

Mobile Interaktionen mit der realen Umwelt

Jessica Aust

LFE Medieninformatik
Ludwig-Maximilians-Universität München
Amalienstraße 17, 80333 München, Germany
austj@cip.ifi.lmu.de

Zusammenfassung Mobile Endgeräte, wie Mobiltelefone oder PDAs unterstützen uns schon seit geraumer Zeit in unserem Alltag, indem sie uns die unterschiedlichsten Dienste bereitstellen. Wir sind ständig für jeden und jederzeit erreichbar, können Textnachrichten verschicken oder unsere Termine elektronisch festhalten und verwalten. Bisher beschränkte sich mobile Interaktion nur auf die Interaktion zwischen Mensch und mobilem Endgerät, aber aufgrund neuer und verbesserter Technologien entstehen neue Interaktionstechniken, die uns über das mobile Endgerät Zugang zu unserem realen Umfeld ermöglichen. Durch unterschiedlichste Interaktionen können wir beispielsweise Informationen über reale Objekte in unserer Umgebung in Erfahrung bringen oder einen objektbezogenen Dienst aufrufen. In dieser Arbeit sollen unterschiedliche Interaktionen und ihre zugrunde liegende Technologie, sowie laufende Projekte und bereits realisierte Anwendungen vorgestellt werden. Im letzten Abschnitt soll dieses Thema etwas kritischer betrachtet werden.

1 Einleitung

Mobile Endgeräte, wie Mobiltelefone, oder Personal Digital Assistants (kurz PDA) sind aus dem alltäglichen Leben nicht mehr wegzudenken. Daher entwickeln sich die Einsatzmöglichkeiten solcher Geräte immer schneller. Der alltägliche Gebrauch vom einfachen Telefonieren, über das Versenden von Kurzmitteilungen, bis hin zum Organisieren von Terminen ist längst nicht mehr alles, was der tragbare Computer leisten kann. Abbildung 1 zeigt diese alltäglichen Interaktionen, aber welche neuen Interaktionsformen existieren noch und welchen Nutzen kann der Mensch daraus ziehen?



Abbildung 1. (von links) Alltägliche Interaktionen: Telefonieren, Kurzmitteilung versenden, Termine organisieren, aber welche neuen Interaktionsformen gibt es noch?

Dank neuester und verbesserter Technologien ist es dem Menschen möglich mit Hilfe seines mobilen Endgeräts Zugang zu seiner realen Umwelt zu erlangen. Dabei kann der Begriff „reale Umwelt“ mehre Bereiche umfassen:

- Jegliche Art von **physikalischen Objekten**, die den Menschen umgeben. Beispiele hierfür sind technische Geräte, Zeitschriften, Plakate, Kunstwerke, oder Produkte.
- **Räumlichkeiten**. Beispielsweise das eigene zu Hause, das Büro, oder öffentliche Plätze.
- **Lebewesen**, wie Menschen oder Tiere.

Die Vorteile dieser neuen mobilen Interaktionen mit der realen Welt sind vielseitig. Beispielsweise können mittels unterschiedlichster Interaktionstechniken, objektbezogene Informationen in Erfahrung gebracht, reale Gegenstände gesteuert, Räume gescannt, oder unter anderem bargeldlos bezahlt werden.

2 Vorbereitungen

Für eine erfolgreiche mobile Interaktion muss in den meisten Fällen die reale Umwelt mit so genannten *Tags* ausgestattet werden. Beispiele hierfür sind visuelle, auditive, oder *Tags*, die auf Radiowellen-Technologie basieren. Diese Tags besitzen einen geringen Speicherplatz, auf den verschiedene Informationen abgelegt werden können. Diese Informationen können durch entsprechende Lesegeräte abgerufen werden. Abbildung 2 stellt diese Vorbereitungen schematisch dar.

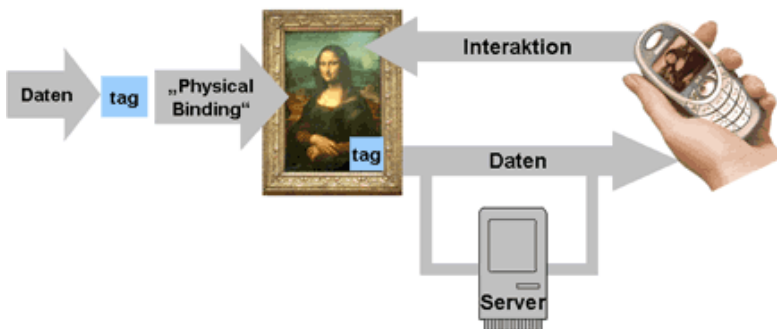


Abbildung 2. Schematische Darstellung der Vorbereitungen

Im ersten Schritt müssen die objektspezifischen Daten auf dem *Tag* gespeichert werden. Dies kann beispielsweise ein eindeutiger Kennzeichner (*ID*) sein, der einen gewissen Dienst auf dem mobilen Endgerät aufruft. Es können aber auch andere Daten, wie z.B. eine URL oder Objektinformationen auf dem *Tag* gespeichert werden. Ist der *Tag* mit den relevanten Daten bespielt, wird er an das reale Objekt angebracht. Dies bezeichnet Kindberg [1] als *Physical Binding*. Daraufhin kann das mobile Endgerät mit dem realen Objekt interagieren. Während der Interaktion können die Informationen des Markers entweder an das mobile Endgerät direkt übertragen oder erst an einen Server geschickt werden. Letzterer wertet die erhaltenen Daten aus und über-

trägt das Ergebnis daraufhin an das mobile Endgerät. Dann wird eine Aktion auf dem mobilen Gerät ausgeführt. Diese Aktion könnte beispielsweise das Anzeigen einer objektbezogenen URL im Browser sein, aber auch einen speziellen Dienst auf dem Gerät aufrufen. Unter anderem könnte eine Applikation gestartet werden, die eine multimediale Präsentation über das Objekt bereithält. Die Daten des *Tags* können beispielsweise per Infrarot, Bluetooth, Wireless LAN, aber auch über Radio-Frequenz Technologien übertragen werden. Im folgenden Abschnitt sollen Technologien näher beschrieben werden, die bei mobiler Interaktion zum Einsatz kommen.

3 Technologien

Für die Realisierung mobiler Interaktionen mit der realen Umwelt können unterschiedliche Technologien eingesetzt werden. Dabei kommen klassische Verbindungstechnologien, wie Bluetooth, Infrarot oder Wireless LAN zum Einsatz. Des Weiteren sollen Radiowellen-Technologien vorgestellt werden, die eine immer wichtigere Rolle bei mobilen Interaktionen spielen können. Der letzte Abschnitt erklärt die Realisierung von visuellen *Tags*.

3.1 Verbindungstechnologien

Die folgenden Technologien sind bereits seit geraumer Zeit auf dem Markt. Sie werden in den meisten Fällen für die Datenübertragung zwischen mobilen Endgeräten eingesetzt.

