

Whitepaper

Multi-Touch-Gesten für 3D-Objekte



Multi-Touch-Gesten für 3D-Objekte

Konzepte zur intuitiven Bewegung von 3D-Objekten mithilfe von Gesten

Die breite Akzeptanz von Smartphones und Tablets führt zu einer erhöhten Nachfrage nach Lösungen auf Basis der Multi-Touch-Technologie in industriellen und medizinischen Anwendungsbereichen.

infoteam hat gemeinsam mit Kunden diesen Bedarf ermittelt und Konzepte zur Interaktion mit 3D-Objekten mithilfe von Gesten evaluiert und implementiert. Im vorliegenden Whitepaper werden Bedienkonzepte, deren Grundlagen und Umsetzung sowie die Ergebnisse aus der Benutzerbefragung vorgestellt.

1 Einführung und Motivation

Multi-Touch-Displays werden derzeit vor allem in mobilen Geräten, wie Smartphones und Tablets eingesetzt. Infolge der hohen Verbreitung dieser Geräte haben sich die hierfür implementierten Bedienkonzepte implizit zu Standards entwickelt. Dazu zählen Zoomgesten zum Verkleinern und Vergrößern von Inhalten und Wischgesten zum Blättern.

Durch Berührung steuerbare Anwendungen stoßen nicht zuletzt wegen ihrer einfachen Bedienbarkeit auf hohe Anwenderakzeptanz. Dies führt dazu, dass Multi-Touch-Displays verstärkt auch in anderen Anwendungsbereichen, wie der Medizintechnik, eingesetzt werden, um innovative und intuitive Bedienkonzepte für Geräte zu realisieren.

Anwendungen im medizinischen Umfeld unterscheiden sich dabei sicherlich in vielen Aspekten von jenen eines Smartphones oder einer Spielekonsole. So müssen detailgetreue 2D- oder 3D-Darstellungen z. B. von menschlichen Organen einfach und schnell, aber dennoch präzise auf Bildschirmen auch im sterilen Umfeld manipuliert werden können.

AUTOR

Daniel Fuchs
infoteam Software AG

ZUSAMMENFASSUNG

- Gestengesteuerte, intuitive Bewegung von 3D-Objekten

KEYWORDS

Multi-Touch, 3D-Objekte, Gesten, Bedienkonzept, OpenGL, WPF, RST

Version 1

WP-13-01-1

© 2013,
infoteam Software AG

Für die Interaktion mit zweidimensionalen Inhalten hat sich weitgehend das Konzept der RST-Gesten (Rotate, Scale, Translate) durchgesetzt. Im Umgang mit dreidimensionalen Inhalten existiert dagegen noch kein einheitliches oder zumindest weitverbreitetes Bedienkonzept.

Aus diesem Grund hat infoteam unterschiedliche Bedienkonzepte für die Manipulation von 3D-Objekten mithilfe eines Multi-Touch-Displays umgesetzt. Die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Konzepte hat infoteam gemeinsam mit einem Kunden anhand konkreter Anwendungsfälle herausgearbeitet.

2 Gesten und Technologien im 2D-Bereich

2.1 Gesten: Unterscheidung und Begriffe

Gesten lassen sich grundsätzlich in kontinuierliche und diskrete Gesten unterscheiden. Eine diskrete Geste wird erst nach Abschluss der Touch-Aktion erkannt und löst ein einzelnes Ereignis aus. Ein Beispiel hierfür ist das kurze Antippen des Bildschirms zum Klicken eines Buttons, analog zu einem einzelnen Mausklick. Diese Tap-Geste ist erst als solche erkennbar, wenn nach dem Lösen des Fingers am Ende der Geste feststeht, dass die Berührung sehr kurz und lokal war. Erst jetzt wird eine einzelne Reaktion ausgelöst.

Im Gegensatz dazu löst eine kontinuierliche Geste bereits eine Reaktion aus, während sie noch auf dem Bildschirm gezeichnet wird. Diese Reaktion wird laufend in Abhängigkeit von der Bewegung fortgesetzt und angepasst. Das Zusammenführen oder Auseinanderziehen von zwei Fingern auf dem Monitor ist ein Beispiel für eine kontinuierliche Geste („Pinch-to-Zoom“). Die Bewegung skaliert ein Objekt oder ändert die Zoomstufe der Darstellung.

