

Holographische Visualisierung der Leber mit markergestütztem Tracking an einem Phantom

Bachelorarbeit

Antonia Gerdes

Abteilung Translationale Chirurgische Onkologie
NCT Dresden

Erstgutachter: Prof. Dr.-Ing. Stefanie Speidel
Zweitgutachter: Dr.-Ing. Sebastian Bodenstedt
Betreuernder Mitarbeiter: Micha Pfeiffer

Bearbeitungszeit: Juli 08, 2019 – September 23, 2019



NATIONALES CENTRUM
FÜR TUMORERKANKUNGEN
PARTNERSTANDORT DRESDEN
UNIVERSITÄTS KREBSZENTRUM UCC



Ich versichere hiermit, die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt zu haben. Die verwendeten Hilfsmittel und Quellen sind im Literaturverzeichnis vollständig aufgeführt.

Dresden, den YY Monat, 20XX

Zusammenfassung

Short description of motivation, methods, results and discussion

Inhaltsverzeichnis

1	Readme	1
1.1	Getting Started	1
1.2	Figures and Images	1
1.3	Texmaker	1
1.4	General Hints	2
2	Einführung	3
2.1	Motivation	3
2.2	Ziele	3
2.3	3
3	Stand der Forschung	5
3.1	Augmented Reality in der Chirurgie	5
3.2	Hololens in der Chirurgie	5
3.3	Marker Tracking in der Chirurgie	5
4	Grundlagen	7
4.1	Mixed Reality	7
4.2	Head Mounted Displays	7
4.3	AR Tracking	8
4.3.1	Registrierung	8
4.3.2	Marker	8
4.3.3	Konkrete Marker Arten	8
4.4	Phantom	8
5	Methoden	11
5.0.1	Microsoft Hololens	11
5.0.2	Vuforia	11
6	Evaluation	13
7	Diskussion	15
	List of Figures	17
	List of Algorithms	19
	Bibliography	21

1. Readme

As a placeholder, here are some hints for writing. You can remove this chapter when writing your thesis (remove the line `\include{chapters/readme}` in `thesis.tex`).

Try to be done a week before your deadline so that your supervisor gets a chance to proofread before you hand in the final thesis.

1.1 Getting Started

- First, decide on the language - if you want to write in German, comment out the line '`\selectlanguage{english}`' in `thesis.tex`.
- We have Texmaker installed on most machines, but you can also use a Tex editor of your choice.

1.2 Figures and Images

- If possible, always use vector graphics.
- Recommended image formats: PDF, EPS, SVG
- If you want, you can use the Latex TIKZ package to draw beautiful, scaling images or graphs.
- Make sure that there is at least one reference to each figure and table somewhere in the text (use `\ref{}`).

1.3 Texmaker

You can use any Tex editor and compiler you want to, but here are some hints for Texmaker, which is installed on our system:

- Open `thesis.tex` and go to *Options->Define Current Document as 'Master Document'*. This will always compile the full document (even if you're editing a sub-chapter).
- Go to *Options->Configure Texmaker->Quick Build* to choose what the Quick Build command (F1) should do.

1.4 General Hints

- Cite using the `\cite{}` Latex command, and put the corresponding bibliography files into *bibliography.bbl*.
Example: The Dijkstra Algorithm
- You can emphasize important names in-line by using the `\emph{}` command.
- Introduce abbreviations when you first use them and consistently use them in the remainder of the text.

2. Einführung

This section should describe your motivation and general introduction to the topic as well as the goals of your work.

2.1 Motivation

2.2 Ziele

Getrackt werden soll das Phantom eines Torsos. Es sollen verschiedene Methoden des markerbasierten Trackings implementiert und ein Hologramm der Leber relativ zu den Markern platziert werden. Zu diesen Methoden zählt Vuforia Model Recognition mit einem Trained Model Dataset, bei der die Bauchplatte des Phantoms als Model Target (Marker) fungiert und von Vuforia getrackt wird. Weitere Marker sind Vuforia ImageTargets, ArUco Marker und kreisförmige Farbmarker. Bei diesen drei Methoden werden mehrere Marker auf dem Torso platziert.

