

Intelligente Industrieroboter

Implementierung eines Clusteringbasierten Verfahrens zur Visualisierung von Volumenmodellen

written by

Lukas Diewald

At the Department of Computer Science
Institute for Anthropomatics and Robotics (IAR) -
Intelligent Process Control and Robotics (IPR)

First reviewer: Prof. Dr.-Ing. habil. Björn Hein
Second reviewer: Prof. B

August 6, 2018

Todo list

| | |
|---|---|
| ■ Rewrite this seciton | 1 |
| ■ richtig bild zitieren u. evtl kleiner | 2 |
| ■ region growing | 2 |
| ■ besser schreiben | 4 |
| Figure: Please add some figures | 8 |

Executive Summary

English abstract.

Keywords: *Keywords, of, my, Thesis*

Contents

| | |
|---|-----------|
| 1. Introduction | 1 |
| 2. State of the art | 2 |
| 2.1. Eindimensionale Transferfunktionen | 3 |
| 2.2. Zweidimensionale Transferfunktionen | 3 |
| 2.3. Mehrdimensionale Transferfunktionen | 3 |
| 2.4. Räumliche Info | 5 |
| 2.5. Machine learning | 5 |
| 2.6. Clustering basierte Transferfunktionen | 5 |
| 2.7. Imagebased | 5 |
| 3. Methods | 6 |
| 4. Concept | 7 |
| 5. ImplementationImplementation | 8 |
| 6. Results | 9 |
| 7. Discussion | 10 |
| 8. Conclusion | 11 |
| Bibliography | 12 |
| Appendix | 14 |
| A. First Appendix Section | 14 |

1. Introduction

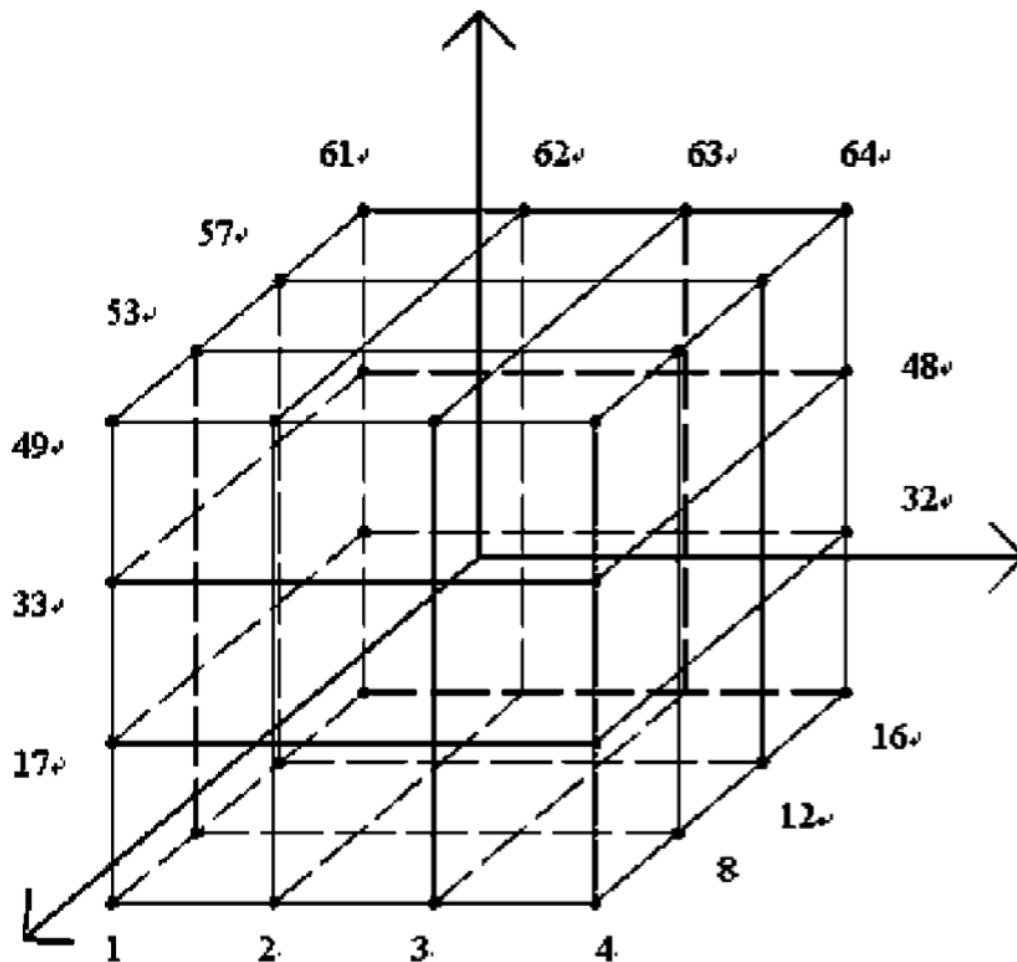
As an useful aid in all scientific work following book is recommended: [?]