Bei Gesten wird außerdem in direkt und indirekt manipulative Gesten untergliedert. Bei einer direkt manipulativen Geste wird der Bezugspunkt zu einem Objekt auf dem Display durch das direkte Antippen des Objektes hergestellt. Bei einer Bewegung des Fingers über das Display bleibt der gleiche Pixel des Objekts während der gesamten Geste unter dem Finger. Wird also beispielsweise ein Objekt mit einem Finger über den Bildschirm geschoben, so bleibt das Objekt immer genau unter dem Finger des Anwenders.

Bei indirekt manipulativen Gesten ist das nicht der Fall. Hier ist der Berührungspunkt der Touch-Eingabe für die Bewegung des Objekts unwesentlich. Es ist nur die relative Bewegung der Geste zum Objekt relevant.

Da Multi-Touch-Displays mit mehreren Fingern und Händen bedient werden können, sind deutlich mehr Freiheitsgrade als in herkömmlichen mausgesteuerten Benutzeroberflächen möglich. Mausgesteuerte Benutzeroberflächen sind durch einen Zeiger auf einer Ebene auf zwei Freiheitsgrade beschränkt. Wird mehr als ein Zeiger für die Eingabe von Positionen auf einem Multi-Touch-Display verwendet, dann stehen mit jedem zusätzlichen Zeiger respektive Finger zwei weitere Freiheitsgrade zur Verfügung. Werden diese Möglichkeiten klug in das Bedienkonzept eingearbeitet, kann die Bedienung eines Geräts deutlich näher an die Interaktion mit realen Objekten angelehnt werden.

2.2 Verwendung von 2D-Standard-Gesten

Besonders im Laufe der letzten Jahre haben sich einige Gesten betriebssystemübergreifend als Standard durchgesetzt und werden von allen gängigen Systemen (z. B. Windows 7/8, Mac OS X, iOS) unterstützt. Tabelle 1 bildet die verwendeten Standard-Gesten ab, die als Basis-Gesten für die Bedienkonzepte im 3D-Bereich benutzt werden und um verschiedene andere Gesten erweitert wurden.

3 Konzepte zur Übertragung der 2D-Gesten auf 3D-Objekte

Die Herausforderung, dreidimensionale Objekte über ein Multi-Touch-Display zu steuern, liegt in der nur zweidimensionalen Eingabeform eines flachen Monitors. Durch die geschickte Wahl geeigneter Gesten können jedoch alle benötigten Aktionen abgebildet werden. Weil ein einzelner Finger auf dem Multi-Touch-Display nur zwei Freiheitsgrade besitzt, sind für die Bewegung dreidimensionaler Objekte mehrere Finger benötigt, wobei jeder zusätzliche Finger weitere zwei Freiheitsgrade beisteuert. Dadurch ist es möglich, auf zusätzliche Steuerelemente zu verzichten und die Steuerung allein über Gesten umzusetzen.

Es ist naheliegend, für oft genutzte Funktionen bereits etablierte RST-Gesten oder leichte Variationen davon zu verwenden. Diese Gesten sollten dann auch den erwarteten Effekt hervorrufen: So sollte beispielsweise eine Pinch-to-Zoom-/Scale-Geste auch eine Art von Vergrößern/Verkleinern eines Objekts oder der Ansicht zur Folge haben.

Die bereits eingangs erwähnte Beispielimplementierung ist ein 3D Model Viewer, der es ermöglicht, ein dreidimensionales Objekt zu betrachten. Hierfür muss es möglich sein, das Objekt entlang aller Achsen zu bewegen und zu rotieren. Bei dieser Anwendung können einige Vereinfachungen und Einschränkungen für den benötigten Gestensatz getätigt werden.

Für das Beispiel wurden einige Vereinfachungen getroffen: Es wird nur ein einzelnes 3D-Objekt dargestellt, so dass für Darstellung und Interaktion keine Selektionsgesten notwendig sind. Die Rotation des einzelnen Objektes soll außerdem nur um den Objektmittelpunkt erfolgen, da das Objekt beim Rendern






Geste	Abbildung	Beschreibung
Tap		Ein kurzes Antippen der Oberfläche mit einem Finger ohne Bewegungen des Fingers
Double Tap		Zwei Taps in kurzer Folge auf die gleiche Stelle
Rotate		Die Oberfläche wird mit zwei Fingern berührt und diese entweder mit beiden oder nur einem Finger mit gleichem Abstand im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn zueinander gedreht.
Scale/Zoom/ Pinch-to-Zoom		Die Oberfläche wird mit zwei Fingern berührt. Durch das Auseinanderspreizen (Vergrößern) oder durch das Zusammenkneifen (Verkleinern) der Finger werden die entsprechenden Zoomfaktoren definiert.
Translate		Eine einfache Bewegung mit einem Finger über das Display. Während dieser Bewegung bleibt der Finger durchgehend in Kontakt mit der Oberfläche. Diese Geste ist auch mit mehreren Fingern möglich, z.B. 2-Finger-Translate-Geste.