Infrarot Die wohl älteste drahtlose Technik, die bei mobilen Endgeräten eingesetzt wird, stellt die Infrarottechnologie dar. Im Jahre 1993 hat sich die *Infrared Data Association* (IrDA) [7] zusammengeschlossen, um einen einheitlichen Infrarotstandard zu spezifizieren. Seit 1995 existiert die Spezifikation 1.1, auch *Fast Infrared* (FIR) genannt. Diese schafft eine maximale Übertragungsrate von 4 MBit/s. Die nachfolgende geplante Spezifikation *Very Fast Infrared* (VFIR) soll eine Geschwindigkeit von 16 MBit/s erreichen. Die Reichweite kann maximal ein Meter betragen. Der Einsatz von Infrarot dient in den meisten Fällen zum Datenaustausch zwischen zwei mobilen Endgeräten. Es ist aber auch möglich reale Objekte mit Infrarotschnittstellen auszustatten. Durch diese Schnittstellen können mobile Endgeräte eine Verbindung zu diesen Objekten aufbauen und mit ihnen interagieren. Die *Infrared Data Association* (IrDA) beschreibt in [7] einige entscheidende Vorteile, die hier auszugsweise genannt werden sollen:

- Der Einbau einer Infrarotschnittstelle in ein reales Objekt oder mobiles Endgerät ist **billig**.
- Infrarot ist bei einer maximalen Bandbreite von 4 MBit/s und geplanten 16 MBit/s **schnell**.
- Infrarot hat einen **geringen Batterieverbrauch**.
- Infrarot ist **allgegenwärtig**, da es nahezu in jedem mobilen Endgerät integriert ist.

Der große Nachteil der Infrarot-Technologie ist, dass freie Sicht zwischen den zwei miteinander kommunizierenden Objekten gewährleistet werden muss, da sonst kein Datenaustausch erfolgen kann. Ein weiterer Nachteil besteht in der geringen Reichweite.

Bluetooth Der größte Konkurrent des *IrDA-Standard* [7] stellt Bluetooth dar. Seit 2001 ist der Bluetooth Standard 1.1 im Einsatz, der von der 1998 gegründeten *Bluetooth Special Interest Group (SIG)* [6] spezifiziert wurde. Mittels dieses Standards können Geräte über Radiowellen auf eine Reichweite von zehn bis zu hundert Metern bei einer Geschwindigkeit bis zu 1 MBit/s miteinander kommunizieren. Im November 2004 wurde der Bluetooth 2.0 Standard verabschiedet, der bis zu 3 Megabit/s übertragen kann und einen geringeren Stromverbrauch verspricht [6]. Der Aufbau einer Bluetooth-Verbindung entsteht in zwei Schritten [6]. Diese zwei Schritte sind in der Abbildung 3 schematisch dargestellt.

- **Inquiry.** In dieser Phase sucht das kommunikationsbereite Gerät (*Master*) nach anderen kommunikationswilligen Bluetooth-Geräten (*Slaves*), die sich in seiner Reichweite befinden. Am Ende dieser Phase sind dem *Master* alle kommunikationsbereite Geräte bekannt.
- **Paging.** In dieser Phase wird der eigentliche Verbindungsaufbau zwischen *Master* und einem der gefundenen Geräte realisiert.

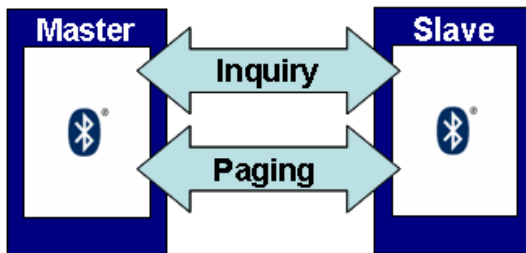


Abbildung 3. Zweistufiger Verbindungsaufbau zwischen zwei Bluetooth-Geräten.

Der Einsatz von Bluetooth im Umgang mit mobilen Endgeräten spielt eine große Rolle, da zum jetzigen Zeitpunkt die meisten mobilen Geräte über eine Bluetooth-Schnittstelle verfügen. Über diese Schnittstelle können mobile Endgeräte eine Verbindung zueinander aufbauen und Daten austauschen. Es ist aber auch möglich reale Objekte mit einem Bluetooth-Chip zu versehen, um eine Interaktion zwischen mobilen Endgerät und realen Objekt zu ermöglichen. Im Gegensatz zu Infrarot muss keine freie Sicht zwischen den kommunizierenden Bluetooth-Geräten bestehe. Ein Nachteil von Bluetooth ist der zweiphasige Verbindungsaufbau, der bis zu 30 Sekunden in Anspruch nehmen kann.

Wireless Local Area Network (WLAN) oder Wireless Fidelity (WiFi) WLAN, oder WiFi, stellt den vom *Institute of Electrical and Electronics Engineers* drahtlosen Funkstandard IEEE 802.11 dar [27]. 1999 schloss sich die WiFi-Alliance zusammen, um einen globalen, auf IEEE 802.11 basierenden Standard für WiFi-Geräte zu schaffen [10]. Über eine WLAN-Verbindung können Geräte mit einer Geschwindigkeit von 11 MBit/s oder 54 MBit/s kommunizieren. Die Reichweite kann zwischen zehn

und 150 Metern betragen. Über WLAN können mobile Endgeräte Zugang zum Internet erhalten, dafür muss sich dieses in einer aktiven Umgebung (*Hotspot*) befinden. In den meisten Fällen wird dafür ein besonderer Sicherheitscode benötigt. Im Oktober 2004 wurden die ersten mobilen Endgeräte mit integrierter WLAN-Technologie auf den Markt gebracht [10]. Bisher ist WLAN noch nicht standardmäßig in den mobilen Endgeräten integriert, aber aufgrund der schnellen Datenübertragung und hohen Reichweite könnte sich WLAN im Vergleich zu den momentanen Technologien bald als starke Konkurrenz entpuppen.

3.2 Elektromagnetische Technologien

Die Datenübertragung bei diesen Technologien erfolgt durch die Erzeugung eines elektromagnetischen Feldes. Mittels Radiowellen können Daten berührungslos und ohne Sichtkontakt übertragen oder gespeichert werden.

Radio Frequency Identification (RFID) In [9] wird der Aufbau eines RFID-Systems beschrieben. Ein RFID-System besteht aus einem RFID-Tag, auch Transponder genannt, und einem RFID-Reader. Der RFID-Tag besteht aus einem Mikrochip, der an die Antenne des Tags angeschlossen ist. Auf diesem Chip können bis zu zwei Kilobyte Daten gespeichert werden. Diese werden über die Antenne des Tags übertragen. In den meisten Fällen handelt es sich bei den zu übermittelnden Daten um Seriennummern, die zur Identifikation bestimmter Dienste dienen. Aber auch objektorientierte Informationen können auf einem RFID-Tag gespeichert werden. Der RFID-Reader besitzt ein oder mehrere Antennen, die ständig Radiowellen ausstrahlen und dadurch die Information des RFID-Tags auslesen können. Über den RFID-Reader können auch Daten auf den RFID-Tag gespeichert werden. Es existieren zwei unterschiedliche RFID-Transpondertechniken:

- **Passive RFID-Tags.** Diese haben weder einen eigenen Transmitter, noch eine eigene Energiequelle. Der Datenaustausch mit dem Reader erfolgt durch Reflexion des empfangenen Readersignals. Dafür bauen die Spule der Readerantenne und die Spule der Tagantenne ein Magnetfeld auf. Daraufhin bezieht der Transponder den Strom aus dem Lesegerät und kann dadurch die auf ihm gespeicherten Daten übertragen.
- **Aktive RFID-Tags:** Aktive RFID-Transponder besitzen ihren eigenen Transmitter und ihre eigene Stromquelle. In den meisten Fällen werden sie batteriebetrieben, aber sie sind auch in der Lage ihre Energie über die Sonne, oder andere Energiequellen zu beziehen. Kommt der RFID-Reader in die Reichweite eines aktiven Tags, so wird dieser geweckt und er beginnt mit der Übertragung seiner Daten, in dem er eigenständig seine Daten an das Reader-Gerät überträgt.

