

Effekte sensumotorischer Transformationen bei Computereingabegeräten

Fragestellung

Der Mensch interagiert mit seiner Umwelt zum größten Teil, indem er seine Extremitäten aus einer Ausgangsposition in eine gewünschte Endposition bewegt. Hierbei reicht die Palette der Bewegungen von einfachsten Handlungen, die ohne sich zu konzentrieren quasi vollautomatisch ablaufen, bis hin zu sehr komplexen Abläufen. Hochleistungssportler beispielsweise müssen täglich ihre Bewegungsabläufe trainieren und benötigen für eine fehlerfreie Ausführung dennoch ein hohes Maß an Konzentration und Aufmerksamkeit. Aber auch in alltäglichen Situationen sind die Anforderungen an die motorischen Fähigkeiten des Menschen vielfältig. Vor allem wenn die Bewegungen des Körpers dazu benutzt werden sollen, einen anderen Gegenstand zu manipulieren, kann die Aufgabe eine größere Herausforderung darstellen. Einen Wagen rückwärts in eine Lücke einzuparken stellt selbst für routinierte Fahrer häufig eine Schwierigkeit dar.

Im Umgang mit Computern oder anderen digitalen Systemen ergeben sich ähnliche Herausforderungen für den Benutzer. Seitdem grafische Oberflächen sich als Computerinterfaces verbreitet haben, sind auch die Eingabegeräte in ihrer Vielfältigkeit gewachsen. Neben Mäusen, Touchscreens und Trackpoints gibt es Trackballs, Joysticks, Touchpads und viele andere Geräte, die jeweils bestimmte Vorteile bei der Interaktion mit dem Computer bieten. Oft werden diese Eingabegeräte mit Funktionen versehen, die ein schnelleres und bequemerer Arbeiten ermöglichen sollen. In der Forschung wurden sowohl Studien über die Wirksamkeit dieser Funktionen durchgeführt, als auch konkrete Geräte bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit während der Nutzung direkt verglichen (Douglas und Mithal, 1997).

Das Ziel dieser Arbeit ist es eine Software zu entwickeln, mit der es möglich ist, grundlegende und möglichst geräteunabhängige Effekte in der Interaktion zwischen Mensch und Maschine zu untersuchen. Die Tatsache, dass Ursache und Wirkung bei fast allen Eingabegeräten an getrennten Orten stattfinden, wirft die Frage auf, in wie weit die visuelle Rückmeldung Einflüsse auf Leistung und subjektives Empfinden der Probanden hat.

Theoretischer Hintergrund

Arnaut und Greenstein (1986) haben Probanden an einem grafischen Interface, das einem realen Anwendungsprogramm nachempfunden war, Selektionsaufgaben durchführen lassen. Die Cursorverstärkung des Grafiktablets wurde in den Trials verändert. Das Ergebnis der Untersuchung war, dass eine Cursorverstärkung im Bereich von 0,8 und 1 zu den niedrigsten Bearbeitungszeiten führte.

Die öfters bei Computermäusen anzutreffende dynamische Cursorbeschleunigung hat in Versuchen von Graham (1996) die Leistung der Probanden negativ beeinflusst. Diese Ergebnisse lassen sich durch die schwierigere Werkzeugtransformation erklären. Die dynamische Cursorverstärkung entspricht der komplexeren Integraltransformation im Gegensatz zur einfacheren Proportionaltransformation bei konstanter Cursorverstärkung (Heuer, 1983).

Unsere aktuelle Studie orientiert sich vom experimentellen Aufbau an der Untersuchung von Arnaut und Greenstein (1990) in der geprüft wurde, ob die übliche Definition von Cursorverstärkung als Quotient aus Displayamplitude und Kontrolleramplitude hinreichend sind. Die Studie lieferte die Erkenntnis, dass durch Variieren der Displayzielgröße die Leistung der Probanden bei gleicher Cursorverstärkung sich ebenfalls verändert. Die Probanden mussten in der Studie eine Aufgabe auf einem Bildschirm bearbeiten, die vom Prinzip her an die Experimente von Fitts (1954) angelehnt waren.

Hierbei muss die Versuchsperson mit dem Finger so schnell aber präzise wie möglich zwischen zwei Zielbereichen hin- und her springen. Die Bewegungszeiten werden als Maß für die Schwierigkeit der Aufgabe verwendet. In diesem Zusammenhang haben Graham und MacKenzie (1996) Experimente durchgeführt in denen das virtuelle Zeigen mit dem physikalischen verglichen wurde, mit der Erkenntnis, dass sich die zwei Varianten zwar in bestimmten Bewegungsphasen unterschieden und in anderen aber glichen. Studien von Card et al. (1978) haben aber gezeigt, dass die Gesetzmäßigkeiten von Fitts Gesetz auch beim virtuellen Zeigen Gültigkeit besitzen.

Experimentalsoftware

Für die Durchführung des Versuchs wird eigens eine Software in Matlab entwickelt. Die heterogene Struktur der Computerausstattung erfordert, dass die Matlab-Skripte sowohl auf Windows als auch MacOS lauffähig sind. Es wird das Psychtoolbox Matlab-Erweiterungspaket verwendet, um millisekundengenaues Timing zu ermöglichen und schnelle Grafikbefehle ausführen zu können (Brainard, 1997; Pelli, 1997). Die Software wird gemäß einer genauen Spezifikation programmiert, so dass alle Funktionen und Parameter vorgegeben und speziell auf diese Versuchsreihe abgestimmt sind. Für eine einfachere Datenauswertung wird über die Experimentalsoftware hinaus ein weiteres Skript programmiert, das eine Datenreduzierung der mitgeloggtten Versuchsdaten bewerkstelligt.