Tabelle 1:
Übersicht über die etablierten RST-Gesten

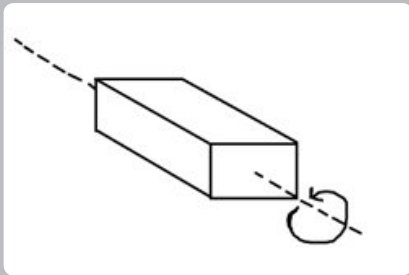


Abbildung 1:
Rotation eines Objektes um den
Objektmittelpunkt

direkt den richtigen Mittelpunkt als Ursprung zugewiesen bekommt. Die RST-Gesten werden so weit wie möglich genutzt und auf sinnvolle Bewegungen für diesen Anwendungsfall angewendet. So ruft die Skalierungsgeste „Pinch-to-Zoom“ eine Bewegung des Objekts auf der Z-Achse (Achse aus der Bildelebene heraus) hervor. Dies entspricht einem Annähern oder Entfernen des Objekts von der Kamera und somit einem Zoom. Eine Translation erfolgt mit dem gewohnten Bewegen eines einzelnen Fingers auf dem Bildschirm. Diese Bewegung wird nur in der X-Y-Ebene ausgeführt. Für einen Wechsel der Tiefe muss zusätzlich die Skalieren-Geste eingesetzt werden. Außerdem erfolgt über die Standard Rotate-Geste eine Rotation des Objekts um die Z-Achse (siehe Abb. 1).

Die drei verschiedenen Bedienkonzepte wurden mit dem Ziel implementiert, die Rotation des Objekts aus der Bildelebene heraus möglichst intuitiv zu ermöglichen. Alle in den Bedienkonzepten verwendeten Gesten wurden als kontinuierliche und indirekt manipulative Gesten implementiert.

3.2 Konzept A: Rotation um feste Achsen

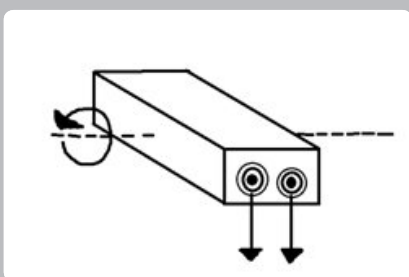
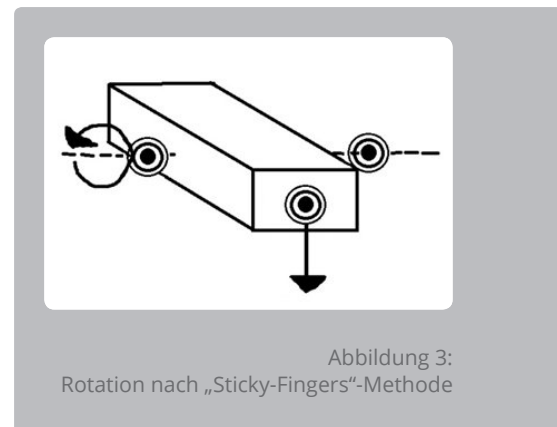


Abbildung 2:
Darstellung eines 3D-Objektes und die
Rotation um den Objektmittelpunkt

Bei dem Konzept zur Rotation um feste Achsen ist es das Ziel, sich mit Hilfe der 2-Finger-Translate-Geste in einer bestimmten Richtung auf einer festgelegten Achse zu bewegen. Somit ist es also zum einen möglich, das 3D-Objekt um die X-Achse zu rotieren, indem die Finger parallel zum Verlauf der Y-Achse (die Vertikale des Bildschirms) bewegt werden. Zum anderen kann das 3D-Objekt um die Y-Achse rotiert werden, indem die Finger parallel zum Verlauf der X-Achse (die Horizontale des Bildschirms) bewegt werden. Die Richtung der Fingerbewegung gibt jeweils die Drehrichtung der Rotation an. Abbildung 2 soll dieses Konzept veranschaulichen. Ein Kreis steht für einen Berührungspunkt auf dem Display.