Rewrite
this
seciton

2. State of the art

Im Paper von Hong [1] wird ein Approximationsbasiertes Verfahren zur Berechnung von Gradienten eines Volumens vorgestellt.

Hierbei ist zu beachten, dass der Gradient nicht für einen Voxel direkt berechnet werden kann. Der Gradient liegt im Falle eines dreidimensionalen Volumens im Zentrum eines Würfels, der von 4 benachbarten Voxeln aufgepasst wird. In Hong's Verfahren wird zur Berechnung die lokale 4x4x4 Nachbarschaft hinzugezogen.



Die Funktionen für die Intensitätswerte kann mit: $f(x, y, z) = Ax^2 + By^2 + Cz^2 + 2Fyz + 2Gzx + 2Hxy + 2Ix + 2Jy + 2Kz + D$ approximiert werden. Den dreidimensionalen Gradientenvektor n erhält man, indem man die Funktion ableitet: $n = (Ax + Gz + Hy + I, By + Fz + Hx + J, Cz + Fy + Gx + K)$.

Um den Gradienten zu Berechnen müssen die Parameter A,B,C,E,F,G,H,I,J,K berechnet werden. Diese werden mithilfe der Methode der kleinsten Quadrate berechnet.

Kindlmann und Durkin [2] - gradient

Bajaj Countour: [3] -1d

Correa und Ma Transferfunktion,basierend auf Größe [4], occlusion [5], visibility [6](später histogram[7])

Größe:

richtig
bild
zitieren
u. evtl
kleiner

Imagebased:

Wu and Qu proposed a system that uses editing operations and stochastic search of the transfer function parameters to maximize the similarity between volume-rendered images given by the user

Wu und Qu schlugen in ihrer Arbeit vor [8]

Das Gebiet der Transferfunktionen ist weit erforscht und es existieren bereits viele verschiedene Methoden und Herangehensweisen. In diesem Abschnitt wird ein Überblick über die unterschiedlichen Vorgehensweisen von Transferfunktionen gegeben. Dabei werden diese im Folgenden in die Kategorien: eindimensionale Transferfunktionen, zweidimensionale Transferfunktionen, mehrdimensionale Transferfunktionen, ... unterteilt. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass manche der hier vorgestellten Verfahren mehrere Kategorien verbinden.

2.1. Eindimensionale Transferfunktionen

Die einfachste Form der Transferfunktion, sind die eindimensionalen Transferfunktionen. In diesen, wird nur der Intensitätswert der Voxel in Betracht gezogen. Abgesehen von den niedrigen Berechnungszeiten, sind diese jedoch aus mehreren Gründen suboptimal. Medizinischen Daten werden gemessen und haben deshalb meist ein Rauschen, was die genaue Darstellung erschwert. Weiterhin sind die Intensitätswerte verschiedener Bereiche nah beieinander oder gar gleich und damit sind eindimensionale Transferfunktionen unpraktisch um verschiedene Materialien kenntlich zu machen. Trotzdem sind eindimensionale Transferfunktionen weit verbreitet und werden oft benutzt.

2.2. Zweidimensionale Transferfunktionen

Eine zweidimensionale Transferfunktion hat als Eingabeparameter zwei Werte. Oftmals werden hierbei der Gradient beziehungsweise dessen Länge und der Intensitätswert eines Voxels genommen.

