

Globefish und Globemouse – Eingabegeräte mit 6 Freiheitsgraden

Hans-Jörg Reichle

hans-joerg.reichle@uni-ulm.de

Proseminar Mensch Computer Interaktion 2007

Abstract. Der Globefish sowie die Globemouse sind zwei an der Bauhaus-Universität Weimar entwickelte Eingabegeräte, welche jeweils sechs Freiheitsgrade (degree of freedom, DOF) besitzen. Das heißt, man kann damit die Rotation eines Objekts sowie seine Verschiebung im dreidimensionalen Raum steuern. Im Folgenden sollen nun die in [2] vorgestellten Geräte und Versuchsergebnisse zusammenfassend betrachtet werden. Dabei werden der Globefish und die Globemouse mit einer kommerziell erhältlichen Spacemouse verglichen. Die Aufgabe dieses Versuches bestand darin, zwei 3D-Objekt im dreidimensionalen Raum mit Hilfe dieser Eingabegeräte zur Deckung zu bringen.

Einleitung

Im Bereich der 3D-Computergrafik gibt es das Problem, dass dreidimensionale Objekte in einem dreidimensionalen Raum positioniert werden müssen. Dies ist mit herkömmlichen Eingabegeräten wie Maus und Tastatur nicht ideal zu bewerkstelligen, da eine normale Maus nur zwei Achsen zur Eingabe besitzt. Deshalb werden dafür meist Eingabegeräte mit sechs Freiheitsgraden verwendet, um alle benötigten Achsen auf einmal mit nur einem Gerät steuern zu können. Bei dem Globefish, der Globemouse [2] und der kommerziell erhältlichen Spacemouse [1], welche im Folgenden behandelt werden, handelt es sich genau um solche Geräte, wobei die Freiheitsgrade jeweils auf unterschiedliche Art zusammengesetzt sind.

Die Eingabegeräte

Zusammensetzung der Freiheitsgrade

Die Spacemouse benutzt ein 1*6-DOF (degree of freedom) Design, d.h. sie kontrolliert alle sechs Freiheitsgrade (drei um das Objekt in x, y oder z Richtung zu verschieben und drei um es in jede Richtung zu drehen) gemeinsam. Der Globefish und die Globemouse sind Geräte mit jeweils einem 3-DOF + 3-DOF Design, um das Drehen vom Verschieben zu trennen. Diese Trennung liegt von der Idee her näher an den Verhaltensweisen der Menschen, da diese bei 3D-Navigationsaufgaben das Drehen

und Verschieben eher als unabhängig ansehen. Eine übliche Maus mit Scrollrad besitzt ein 2-DOF+1-DOF Design (Verschieben der Maus + Scrollrad). Alle diese Bewegungen, ganz egal wie zusammengesetzt, müssen nun noch in den Computer übertragen werden.

Die Sensoren

Um die Bewegung in auswertbare Signale umzuwandeln werden am Eingabegerät entsprechende Sensoren benötigt. Dabei gibt es 3 grundlegende Arten:

- Isotonische Sensoren messen kontinuierliche Bewegungen welche meist mit wenig Kraftaufwand herbeigeführt werden (vgl. Computermaus).
- Elastische Sensoren erlauben nur eine vom Weg her eingeschränkte Bewegung. Umso größer die Auslenkung, umso mehr Kraft muss aufgewandt werden um sich weiter zu bewegen bis es dann schließlich nicht mehr weitergeht (vgl. Joystick).
- Isometrische Sensoren reagieren lediglich auf Druck, erlauben aber keine wirkliche Bewegung.

Der Aufbau der Geräte

Die Spacemouse

Die Spacemouse (Fig. 1) besteht aus einer Kappe welche auf einem Unterbau sitzt. Diese Kappe lässt sich in alle Richtungen ein klein wenig schieben, neigen und drehen (elastische Sensoren). Dabei sind die sechs Freiheitsgrade wie folgt zusammengesetzt: Schieben bzw. Neigen nach links und rechts, Schieben bzw. Neigen nach vorne und zurück, Drücken nach unten und Ziehen nach oben sowie das Drehen der Kappe.



Fig. 1. Spacemouse

Der kleine Globefish

Der kleine Globefish (Fig. 2) besteht aus einem 40mm Trackball welcher zwischen zwei Platten mit runden Löchern eingespannt ist, so dass er sich von oben und unten mit Daumen und Zeige-/Mittelfinger in alle Richtungen drehen lässt. Seine Bewegung wird mit zwei optischen (isotonischen) Sensoren gemessen. Diese Platte ist mit beiden Enden (elastisch) mit dem Rahmen verbunden und lässt sich ein kleines Stückchen in jede Richtung bewegen. Diese Bewegung wird mit einem Spacemouse Sensor, welcher in die linke Rahmenseite eingebaut ist, gemessen. Auf der anderen Seite befinden sich Federn um als Gegenkraft bzw. Rückstellkraft zu dienen. Der Trackball deckt die drei Freiheitsgrade zum Drehen des Objektes ab, der Spacemouse-Sensor die anderen drei zum Verschieben.

