

TrackNDrums - ein virtuelles Schlagzeug auf der Basis eines 3D-Tracking-Systems unter Verwendung zweier Wiimotes

Marcus Krejpowicz, Song Thuy Nguyen, Martin Zavesky, Rainer Groh

Technische Universität Dresden
Fakultät Informatik
Professur Mediengestaltung
D-01062 Dresden
s4135041@inf.tu-dresden.de
rg5@inf.tu-dresden.de

Abstract: Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Theorie und Implementierung einer C# Bibliothek zur Realisierung eines 3D-Trackingsystems. Neben der Kamerakalibrierung und Triangulation wird auch auf die eingesetzte Hardware eingegangen, welche sich lediglich aus zwei Wiimotes und einigen wenigen LEDs zusammensetzt. Abschließend wird die Funktionsweise anhand eines virtuellen Schlagzeugs demonstriert und es werden Anregungen für weitere Anwendungsfälle gegeben.

1 Motivation

Die Publikationen von Johnny Lee zum Einsatz der Nintendo Wiimote Controller haben für weltweites Aufsehen gesorgt und damit eine Vielzahl von Menschen zu neuen Projekten inspiriert (vgl. [Lee]). Darunter auch eine Gruppe von Studenten der Cambridge University. Sie zeigte, dass sich die in den Wiimotes verbauten IR-Sensoren für die Umsetzung eines optischen 3D-Tracking-Systems eignen (vgl. [Ha08]). Die dabei erreichte Genauigkeit beläuft sich auf ± 1 mm. Preislich stellt dieses System eine für einfache Tracking-Anwendungen interessante Lösung dar. Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, diese Lösung durch die Entwicklung eines geeigneten Frameworks für andere Projekte nutzbar zu machen und anhand dessen Einsatzmöglichkeiten von Tracking-Systemen speziell zur Interaktion zwischen Mensch und Computer aufzuzeigen. Der erste Teil dieser Arbeit beschäftigt sich mit der Theorie des optischen 3D-Trackings sowie den damit verbundenen Grenzen und Problemen. Im zweiten Teil wird das Framework näher betrachtet, wobei der Fokus auf der Kommunikation und Synchronisation der Wiimotes liegt. Weiterhin werden wichtige Hardware-Details erläutert, welche bei der Konstruktion zu beachten sind. Abschließend wird im letzten Teil eine erste „spielerische“ Anwendung namens TrackNDrums präsentiert sowie weitere Einsatzmöglichkeiten speziell für die Virtualisierung von Musikinstrumenten.

2 Kamerakalibrierung, Triangulation und Bildpunktwerkung

Die Grundlage für das 3D-Tracking bildet die Triangulation, ein in der Messtechnik angewandtes Verfahren zur Bestimmung der Position entfernter Objekte im Raum. Voraussetzung hierfür sind zwei oder mehr Kameras, deren Positionen und Ausrichtungen zueinander bekannt sind. Um diese zu bestimmen, muss im Vorfeld eine Kamerakalibrierung durchgeführt werden. Bei der Kamerakalibrierung werden neben den extrinsischen Parametern (Position und Ausrichtung zueinander) auch die intrinsischen Parameter des Kamerasystems bestimmt. Diese geben Auskunft über Brennweite, Hauptpunkt und Verzerrungswerte der einzelnen Kameras. Erst durch diese Werte kann überhaupt eine relativ genaue Positionsermittlung gewährleistet werden. Dazu werden zeitgleich mehrere Aufnahmen einer Referenzplatte in unterschiedlichen Ausrichtungen gemacht. Die Referenzplatte bildet dabei eine festgelegte Anordnung von Punkten, dessen Positionen zueinander bekannt sind. Mit Hilfe der Methode von Zhang lassen sich aus diesen Aufnahmen anschließend die entsprechenden Parameter berechnen (vgl. [Zh98]). Die Triangulation läuft in drei Phasen ab. In Phase 1 wird der aufgenommene Bildpunkt mit Hilfe der intrinsischen Parameter entzerrt und anschließend in das Welt-Koordinatensystem umgerechnet. Weiter wird in Phase 2 eine Gerade durch den Ursprung der Kamera und den ermittelten Bildpunkt gelegt. In der letzten Phase wird der Schnittpunkt zwischen zwei solchen Geraden und damit auch die Position im Raum bestimmt. Da sich diese Geraden aufgrund von Messungenauigkeiten und Rundungsfehlern nicht in jedem Fall schneiden müssen, wird in der Praxis anhand des minimalen Abstands zwischen beiden die Position berechnet. Hierbei sei noch einmal darauf hingewiesen, dass sich die Triangulation in dieser Arbeit nur auf die Bestimmung eines Punktes bezieht. Bei mehr als einem Bildpunkt muss das System in der Lage sein, die unterschiedlichen Bildpunkte einander entsprechend zuzuordnen. Dabei lässt sich die Zuordnung nicht allein durch die Positionen ermitteln. Die Folge ist eine falsche Positionsbestimmung. Dieses Problem muss für Mehrpunktsysteme gelöst werden, um eine praktische Anwendung zu ermöglichen.