In der Arbeit von Wesarg und Kirschner [9] [10] wird das Structure-Size-Enhanced Histogramm vorgestellt. geht es um die Benutzung von 2D Histogrammen für Transferfunktionen zur Unterscheidung von verschiedenen Gewebearten, die bei CT-Bildern ähnliche Grauwerte haben. Dabei wird für Voxel berechnet wie viele Schritte in die jeweilige Richtung der 26 Nachbarn gemacht werden kann, ohne, dass der Grauwert um mehr als eine gewisse Differenz verändert. Die Akkumulation aller Werte ergibt dann die Größe der Struktur. Hierbei wird zur weiteren Verbesserung nur der größere Wert zweier entgegengesetzter Richtungen genommen. Das Histogramm hat folglich als zwei Eingaben die Strukturgröße und den Grauwert.

2.3. Mehrdimensionale Transferfunktionen

Sereda baut seine Arbeit [11] auf den von Serlie [12] vorgestellten LH-Histogrammen auf und zeigt wie man mit ihnen Objekte klassifizieren kann. Die Berechnung eines LH-Histogramms ist eine Methode zur Erkennung von Kanten, unter der Verwendung von Low-

und High-Werten. Dabei werden die Voxel in zwei verschiedenen Kategorien eingeteilt. Es gibt Voxel, die innerhalb eines Materials liegen und welche, die an der Grenze zweier Materialien liegen. Ist ein Voxel innerhalb, so sind seine LH-Werte gleich. Grenzvoxel hingegen haben unterschiedliche Low- und High-Werte, wobei diese die Intensitätswerte der beiden Materialien, zwischen denen die Grenze verläuft, beschreiben.

Bei der Berechnung des Histogramms wird als erstes getestet, ob der betrachtete Voxel an einer Grenze liegt. Ein Punkt liegt innerhalb eines Materials, wenn die Länge des Gradienten kleiner als ein gewisses epsilon (bei MRT-Daten) oder gleich null (bei CT-Daten) ist. In diesem Fall wären die Low- und High-Werte der Intensitätswert des Voxels. Ist dies jedoch nicht der Fall, wird in Richtung (für die High-Werte) und entgegengesetzter Richtung (für die Low-Werte) des Gradientens schrittweise integriert. Dies stoppt sobald ein Material gefunden wurde. Dies wird für jeden Punkt im Volumen berechnet und danach aus allen LH-Werten ein Histogramm erstellt.

Zur Visualisierung benutzt Sereda eine dreidimensionale Transferfunktion. Diese nimmt die beiden LH-Werte als auch die Gradientenlänge, aus dem Grund, dass vor allem Voxel nah an der Grenze interessant sind und diese dadurch hervorgehoben werden, als Parameter entgegen.

Weiterhin verwenden die Forscher Regiongrowing um Strukturen zu erkennen. Dabei basiert die Kostenfunktion auf dem LH-Histogramm. Dies ist deutlich besser als Kostenfunktionen, die auf dem Intensitätswert und der Gradientenlänge basieren, da Kanten trotz Überlappungen besser erkannt werden können.

besser
schreiben

In einer späteren Arbeit [13] stellt Sereda ein hierarchisches Clusteringverfahren vor. Hierbei werden in einer Menge von Clustern immer die zwei gemerged, die sich bei dem ausgewählten Vergleichsverfahren am ähnlichsten sind. Es wird eine Kombination aus zwei solcher Vergleichsverfahren vorgestellt. Zum einen wird die räumliche Nähe in Betracht gezogen, bei der gezählt wird, wie viele direkte Nachbarn zwei Cluster besitzen. Zum anderen wird die Nähe im LH-Raum untersucht. Als Startcluster dienen hierbei die Kästchen des LH-Histogramms. Die einzelnen Cluster bekommen für die Visualisierung am Ende einen zufälligen Farbwert zugewiesen.

Die Arbeit von Shouren Lan [14] befasst sich mit der Verbesserung von 2D Transferfunktionen, die auf Skalarwerten und Gradienten (SG-TF) basieren. Genauer geht es darum das Problem vom Auftauchen von Überlappungen von Bereichen, die nicht zusammen gehören zu vermeiden.

Dabei wird im Paper zwischen 3 verschiedenen Arten von Strukturen unterschieden:

- (i) Strukturen, die keine andere Struktur berühren
- (ii) Strukturen, die keine andere Struktur berühren, jedoch nah an einer anderen liegen
- (iii) Strukturen, die andere Strukturen berühren

Wenn der Benutzer eine Region ausgewählt hat, werden zunächst alle Strukturen in dem Bereich klassifiziert und kleine Fragmente entfernt. Durch verschiedene Algorithmen werden Strukturen der Klasse (ii) durch Erosion, Dilatation, Aufteilen und neu zusammenfügen von einander getrennt. Strukturen der Klasse (iii) werden durch eine weitere niedrig dimensionale Transferfunktion getrennt. Anschließend werden durch das Aufteilen entstehende Löcher mit Hilfe von Dilatation gestopft. Als letztes wird durch eine Transferfunktion den Strukturen entsprechende Farben und Intensitäten zugewiesen.

