

JAMIP

Entwicklung eines virtuellen Bildverarbeitungslabors für die Lehre

Heike Schmidt¹, Heinz Handels², Tobias Hahn¹, Adam Maciak¹,
Olaf Schmidt, Kirsten Schwidrowski¹ und Siegfried J. Pöppel¹

¹Institut für Medizinische Informatik, Universität zu Lübeck, 23538 Lübeck

²Institut für Medizinische Informatik, Universität Hamburg, 20246 Hamburg
Email: heike.schmidt@imi.uni-luebeck.de

Zusammenfassung. Mit JAMIP (Java based Medical Image Processing Tool for Distance Learning) wird ein virtuelles Bildverarbeitungs-labor für den Einsatz in der Präsenzlehre und im Fernstudium, im Rahmen des Bmbf-geförderten Projekts „Multimediales Fernstudium Medizinische Informatik“, entwickelt. Das Programm integriert die in der Vorlesung vorgestellten Bildverarbeitungs-algorithmen und stellt neben der normalen Ausführung zur Demonstration des Ablaufs den sogenannten Animationsmodus zur Verfügung. Hierbei wird ein Algorithmus schrittweise multimedial animiert dargestellt. Des weiteren sind zum besseren Verständnis unterschiedliche Sichten auf die zugrundeliegenden Daten realisiert. So soll das System den Lehrenden in der Präsenzlehre bei der Vorstellung der Algorithmen unterstützen und dem Studierenden das Erlernen erleichtern.

1 Einleitung

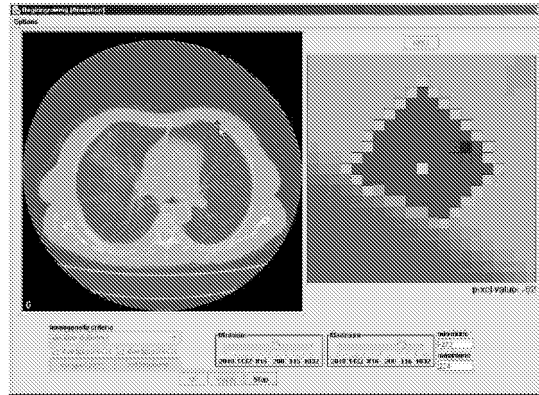
Die Entwicklung des Internet und des World Wide Web haben in den letzten Jahren auch den Bildungssektor nicht unbeeinflusst gelassen. Mit Hilfe der neuen Technologien ist es möglich geworden, die etablierten didaktischen Konzepte anders umzusetzen. Virtuelle Universitäten mit Online-Studiengängen sind entstanden, die ihre Lernangebote über interaktive, multimediale Dokumente zur Verfügung stellen. Neben HTML-Seiten mit Java-Applets, Grafiken, Videos und Ton werden immer mehr eigenständige Programme entwickelt, die dem Benutzer den Lerninhalt über Interaktion, Animation oder problembasierte Beispiele vermitteln sollen. Für Medizinstudenten gibt es in diesem Bereich bereits eine große Anzahl von Systemen, ein Beispiel ist das fallorientierte multimediale Lern- und Autorentsystem CASUS [1] der Ludwig-Maximilians-Universität München. Nur sehr wenige Programme existieren hingegen bislang für die Ausbildung im Bereich Medizinische Bildverarbeitung. Kommerzielle Systeme wie z.B. KHOROS [2] integrieren zwar viele Algorithmen, beschäftigen sich aber nur mit deren Anwendung, nicht mit deren Vermittlung. Mit ODITEB [3] hat die TU München ein Web-basiertes, offenes verteiltes Lehrbuch für die medizinische Diagnostik mit digitaler Bildgebung und Endoskopie im Internet erstellt,

