



Doctoral Thesis

Designing for tangible interaction

Author(s):

Fjeld, Morten

Publication Date:

2001

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004237155> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

ETH Dissertation No. 14229

DESIGNING FOR TANGIBLE INTERACTION

DOCTORAL DISSERTATION
presented to obtain the title
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
DER EIDGENÖSSISCHE TECHNISCHE
HOCHSCHULE ZÜRICH

by
Morten Fjeld
M.Sc. Appl. Math. NTNU
Born 22nd April 1965 in Bergen, Norway

Accepted by:
Prof. Dr. Dr. Helmut Krueger
Prof. Dr. Matthias Rauterberg

2001

Summary

This project investigates the theoretical grounding, the practice of design, and usability aspects of Tangible User Interfaces (TUIs).

The framework for our empirical work is a TUI called the BUILD-IT system. This is a planning tool based on computer vision technology, with a capacity for complex planning and composition tasks. The system enables users, grouped around a table, to interact in a virtual scene, using physical bricks to select and manipulate virtual models. A plan view of the scene is projected onto the table. A perspective view of the scene, called side view, is projected on the wall. The plan view contains a storage space with originals, allowing users to create new models and to activate tools (e.g. navigation and height tools). Model selection is done by putting a brick at the model position. Once selected, models can be positioned, rotated and fixed by simple brick manipulation.

Our design practice is grounded on a work-psychological tradition called activity theory. This theory is based on the concept of tools mediating between subjects and objects. In this theory, an individual's creative interaction with his or her surroundings can result in the production of tools. When an individual's mental processes are exteriorized in the form of tools - termed objectification - they become more accessible to other people and are therefore useful for social interaction. We show how our understanding of activity theory has shaped our design philosophy for groupware and how we have applied it. Our design philosophy and practice is exemplified by a description of the BUILD-IT system. Guided by task analysis, a set of specific tools for different three-dimensional (3D) planning and configuration tasks was implemented as part of this system. We investigate both physical and virtual tools. These tools allow users to adjust model height, viewpoint, and scale of the virtual setting. Finally, our design practice is summarised in a set of design guidelines. Based on these guidelines, we reflect on our own design practice and the usefulness of activity theory for design.

Using the BUILD-IT system as a research platform for graspable interaction, our exploration takes the following path: We first introduce some of the problems related to working in physical and virtual environments, then indicates a few guidelines to achieve what we call natural interaction. Then we give more details about the interaction content, which is configuration and planning tasks. We then present new implementations for 3D navigation. As a particular use of hand-held tools, we introduce alternative ways to control model height in the BUILD-IT system. We also discuss the outcome of our design activity and suggests ways to advance the issues presented before.

Besides these major topics, the we also report on advanced uses of the system and similar research platforms for tangible user interaction. Then, employing a checklist stemming from activity theory, we discuss the value of the BUILD-IT system. Finally, we offer a general discussion of our design practice and outline what system-independent knowledge came out of our work, and what are the future challenges in the design and practical use of tangible user interfaces.

Zusammenfassung

Das vorliegende Projekt untersucht die theoretischen Grundlagen, die Designtätigkeit sowie Usabilityaspekte von greifbaren Benutzerschnittstellen.

Grundlage für unsere empirische Arbeit bildet eine greifbare Benutzerschnittstelle mit der Bezeichnung BILD-IT. Es handelt sich dabei um ein Planungswerkzeug, das auf Computer-Vision-Technologie basiert und komplexe Planungs- und Konfigurationsaufgaben zu unterstützen vermag. Das System ermöglicht den um einen Tisch gruppierten Benutzern, in einer virtuellen Szene zu interagieren, indem durch den Gebrauch physischer Klötze virtuelle Modelle angewählt und bedient werden können. Eine Planungsansicht wird auf den Tisch, eine perspektivische Seitenansicht an die Wand projiziert. Die Planungsansicht zeigt einen Lagerraum mit Originalen und ermöglicht den Benutzern, neue Modelle zu kreieren und Werkzeuge zu aktivieren (z.B. Navigations- und Höhenwerkzeuge). Modelle werden angewählt, indem ein Klotz auf die entsprechende Position gesetzt wird. Sobald ein Modell angewählt ist, kann es durch einfache Handhabung des Klotzes positioniert, rotiert und fixiert werden.

Unsere Designtätigkeit gründet auf einer arbeitspsychologischen Tradition namens Handlungs-Regulations-Theorie. Diese Theorie basiert auf dem Konzept, dass Werkzeuge zwischen Personen und Gegenständen eine Vermittlungsfunktion übernehmen. Gemäss dieser Theorie kann die Interaktion einer Person mit ihrer Umgebung zudem in der Schaffung eines Werkzeuges resultieren. Wenn die mentalen Prozesse einer Person in der Form von Werkzeugen vergegenständlicht werden, werden sie für andere Personen zugänglicher und dadurch brauchbar für soziale Interaktion. Wir zeigen auf, wie unser Verständnis der Handlungs-Regulations-Theorie unsere Designphilosophie beeinflusst hat und wie wir sie angewendet haben. Unsere Designphilosophie und -tätigkeit werden anhand einer Beschreibung des BUILD-IT Systems erläutert. Gestützt auf eine Tätigkeitsanalyse wurden spezifische Werkzeuge für verschiedene dreidimensionale (3D) Planungs- und Konfigurationsaufgaben als Teil dieses Systems implementiert. Es werden sowohl physische als auch virtuelle Werkzeuge untersucht, die den Benutzern ermöglichen, Modellhöhe, Sichtpunkt und Skala zu verändern. Schliesslich wird unsere Designtätigkeit in zehn Designrichtlinien zusammengefasst. Gestützt auf diese Richtlinien diskutieren wir unsere Designtätigkeit sowie die Brauchbarkeit der Handlungs-Regulations Theorie für das Design.

Indem wir das BUILD-IT System als Forschungsplattform für greifbare Interaktion einsetzen, gestaltete sich unser Vorgehen folgendermassen: Zuerst erörtern wir einige Probleme im Zusammenhang mit physischen und virtuellen Arbeitsumgebungen, darauf folgen Richtlinien zur Förderung natürlicher Interaktion. In einem weiteren Schritt stellen wir die Interaktionsinhalte, die aus Konfigurations- und Planungsaufgaben bestehen, genauer dar. Darauf zeigen wir neue Implementierungsmöglichkeiten für 3D-Navigation. Als spezielle Anwendung von greifbaren Werkzeugen präsentieren wir Alternativen zur Kontrolle der Modellhöhe im BUILD-IT System. Wir diskutieren zudem die Ergebnisse unserer Designtätigkeit und schlagen weitere Möglichkeiten der Problemlösung in den obenerwähnten Bereichen vor.

Neben den erwähnten Hauptthemen berichten wir zudem über fortgeschrittene Anwendungen des Systems sowie vergleichbare andere Forschungsplattformen für greifbare Benutzerinteraktion. Anhand einer Checkliste aus der Handlungs-Regulations-Theorie diskutieren wir den Anwendungswert des BUILD-IT Systems. Am Ende folgt eine grundsätzliche Diskussion unserer Designprinzipien, zudem wird ermittelt, welches systemunabhängige Wissen aus unserer Arbeit resultiert. Schliesslich werden die zukünftigen Herausforderungen im Design und praktischen Gebrauch von greifbaren Benutzerschnittstellen dargestellt.