Die Methoden sollen mit Hilfe der NDI Polaris evaluiert werden. Dazu soll dem Modell des Torsos eine Reihe an voneinander unterscheidbaren Modellen (farbige Kugeln o.Ä.) hinzugefügt werden, welche sowohl in die Polaris eingepflegt als auch mit der Hololens angezeigt werden. Diese Modelle werden von VersuchsteilnehmerInnen mit dem Pointer der Polaris angefahren. Aus den Positionsdaten des Pointers und den Positionsdaten des in die Polaris eingepflegten Modells lässt sich der Fehler der jeweiligen Methode berechnen.

2.3 ...

3. Stand der Forschung

Im Folgenden werden verwandte Arbeiten genannt, wobei besonderer Fokus auf Anwendungen mit der Microsoft Hololens gelegt wird. Weiterhin wird auf verschiedene Möglichkeiten der Registrierung, u.a. durch Marker Tracking eingegangen. Anschließend werden die verschiedene Marker Sorten und deren Vor- und Nachteile genannt.

3.1 Augmented Reality in der Chirurgie

Birkfellner et al. [1] nutzen als HMD ein um AR-Fähigkeit erweitertes Varioscope von Life Optics.

Bei *INPRES* (intraoperative presentation of surgical planning and simulation results)[] wurde als HMD die Optische-Durchsicht-Brille Sony Glasstron verwendet.

3.2 Hololens in der Chirurgie

Liebmann et al. [2] nutzen die Hololens

Rae et al. [3] nutzen die Hololens, um die Platzierung von Bohrlöchern auf dem Schädel anzuzeigen. Mit dem Tool 3D Slicer wird ein 3D Modell erstellt und Marker sowohl an den gewünschten Bohrpunkten als auch an Registrierungspunkten platziert. Die Registrierung des 3D Modells via Hololens mit dem Phantom erfolgt über die manuelle Positionierung der ersten Markers. Die Abstände zwischen den Markern sind fix, sodass die beiden anderen Marker vom Chirurgen an die gewünschte Stelle rotiert werden. Anschließend können vom Chirurgen kleinere Anpassungen in der Positionierung vorgenommen werden. Bei dem gesamten Vorgang wird auf die korrekte Einschätzung des Chirurgen vertraut.

3.3 Marker Tracking in der Chirurgie

4. Grundlagen

Description of theoretical concepts which are required to understand the rest of the thesis.

Describe the concepts in enough detail so that other computer scientists can understand your methods in the next chapter. Go into enough detail so that the concept can be easily understood, but don't write a reference book! Instead, give proper sources and citations so the reader can look up further details if they want to.

4.1 Mixed Reality

Der Begriff *Mixed Reality* (MR) wurde zuerst von Milgram und Kishino [4] beschrieben. Dabei handelt es sich um ein Spektrum, welches sich zwischen der realen und der virtuellen Welt aufspannt (siehe Abb.4.1). Unter der virtuellen Welt wird hierbei die *Virtuelle Realität* (VR) verstanden, welche sich dadurch kennzeichnet, dass der Nutzer vollständig in eine digitalisierte Umgebung eintaucht, ohne seine reale Umwelt direkt wahrnehmen zu können. Auf dem MR Spektrum sind reale und virtuelle Welt unterschiedlich stark miteinander verschmolzen. Bei der *Augmented Reality* (AR) werden der realen Welt virtuelle Objekte, wie bspw. der Avatar einer sich nicht im Raum befindlichen Person, hinzugefügt [5]. Bei der *Augmented Virtuality* (AV) werden ausgehend von der virtuellen Welt Eigenschaften des realen Raumes übernommen, wie etwa Hindernisse [5].

Heutzutage wird die MR nicht nur durch die Art des verwendeten Bildschirms beschrieben, sondern zusätzlich durch die Fähigkeit des Geräts, sich im Raum lokalisieren zu können und bspw. Geräusche räumlich korrekt wiedergeben zu können [5].