2.4. Räumliche Info

2.5. Machine learning

2.6. Clustering basierte Transferfunktionen

Das Paper von Binh P. Nguyen [15] befasst sich mit dem Anwenden von Clustering auf einem Volumenmodell um mit Hilfe einer Transferfunktion medizinische Bilder effektiv und effizient darzustellen. In einem Vorverarbeitungsschritt wird für jeden Voxel der Gradient berechnet, und hinterher daraus die Lower und Higher Intensitätswerte. Anschließend wird aus diesen Daten ein LH Histogramm erstellt. In den ersten beiden Clusteringsschritten werden zunächst Voxel mit ähnlichen LH-Werten in Clustern zusammengefasst. Anschließend werden diese Cluster erneut in mehrere Cluster aufgeteilt, bei denen die Voxel auch im Raum nah beieinander liegen. Für diese beiden Schritte wird jeweils ein Parameter benötigt, der die maximale Distanz zum mittleren Voxel in einem Cluster bestimmt. Daraufhin werden alle Cluster hierarchisch gemerged, bis es nur noch einen gibt. Dabei werden immer die zwei paarweise räumlich am nächsten ausgesucht und es wird gespeichert welche Cluster gemerged wurden. Anschließend kann der Benutzer durch umkehren des Algorithmus entscheiden wie viel Cluster er haben möchte. Am Ende werden die Cluster mit verschiedenen Farben und Intensitätswerten versehen.

2.7. Imagebased

Eine weitere Art Transferfunktionen anzuwenden, sind Verfahren, die auf ?einem Bild? basieren. Hier hat der Benutzer die Möglichkeit, mit dem Programm zu interagieren. Dies ist für einen unerfahrenen User intuitiver und er kann durch ausprobieren ein gewünschtes Ergebnis erzielen.

Fang stellt in seinem Paper [16] ein Verfahren vor, bei dem die Transferfunktion eine Abfolge von verschiedenen 3D Bildverarbeitungsverfahren ist, deren Parameter vom Benutzer angepasst werden können.

Es gibt auch Methoden, bei denen ein Hilfswerkzeug zum Einsatz kommt. Zum Beispiel kann der Benutzer im Paper von Reitinger: [17] sich gezielt Bereiche des Volumens hervorheben lassen, indem er sie mit einem Stift auswählt. Hierbei wird die Intensität des ausgewählten Punktes als auch der räumliche Abstand zum Stift in Betracht gezogen.

3. **Methods**

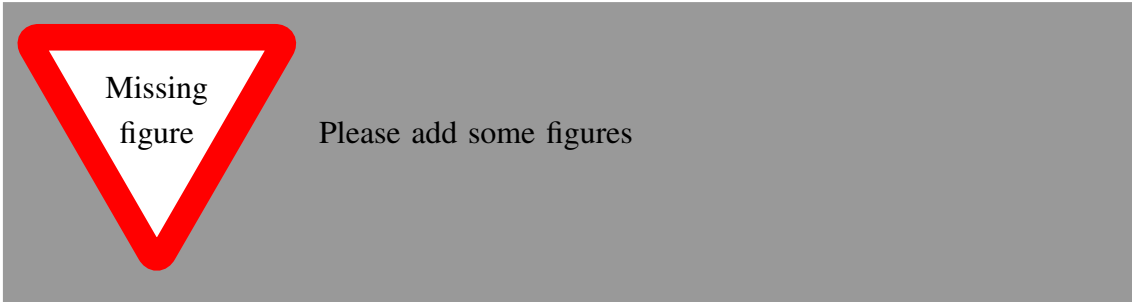
...

4. **Concept**

...

5. ImplementationImplementation

...



