

Günstige Kamerapfade für medizinische Animationen

Konrad Mühler, Bernhard Preim

Institut für Simulation und Graphik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
muehler@isg.cs.uni-magdeburg.de

Kurzfassung. Bei der Planung von Operationen spielen interaktive Animationen eine wichtige Rolle. Zur ihrer Unterstützung wurde ein Verfahren zur verbesserten Planung von Kamerapfaden entwickelt, wobei besonderen Wert auf die Vermeidung ungewohnter Sichten und die Erhöhung der Informationen während der Kamerafahrt gelegt wurde. Außerdem konnte durch ein Verfahren zum Clustering von Kamerapositionen eine Reduzierung der anzufahrenden Positionen erreicht werden.

1 Einleitung

Animationen finden immer mehr Anwendung bei der chirurgischen Operationsplanung, der Dokumentation und Präsentation. Dabei werden zumeist 3D-Volumendarstellungen kritischer Strukturen genutzt, um räumliche Ausdehnungen und Zusammenhänge zwischen den Strukturen besser beurteilen oder erkennen zu können. Animationen können den Chirurgen bei der Exploration solcher Darstellungen direkt unterstützen, indem bspw. Übergänge zwischen zwei Sichten oder Darstellungsformen animiert werden. Dies erhöht die Übersicht und fördert die Orientierung des Chirurgen. Auch Animationen in Form automatisch generierter Videos sind hilfreich, wenn es darum geht, kritische Fälle in einer interdisziplinären Besprechung kompakt vorzustellen und interdisziplinär zu diskutieren. Ein drittes Anwendungsgebiet für medizinische Animationen ist der Bereich der Ausbildung. Hier werden bspw. mit Hilfe von Animationen einzelne Fälle aufbereitet präsentiert, unterstützt durch verschiedene Techniken wie textuelle Annotationen [1]. Bei der Erstellung von Animationen für den klinischen Alltag sind drei Aspekte von zentraler Bedeutung: 1) Die Animationen müssen möglichst automatisch erstellt werden, 2) Es müssen gute Sichtpunkte auf kritische Strukturen oder die gesamte Darstellung automatisch ermittelt werden und 3) die einzelnen Sichten müssen angemessen durch Kamerapfade verbunden werden. Die Punkte 1) und 2) wurden bisher schon gründlich untersucht. Wir widmen uns daher dem noch ungelösten Problem der Ermittlung angemessener Kamerapfade zur Verbindung guter Sichtpunkte.

1.1 Stand der Forschung

Es sind verschiedene Vorarbeiten zur Kamerapfadplanung in 3D-Szenen bekannt. Sokolov et al. [2] berechnen einen Pfad um eine Szene, der möglichst viele gute

Sichtpunkte enthält. Iserhardt-Bauer et al. [3] zeigen ein geclipptes 3D-Volume-rendering aus festen Sichten, die sie über standardisierte Pfade miteinander zu einem Video verbinden. Sokolov und Plemenos [4] zeigen während einer Kamerafahrt durch eine Szene ein Objekt solange, bis alle wesentlichen Informationen gezeigt wurden und schwenken dann zum nächsten Objekt. In [5] wurde ein Verfahren zur automatischen Kamerapositionierung für einzelne Strukturen in einer Darstellung vorgestellt. Dabei fließen unterschiedliche Parameter wie die sichtbare Fläche und die Wichtigkeit verdeckender Strukturen in die Berechnung einer optimalen Kameraposition ein. Jeder Parameter wird durch eine *parameter map* verkörpert, die die Werte eines Parameters für alle möglichen Kamerapositionen enthält. Zur Ermittlung der besten Kameraposition werden die einzelnen *parameter maps* gewichtet summiert. Das Maximum des Summenfeldes ist die neue Kameraposition.

