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg und der Deutschen Telekom AG finanziert.

Literatur

1. Uesbeck M: MURMEL - Multimediales Ausbildungssystem für die Medizinische Lehre. Int. Wissenschaftliche Fachtagung der Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft e.V., Tübingen, 1999.
2. Bredno J, Brandt S, Dahmen J, Wein B, Lehmann T: Kategorisierung von Röntgenbildern mit aktiven Konturmodellen. Bildverarbeitung für die Medizin 2000. München, 2000.
3. Weiler F, Vogelsang F: Automatische Erkennung von Bildinhalten bei Standardröntgenaufnahmen. Aachener Workshop 1996: Bildverarbeitung für die Medizin. Aachen, 1996.
4. Shyu C, Brodley C, Kak A, Kosaka A, Aisen A, Broderick L: ASSERT: A Physician-in-the-Loop Content-Based Retrieval System for HRCT Image Databases. Computer Vision and Image Understanding 75(1/2), 111-132, 1999.
5. Lehmann T, Wein B, Dahmen J, Bredno J, Vogelsang F, Kohnen M: Content-Based Image Retrieval in Medical Applications: A Novel Multi-Step Approach. In: Electronic Imaging 2000. IS&T/SPIE' s 12th Annual International Symposium, San Jose, 2000.
6. Smith JR, Mohan R, Li C-S: Content-based Transcoding of Images in the Internet. IEEE Inter. Conf. On Image Proc. (ICIP-98), Oktober, 1998.
7. Horsch A, Balbach T, Hogg M, Sturm F: The Case-based Internet Textbook ODITEB For Multi-modal Diagnosis Of Tumors - Development, Features And First Experiences. MIE99, Ljubljana, 1999.
8. Prinz M, Lorang T, Gengler M, Schuster E: Ein verteiltes Bilddatenbank- und Bildverarbeitungssystem für medizinische Bilder. Bildverarbeitung für die Medizin 2000. Heidelberg, 1999.
9. Soffer A: Image Categorization Using Texture Features. 4th Int. Conf. on Document Analysis and Recognition, Ulm, 1997.
10. Rubner Y, Guibas L, Tomasi C: The Earth Movers Distance, Multi-Dimension Scaling, and Color-Based Image Retrieval. In Proceedings of the ARPA Image Understanding Workshop, Mai, 1997.
11. Rubner Y, Tomasi C, Guibas L: A Metric for Distributions with Applications to Image Databases. In Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, Januar, 1998.