3 Das Framework und Hardware

Das Framework wurde speziell für den Einsatz der Wiimote Controller entwickelt und gliedert sich in zwei Komponenten, den CalibrationManager und den TrackingManager. Der CalibrationManager basiert auf dem EasyCalibrationTool von Zhang und dient zur Ermittlung der extrinsischen und intrinsischen Kameraparameter, welche vom TrackingManager benötigt werden. Die Hauptaufgabe besteht dabei im Auslesen und Mapping der Bildpunkte auf die entsprechenden Ecken der Referenzplatte. Die Berechnung wird durch das EasyCalibrationTool durchgeführt. Zur besseren Wiederverwendbarkeit, können diese Daten exportiert und später entsprechend importiert werden. Somit muss das System in der Regel nur einmal kalibriert werden.

Die Kommunikation zwischen Wiimote und Framework wird mit Hilfe der WiimoteLib via Bluetooth realisiert und funktioniert nach dem Pull-Prinzip, was bedeutet, dass die Positionen der Bildpunkte in regelmäßigen Abständen zeitgleich ausgelesen und anschließend verarbeitet werden. Durch die Aufnahme­frequenz von 100Hz ist eine Synchronisation beider Controller nicht notwendig. Die Wiimotes sind in der Lage bis zu 4 Infrarotlichtquellen gleichzeitig zu erfassen, womit theoretisch auch ein Tracking von 4 Punkten möglich ist. Das Problem besteht allerdings, wie schon erwähnt, in der Zuordnung der einzelnen Bildpunkte, wodurch sich das Framework zunächst nur auf ein Punkte-Paar beschränkt. Jedoch wurde bei der Entwicklung vor allem Wert auf die Erweiterbarkeit gelegt. Somit lassen sich einzelne Teile des Algorithmus, wie zum Beispiel die Zuordnung und Erkennung von Punkte-Paaren später austauschen oder erweitern. Als Implementierungssprache wurde C# verwendet. Die Gründe bestehen in der Laufzeitgeschwindigkeit und in den verfügbaren Frameworks und Werkzeugen (z.B. Visual Studio oder das XNA-Framework). Neben dem eigentlichen Framework wurde zusätzlich ein Kalibrierungstool implementiert. Die dafür verwendete Referenzplatte bestand aus einer Streifenrasterplatine im Standardformat 100x160mm, welche mit kleinen SMD-IR-Dioden bestückt wurden. Diese besitzen einen besonders hohen Abstrahlwinkel, wodurch die Referenzplatte in fast jeder Lage sichtbar bleibt. Weiterhin wurden spezielle Stative gebaut, welche einen Aufbau wie in Abbildung 1 erlauben. Durch den Kalibrierungsvorgang des Frameworks sind jedoch auch andere Anordnungen möglich und können je nach Anwendungsbereich entsprechend gestaltet werden.