2 Methoden

Die animierte Bewegung der Kamera in einer 3D-Darstellung kann in verschiedenen Situationen notwendig sein. So ist in einer automatisch wiedergegebenen Animation die Bewegung der Kamera offensichtlich. Aber auch während der Interaktion kann eine automatische Veränderung der Kameraposition erforderlich sein, wenn bspw. der Nutzer eine Struktur selektiert, woraufhin die Kamera automatisch zu einem guten Sichtpunkt auf diese Struktur bewegt wird. Dies spart dem Nutzer Zeit, da er nicht aufwendig selbst in der Darstellung navigieren muss. Ein Kamerapfad gilt aus unserer Sicht als angemessen, wenn er folgende Kriterien erfüllt: a) Der Betrachter muss zu jeder Zeit wissen, wo sich die Kamera gerade befindet, b) der Pfad sollte möglichst kurz sein, c) die Bewegung der Kamera sollte flüssig und angenehm sein, d) während der Kamerafahrt sollten keine ungewohnten Sichten eingenommen werden, e) es sollte stets ein Maximum an Informationen präsentiert werden. Um diesen Kriterien gerecht zu werden, haben wir ein existierendes Animations-Framework [6] um dezidierte Techniken zur automatischen Kamerapfadplanung erweitert.

2.1 Erhalt der Orientierung

Werden zwei Sichtpunkte animiert verbunden, so sind auch die dazwischen gezeigten Sichten von essenzieller Bedeutung. Wird in beiden Sichten sehr nah an die Strukturen herangezoozt, so muss während der Kamerafahrt herausgezoozt werden, um die Übersicht zu behalten. Ein Herauszoomen verlängert eine Kamerafahrt jedoch unnötig, wenn die beiden Sichtpunkte sehr nah beieinander liegen. Die Stärke des Herauszoomens ist daher abhängig von der zurückzulegenden Strecke. Sie hat ein Maximum bei einer Höhe, von der aus die gesamte Szene zu erkennen ist. Bei längeren Kamerafahrten wird zu Beginn auf die Maximalhöhe herausgezoozt, um anschließend für den weiteren Teil der Kamerafahrt die gesamte Szene als Orientierung zu sehen. Abschließend wird auf die Zielstruktur in die Szene gezoomt.

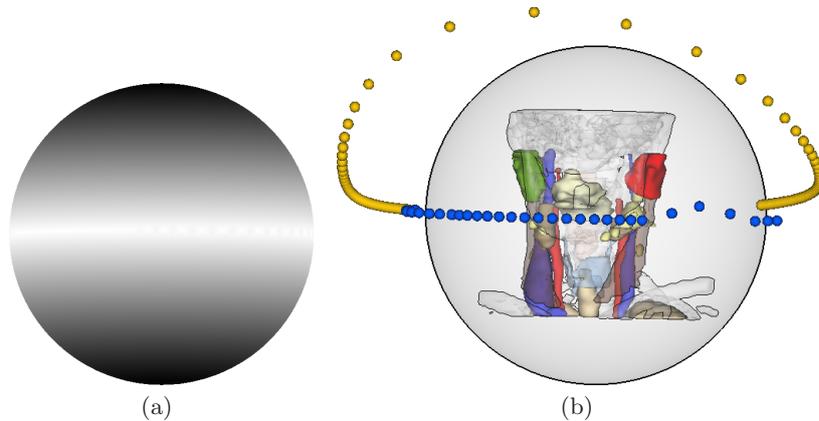


Abb. 1. (a): Parameterfeld einer Vorzugsblickrichtung, bei der Kamerapositionen am Äquator als beliebte Sichtrichtungen definiert sind. (b): Vergleich eines optimierten Kamerapfades (blau) mit dem kürzesten Weg (gelb). Der kürzere Weg führt nah an ungewünschten Sichten entlang der Pole, während der optimierte Pfad sich an der Vorzugsblickrichtung sowie den Sichtbarkeiten der Start- und Zielstruktur orientiert.