Die *Nokia Field Force Solution* [3] hat bereits ein komplettes RFID-System auf den Markt gebracht. Der RFID-Reader ist in der Schale des Mobiltelefons integriert. Die dazugehörigen passiven RFID-Tags können nahezu überall angebracht werden und können auf eine Reichweite bis zu drei Zentimetern mit dem Lesegerät interagieren. Auf jedem dieser *Tags* kann eine Seriennummer gespeichert werden, die einen ent-

sprechenden Dienst auf dem Mobiltelefon aufruft. Dabei gibt es zwei Anwendungen, die dem Benutzer zur Verfügung stehen:

- **Shortcut.** Nach Berührung eines *Tags* können bestimmte Aktionen ausgeführt werden, wie zum Beispiel das Versenden einer Kurzmitteilung an eine festgelegte Nummer, oder das Öffnen einer vordefinierten Webseite im Browser des Mobiltelefons.
- **RecordData.** Diese Applikation ermöglicht es die Informationen, die auf dem *Tag* gespeichert worden sind, im Telefonspeicher des Mobiltelefons abzulegen.

In Abbildung 4 sieht man die schematische Darstellung des RFID-Systems von der *Nokia Field Force Solution* [3].

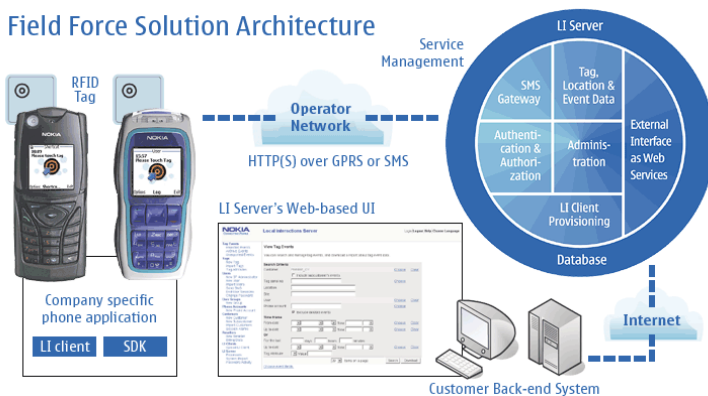


Abbildung 4. RFID Architektur von Nokia [3]. Durch das Berühren eines RFID-Tags können verschiedene Dienste auf dem Mobiltelefon gestartet werden.

Passive RFID-Tags haben den Vorteil besonders kostengünstig (zwischen 20 und 50 Cent, je nach Datenmenge) zu sein. Des Weiteren sind sie durch ihren passiven Modus besonders energiesparend. Dies geschieht zu Ungunsten der Reichweite, die maximal acht Meter beträgt.

Aktive RFID-Tags dagegen haben eine größere Reichweite (zwischen 20 bis 100 Metern), sind aber im Gegenzug dafür auf eine externe Stromquelle angewiesen. Dafür ist das Auslesen der Information auf einem aktiven Tag verlässlicher, da er eigenständig die Signale aussendet. Im Verhältnis zu den passiven RFID-Tags sind sie mit acht bis zu 40 Euro aber wesentlich teurer. [9]

Near Field Communication (NFC) Im Jahre 2004 gründeten die Firmen *Nokia* [3], *Phillips* [8] und *Sony* [26] das *Near Field Communication Forum* [4] für die Entwicklung und Standardisierung von NFC-Technologie. Diese Technologie basiert auf der bereits erwähnten RFID-Technologie, aber kombiniert diese mit gewöhnlicher Chipkarten-Technologie. Im Gegensatz zu RFID, gibt es bei NFC keine Trennung zwischen Reader und Tag [4]. Eine Verbindung zwischen zwei NFC-Geräten kann nur dann zustande kommen, wenn die Geräte nur wenige Zentimeter (0-20 cm) von einander entfernt sind. Des Weiteren kann die Verbindung eine Übertragungsrate von 106 bis zu 424 KBit/s erreichen. Das Besondere an NFC ist der Verbindungsaufbau

zwischen zwei NFC-Geräten, der im Gegensatz zu Bluetooth sofort erfolgt. Das *NFC-Forum* sieht zwei wesentliche Anwendungen für NFC-Technologie vor:

1. Als **Setup-Dienst** für andere, weiträumige Verbindungstechnologien, wie Bluetooth oder Wireless LAN, die eine komplizierte Konfiguration verlangen.
2. Als **Kombination mit Chipkarten**. NFC-Geräte sind in der Lage als Lesegerät zu funktionieren und können somit mit Chipkarten, wie z.B. MiFare [20] oder RFID-Tags kommunizieren. Sie können aber ebenso wie handelsübliche Chipkarten eingesetzt werden.

Der Verbindungsaufbau geschieht bei NFC-Geräten nach dem „Listen before talk“-Prinzip [5]. Nach diesem Prinzip gibt es einen *Initiator*, der die Kommunikation wünscht und ein *Target*, welches den Kommunikationswunsch empfängt. Möchte der *Initiator* nun mit dem *Target* kommunizieren, horcht er erst, ob noch andere NFC-Signale zu hören sind. Ist dies nicht der Fall, kann der *Initiator* die Kommunikation mit dem *Target* beginnen. Dabei gibt es zwei Modi, in denen sich ein NFC-Gerät befinden kann. Den *active mode*, bei dem beide Geräte ein Radio-Frequenz-Feld (RF-Feld) aufbauen und den *passive mode*, bei dem nur der *Initiator* das RF-Feld generiert. Die NFC-Technologie hat nach der ECMA Spezifikation [5] die folgenden Vorteile:

- Es können **keine Missverständnisse** entstehen zwischen welchen Geräten die Kommunikation zustande kommen soll, da sie sich in unmittelbarer Nähe zu einander befinden.
- Das Berühren oder beinahe Berühren des NFC-Objekts ist für den Benutzer äußerst **intuitiv**.
- NFC-Geräte können im passiven Modus eingesetzt werden, dadurch können sie **ohne Batterie** betrieben werden.
- NFC kann in **Verbindung mit anderen Protokollen**, wie Bluetooth oder WLAN eingesetzt werden, um den Verbindungsprozess zu beschleunigen und zu vereinfachen.