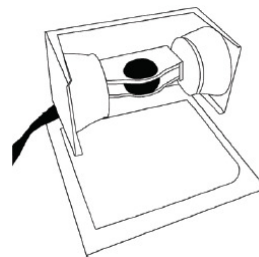


Fig. 2. kleiner Globefish [2]

Der große Globefish

Der große Globefish (Fig. 3) besteht aus einem 55mm Trackball, wieder mit optischen Sensoren, wieder für die Drehung zuständig. Der Trackball ist dabei so angebracht, dass er auch von der Seite mit den Fingern erreicht werden kann. Der Teil mit dem Trackball ist hier allerdings an drei verschachtelten Rahmen befestigt, wovon sich jeder in einer der drei Achsen bewegen lässt. Diese Rahmen sind mit Federn als Rückstellkraft und Potentiometern zur Messung der Auslenkung (für die Verschiebung) ausgestattet. Die Methode mit den verschachtelten Rahmen benötigt äußerst präzise Fertigungstechniken für die mechanischen Teile, welche so noch nicht verfügbar sind. Durch die Beanspruchung der feinen Mechanik während des Benutzens kommt es im jetzigen Entwicklungsstadium mit der Zeit zu Ungenauigkeiten und zum Verhaken der geschachtelten Rahmen des Gerätes, was sich negativ auf die Brauchbarkeit auswirkt.

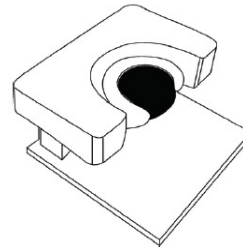


Fig. 3. großer Globefish [2]

Die Globemouse

Die Globemouse (Fig. 4) ist eigentlich nur eine umgebaute und modifizierte Spacemouse. Auf dem Kopf der Maus befindet sich ein Trackball mit optischen Sensoren, welcher wie beim Globefish auch, drei Freiheitsgrade steuert (Drehen). Die anderen drei Grade (Verschieben) werden ganz normal wie mit einer Spacemouse benutzt (und zwar das „Drücken“ der Kappe von der Spacemouse nach links/rechts/vor/zurück/unten und das „Ziehen“ nach oben, wobei die Kappe gleichzeitig die Halterung des Trackballs ist). Die übrigen drei Grade der Spacemouse (Neigen und Drehen des Kopfes) bleiben ungenutzt und stehen für eventuelle spätere Erweiterungen theoretisch zur Verfügung.

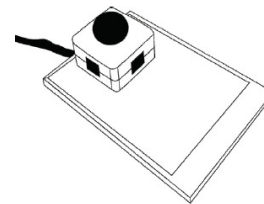


Fig. 4. Globemouse [2]

Weitere Geräte

Es gibt noch einige weitere Arbeiten die sich am gleichen Thema versuchen. Die meisten dieser Eingabegeräte sind aber eher unhandlich und nicht für den Schreibtischeinsatz zu gebrauchen. Ein Beispiel wäre das Kontrollieren des Koordinatensystems durch Tracking des Eingabegerätes um seine Lage im Raum festzustellen wie z.B. bei der Cubic Mouse [3].

Da der Globefish und die Globemouse neu entwickelte Geräte sind, fehlt nun noch ein Vergleich zu schon existierenden Geräten, um etwas über ihre Eignung sagen zu können.

Der Versuch

Bei dem Versuch [2] sollte getestet werden, welches der Eingabegeräte sich am besten zum Navigieren im dreidimensionalen Raum eignet. Als Vergleich zum Globefish bzw. zur Globemouse wird eine handelsübliche Spacemouse benutzt, da sie den anderen Geräten recht ähnlich ist, und es sie auch zu kaufen gibt. Eine Standardmaus in Kombination mit einer Tastatur wäre theoretisch auch möglich, basiert aber auf einem anderen Prinzip.

Die Aufgabe für die Testpersonen bestand darin, den Cursor, einen gleichseitigen Tetraeder, mit einem zweiten fest positionierten Tetraeder gleicher Größe zur Deckung zu bringen (Fig. 5). Die Ausrichtung war durch farbige Kanten vorgegeben. Stacheln auf den Knoten des Ziels zeigten den Toleranzbereich an, in dem sich alle entsprechenden Knoten des Cursors für 0,8 Sekunden befinden müssen um die Aufgabe erfolgreich zu Ende zu bringen. Die Objekte wurden auf einem 22“ Monitor angezeigt, die Versuchspersonen trugen dabei 3D-Shutter-Brillen. Somit bewegten sie die Objekte in einem „echten“ dreidimensionalen Raum. Das Ziel wurde dabei immer an gleicher Position zwölf Zentimeter vor dem Bildschirm angezeigt, der Cursor an sich tauchte an vier verschiedenen Stellen mit jeweils gleichem Abstand zum Ziel und ähnlichen „Verdrehungen“ auf.