das als Lern- und Nachschlagemedium für Mediziner und Informatiker dienen soll. Wie bei den Tutorials und Programmen der Biomedical Imaging Group [4] werden hier Bildverarbeitungsalgorithmen integriert und zum Ausprobieren zur Verfügung gestellt. JAMIP beinhaltet genau wie die zuvor erwähnten Programme Bildverarbeitungsalgorithmen, die an medizinischen Beispieldaten getestet werden können. Allerdings unterscheidet sich das System im Umfang, in der Art der Präsentation und der Ausrichtung. Es ist das erste Programm, das ausschließlich für die Ausbildung im Bereich der Medizinischen Bildverarbeitung entwickelt wird, daher umfasst es alle in der Vorlesung vorgestellten Algorithmen und ermöglicht neben deren normaler Ausführung auch eine Ansicht auf die internen Vorgänge beim Ablauf eines Algorithmus. Durch diese Darstellungsart soll einerseits den Fernstudenten die Funktionsweise der unterschiedlichen Operationen anschaulich erläutert und andererseits der Lehrende in der Präsenzlehre bei der Vorstellung der Routinen unterstützt werden. Trotz der großen Anzahl mittlerweile existierender Online-Studiengänge sowie verfügbarer e-learning-Materialien, gibt es bislang kein zu JAMIP vergleichbares Programm, das zu Lern- und Demonstrationszwecken in der Informatikerausbildung im Bereich der Bildverarbeitung entwickelt wird.

2 Darstellung des Programms

Das virtuelle Bildverarbeitungslabor JAMIP wurde als Java-basierte Anwendung entwickelt, die sich auf jedem handelsüblichen PC installieren lässt. Das Tool beinhaltet für die Anzeige und Bearbeitung medizinischer Bilddaten einen DICOM-Viewer sowie die Standardoperationen einer radiologischen Workstation wie das Zoomen, die Invertierung, die Level-Window-Operation, das Hineinlegen eines Zentimetermaßes, die Abstandsmessung und die Mittelwertermittlung in einer ROI. Für den Einsatz in der Präsenzlehre und im Rahmen des Fernstudien-Projekts wurden ausgewählte Bildanalysemethoden in das System integriert. Diese Algorithmen werden entweder in der Präsenzlehre in der Vorlesung erklärt oder in der Online-Fassung des Fernstudiengangs beschrieben. Bislang konnten folgende Bildverarbeitungsrouitinen in JAMIP eingebunden werden: das Volumen- und Bereichswachstumsverfahren, die Histogrammerzeugung, die Histogramm-basierte Segmentierung und Grauwerttransformation, Snakes, ausgewählte Methoden der Clusteranalyse, Kantenfilter wie Laplace, Prewitt, Sobel und der Differenzenfilter, als Glättungsfilter der Mittelwert- und der Gaußfilter sowie selbstdefinierte Filter.

Für die Ausbildung im Bereich der Medizinischen Bildverarbeitung im Rahmen des Nebenfachstudiums Medizinische Informatik spielt das Verständnis bzw. Erlernen der internen Abläufe der vorgestellten Algorithmen eine entscheidende Rolle. Aus diesem Grund wurden in JAMIP verschiedene Sichten und Darstellungsweisen integriert, die die Algorithmen schrittweise ausführen und Zwischenergebnisse anzeigen. Neben der „normalen“ Ausführung ist der sogenannte Animationsmodus entstanden, der eine Routine in ihre verschiedenen Berechnungsschritte unterteilt und diese dann auf einem vergrößerten Ausschnitt des Bildes

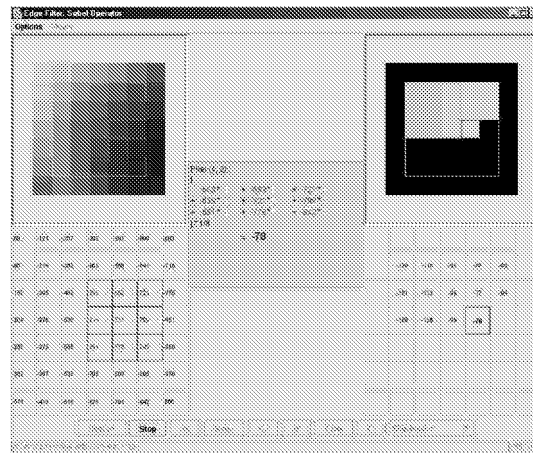
Abb. 1. Der Animationsmodus beim Regiongrowing