Abb. 4.1: Mixed Reality Spektrum nach Milgram und Kishino [4]

4.2 Head Mounted Displays

Um virtuelle Objekte in der realen Welt anzeigen zu können, werden Displays benötigt. Neben Displays, welche in der Hand gehalten werden und stationär befestigten Displays,

gibt es *Head Mounted Displays* (HMDs). Sie werden ähnlich einer Brille auf dem Kopf getragen, das Display befindet sich vor den Augen des Nutzers. Im Bereich AR wird zwischen *video see-through HMD* (VST-HMD) und *optical see-through HMD* (OST-HMD) unterschieden.

Bei VST-HMDs wird ein Video der Umwelt aufgenommen, in welches die virtuellen Objekte mittels Methoden der Computer Vision pixelgenau eingefügt werden [6]. Es tritt keine Zeitverzögerung zwischen Bild der realen Welt und dem darauf angezeigtem virtuellem Objekt auf. Mittels Tiefenkameras kann eine korrekte räumliche Überlagerung von virtuellen Objekten durch reale Objekte garantiert werden. Ein Nachteil von VST-HMDs ist die Tatsache, dass der Träger des HMDs die Welt nur über das Video wahrnimmt und es so zu Problemen aufgrund von begrenzter Auflösung und zeitlicher Verzögerung zwischen realer Welt und Video kommen kann [6].

OST-HMDs hingegen sind Displays, welche durchsichtig sind und so den Blick auf die reale Umgebung ermöglichen. Dadurch gibt es keine Zeitverzögerung zwischen realer Welt und Szene, die der Nutzer sieht, mehr. Allerdings kann es nun zur zeitlichen Verzögerung im Rendering des virtuellen Objektes kommen. Ein weiteres großes Problem ist das Registrieren der virtuellen Objekte mit der Umwelt, da bei OST-HMDs zum positionieren dieser Objekte keine Methoden der Computer Vision verwendet werden können [6]. Die in dieser Arbeit verwendete Microsoft Hololens lässt sich zu den OST-HMDs zählen.

4.3 AR Tracking

Einführungstext

4.3.1 Registrierung

Im medizinischen Bereich ist es wünschenswert, verschiedene Datensätze, welche bspw. durch unterschiedliche Bildgebende Verfahren oder zu verschiedenen Zeitpunkten im Krankheitsverlauf entstanden sind, in Übereinstimmung zu bringen. So können die Datensätze gleichzeitig angezeigt werden, was die Interpretation erleichtert und das aufwändige Wechseln zwischen den verschiedenen Medien vermeidet. Dies ermöglicht eine Verbesserung von Diagnose, Planung und Therapie. Dieser Prozess des in-Übereinstimmung-bringens wird *Registrierung* genannt.

In der AR bezieht sich der Begriff Registrierung auf das Problem, die Objekte der virtuellen und realen Welt miteinander in Einklang zu bringen [7]. Es werden *Ankerpunkte* (Anchor) benötigt, um die Hologramme am korrekten Ort anzuzeigen und dort zu halten, selbst wenn der Nutzer sich im Raum bewegt. Als Anchor können u.a. reale Objekte im Raum, bspw. Image Marker aus Papier, genutzt werden [6]. Nach der initialen Registrierung, bei welcher die Position und Rotation des Nutzers in Relation zum Anchor bestimmt werden, müssen diese kontinuierlich aktualisiert werden, da der Nutzer sich im Raum bewegt [6]. Im Folgenden werden verschiedene Methoden zum Tracken von Markern genannt.