6. Results

...

| Object | Speed [cm/s] | Inner LR [cm] | Inner UR [cm] |
|----------------|------------------|-------------------|-------------------|
| <i>Pitcher</i> | real | n/a | 5.65 |
| | 4.60 | 3.71 ± 0.67 | 5.09 ± 2.23 |
| | 10.64 | 3.55 ± 0.57 | 6.14 ± 0.69 |
| Cookie O | real | 7.55 | 7.55 |
| | 4.60 | 6.98 ± 0.27 | 6.98 ± 0.27 |
| | 10.64 | 6.77 ± 0.26 | 6.77 ± 0.26 |

Table 1: Estimated objects inner parameters on different speeds compared to real sizes of the object. Inner LR stands for lower inner radius of the object and Inner UR for upper radius. The real value of inner lower radius for object *Pitcher* is very hard to be determined precisely, therefore the real value is marked with n/a .

7. Discussion

...

8. Conclusion

...

References

- [1] D.-h. Hong, G.-m. Ning, T. Zhao, M. Zhang, and X. Zheng, "Method of normal estimation based on approximation for visualization," *Journal of Electronic Imaging*, vol. 12, no. 3, pp. 470–478, 2003.
- [2] G. Kindlmann and J. W. Durkin, "Semi-automatic generation of transfer functions for direct volume rendering," in *Volume Visualization, 1998. IEEE Symposium on*. IEEE, 1998, pp. 79–86.
- [3] C. L. Bajaj, V. Pascucci, and D. R. Schikore, "The contour spectrum," in *Visualization'97., Proceedings.* IEEE, 1997, pp. 167–173.
- [4] C. Correa and K.-L. Ma, "Size-based transfer functions: A new volume exploration technique," *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, vol. 14, no. 6, pp. 1380–1387, 2008.
- [5] —, "The occlusion spectrum for volume classification and visualization," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 15, no. 6, pp. 1465–1472, 2009.
- [6] C. D. Correa and K.-L. Ma, "Visibility-driven transfer functions," in *Visualization Symposium, 2009. PacificVis' 09. IEEE Pacific.* IEEE, 2009, pp. 177–184.
- [7] —, "Visibility histograms and visibility-driven transfer functions," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 17, no. 2, pp. 192–204, 2011.
- [8] Y. Wu and H. Qu, "Interactive transfer function design based on editing direct volume rendered images," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 13, no. 5, pp. 1027–1040, 2007.
- [9] S. Wesarg and M. Kirschner, "Structure size enhanced histogram," in *Bildverarbeitung für die Medizin 2009.* Springer, 2009, pp. 16–20.
- [10] S. Wesarg, M. Kirschner, and M. F. Khan, "2d histogram based volume visualization: combining intensity and size of anatomical structures," *International journal of computer assisted radiology and surgery*, vol. 5, no. 6, pp. 655–666, 2010.
- [11] P. Sereda, A. V. Bartoli, I. W. Serlie, and F. A. Gerritsen, "Visualization of boundaries in volumetric data sets using lh histograms," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 12, no. 2, pp. 208–218, 2006.
- [12] I. Serlie, R. Truyen, J. Florie, F. Post, L. van Vliet, and F. Vos, "Computed cleansing for virtual colonoscopy using a three-material transition model," in *International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention.* Springer, 2003, pp. 175–183.
- [13] P. Sereda, A. Vilanova, and F. A. Gerritsen, "Automating transfer function design for volume rendering using hierarchical clustering of material boundaries," in *EuroVis*, 2006, pp. 243–250.
- [14] S. Lan, L. Wang, Y. Song, Y.-p. Wang, L. Yao, K. Sun, B. Xia, and Z. Xu, "Improving separability of structures with similar attributes in 2d transfer function design," *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, vol. 23, no. 5, pp. 1546–1560, 2017.

- [15] B. P. Nguyen, W.-L. Tay, C.-K. Chui, and S.-H. Ong, “A clustering-based system to automate transfer function design for medical image visualization,” *The Visual Computer*, vol. 28, no. 2, pp. 181–191, 2012.
- [16] S. Fang, T. Biddlecome, and M. Tuceryan, “Image-based transfer function design for data exploration in volume visualization,” in *Visualization’98. Proceedings*. IEEE, 1998, pp. 319–326.
- [17] B. Reitinger, C. Zach, A. Bornik, and R. Beichel, “User-centric transfer function specification in augmented reality,” 2004.

Appendix

A. First Appendix Section

ein Bild

Figure A.1: A figure

...