2.2 Orientierung an einer Vorzugsblickrichtung und den Sichtbarkeiten von Strukturen

Untersuchungen haben gezeigt, dass Ärzte bei der Exploration von 3D-Szenen bestimmte Blickrichtungen bevorzugen [5]. Diese gilt es bei Kamerafahrten zu berücksichtigen. So wird bspw. bei HNO-Operationsplanungen vermieden, dass die Kamera nah zu den Polen der szenenumgebenden Kugel bewegt wird, und so für den HNO-Chirurgen ungewohnt und somit störende Sichten entstehen. Das vorliegende Verfahren berechnet eine Kamerafahrt unter Berücksichtigung eines Parameterfeldes, welches zu jeder Kameraposition auf der szenenumgebenden Kugel einen Gütwert im Bezug auf die Vorzugsblickrichtung enthält. Dies können hohe Werte entlang des Äquators der Kugel und niedrige Werte an den Polen sein (Abb. 1(a)). Vom Startpunkt aus wird in Zielrichtung in einem Öffnungswinkel von 45° nach der jeweils nächsten Position im Bezug auf den Wert im Parameterfeld der Vorzugsblickrichtung gesucht, bis die Zielposition erreicht ist (Abb. 1(b)). Eine Glättung des Pfades vermeidet ruckartige Richtungsänderungen und erzeugt eine flüssige Kamerabewegung.

Befinden sich am Beginn und Ende einer Kamerafahrt Strukturen, deren Sichtbarkeit für alle Kamerapositionen bekannt ist, so fließt auch diese in die Pfadberechnung mit ein. Es kann so zusätzlich garantiert werden, dass die Kamera während des Fluges noch eine Zeit lang die bisherige Struktur von Interesse und später die Zielstruktur sieht und diese nicht den gesamten Flug über verdeckt sind. Die möglichst frühe und permanente Sichtbarkeit der Zielstruktur ermöglicht dem Betrachter schon früh eine Orientierung im Bezug auf die Zielstruktur. Dazu werden die Parameterfelder der Sichtbarkeitswerte mit dem Parameterfeld der Vorzugsblickrichtung gewichtet summiert. Ein Pfad, der nach

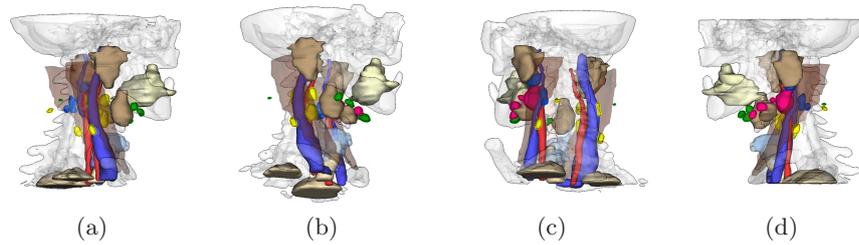


Abb. 2. Vier Sichten, die alle 18 Lymphknoten einer Visualisierung zur Planung von Lymphknotenausräumungen zeigen. Die Reduzierung von 18 auf 4 Sichten verkürzt Animationen erheblich und reduziert die Anzahl von Screenshots zur Dokumentation.

dem oben stehenden Prinzip generiert wird, garantiert so zusätzlich eine möglichst gute Sichtbarkeit der Strukturen von Interesse. Eine höhere Wichtung der Vorzugsblickrichtung sorgt dafür, dass dennoch keine ungewöhnlichen Sichten eingenommen werden.

2.3 Clustering von Kamerapositionen

Sollen mit der Kamera viele Strukturen nacheinander aus einer guten Sicht gezeigt werden, kann der gesamte Pfad schnell zu lang werden. Daher ist es angebracht, Sichtpunkte in der Art zusammenzufassen, dass möglichst mehrere Strukturen von einem Sichtpunkt aus gleichzeitig betrachtet werden können. Im Rahmen des vorgestellten Frameworks kommt dabei folgender Algorithmus zur Anwendung (Alg. 1):

