

Aufbau einer effizienten Datenstruktur zum inhaltsbasierten Bilddatenbankzugriff mittels hierarchischem Merkmalsclustering

Autoren: Thies C, Fischer B, Güld MO, Lehmann TM, Spitzer K
Institut für Medizinische Informatik, RWTH Aachen.

Einleitung

Inhaltsbasierter Bilddatenbankzugriff erfordert eine formale Beschreibung von Bildinhalt in Form einer vergleichbaren Datenstruktur. Diese Beschreibung muss einerseits kompakt sein, da kurze Antwortzeiten bei einer Anfrage einen schnellen Vergleich des Datenbestandes voraussetzen, andererseits muss die Komplexität des Bildinhaltes erfasst werden. Gerade in der medizinischen Bildverarbeitung werden Bilder unter variablen Fragestellungen betrachtet. So kann bei einer MR-Aufnahmen des Herzens, dessen Form von diagnostischem Interesse sein oder aber dessen Substrukturen, wie z.B. die Ventrikel. Aus diesem Grunde wird eine hierarchieerhaltende Zerlegung des Bildes in alle visuell nachvollziehbaren Regionen benötigt, deren Berechnung nicht von Benutzerinteraktion abhängt. Der hier vorgestellte neue Algorithmus erhält ein Bild als Eingabe und liefert eine kompakte aber vollständige Extraktion aller visuell nachvollziehbaren Regionen in einer hierarchischen Graphenstruktur. Die Regionen ergeben sich dabei aus der Clusterung von optischen Merkmalen.

Material und Methode

Die Berechnung der hierarchischen Datenstruktur aus einem Bild erfolgt in einem zweistufigen Verfahren.

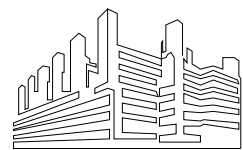
Im ersten Schritt wird jedem Pixel ein Merkmalsvektor zugeordnet, der neben dem Grauwert die lokale Textur- oder Kanteneigenschaft erfasst. Hierzu werden gegenwärtig die im Blobworld- Konzept [1] vorgestellten Attribute Polarität, Anisotropie und Kontrast berechnet.

Der zweite Schritt ist der eigentliche Algorithmus zur Berechnung der Datenstruktur: Zunächst werden die einzelnen Pixel als Knoten betrachtet und deren 4-Nachbarschaft als Kanten. Auf diesem planaren Graph findet nun eine Regionenverschmelzung statt. Dazu wird die Nachbarschaft mit der aktuell niedrigsten euklidischen Distanz der Merkmalsvektoren gesucht und alle Nachbarschaften mit dieser Distanz verschmolzen. Da in der Pixelebene geclustert wird, muss die Ausbildung einer Vorzugsrichtung bei der Verschmelzung verhindert werden. Dazu wird bei jedem Merge Schritt die transitive Hülle über alle Nachbarn mit gleichem Ähnlichkeitsmaß gebildet. Eine neu entstandene Region wird in der Folge mit dem Mittelwert der Merkmalsvektoren der beteiligten Subregionen beschrieben. Wenn alle Regionen für den aktuellen Schwellwert verschmolzen wurden, wird das neue globale Minimum bestimmt und die Regionenverschmelzung erneut durchgeführt. Dieser Prozess wird solange iteriert, bis eine letzte Region in Form des ganzen Bildes entstanden ist.

Das Ergebnis des Algorithmus ist eine Baumstruktur, deren Knoten die visuell signifikanten Bildregionen auf unterschiedlichen Auflösungsstufen erfassen, wobei die Baumkanten die Inklusionshierarchie reflektieren. Zusätzlich werden die Adjazenzen protokolliert, um lokale Topologien zu beschreiben. Regionen werden in Form von Knotenattributen durch invariante Merkmale wie dem zweiten Flächenmoment und die mittleren Texturwerte charakterisiert.

Ergebnisse

Ein typisches Problem von Region-Merging-Verfahren ist die Abhängigkeit von der Abarbeitungsreihenfolge. Dieses Problem wird durch die Berechnung der



transitiven Hülle gelöst und ermöglicht die Berechnung identischer Partitionierungen für transponierte Bilder.

Das vorgestellte Verfahren wird im Rahmen des IRMA Projektes zum Image Retrieval in Medical Applications entwickelt und soll in einer Datenbank aus der Routine in der klinischen Diagnostik angewandt werden. In dieser Datenbank fallen Bilder unterschiedlicher Modalität und Körperregion an. Daher muss das Verfahren sowohl auf verrauschten Röntgenbildern als auch MR-Schichten unterschiedliche Objektformen robust extrahieren. Dies wurde durch visuelle Evaluation ausgewählter Bilder durch Experten verifiziert

Die Größe der berechneten Datenstrukturen hängt von der Bildgröße und der Verteilung der Grauwerte in lokalen Umgebungen ab. MR-Bilder enthalten eher homogene Regionen, die in wenigen Schritten verschmolzen werden. Röntgenbilder sind verrauscht und führen daher zu mehr Teilregionen. Die Partitionierung eines Bildes von 200x200 Pixeln lieferte bei 20 getesteten Bildern durchschnittlich 19.000 Regionen und dauerte im Mittel 60 Sek. Legt man pro Knotenbeschreibung eine Größe von 200 Byte zugrunde, so belegt eine Partitionierung ca. 3,7 MB.

Diskussion/Schlussfolgerungen

Einfache Ansätze zum inhaltsbasierten Datenbankzugriff extrahieren globale Merkmale wie Histogramm- oder Texturmaße zur Bildinhaltsbeschreibung [2]. Medizinische Anwendungen erfordern jedoch eine differenzierte Betrachtung der abgebildeten Objekte. Dies wird durch Segmentierungsansätze ermöglicht. Systeme wie Blobworld [1] berechnen hierzu monoskalare Partitionierungen, die jedoch ebenfalls nicht den hierarchischen Charakter medizinischer Bildinformation abbilden können. Als Clusterverfahren werden vor allem EM-Clustering und Kernel Densities eingesetzt, die entweder eine vorgegebene Anzahl von Regionen erzeugen oder keine Hierarchie visuell signifikanter Regionen liefern können [3]. Das vorgestellte Verfahren integriert eine parameterfreie Merkmalsextraktion und unüberwachtes lokales Clustering zu einem neuen Ansatz, um eine hierarchische Zerlegung zu erzeugen. Die Qualität der Partitionierung muss in der Folge noch auf einem großen Datenbestand systematisch bewertet werden. Auch der betrachtete Merkmalsatz wird erweitert und im Hinblick auf seine visuelle Relevanz untersucht. Ferner sind eine Kompression der Datenstruktur, sowie geeignete Verfahren zum Graphvergleich zu realisieren.

Literatur

- [1] Belongie S, Carson C, Greenspan H, Malik J: Color- and texture-based image segmentation using the expectation-maximization algorithm and its application to content-based image retrieval; International Conference on Computer Vision, Mumbai, India, pp. 675--82, 1998.
- [2] Niblack W, Barber R, Equitz W, Flickner M, Glasman E, Petkovic D, Yanker P, Faloutsos C, and Taubin G: The QBIC project: Querying images by content using color, texture, and shape; Procs. SPIE 1908:173--187, 1993.
- [3] Pauwels EJ, Frederix G: Finding Salient Regions in Images; Computer Vision and Image Understanding, 75:73-85, 1999