Ein mögliches Szenario, wie in Abbildung 5 dargestellt, wird in [5] beschrieben. Das linke Bild zeigt, wie ein Tourist ein Foto mit seinem PDA macht. Das rechte Bild zeigt, wie er daraufhin dieses Foto auf dem Fernseher anzeigt. Dies geschieht durch das (beinahe) Berühren eines NFC-Tags, der an dem Fernsehgerät angebracht ist.



Abbildung 5. (links) Ein Tourist beim Fotografieren. (rechts) Durch Berührung eines NFC-Tags wird das Bild auf dem Fernsehgerät angezeigt. [5]

Die geringe Reichweite ist kein Nachteil dieser drahtlosen Technologie, sondern der eigentliche Vorteil. Durch die Nähe kann die Datenübertragung sofort beginnen

und es bedarf keiner weiteren Konfigurationsmaßnahmen. Ein Nachteil der NFC-Technologie könnte die geringe Teilnehmerzahl sein, da immer nur zwei Objekte eine Verbindung zueinander aufbauen können. Ein weiterer Nachteil ist die Übertragungsrate, die mit maximal 424 KBit/s viel langsamer als bei anderen Technologien ist.

3.3 Visual Codes

Eine andere Technologie für den Datenaustausch zwischen mobilen Endgerät und realen Objekt kann über den Einsatz von Visual Codes erfolgen. Abbildung 6 zeigt Beispiele von Visual Codes, die bereits im Einsatz sind.



Abbildung 6. Visual Codes: (von links) Spotcode [2], ein gewöhnlicher Barcode, Semacode[21] und CyberCode[14]

Der wohl bekannteste Visual Code ist der Barcode. Barcodes sind eindimensionale Strichcodes, die unter anderem auf Produkten im Supermarkt abgebildet sind. Beim Bezahlen eines Produktes wird dieses über einen Kassenscanner gezogen. Dadurch wird der Preis des Produkts ermittelt und kann verrechnet werden. Nach diesem Prinzip funktionieren auch die anderen Visual Codes. In einem Visual Code können verschiedene Informationen gespeichert werden. Aufgrund der bisher schlechten Auflösung der integrierten Kamera in mobilen Endgeräten können nur geringe Datenmengen in einem Visual Code gespeichert werden. Diese Informationen können beispielsweise eine URL oder eine ID eines realen Objekts repräsentieren. Madhavadetty et al. unterscheiden in [2] zwei Arten von Visual Codes:

- **Aktive Codes.** Diese können vom Computer generiert werden und auf einem elektronischen Display angezeigt werden. Dazu wird in Abschnitt 4.1 noch der *cmode-Getränkeautomat* [13] vorgestellt, welcher diese Art von Code verwendet.
- **Passive Codes.** Diese können so gut wie überall aufgedruckt oder angebracht werden. Beispiele hierfür sind Papierdokumente, Poster, Filmplakate.

Durch das Fotografieren eines solchen Codes können die Informationen entschlüsselt und ausgewertet werden. Die Kodierung ist bei allen Visual Codes ähnlich, daher soll der Algorithmus anhand von Rekimotos et al. *Cyber Code* [14] näher gebracht werden. Dieser Algorithmus durchläuft fünf Schritte und wird in Abbildung 7 grafisch dargestellt:

1. Als erstes erfolgt die Umwandlung des aufgenommenen Bildes in eine Binärdatei.
2. Daraufhin wird die Führungslinie (*guide bar*) des Visual Codes (b) ermittelt.

3. Anhand dieser Führungslinie sucht der Algorithmus nach den vier Eckpunkten des Tags (c). Sobald die vier Eckpunkte des Codes entdeckt wurden, wird der Bildteil des Codes entschlüsselt. Durch die vier Eckpunkte kann das System die eine mögliche Verzerrung des Bildes aufgrund der Kameraneigung ausgleichen.
4. Nachdem Ausgleich der möglichen Verzerrung werden die eigentlichen Daten (*code pattern area*) ausgelesen und überprüft, ob es sich um ein korrekten *Cyber Code* handelt (d).

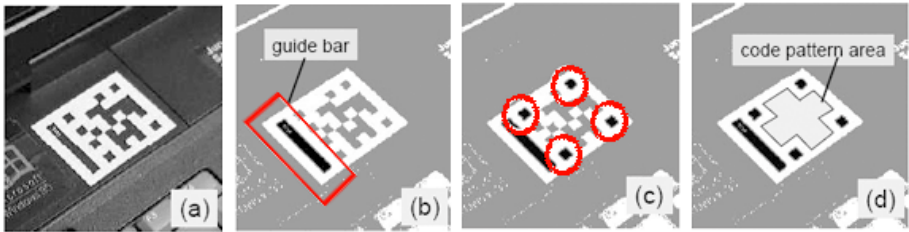


Abbildung 7. (von links) (a) Cyber Code, (b) Führungslinie zum Suchen der vier Eckpunkte, (c) vier Eckpunkte zur Kompensierung der Verzerrung, (d) Daten [14]

4 Interaktionstechniken

Im folgenden Abschnitt sollen einige Beispiele vorgestellt werden, wie der Mensch mit Hilfe seines mobilen Endgeräts mit seiner realen Umwelt interagieren kann.

4.1 Direkte Eingabe

Die gängigste Interaktionsform mit dem Mobiltelefon oder PDA ist die direkte Eingabe durch die Tastatur oder den Stift. Die Interaktion erfolgt hierbei nicht direkt zwischen mobilen Endgerät und realen Objekt, sondern erfolgt über die Eingabe eines eindeutigen Kennzeichners, der das entsprechende Objekt repräsentiert. Dieser Kennzeichner kann beispielsweise eine URL, aber auch wie im Beispiel des *BugaFührers* [11] eine Nummer sein. Diese Nummer ist einem bestimmten Objekt in der realen Welt zugeordnet und nach der Eingabe dieser Nummer in das mobile Endgerät können beispielsweise objektspezifische Informationen abgerufen werden. In Abbildung 8 sieht man den *BugaFührer* [11], der aktuell auf der Bundesgartenschau in München (2005) im Einsatz ist. Dieser Führer ist ein gewöhnlicher PDA. Im linken Bild sieht man die Übersicht über das gesamte Gelände der Bundesgartenschau. Die einzelnen Sehenswürdigkeiten sind mit Nummern gekennzeichnet. Nach der Eingabe einer Nummer, wird im Display des PDAs die Information über diese Attraktion angezeigt. Dies ist in der rechten Grafik zu sehen.



Abbildung 8. (links) *BugaFührer* mit Überblick über die Attraktionen. (rechts) Anzeige der Informationen nach Eingabe einer Nummer [11].

4.2 Akustische Interaktion

Eine weitere Möglichkeit mit Objekten der realen Umwelt zu interagieren, ist das Abspielen von akustischen Signalen mit dem mobilen Endgerät. Das mobile Endgerät sendet hierfür akustische Signale an das reale Objekt. Dies kann diese Signale interpretieren und darauf hin eine bestimmte Aktion auslösen. So ein Beispiel zeigt Abbildung 9. Durch das Abspielen von unterschiedlichen akustischen Signalen kann hier bargeldlos bezahlt werden. Dafür müssen unterschiedliche Klingeltöne von einem Server herunter geladen werden. Unterschiedliche Töne stellen verschiedene Geldbeträge dar, die auf der Mobiltelefonrechnung abgebucht werden. Daraufhin muss der Benutzer das Mobiltelefon vor den Sensor des Automaten halten und das akustische Signal abspielen. Kann der Automat das Signal auswerten, wird dem Benutzer die gewünschte Ware ausgegeben [12].