langsam und farblich markiert der Reihe nach ausführt. Zusätzlich verfügen die Algorithmen über verschiedene Optionen, wie beispielweise die Farbwahl, die Auswahl bestimmter Kriterien und Parameter oder das Abspeichern von Ergebnissen. Durch diese Interaktionsmöglichkeiten ist der Benutzer in der Lage, viele Effekte und Varianten auszuprobieren und wird so im Umgang mit den Bildverarbeitungsrouitinen geschult. Der folgende Abschnitt gibt anhand zweier Beispiele einen genaueren Einblick in diese besonderen Eigenschaften.

3 Beispiele

3.1 Umsetzung des Bereichswachstumsverfahrens

Das Bereichswachstumsverfahren ist ein halbautomatisches Bildsegmentierungsverfahren, bei dem ausgehend von einem vom Benutzer gewählten Saatpunkt Pixel unter Berücksichtigung eines Homogenitätskriteriums zum Segment hinzugefügt werden. Das Verfahren verfolgt den nachbarschaftsorientierten Ansatz, d.h. erfüllt ein Punkt das Homogenitätskriterium und gehört damit zum Segment, so werden auch seine Nachbarn auf Homogenität überprüft und gegebenenfalls dem Segment zugeordnet. So entsteht immer eine zusammenhängende Region. Das Homogenitätskriterium ist dabei als Ähnlichkeitsmaß zu verstehen. Es gibt an, wie ähnlich sich die Pixel eines Segmentes sein sollen. Dabei handelt es sich bei einkanaligen Bilddaten um Intervalle, in denen der Grauwert eines Pixels liegen muss. Zur Intervalldefinition besteht in JAMIP die Auswahl zwischen drei verschiedenen Modi: Der Benutzer kann zum einen über Schieberegler den minimalen und maximalen Grauwert festlegen. Zum anderen können die Intervallgrenzen unter Berücksichtigung der Standardabweichung σ und des Mittelwerts m des Saatpunktes und seiner Nachbarn berechnet werden. Die Intervallgrenzen sind dann folgendermaßen definiert: $i_{min} = m - s * \sigma$ und $i_{max} = m + s * \sigma$, wobei mit s ein Skalierungsfaktor angegeben wird. Die dritte zur Auswahl stehende Variante verwendet die Euklidische Distanz. Es werden diejenigen Bildpunkte dem

Abb. 2. Der Animationsmodus bei der Filterung.

Segment zuordnet, für die gilt: $\sqrt{(G(x, y) - m)^2} < r$, wobei r ein gegebener Radius ist und m den Mittelwert des Saatpunkts und seiner Nachbarpunkte bezeichnet.

Im Animationsmodus für das Bereichswachstumsverfahren erscheint ein Extrafenster, in dem das Originalbild neben einem vergrößerten Bildbereich des vom Benutzer definierten Saatpunktes dargestellt wird (siehe Abbildung 1). Nach Auswahl und Einstellung eines Homogenitätskriteriums, wird der Ablauf des Algorithmus schrittweise durch eine Betrachtung der einzelnen Pixel und ihrer jeweiligen Zuordnung ausgeführt. Dabei wird jedes Pixel, das das Kriterium erfüllt, rot und seine noch zu betrachtenden Nachbarn hellblau eingefärbt. Pixel, die betrachtet wurden und nicht zum Segment gehören, werden grün markiert und bilden so den Rand. Nach Ablauf des Algorithmus ist das gefundene Segment rot mit grünem Rand sowohl im Originalbild als auch im vergrößerten Bildbereich zu sehen.