3.3 Konzept B: 3D-Rotation nach „Sticky Fingers“-Methode

Die Rotation des Objekts aus der Ebene heraus wird hier mit einer 3-Finger-Geste und mit beiden Händen ausgeführt (siehe Abb. 3). Zwei Finger einer Hand legen eine Rotationsachse über dem Objekt fest, um die das Objekt dann mit einem Finger der zweiten Hand, der sich senkrecht zu dieser Achse bewegt, rotiert wird. Die Richtung der Bewegung des freien Fingers gibt die Drehrichtung um die Achse an.

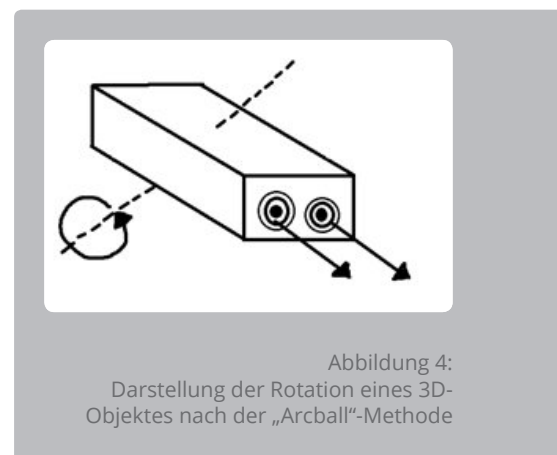


3.4 Konzept C: 3D-Rotation nach „Arcball“-Methode

Die Rotationsachse wird senkrecht zur Bewegungsrichtung der 2-Finger-Translate-Geste durch den Objektmittelpunkt festgelegt und die Drehrichtung der Rotation wird durch den Winkel der Bewegungsrichtung zur Rotationsachse bestimmt (entweder $+90^\circ$ oder -90°). Abbildung 4 zeigt die Bewegungen und visualisiert die entsprechenden Bedienschritte.

Durch die Realisierung als kontinuierliche Geste ist es jederzeit möglich, während einer Rotation die Richtung und damit die Rotationsachse zu wechseln, ohne die Geste neu beginnen zu müssen.

Dieses Konzept ermöglicht also trotz der Verwendung der gleichen Gesten wie in Konzept A im Gegensatz dazu eine freie Wahl der Rotationsachse.



4 Beispielimplementierung zum Vergleich der Bedienkonzepte

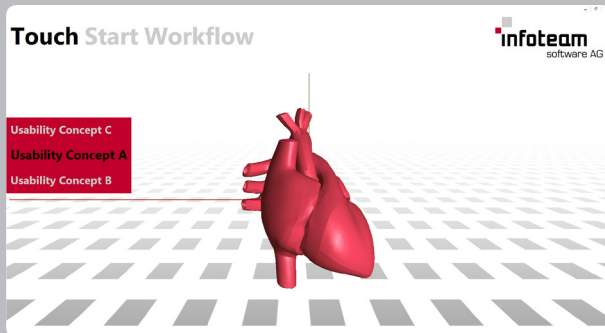


Abbildung 5:
Screenshot des 3D-Model Viewers

Das im Beispiel dargestellte 3D-Modell kann ausschließlich über Multi-Touch-Gesten manipuliert werden.

Die Implementierung erlaubt den Vergleich der drei in den vorhergehenden Kapiteln vorgestellten Bedienkonzepten in Form von Anwendungsmodi. Die Modi A, B und C entsprechen den in den Kapiteln 3.2, 3.3 und 3.4 vorgestellten Konzepten. Das 3D-Modell wurde um 3 Achsen erweitert, um die aktuelle Orientierung des angezeigten Objektes im Raum darzustellen (grün = Y-Achse, rot = X-Achse, blau = Z-Achse).

Das Programm ist eine C#-Anwendung, in dem mit Hilfe der Windows Presentation Foundation (WPF) des Microsoft .NET Frameworks die Touch-Events durch die integrierte Touch-API erfasst werden. Die Gesten-erkennung wird in einer eigenen Klasse realisiert. Hierfür wurde ein eigenes Modell implementiert, um anhand verschiedener Bewegungsvektoren der einzelnen Finger entscheiden zu können, welche Geste der Benutzer ausführt (siehe Abb. 5).

Nach dem Erkennen einer Geste werden einige Skalierungsfaktoren angewandt und anschließend das 3D-Modell bewegt. Das 3D-Objekt wird mit Hilfe von OpenGL in Form eines eigenen Steuerelements direkt in WPF integriert.

5 Evaluation der Bedienkonzepte

Mithilfe der Beispielimplementierung wurden Benutzerbefragungen durchgeführt. Die Probanden bewerteten die Intuitivität, die Präzision und das Ansprechverhalten der verschiedenen Konzepte. Außerdem sollten sie bestimmte Rotationen mit dem Objekt durchführen. Dabei wurde die benötigte Zeit und Anzahl der benötigten Gesten festgehalten.