Abbildung 9. Bezahlung durch Abspielen akustischer Signale [12]

4.3 Interaktion mit der Kamera

Seit geraumer Zeit kommen immer mehr Mobiltelefone mit einer integrierten Kamera auf dem Markt. Dadurch entstehen neue Interaktionstechniken, die von der digitalen Kamera Gebrauch machen. Dabei gibt es zwei Möglichkeiten, wie die Kamera eines mobilen Endgeräts eingesetzt werden kann. Zum einen können permanente Aufnahmen gemacht werden und zum anderen gibt es die Möglichkeit einzelne Fotos zu schießen.

Bildererkennung Durch das Filmen oder Fotografieren von realen Objekten können objektorientierte Informationen in Erfahrung gebracht werden. Nachdem das aufgenommene Bild mittels Bilderkennungsalgorithmen ausgewertet wurde, kann eine Aktion, wie das Darstellen einer multimedialen Präsentation, ausgeführt werden. Das Projekt des *Mobile Museum Guide* von Albertini et al. wird in [15] beschrieben. Bei diesem Projekt dient ein PDA als mobiler Museumsführer. Dieser PDA wurde zusätzlich mit einer Webcam und einer Wireless LAN-Karte ausgestattet.

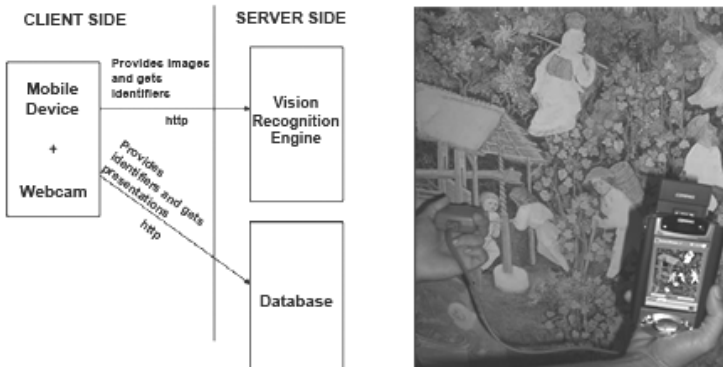


Abbildung 10. (links) Systemarchitektur des mobilen Museumsführers, (rechts) Aufnahme des Kunstwerkes mit dem PDA [15].

Dieser Prototyp kann sich in zwei Modi befinden:

- **Browsing.** Abbildung 10 stellt diesen Modus schematisch dar. Während dieses Zustands werden alle 500 Millisekunden die aufgenommenen Bilder per *HTTP-Protokoll* an die *Vision Recognition Engine* gesendet. Die *Vision Recognition Engine* hat die Aufgabe bestimmte Szenen, die aufgenommen wurden, zu interpretieren und mit gespeicherten Aufnahmen zu vergleichen. Findet eine Übereinstimmung statt, schickt die *Engine* eine ID an den Prototyp zurück. Dieser stellt darauf hin eine Anfrage mit der ID an eine Datenbank, die alle Multimedialpräsentationen bereithält. Wird ein entsprechender Eintrag in der Datenbank gefunden, wird die multimediale Präsentation zurück an das mobile Endgerät gesendet.
- **Presenting.** In diesem Modus wird die multimediale Präsentation auf dem PDA abgespielt. Der Benutzer ist in der Lage die Präsentation zu stoppen

oder beliebig oft abzuspielen. Nach dem Ende Präsentation wechselt das Gerät automatisch zurück in den *Browsing-Modus*.

Das Projekt „Phone Guide“ von der Medienfakultät der Bauhaus-Universität in Weimar [22] hat einen mobilen Reiseführer entwickelt, der ähnlich wie der oben genannte Prototyp funktioniert. Hier werden einzelne Bilder von Sehenswürdigkeiten gemacht und ausgewertet. Das Mobiltelefon muss mit einer Software bespielt werden, die den mobilen Reiseführer realisiert. Nach dem Fotografieren einer Sehenswürdigkeit werden entsprechende Informationen dazu auf dem Telefon angezeigt. Dazu haben die Entwickler die Sehenswürdigkeiten in ein grobes Raster strukturiert und in eine Datenbank gespeichert. Wird nun ein Foto von einer Sehenswürdigkeit gemacht, vergleicht die Software auf dem Mobiltelefon die Aufnahme mit den hinterlegten Bildern der Datenbank. Findet die Software eine Übereinstimmung wird eine Präsentation abgespielt, die Hintergrundinformationen über die Sehenswürdigkeit bereithält. Die benötigte Software soll über das Internet herunter geladen oder per *Multi Messaging Service* (MMS) verschickt werden. Es wäre aber auch denkbar, dass die Daten durch andere Verbindungstechnologien auf das mobile Gerät gesendet werden. Abbildung 11 zeigt die Anwendung des Phone Guides in dem Senckberg Museum für natürliche Geschichte in Frankfurt. Das linke Bild zeigt, wie der Besucher ein Foto von einem Ausstellungsstück macht und dann eine multimediale Präsentation, wie auf dem rechten Bild zu sehen ist, angezeigt bekommt.



Abbildung 11. (links) Ein Museumsstück wird fotografiert, darauf hin erscheint (rechts) die multimediale Präsentation auf dem Mobiltelefon [22]

Visual Codes Der Einsatz von Visual Codes stellt eine weitere Möglichkeit dar, die Kamera des mobilen Endgeräts zur Interaktion mit der realen Welt zu benutzen. Die verschiedenen Visual Codes wurden bereits in Abschnitt 3.3 vorgestellt. Für die hier vorgestellten Projekte wurden sowohl passive, als auch aktive Codes eingesetzt. Die folgenden Projekte zeigen, wie unterschiedlich der Einsatz von Visual Codes gehandhabt werden kann:

- **Objektorientierte Informationen.** Bei Rekimoto und Ayatsuka in [14] wird der Visual Code, hier *Cyber Code*, abgefilmt und ausgewertet. Wird der *Cyber Code* von dem Prototyp *NaviCam* erfasst, werden digitale Informationen auf dem Display eingeblendet. Abbildung 12 zeigt das Abfilmen einer Videokassette, die mit einem *Cyber Code* ausgestattet wurde.

Nachdem der Code erkannt wurde, werden Informationen über diese Videokassette im Display der *NaviCam* angezeigt.