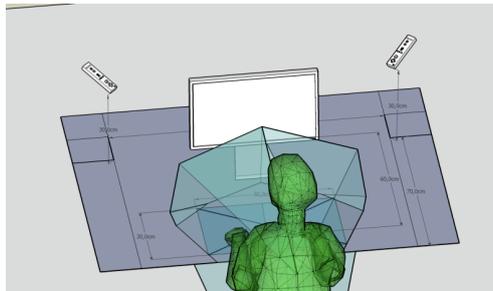


Abbildung 1: Grundlegender Aufbau des 3D-Tracking-Systems mit 3D-Interaktionsraum des Nutzers

4 Das Anwendungsbeispiel „TrackNDrums“

Die entwickelte Anwendung „TrackNDrums“ simuliert ein virtuelles Schlagzeug mit 4 Tom-Toms und einem Becken (vgl. Abbildung 2). Die Spitze des virtuellen Drumsticks wird durch eine rote Kugel dargestellt. Der Nutzer kann den virtuellen Drumstick mittels einer Infrarotquelle im 3D-Interaktionsraum vor dem Bildschirm räumlich steuern. Als günstiges Eingabegerät hat sich, neben an den Finger des Nutzers befestigten LED's, ein Stift mit LED-Spitze erwiesen. Durch eine anfängliche Kalibrierung auf die Eingabefläche vor dem Bildschirm, kann das System so eingestellt werden, dass die Ausrichtung der Achsen in der 3D-Visualisierung der realen Achsenausrichtung des

Eingabebereiches entspricht. Die Position der einzelnen Trommeln kann durch den Nutzer innerhalb des 3D-Interaktionsraums frei festgelegt werden. Dieses Konzept ist nützlich zur Erstellung von räumlichen Interfaces. Neben klassischen Eingabeformen, die in der Ebene funktionieren (zum Beispiel eine Klaviertastatur), können mit diesem System auch räumlich verteilte Eingaben, wie beispielsweise beim Schlagzeug, realisiert werden. Für diese Umsetzungen können spezielle räumliche Aktionszonen „Raum-Buttons“ definiert werden, an die die gewünschte Funktionalität zum Beispiel eine spezieller Ton angebunden ist. Eine Anordnungsmöglichkeit dieser sogenannten „Raum-Buttons“ in mehreren Ebenen übereinander oder speziellen Raumstrukturen stellt eine wesentliche Neuerung zur Gestaltung von Interfaces dar. Der Raum an sich eignet sich ebenfalls zur stufenlosen Eingabe, Systeme wie das Theremin können simuliert und konzeptionell weiterentwickelt werden (vgl. [Gle02]). Auch sind Einsatzformen wie ein virtuelles DJ-Pult durch dieses System möglich.

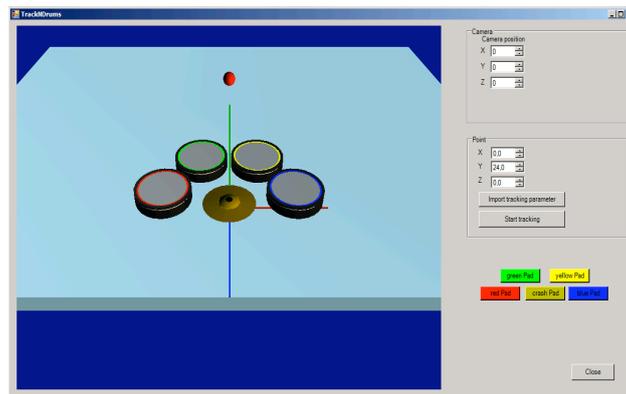


Abbildung 2: Screenshot TrackNDrums

Literaturverzeichnis

- [Ha08] S. Hay, J. Newman, R. Harle: Optical Tracking Using Commodity Hardware, Technical Report, Digital Technology Group, Computer Laboratory, University of Cambridge, UK, 2008
- [Lee] <http://johnnylee.net/projects/wii> (Stand 07.07.2009)
- [Gle02] Glettler, J.: Theremaniac - Bringing Leon Theremin and his instrument from the twenties to the twenty first century, MIT Department of Physics, 2002, http://www.mit.edu/~glettler/resume/undergrad/phys489_Theremaniac.pdf
- [Zh98] Z. Zhang: A Flexible New Technique for Camera Calibration, Technical Report, Microsoft Research, Redmond, USA, 1998 <http://research.microsoft.com/en-us/um/people/zhang/calib/>
- [WSp] <http://wiibrew.org/wiki/Wiimote> (Stand 07.07.2009)