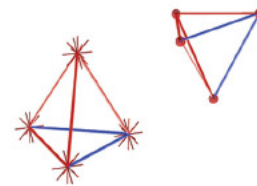


Fig. 5. die Aufgabe: rechts der Cursor, links das Ziel [2]

An dem Experiment nahmen 16 rechtshändige Personen teil, wobei jede Person an einem Tag jeweils zwei der Geräte verwendete. Die Reihenfolge der Geräte wurde von Person zu Person variiert. Jede Person absolvierte mit jedem Gerät 4 Blöcke. Jeder Block bestand aus 12 Wiederholungen die Tetraeder zur Deckung zu bringen. Als erstes wurde das jeweilige Gerät erklärt, dann gab es drei Testversuche, und dann wurde gleich mit dem ersten Block angefangen. Vor jedem der drei weiteren Blöcke gab es eine Übungsphase von 5 Minuten. Nach dem vierten Block gab es dann einen kleinen Fragebogen. Darin wurde abgefragt wie leicht oder schwer es der Person gefallen war, die Rotationen beziehungsweise die Verschiebungen mit dem aktuell benutzten Gerät auszuführen, wie gut die Bedienbarkeit war, ob Ermüdungen auftraten und so weiter. Alle Angaben wurden auf einer Skala von eins bis sechs gemacht. Am Ende wurden die Versuchspersonen noch gefragt welches ihr am meisten oder am wenigsten bevorzugtes Gerät war. Während des Versuches wurden am Computer alle Bewegungen des Cursors aufgezeichnet, um sie dann anschließend detailliert auswerten zu können.

Die Auswertung

Da der große Globefish, wie oben schon beschrieben, nach mehrmaligem Verwenden während der Versuche nicht mehr zuverlässig arbeitete, wurde er nicht in die Auswertung mit einbezogen um das Ergebnis nicht durch gerätetechnisches Versagen zu verfälschen. Allerdings wurde er trotzdem von jeder Testperson wie ursprünglich vorgesehen einmal verwendet.

Ausführungszeit

Bei den durchschnittlichen Zeiten über alle vier Blöcke gab es deutliche Unterschiede zwischen den drei Geräten: mit dem kleinen Globefish dauerte es durchschnittlich 10,25 Sekunden, mit der Globemouse 11,47 Sekunden und mit der Spacemouse 14,62 Sekunden um die zwei Objekte zur Deckung zu bringen, wobei es bei der Spacemouse eine breitere Streuung der Werte gab. Dabei sieht man deutlich, dass die Testpersonen mit den neuen Geräten wesentlich besser zurechtkamen. Über die Blöcke verteilt ist eine deutliche Lernkurve sichtbar, d.h.: von Block zu Block wurde mit jedem Gerät die benötigte Zeit immer kürzer. An der Verteilung Globefish vor Globemouse vor Spacemouse ändert sich aber über alle Blöcke nichts, auch die Differenz zwischen den Zeiten blieb in etwa gleich. Das zeigt, dass bei jedem Gerät in etwa in gleichem Maße dazugelernt wurde, obwohl das eine oder andere Gerät schon anfangs schwieriger zu kontrollieren war.

Jetzt bleibt noch zu klären: woran liegt es, dass die Spacemouse den zwei anderen Geräten so unterlegen ist? Ein Grund dafür könnte sein, dass die Spacemouse als einziges Gerät im Test ein 1*6-DOF Design besitzt, und somit alle Freiheitsgrade auf einmal kontrolliert werden können.

Rotationszeit und Verschiebezeit

Die Bewegungszeiten können folgendermaßen feiner aufgeschlüsselt werden: Die Zeit, in der das Objekt verschoben wird, die Zeit in der gedreht wird, und die Zeit in der nichts getan wird. Die Summe der Zeiten kann die eigentliche benötigte Zeit überschreiten, da verschieben und drehen zur gleichen Zeit stattfinden kann.

Beim Rotieren ist lediglich bei der Spacemouse eine leichte Lernkurve zu erkennen, beim Verschieben dagegen bei allen Geräten. Die Spacemouse liegt beim Rotieren und beim Verschieben zeitlich gesehen wieder über den anderen zwei Geräten, was aber eigentlich klar ist, da sie insgesamt zeitlich deutlich über den anderen lag.