- **Initialisieren von Verbindungstechnologien.** Scott et al. verwenden in [16] Visual Codes zur Initialisierung einer Bluetooth-Verbindung. Dafür muss das Gerät, zu dem eine Verbindung aufgebaut werden soll, mit einem Visual Code (hier *Spot Code*) ausgestattet werden. Dieser Code kann sowohl auf dem Display des Geräts angezeigt werden, als auch in passiver Form auf dem Gerät angebracht werden. Die Kamera des kommunikationswilligen Geräts nimmt kontinuierlich Bilder auf. Wird der *Spot Code* des anderen Geräts von der Kamera erfasst, kann dieses Gerät durch das Drücken des Select-Buttons ausgewählt werden. Dies wird in Abbildung 12 dargestellt. Daraufhin wird automatisch die Bluetooth-Verbindung zwischen beiden Geräten aufgebaut. Durch den Einsatz von Visual Codes kann somit der zweiphasige Verbindungsaufbau von Bluetooth überbrückt werden.
- **Aufrufen eines Dienstes.** Madhavapeddy et al. verwenden den Visual Code (*Spot Code*) für das Aufrufen eines bestimmten Dienstes. Abbildung 12 zeigt dazu eine schematische Darstellung. Der Spot Code beinhaltet zwei Informationen, einen Servicekennzeichner (*service-identifier*) und einen Datenblock (*data-block*). Der Servicekennzeichner bestimmt welcher Dienst auf dem mobilen Endgerät aufgerufen werden soll. Dafür richtet der Benutzer sein Mobiltelefon auf den *Spot Code*. Sobald das Mobiltelefon den Visual Code erkennt, wird eine Bluetooth-Verbindung geöffnet und der entsprechende Service auf dem mobilen Endgerät aufgerufen. Diese Anwendung könnte beispielsweise dafür dienen eine URL an das Mobiltelefon zu senden und darüber bestimmte Dienste anzubieten.



Abbildung 12. (links) *NaviCam* die Informationen ins Display einblendet [14], (Mitte) Auswahl des Spotcodes, (rechts) schematische Darstellung des Einsatz von SpotCodes[16]

4.4 Physikalische Auswahl von Objekten

Durch das mobile Endgerät können Objekte der realen Welt physikalisch ausgewählt werden. Välkkyinen et al. in [17, 18] realisiert dies, indem er die realen Objekte mit *Tags* ausstattet, die dann mit dem geeigneten mobilen Endgerät ausgewählt werden können. Diese können elektromagnetische *Tags*, aber auch Bluetooth oder Infrarotschnittstellen sein. Durch die Auswahl realer Objekte mit dem mobilen Endgerät kann

der Benutzer Zugang zu Diensten oder Informationen erlangen. Dies bezeichnen Vällkynen et al. als *Physical Browsing* und teilen dies in zwei wesentliche Schritte:

- Die **physikalische Auswahl** (*Physical Selection*), die durch unterschiedlicher Interaktionen durchgeführt werden kann
- Und die **Aktion** (*Action*), die nach der Auswahl ausgeführt wird. (Beispielsweise eine URL im Browser anzeigen)

Die folgenden Interaktionsformen wurden von Vällkynen et al. in [18, 17] vorgestellt und prototypisch evaluiert.

ScanMe Durch Scannen kann man nicht nur ein Objekt, sondern gleich mehrere Objekte, die sich in der Nähe des Benutzers finden, auswählen. Die Objekte sind mit passiven RFID-Tags ausgestattet, die auf ein Lesegerät, in diesem Fall ein PDA, siehe Abbildung 13 (links), reagieren. Dieser PDA wurde mit einem externen RFID-Reader ergänzt. Für die Anwendung dieses Prototyps wurden reale Gegenstände mit passiven RFID-Tags ausgestattet. Auf der rechten Grafik der Abbildung 13 wird der Raum gescannt, in dem sich diese realen Objekte befinden. Nachdem der Raum vollständig gescannt wurde, bekommt der Benutzer eine Liste von realen Objekten angezeigt. Daraufhin hat er die Möglichkeit mit diesen Objekten weitere Aktionen durchzuführen (Licht dimmen, die Stereoanlage an-, ausschalten).



Abbildung 13. (links) Prototyp für die Realisierung von *Physical Selection* [17], (rechts) Scannen eines Raumes nach Interaktionsobjekten [17]

PointMe Die *PointMe*-Interaktion funktioniert durch Zeigen auf ein entferntes Objekt. Das mobile Endgerät muss hierfür mit einem sichtbaren Laser ausgestattet sein, damit ein Zielen auf das entsprechende Objekt möglich sein kann. Die Realisierung dieser Interaktion kann mit mehreren Technologien erfolgen. Durch den Einsatz von Infrarot kann, wie bei der Fernsehbedienung, eine Kommunikation mit weiter entfernten Objekten erfolgen. Für die Realisierung von *PointMe* wurde derselbe Prototyp, wie bei *ScanMe* verwendet. Dieser wurde aber noch zusätzlich mit einem Laserpointer ausgestattet. Statt RFID-Tags wurden speziellen Chips eingesetzt, die auf den Laserstrahl des Prototyps reagieren konnten. Abbildung 14 zeigt die Anwendung von *PointME*. Dafür wurde ein Poster mit vier dieser speziellen Chips ausgestattet. Sobald

der Benutzer mit dem Laserpointer auf einen der Chips gezielt hat, öffnete sich eine URL im Browser des PDAs.

TouchMe Die Interaktion durch Berühren oder beinahe Berühren eines realen Objekts (bei Korhonen et al. in [19] als *Proximity* bezeichnet) sollen in diesem Abschnitt gleich behandelt werden. Durch das Berühren oder beinahe Berühren eines realen Objekts, das mit einem *Tag* ausgestattet wurde, können Daten zwischen Objekt und Gerät ausgetauscht werden. Für die technische Realisierung der *TouchMe*-Interaktion hat sich Vällkynen et al. für passive RFID-Tags entschieden, aber auf Grund des geringen Abstands zwischen realen Objekt und mobilen Endgerät sind hier auch *NFC-Tags* denkbar.

Die Firma Nokia [3] hat mit ihrer Nokia NFC Serie bereits mobile Telefone entwickelt, die hierzu verwendet werden können. Ein interessantes Beispiel bietet ihr *Keep in touch-Szenario* [3]. Hier wird geschildert, wie Großeltern mit ihrem Enkel telefonieren können, ohne sich die lange Telefonnummer merken zu müssen. Hierfür muss lediglich das Foto mit einem *NFC-Tag* ausgestattet werden, in dem die Telefonnummer gespeichert ist. Möchten die Großeltern nun mit ihrem Enkel telefonieren, müssen sie mit ihrem *NFC-Mobiltelefon* das Foto von dem Enkelkind berühren und der Anruf wird automatisch eingeleitet. Dies ist nicht das einzige Szenario das mittels solcher Tags realisiert werden kann. In Abschnitt 4.1 wird dazu ein Projekt vorgestellt.

5 Realisierte Anwendungen

In diesem Abschnitt sollen einige bereits realisierte Anwendungen vorgestellt werden. Dies soll einen Ausblick bieten, wo mobile Interaktion mit der realen Umwelt schon im Einsatz ist und welchen Nutzen sie dem Menschen dadurch bieten können.