3.2 Umsetzung der Faltung

In JAMIP sind – wie zuvor bereits erwähnt – verschiedene Kanten- und Glättungsfilter implementiert. Hier wird nun anhand des Sobel-Operators ein Beispiel für deren Umsetzung und Anwendung gegeben. Nach Aufruf des Sobel-Operators erscheint ein neues Fenster, das das Originalbild neben dem gefilterten Ergebnisbild anzeigt. Neben der vergrößerten Betrachtung dieser Bilder ist es nun möglich, sich die numerischen Pixelwerte in einer vom Benutzer gewählten ROI anzeigen zu lassen. Der Animationsmodus demonstriert dann den Ablauf der Faltung auf einem zuvor ausgewählten kleinen Bildausschnitt. Abbildung 2 zeigt diesen Modus, oben links ist der Ausschnitt des Originalbildes zu sehen, darunter die zugehörigen Pixelwerte. Die Berechnung der Faltung wird in der Mitte des Fensters angezeigt.

Nach jedem Schritt werden die errechneten Werte unten rechts in die Pixelwertabbildung des Ergebnisbildes eingetragen, während oben rechts der passende Grauwert erscheint. Mit der Profilansicht kann sich der Benutzer nach der Filterung den Grauwertverlauf entlang einer von ihm definierten Linie im Original- und Ergebnisbild darstellen lassen. Arithmetische Operationen zwischen den beiden Bildern sind ebenfalls möglich, so lassen sie sich voneinander subtrahieren, zueinander addieren, miteinander multiplizieren oder durcheinander dividieren. Zusätzlich zu den bereits in JAMIP implementierten Filtern kann der Benutzer mit einem Editor Filter frei definieren und anwenden. Dabei ist sowohl die Größe als auch die Anzahl der hintereinander zu verwendenden Filter frei wählbar.

4 Einsatz und Ausblick

Das virtuelle Bildverarbeitungslabors JAMIP wird im Rahmen des Bmbf-geförderten Projekts „Multimediales Fernstudium Medizinische Informatik“ und für die Präsenzlehre an der Universität zu Lübeck entwickelt. Dabei sollen den Studenten mit Hilfe dieses Programms die in der Vorlesung vorgestellten Bildverarbeitungsalgorithmen anschaulich demonstriert werden. In der Präsenzlehre konnte JAMIP zu diesem Zweck an der Universität zu Lübeck bereits in der Vorlesung „Grundlagen Medizinischer Bild- und Signalanalyse“ eingesetzt werden. Zu Evaluierungszwecken wurde das Programm außerdem auf CD-ROM gebrannt und zusammen mit einem Bewertungsbogen an die Studenten der Vorlesung ausgelegt. Das Ergebnis zeigte, dass sich bei der Installation und Anwendung keine Probleme ergaben, jedoch unbedingt eine Benutzeranleitung zur Verfügung gestellt werden sollte. Der Testeinsatz im Fernstudium steht kurz bevor, geplant ist zunächst die Einrichtung eines Downloads bevor ab dem Jahr 2004 CD-ROMs zusammen mit den Vorlesungsunterlagen verschickt werden.

Literaturverzeichnis

1. Simonsohn A, Fischer MR: Fallbasiertes computergestütztes Lernen in der Inneren Medizin an der Universität München – Erfolgreiche Integration oder überflüssiger Zusatz? In: Rechnergestützte Lehr- und Lernsysteme in der Medizin, Shaker, Aachen (2003), 231–242.
2. Argiro D, Young M, Kubica S, Jorgensen S: Khoros: An Integrated Development Environment for Scientific Computing and Visualization. In: Houstis E et al. (eds.): Enabling Technologies for Computational Science: Frameworks, Middleware and Environments. Kluwer Academic Publishers 2000, 147–157.
3. Horsch A, Balbach T, Hogg M et al.: The Case-based Internet Textbook ODITEB for Multi-modal Diagnosis of Tumors – Development, Features and First Experiences. In: Kokol P et al. (eds): Medical Informatics Europe '99, Proceedings of MIE99 conference, August 22-26,1999, Ljubljana, Slovenia, 513–516.
4. Sage D, Unser M: Easy Java Programming for Teaching Image Processing. In: Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'01), Thessaloniki, Greece, 2001, vol.3, 298–301.