

Kurzfassung

In den vergangenen Jahren sind zahlreiche Verfahren für die dreidimensionale (3D) Visualisierung medizinischer Volumendaten entwickelt worden. Viele Anwendungen erfordern eine Segmentierung der Daten, damit Strukturen, die den Blick auf die interessierenden Objekte verdecken, bei der Darstellung ausgeblendet werden können. Für tomographische bildgebende Verfahren, die den Partial-Volumen-Effekt aufweisen, ist die Schwellwertsegmentation weit verbreitet. Bisher existieren jedoch keine Methoden für eine realistische Rekonstruktion der Objektoberfläche aus den in ihrer räumlichen Auflösung begrenzten Attributvoxeln, die die Objektzugehörigkeit beschreiben. Dies führt insbesondere bei starken Vergrößerungen zu „voxeligen“ Oberflächen. Ebenso sind bisher keine Methoden und Datenstrukturen veröffentlicht worden, die eine Kombination verschiedener Visualisierungstechniken wie Oberflächendarstellung, Maximum-Intensitäts-Projektion, Volume-Rendering oder die Darstellung interner Strukturen auf Schnittebenen sowie die Visualisierung multiattribuierter Objekte in einer einzelnen Ansicht ermöglichen, um die für einen bestimmten Zweck oder ein bestimmtes Objekt jeweils günstigste Darstellungsmethode auswählen zu können.

In dieser Arbeit wird ein neues Verfahren entwickelt, das auf der Basis der bekannten Strahlverfolgungsmethode für Volumendaten eine realistische Rekonstruktion der Objektoberflächen ermöglicht. Dies wird durch die Bestimmung der Attributwerte im Subvoxelbereich für jede reellwertige Abtastposition entlang einer geometrisch exakten Abtastung des Datenvolumens erreicht. Dazu wird die Nachbarschaft der Abtastposition untersucht und aus den verschiedenen angrenzenden Attributvoxeln dasjenige Objekt ausgewählt, das unter Berücksichtigung der ursprünglichen Schwellwertsegmentation am besten paßt. Die zugehörige Objektgrenze wird durch Interpolation entlang des Abtaststrahls berechnet. Durch die Lokalisation der Oberfläche im Subvoxelbereich wird wiederum eine verbesserte Abschätzung der Oberflächennormalen aus den Grauwertgradienten erzielt.

Mit Hilfe frei definierbarer Schnittebenen wird eine regionenbasierte Visualisierung realisiert, die beiderseits der Schnittebenen nicht nur ein selektives Entfernen oder Einfärben von Objekten ermöglicht, sondern auch die freie Kombination verschiedenartiger Darstellungsmethoden. Außerdem wird ein neues Konzept für die objektbezogene Visualisierung multiattribuierter Volumina, d. h. unter verschiedenen Gesichtspunkten segmentierte Daten, entwickelt, um Objekte aus verschiedenen Wissensdomänen beliebig logisch miteinander verknüpfen und darstellen zu können. Dieses Konzept ermöglicht auch die Darstellung multiparametrischer Datensätze wie z. B. die registrierten anatomischen Farbschnittbilder und Computer-Tomographie-Aufnahmen aus dem Visible-Human-Projekt. Für die Steuerung des Systems wird eine leicht erweiterbare Beschreibungssprache entwickelt, deren Skriptfähigkeit die Realisation komplexer Anwendungen und die Erzeugung von Animationen mit Hilfe einfach editierbarer Parameterdateien ermöglicht.

Die Qualität der neu entwickelten Methoden wird an einer Reihe von Beispielen demonstriert und erzeugt im Fall der anatomischen Schnittbilder aus dem Visible-Human-Projekt nahezu photorealistische Abbildungen. Die Multiattributierbarkeit wird anhand eines dreidimensionalen Hirnatlasses auf der Basis eines MR-Volumens mit den Wissensdomänen Morphologie, Funktionsareale und Blutversorgung gezeigt. Dabei lassen sich z. B. alle diejenigen Volumenelemente (Voxel) einfärben, die zu einer bestimmten Hirnwinding gehören, an einer bestimmten motorischen Funktion beteiligt sind und von einem bestimmten Blutgefäß versorgt werden. Für die Anwendung in der Strahlentherapie werden multiple Objekte aus den Domänen Morphologie, Dosisverteilung, Zielvolumina und Risikoorgane gleichzeitig visualisiert.

Die beschriebenen Methoden bilden den Kern des VOXEL-MAN-Visualisierungssystems und ermöglichen eine bisher nicht erreichte Flexibilität der 3D-Darstellung medizinischer Volumendaten. Das System wird in verschiedenen klinischen Anwendungen und in der Entwicklung von Ausbildungssystemen, wie dreidimensionalen anatomischen Atlanten, eingesetzt.