Pilotstudie

Hypothesen

- Die Cursortransformation beeinflusst bei konstanten Tablettamplituden und -zielgrößen die Bewegungszeit.

- Eine Änderung der Cursortransformation und dadurch auch der Displayamplitude führt zu Unterschieden in der Schätzung der zurückgelegten Tablettedistanz durch die Versuchspersonen.
- Nach einem Wechsel der Cursortransformation kommt es mit der neuen Transformation nur beim ersten Trial zu einem Nacheffekt.

Versuchsplan

Das Experiment wird an einem Computer durchgeführt, an dem ein Wacom Grafiktablett als Eingabegerät und ein 17“ Röhrenmonitor als Ausgabegerät angeschlossen sind. Im Rahmen der Pilotstudie werden 10 Versuchspersonen am Experiment teilnehmen, die in der Benutzung von Mäusen erfahren sind, aber keine oder lediglich sehr wenig Erfahrung mit der Benutzung eines Grafiktablets haben. Das Alter der Versuchspersonen liegt zwischen 24 und 32 Jahren.

Die Probanden bekommen auf dem Bildschirm zwei Quadrate angezeigt und müssen den Mauscursor abwechselnd aus dem einen Quadrat in das Andere positionieren. Die Hände der Versuchspersonen werden durch einen Sichtschutz verdeckt, so dass visuelle Rückmeldungen ausschließlich vom Display erzeugt werden. Die auf dem Tablett zurückgelegte Distanz wird innerhalb eines Blocks konstant gehalten.

Alle Probanden bekommen sämtliche Tablettedistanzen blockweise in randomisierter Form dargeboten. Die Blöcke unterscheiden sich durch drei Tablettedistanzen und enthalten jeweils drei Cursortransformationen, kombiniert mit fünf Zielgrößen. Jeder dieser 15 ebenfalls randomisierten Kombinationen wird solange dargeboten, bis die Versuchsperson 10 erfolgreiche Trials absolviert hat. Daraus ergeben sich mindestens 450 Trials pro Versuchsperson. Nach einem Block werden die Probanden gebeten, die Länge der auf dem Tablett zurückgelegten Distanz auf dem Bildschirm aufzuzeichnen.

Experimentelle Variablen

Unabhängige Variablen

Zielgröße: Größe des Zielbereichs auf dem Tablett (0,25cm; 0,5cm; 1cm; 2cm; 4cm)

Amplitude: Amplitude der Bewegungen auf dem Tablett (2cm; 4cm; 6cm)

Cursortransformation: Verhältnis von Tablett- zu Anzeigenamplitude (1:1; 1:2; 1:4)

Abhängige Variablen

Bewegungszeit: Zeit zwischen Anfang und Ende der Bewegung

Zielpräzision: Abstand des Bewegungsendpunktes vom Zielmittelpunkt

Fehlerrate: Verhältnis von fehlerhaften zu erfolgreichen Trials

Subjektive Tablettedistanz: Schätzung der zurückgelegten Distanz auf dem Tablett für die unterschiedlichen Displayamplituden.

Kontrolle der Störvariablen: Bildschirmgröße und Auflösung, Grafiktablett, Raumbelichtung und die relative Bildschirmposition zum Probanden werden in allen Versuchsdurchgängen konstant gehalten.

Auswertung

Die selbst entwickelte Auswertungssoftware reduziert alle aus dem Experiment gewonnen Logdaten, so dass statt einzelner Cursorpositionen die Trials bezüglich der abhängigen Variablen zusammengefasst werden. Weitere Datenanalysen werden anschließend in SPSS durchgeführt.

Literatur

Arnault, L. Y., & Greenstein, J. S. (1986). Optimizing the touch tablet: The effects of control-display gain and method of cursor control. *Human Factors*, 28(6), 717-726.

Arnaut, L. Y., & Greenstein, J. S. (1990). Is display/control gain a useful metric for optimizing an interface? *Human Factors*, 32, 651-663.

Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox, *Spatial Vision* 10:433-436.

Card, S. K., English, W. K., & Burr, B. J. (1978). Evaluation of mouse, rate-controlled isometric joystick, step keys, and text keys for text selection on a CRT. *Ergonomics*, 21, 601-613.

Douglas, S. A., & Mithal, A. K. (1997). *The ergonomics of computer pointing devices*. New York: Springer Verlag.

Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 381-391.

Graham, E. D., & MacKenzie, C. I. (1996). Physical versus virtual pointing. *Proceedings of the CHI'96 Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York: ACM, pp. 292-299.

Graham, E. D. (1996). Virtual pointing on a computer display: Non-linear control-display mappings. *Proceedings of Graphics Interface '96*, Canadian Information Processing Society, pp. 39-46.

Heuer, H. (1983). *Bewegungslernen*. Stuttgart: Kohlhammer

Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies, *Spatial Vision* 10:437-442.