5.1 Bezahlen mit dem mobilen Endgerät

„**NFC Handy Ticketing**“ Am 28 April 2005 startete das Pilotprojekt [24] des deutschen *Rhein-Main-Verkehrsverbundes (RMV)*, der *Hanauer Straßenbahn AG* und den Partner *Nokia* [3] und *Phillips* [8] „*NFC Handy Ticketing*“ Dieses Projekt ist auf sechs Monate ausgelegt und soll die Praxistauglichkeit aber auch die Akzeptanz des Benutzers evaluieren. Mittels eines *Nokia 3220 Mobiltelefons* das mit einer von *Philips Semiconductors* und *Sony* entwickelten *NFC-Chiptechnologie* ausgestattet wurde, können die zweihundert Nutzer ihr Mobiltelefon als Fahrschein verwenden. In Abbildung 15 wird die Interaktion gezeigt. Hierfür muss der Fahrgast nach Einsteigen in das öffentliche Verkehrsmittel sein Mobiltelefon an dem entsprechenden Terminal vorbeiführen. War die Registrierung erfolgreich bekommt der Benutzer eine Nachricht auf seinem Telefon angezeigt und er darf seine Fahrt fortsetzen. Die Abrechnung des Tickets erfolgt per *Post-Paid-Rechnung*. In dieser Rechnung werden alle Fahrten des letzten Monats aufgelistet und vom Konto des Benutzers abgebucht. Dieses System hat aber nicht nur Vorteile für den Fahrgast, sondern auch die Arbeit des Kontrol-

leurs wird dadurch vereinfacht. Mit einem speziellen Nokia-Kontrolltelefon kann er die letzten Fahrten der Fahrgäste auslesen.



Abbildung 14. Registrierung der Fahrt durch NFC-Mobiltelefon [24].

Ticketautomat Handy Das System „Ticketautomat Handy“ [25] beschäftigt sich ebenfalls mit Fahrscheinen für den öffentlichen Verkehr. Dieses System wurde im November 2004 im Vogtland gestartet. Dort können die Fahrgäste von Bus und Bahn mit ihrem Mobiltelefon einen Fahrschein kaufen. Der Zweckverband Vogtland Verkehr (ZVV) [30] beauftragte *Siemens Business Service* [25] mit der Implementierung dieses Projekts nach der erfolgreichen Durchführung des Pilotprojekts. Bei diesem Projekt sollten 500 Fahrgäste in einem Zeitraum zwischen Februar und April 2004 den „Handy-Fahrschein“ testen und bewerten. Das Ergebnis war, dass sich insbesondere die regelmäßigen Fahrgäste ein solches System wünschen würden.

Der Kauf einer Fahrkarte kann durch zwei Aktionen erfolgen:

- Nach einmaligem Aufladen einer Software auf ein javafähiges Mobiltelefon [29] kann der Fahrgast mit Hilfe dieser Applikation das Ticket bestellen. Dafür muss er die relevanten Daten ins Telefon eingeben. Sein gewünschtes Ticket wird daraufhin auf einem Server gespeichert, auf den Fahrgast und Kontrolleur Zugriff haben.
- Eine weitere Möglichkeit bietet die Bestellung per Anruf. Eine vom Fraunhofer-Institut [28] entwickelte Spracherkennungssoftware ist in der Lage die Fahrscheinrelevanten Informationen zu interpretieren.

CMode Im September 2001 brachten der japanische Coca Cola Hersteller [31], der Mobilfunkanbieter NTT DoCoMo [32] und Itochu Corp [33] einen Getränkeautomat (*CMode*) auf dem Markt, bei dem durch aktive Visual Codes verschiedenste Dienste bezahlt werden können [13]. Abbildung 15 stellt den Zahlungsablauf dar.

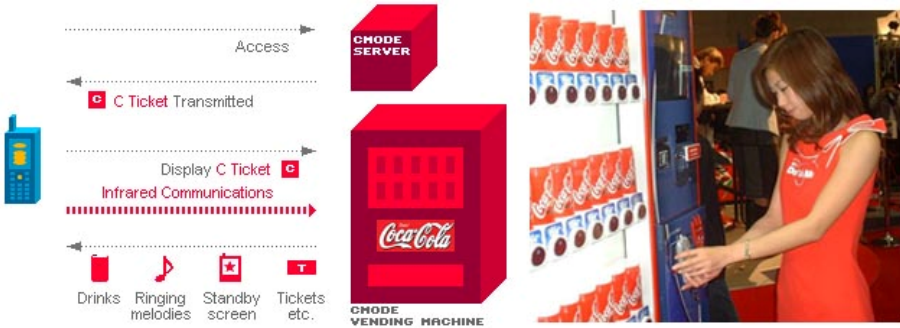


Abbildung 15. (links) Ablauf der Bezahlung via Telefondisplay. (rechts) durch Vorbeiführen des Displays an den *cmode* kann das Getränk erworben werden. [13]

Als erstes muss der gewünschte Dienst mit dem Mobiltelefon auf der Cmode-Internetseite ausgewählt werden (*Access*). Danach wird ein so genanntes *CTicket* übertragen (*CTicket Transmitted*). Bei diesem *CTicket* handelt es sich um ein aktiven Visual Code, der auf dem Display des Mobiltelefons dargestellt werden kann. Mittels dieses Codes kann der gewünschte Dienst bezahlt werden. Dies geschieht indem das *C Ticket* vor das Display des Getränkeautomaten gehalten wird. Wird das *CTicket* erkannt erhält der Benutzer den gewünschten Dienst. Dies kann beispielsweise ein Getränk oder ein Klingelton sein. Die Auswahl des Dienstes ist sowohl über eine Internetverbindung, als auch über Infrarot (*Infrared Communications*) möglich.

5.2 Mobile Führer – „A Street History in Semacode“

Dieses digitale Graffiti-Projekt [23] wurde von Elliott Malkin ins Leben gerufen und bietet den Besuchern und Bewohnern Lower Manhattans entlang der stillgelegten Third Avenue Trambahnlinie eine historische Reise. Durch das Abfotografieren von *Semacodes* [21] können auditive Informationen abgerufen werden. Die linke Grafik in Abbildung 16 zeigt die Route der Trambahnlinie und die angebrachten *Semacodes*. Die beiden anderen Abbildungen zeigen, wie die *Semacodes* in der Umgebung platziert sind. Die Linie stellt eine historische und zugleich religiöse Grenze (*eruv*) dar, welche damals die immigrierte polnische jüdische Gemeinde von den restlichen Bewohnern Manhattans abgrenzte. Die meisten der jüdischen Gemeinden sind bereits weggezogen und die physikalische, aber auch symbolische Grenze existiert nur noch in der Geschichte. Jede Station entlang dieser Grenze ist mit einem *Semacode* ausgestattet und durch das Fotografieren können wahre Geschichten, die sich an diesem Ort ereignet haben in Chinesisch, Spanisch, Jüdisch und Englisch angehört werden. Die Besucher können aber auch ihre eigenen Erfahrungen in Form einer Sprachmitteilung an diesen Orten hinterlassen.