4.3.2 Marker

-was sind marker -verschiedene marker arten -optical marker

4.3.3 Konkrete Marker Arten

4.4 Phantom

Unter einem *Phantom* wird in der Medizin die Nachbildung eines Organs verstanden, an welchem Übungen und Experimente durchgeführt werden können. Das in dieser Arbeit

Phantom ohne Marker

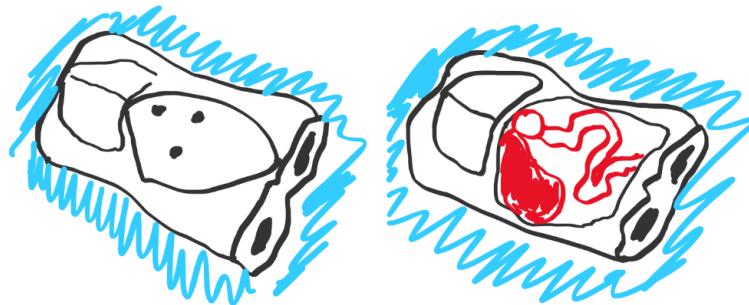


Abb. 4.2: Open-HELP Phantom mit und ohne Bauchdecke

verwendete Phantom ist das *open-source Heidelberg laparoscopic phantom* (Open-HELP). Es wurde nach dem CT-Scan des Torsos eines männlichen Patienten modelliert [8]. Der Torso enthält naturgetreue Organe und eine abnehmbare Bauchdecke (siehe Abb.4.2).

aeijwoieiqoeuwieuowieu

5. Methoden

Description of your used methods, algorithms and the actual work you did. This is often the longest and most detailed chapter...

5.0.1 Microsoft Hololens

-specs -Wie findet sich die hololens im raum zurecht (inside out tracking) -koordinatensysteme
-unity -MRToolkit

5.0.2 Vuforia

-model targets -image targets

6. Evaluation

Description of your evaluation and its results. Interpretation of these results should go in the next chapter.

7. Diskussion

Discussion/Conclusion section. Some questions to think about while writing this section:

- What is the outcome of your evaluation?
- Did it meet the required goals defined in chapter 2? Why/Why not?
- How can future work improve on your work?

Abbildungsverzeichnis

4.1	Virtuality Continuum	7
4.2	Virtuality Continuum	9

List of Algorithms

Literaturverzeichnis

- [1] W. Birkfellner, M. Figl, K. Huber, F. Watzinger, F. Wanschitz, J. Hummel, R. Hanel, W. Greimel, P. Homolka, R. Ewers, and H. Bergmann, “A head-mounted operating binocular for augmented reality visualization in medicine - design and initial evaluation,” *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 21, no. 8, pp. 991–997, Aug. 2002.
- [2] F. Liebmann, S. Roner, M. von Atzigen, D. Scaramuzza, R. Sutter, J. Snedeker, M. Farshad, and P. Fürnstahl, “Pedicle screw navigation using surface digitization on the Microsoft HoloLens,” *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, vol. 14, no. 7, pp. 1157–1165, Jul. 2019. [Online]. Available: <http://link.springer.com/10.1007/s11548-019-01973-7>
- [3] E. Rae, A. Lasso, M. S. Holden, E. Morin, R. Levy, and G. Fichtinger, “Neurosurgical burr hole placement using the Microsoft HoloLens,” in *Medical Imaging 2018: Image-Guided Procedures, Robotic Interventions, and Modeling*, vol. 10576. International Society for Optics and Photonics, Mar. 2018, p. 105760T. [Online]. Available: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/10576/105760T/Neurosurgical-burr-hole-placement-using-the-Microsoft-HoloLens/10.1117/12.2293680.short>
- [4] P. MILGRAM and F. KISHINO, “A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays,” Dec. 1994. [Online]. Available: https://search.ieice.org/bin/summary.php?id=e77-d_12_1321
- [5] B. Bray, v stdemo, J. McCulloch, N. Schonning, and M. Zeller, “What is mixed reality? - Mixed Reality.” [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/mixed-reality>
- [6] M. Billinghurst, A. Clark, and G. Lee, “A Survey of Augmented Reality,” *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, vol. 8, no. 2-3, pp. 73–272, Mar. 2015. [Online]. Available: <https://www.nowpublishers.com/article/Details/HCI-049>
- [7] R. T. Azuma, “A Survey of Augmented Reality,” *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, no. 4, pp. 355–385, Aug. 1997. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- [8] “OpenHELP (Heidelberg laparoscopy phantom): development of an open-source surgical evaluation and training tool | SpringerLink.” [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00464-015-4094-0>