Relativ gesehen wurde ungefähr gleich viel Zeit mit jedem Gerät zum Verschieben verwendet (ca. 70%), wobei es beim Drehen schon deutlichere Unterschiede gab. Bei der Spacemouse wurde ca. 55% der Zeit gedreht, bei den anderen Beiden je ca. 20%.

Dies zeigt, dass der Ansatz einen Trackball zur Rotation des Objektes zu verwenden sehr effizient und gut zu bedienen ist. Die erhöhte Drehzeit mit der Spacemouse kommt wahrscheinlich auch daher, dass beim Verschieben oft versehentlich auch gedreht wurde, und diese „falschen“ Drehungen dann wieder ausgeglichen werden mussten.

Die Zeit ohne Bewegungen betrug beim Globefish ungefähr 15%, bei der Spacemouse ungefähr 18% und bei der Globemouse ungefähr 26%. Grundlegend ist erst einmal der kognitive Prozess im Gehirn dafür verantwortlich zu machen, welcher das Gesehene auswertet, und die entsprechenden Bewegungen veranlassen muss. Bei der Spacemouse dauert dies etwas länger, da diese wohl auch etwas schwerer zu handhaben ist. Bei der Globemouse kommt zu dieser Zeit noch die Zeit dazu, welche zum Umgreifen benötigt wird: vom Trackball auf der Mouse zur Basis und umgekehrt. Weiter ist auch die Aussage der Testpersonen selbst über die Bedienung der Geräte von Interesse.

Subjektive Eindrücke der Testpersonen

Die Eindrücke der Testpersonen wurden anhand von Fragebögen am Ende jedes Testlaufes pro Gerät abgefragt. Das Ergebnis spricht dabei eindeutig für die neu entwickelten Geräte. Allgemein wurde angegeben, dass das Rotieren und Verschieben mit der Spacemouse am Schwersten war. Nun zu den Unterschieden der führenden Geräte: mit dem Globefish wurde das Rotieren als einfacher empfunden, während mit der Globemouse das Verschieben als einfacher eingestuft wurde. Wie oben schon vermutet, sagten die Testpersonen aus, dass sie oft mit der Spacemouse, statt nur zu Verschieben, gleichzeitig auch gedreht haben. Beim Globefish bemängelten einige, dass ein etwas erhöhter Kraftaufwand zum Verschieben gebraucht wurde. Dies spiegelt sich auch darin wieder, dass einige Personen höhere Ermüdungserscheinungen ihrer Hand bei diesem Gerät angaben, als bei den anderen zwei Geräten. Positiv am großen Globefish wurde von Testern bemerkt, dass der Trackball dort auch leicht von der Seite her zugänglich ist und nicht nur von oben und unten.

Dem Globefish und der Globemouse wurde von den Testern eine deutlich bessere Bedienbarkeit als der Spacemouse nachgesagt. Acht bevorzugten den Globefish, weitere sechs die Globemouse und lediglich eine Person die Spacemouse.

Fazit

Der Globefish und die Globemouse haben beide besser abgeschnitten, als die Spacemouse, wobei jedes von den zwei Geräten seine eigenen Vor- und Nachteile, wie weiter oben schon erwähnt, besitzt. Auch der Ansatz, die zwei Aktionen (Verschieben und Rotieren) zu trennen, hat sich als effizient herausgestellt da so versehentliches Bewegen in die falsche Richtung minimiert werden kann.

Bei beiden Geräten gibt es noch Platz für Verbesserungen: Bei dem Globefish könnte zum Beispiel der benötigte Kraftaufwand verkleinert werden, bei der Globemouse der Abstand zwischen Trackball und Basis um schnelleres Umgreifen zu ermöglichen. Es sind auch noch einige andere Bauweisen denkbar, welche mit isotonschen Sensoren zur Rotationskontrolle (z.B. Trackball) ausgestattet sind, die sich bei der Globemouse und beim Globefish als äußerst effizient herausgestellt haben. Da es aber noch nicht sonderlich viele solcher Geräte gibt, ist hier noch enormes Potential vorhanden, wobei jetzt schon der Globefish und die Globemouse eine Alternative zu den sowieso selten kommerziell erhältlichen 3D-Eingabegeräten wären.

Literatur

1. 3dconnexion. www.3dconnexion.com/docs/gettingstarted.pdf (28.05.2007)
2. Fröhlich, B., Hochstrate, J., Skuk, V., Huckauf, A.: The GlobeFish and the GlobeMouse: Two New Six Degree of Freedom Input Devices for Graphics Applications. In Proceedings of ACM CHI 2006, 191-1993
3. Fröhlich, B., Plate, J.: The Cubic Mouse: A new device for 3D input. In Proceedings of ACM CHI 2000, 526-531