Konzept A wurde von den Benutzern durchgehend als eine solide Möglichkeit beschrieben, relativ einfach mit dreidimensionalen Objekten umzugehen. Die Lösung hat den Nachteil, dass durch die fehlende Achsenwahl bei komplexeren Rotationen mehrere Drehungen hintereinander durchgeführt werden müssen.

Konzept B ist gegenüber den beiden anderen Konzepten das präziseste Bedienkonzept. Es liefert unabhängig von der Komplexität der Aufgabenstellung gute Ergebnisse. Jedoch wurde es nicht als intuitiv empfunden. Die Benutzer äußerten Bedenken, dass die Bedienung mit beiden Händen erfolgen muss und daher schwierig in den Alltag zu integrieren sei.

Konzept C bietet eine sehr intuitive Bedienung mit nur befriedigender Genauigkeit, die gerade bei einfachen Rotationen im Vergleich zu den anderen beiden vorgestellten Konzepten deutlich wird. Dafür kommt man bei komplexeren Rotationen schneller zum Ziel und muss durch die freie Achsenwahl keine Umwege über mehrere Rotationen machen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich alle drei vorgestellten Bedienkonzepte für die Bedienung eines 3D-Objekts eignen und jede ihre spezifischen Vor- und Nachteile mit sich bringt. Tabelle 2 stellt die wichtigsten Unterschiede der einzelnen Konzepte dar.

Concept	Degree of Intuition	Precision	Suitability for complex rotations
Concept A	+	+	o
Concept B	o	++	+
Concept C	++	o	++

Tabelle 2:
Gegenüberstellung der Bedienkonzepte



6 Fazit und Ausblick

Die untersuchten Bedienkonzepte für die Manipulation von 3D-Objekten via Multi-Touch-Eingabe unterscheiden sich stark bezüglich Bedienkomfort und Genauigkeit.

Für die Auswahl des am besten geeigneten Bedienkonzeptes in einer individuellen Anwendung, ist es daher notwendig, die genauen Arbeitsabläufe innerhalb der geplanten Anwendungsumgebung zu definieren und insbesondere hinsichtlich deren Anforderungen an die Genauigkeit zu untersuchen. Grundlegend ist es sicherlich wichtig, ein durchgängiges Konzept für gleichartige Anwendungsbereiche zu wählen, um die Akzeptanz von Multi-Touch-Eingabeverfahren im Kreis der Anwender zu erhöhen und vor allem auch um Bedienfehler zu vermeiden.

7 Quellenverzeichnis

- [Tabelle 1] Abbildungen entnommen aus Touch Gesture Icons. <http://www.mobiletuxedo.com/touch-gesture-icons/>, Online: abgerufen am 27.02.2013.
- [Abb. 1] (Hancock et al) Sticky Tools: Full 6DOF Force-Based Interaction for Multi-Touch Tables. ITS (S. 145-152). Banff, Canada: ACM.
- [Abb. 2] (Shoemake, K. (1992)). ARCBALL: A user interface for specifying three-dimensional orientation using a mouse. Proceedings of the conference on Graphics interface ,92 (S. 151-156). San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc.

8 Glossar

- RST Rotate, Scale, Translate
WPF Windows Presentation Foundation

Kontakt

infoteam Software AG

Am Bauhof 9
D-91088 Bubenreuth

Telefon: +49 (0) 9131 / 78 00 - 0
Telefax: +49 (0) 9131 / 78 00 - 50
info@infoteam.de
www.infoteam.de



infoteam Software AG

Emil-Figge-Straße 80
D-44227 Dortmund

Telefon: +49 (0) 231 / 97 42 56 - 00
Telefax: +49 (0) 231 / 97 42 56 - 09
dortmund@infoteam.de
www.infoteam.de



infoteam Software AG

Laubisrütistrasse 44
CH-8712 Stäfa

Telefon: +41 (0) 44 927 15 15
Telefax: +41 (0) 44 927 15 10
info@infoteam-software.ch
www.infoteam-software.ch



infoteam Software (Beijing) Co., Ltd.

Zhongguancun North Street 151
Yan Yuan Resource Tower, Room 820
100080, Haidian District Beijing China

Telefon: +86 (0) 10 5887 6786
Telefax: +86 (0) 10 5887 6785
info@infoteam.com.cn
www.infoteam.com.cn