- Grundlage des Verfahrens sind die *parameter maps* der Sichtbarkeit jeder Struktur, wie sie in [5] eingeführt wurden und die für jede Kameraposition auf einer umgebenden Kugel die Sichtbarkeit der Struktur gespeichert haben.
- Diese *parameter maps* werden an einem Schwellenwert von 70% Sichtbarkeit binarisiert, um nur noch solche Positionen mit einer Mindestsichtbarkeit zu erhalten (sichtbar=1, nicht sichtbar=0).
- Anschließend werden die Strukturen in einer Gruppe zusammengefasst, bei denen nach der Multiplikation ihrer binarisierten *parameter maps* noch mindestens eine Position mit 1 bewertet wird. Dies bedeutet, dass mindestens eine Position existiert, von der aus alle Strukturen einer Gruppe aus zu mindestens 70% sichtbar sind (Abb. 2).

3 Ergebnisse und Diskussion

Zur Unterstützung der automatischen Generierung von Animationen in medizinischen Visualisierungen wurde ein Verfahren zur verbesserten Planung von effizienten Kamerapfaden vorgestellt. Dabei wurde besonderen Wert auf die Vermeidung ungewöhnlicher Sichten und die Erhöhung der Informationsdichte während

Algorithmus 1 Algorithmus zum Clustering von Kamerapositionen.

Input: Alle Parameterfelder PM**Output:** n Listen von Strukturen S die jeweils zusammen sichtbar sind und dazugehörige n Parameterfelder CLUSTER

tresh=0.7; // Schwellenwert zur Binarisierung

n=0; // Initialisierung des Counters zum Zählen der Cluster

for all $PM_i \in PM$ **do**PMBIN $_i \leftarrow bin(PM_i, \text{tresh})$ // Binarisierung der PM

found = false;

for all CLUSTER $_j \in CLUSTER$ **do****if** $1 \in PMBIN_i * CLUSTER_j$ **then**CLUSTER $_j \leftarrow PMBIN_i * CLUSTER_j$;Füge i in die Liste S_j ein;

found = true;

end if**end for****if not** found **then**CLUSTER $_{n+1} \leftarrow PMBIN_i$;Füge i in die Liste S_{n+1} ein;**end if****end for**

des Fluges gelegt. Zusätzlich wurde durch ein Verfahren zum Clustering von Kamerapositionen erreicht, dass bei vielen zu inspizierenden Strukturen der Pfad erheblich gekürzt wird. Das Verfahren ist in mehreren Planungs- und Trainingssystemen integriert und erlaubt sowohl unterstützt dort neben der automatischen Videogenerierung auch das interaktive Pausieren einer Animation für mögliche individuelle Explorationen und eine anschließende Fortsetzung des Kamerafluges. **Danksagung:** Dieses Projekt wurde im Zusammenhang mit dem SOMIT-FUSION-Projekt durch das BMBF gefördert (FKZ 01-BE03B). Wir danken MeVis Medical Solutions Bremen für die Bereitstellung von MEVISLAB.

Literaturverzeichnis

1. Mühler K, Preim B. Automatic Textual Annotation for Surgical Planning. In: Vision, Modeling, and Visualization (VMV). Braunschweig; 2009. p. 277–284.
2. Sokolov D, Plemenos D, Tamine K. Viewpoint quality and global scene exploration strategies. In: GRAPP 2006; 2006. p. 184–191.
3. Iserhardt-Bauer S, Rezk-Salama C, Ertl T, Hastreiter P, Tomandl B. Automated 3D Video Documentation for the Analysis of Medical Data. In: Bildverarbeitung für die Medizin (BVM); 2001. p. 409–413.
4. Sokolov D, Plemenos D. Virtual world explorations by using topological and semantic knowledge. Visual Computer. 2008;24(3):173–185.
5. Mühler K, Neugebauer M, Tietjen C, Preim B. Viewpoint Selection for Intervention Planning. In: IEEE/Eurographics Symposium on Visualization; 2007. p. 267–274.
6. Mühler K, Bade R, Preim B. Adaptive script based animations for intervention planning. In: MICCAI; 2006. p. 478–485.