Abbildung 16. Die historische Reise durch die Third Avenue mit Hilfe von Semacodes [23]

6 Zusammenfassung und Diskussion

In dieser Arbeit wurden einige neue Interaktionsformen vorgestellt mit denen der Mensch in der Lage ist gewünschte Informationen über Objekte in seinem Umfeld in Erfahrung zu bringen. Diese Informationen können von unterschiedlichster Natur sein und auf verschiedene Art und Weise repräsentiert werden. In den meisten Fällen werden kleine *Tags* an realen Objekten oder Orte angebracht, damit die mobile Interaktion zu Stande kommen kann. Diese *Tags* können mit unterschiedlichsten Informationen bespielt werden, wie beispielsweise eine URL oder eindeutigen Kennzeichen, die einen bestimmten Dienst beschreiben. Es gibt verschiedene Arten von *Tags*, wie visuelle, so genannte Visual Codes, aber auch *Tags*, die über Radiowellen ihre Daten übermitteln können, wie Bluetooth-Chips, RFID-, oder NFC-*Tags*. Da diese Marker in den meisten Fällen möglichst klein und unauffällig sind, können einige Probleme diesbezüglich auftreten. Wie kann der Mensch erkennen, dass er eine Interaktion mit einem realen Objekt durchgeführt kann? Daher ist es wichtig, dass auf die mögliche Interaktion aufmerksam gemacht wird. Dies kann aber in manchen Fällen die Ästhetik des Objekts mindern.

Ein Objekt der realen Umwelt kann durch das mobile Endgerät auf unterschiedliche Art ausgewählt werden. Die hier aufgezählten Selektionstechniken sind: das Scannen einer Umgebung, das Zeigen auf ein weit entferntes Objekt und das Berühren oder das beinahe Berühren eines sich in der Nähe befindlichen Objekts. Einige dieser Interaktionen bringen Probleme mit sich. Beim Zeigen auf ein entferntes Objekt können Missverständnisse entstehen, indem das falsche Objekt ausgewählt wird. Beim Scannen einer Umgebung kann es zu Problemen kommen, wenn die Objekte nicht eindeutig bezeichnet wurden. Was bringt es dem Nutzer, wenn er eine Liste mit realen Objekten auf seinem Mobiltelefon oder PDA angezeigt bekommt, aber nicht weiß um welche Objekte es sich in Wirklichkeit handelt? Am interessantesten erscheint hier das Berühren, oder beinahe Berühren eines Objekts, da dort keine solchen Missverständnisse auftreten können.

Bei mobiler Interaktion mit der realen Umwelt, sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass es sich um mobile Benutzer handelt, die auf möglichst schnelle und unkomplizierte Art mit einem realen Objekt umgehen möchte. Daher sollten lange Wartezeiten und komplizierte Interaktionen vermieden werden. Erscheint da die direkte Eingabe einer URL, oder einer Nummer nicht viel unkomplizierter, als das Fotografieren eines Visual Codes? Auch die eher problembehafteten Interaktionen, wie *ScanMe* oder *PointMe* können eher ein Ärgernis, als eine Erleichterung für den mobilen Benutzer darstellen. Gerade bei mobiler Interaktion erscheint eine Interaktion durch Berührung besonders interessant, da sie intuitiv und unkompliziert durchzuführen ist und keine Missverständnisse bei der Auswahl des realen Objekts entstehen können. Des Weiteren kann der mobile Benutzer eine schnelle Reaktion auf seinem mobilen Endgerät erwarten, da durch den Einsatz von NFC eine sofortige Verbindung zwischen Gerät und realen Objekt gewährleistet wird.

Literatur

1. Kindberg, T., "Implementing Physical Hyperlinks Using Ubiquitous Identifier Resolution", In: 11th International World Wide Web Conference, Honolulu, HI, USA, Mai 2002.
2. Madhavapeddy, A., Scott, D., Sharp, R., Upton E., "Using Camera-Phones to Enhance Human-Computer Interaction", In: 6th International Conference on Ubiquitous Computing, Nottingham, England, September 2004.
3. Nokia: www.nokia.com, 2005
4. Near Field Communication Forum: <http://www.nfc-forum.org/>, 2005
5. ECMA international, „Near Field Communication White Paper“, 2004: <http://www.ecma-international.org/activities/Communications/2004tg19-001.pdf>, 2005
6. Bluetooth SIG: <http://www.bluetooth.com>, 2005
7. IrDA: „What is infrared and Where is it used?“, <http://www.irda.org/displaycommon.cfm?an=1&subarticlenbr=14>, 2005
8. Philips Semiconductors Styria : <http://www.semiconductors.philips.com/>, 2005
9. RFID Journal: "Getting Started": <http://www.rfidjournal.com/article/gettingstarted/>, 2005
10. Wireless Fidelity Alliance: <http://www.wi-fi.org/OpenSection/index.asp>, 2005
11. BLIS Informationsdienste: „<http://www.blisinfo.de/>“, 2005
12. Sprit of Football 2002: "Mobile Commerce", Juni 2002: <http://www.spiritoffootball.com/2002/archives/000022.html>, 2005
13. NTT Docomo: "CMode", April 2005, <http://www.nttdocomo.com/corebiz/alliances/cmode.html>, 2005
14. Rekimoto J., Ayatsuka Y., "CyberCode: Designing Augmented Reality Environments with Visual Tags", In: Designing Augmented Reality Environments, Elsinore, Denmark, April 2002
15. Albertini, A., Brunelli, R., Stock, O., Zancanaro, M., "Communicating User's Focus of Attention by Image Processing as Input for a Mobile Museum Guide", In 10th International Conference on Intelligent User Interfaces, San Diego, USA, Januar 2005.
16. Scott, D., Sharp, R., Madhavapeddy A., Upton, E., "Using Visual to Bypass Bluetooth Device Discovery", In: ACM Mobile Computing and Communications Review (MC2R), Januar 2005.
17. Väikkynen, P., Tuomisto, T., "Physical Browsing Research", In: Pervasive Mobile Interaction Devices (PERMID), München, Deutschland, Mai 2005.
18. Väikkynen, P., Korhonen, I., Plomp, J., Tuomisto, T., Cluitmans, L., Ailisto, H., Seppä, H., "A user interaction paradigm for physical browsing and near-object control based on

- tags”, In: 5th Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services, Udine, Italien, September 2003
19. Ailisto, H., Korhonen, I., Plomp, J., Pohjanheimo, L., Strömmer, E., „Realising Physical Selection for Mobile Devices”, In: 5th Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services, Udine, Italien, September 2003
 20. MiFare: <http://www.mifare.net/>, 2005
 21. Semacode: <http://semacode.org/>, 2005
 22. Bimber, O., “Phone Guide: Museum Guidance Supported by On-Device Object Recognition on Mobile Phones”, 2005: <http://www.uni-weimar.de/~bimber/research.php>, 2005
 23. Malkin, E. “A Street History in Semacode”, A proposal for the Eyebeam Social Sculpture, Februar 2005: <http://dziga.com/eruv/>, 2005
 24. „Gemeinsame Pressemitteilung des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehrs und Landesentwicklung, der Rhein-Main-Verkehrsbund GmbH, der Hanauer Straßenbahn AG sowie Phillips Semiconductors und Nokia“, April 2005.
 25. Siemens Business Services Deutschland: www.sbs.de, 2005
 26. Sony: <http://www.sony.com/>, 2005
 27. Institute of Electrical and Electronics Engineers: <http://www.ieee.org/portal/site>, 2005
 28. Fraunhofer Institut Deutschland: www.fraunhofer.de, 2005
 29. Sun Developer Network: <http://java.sun.com/> (2005)
 30. Zweckverband Vogtland Verkehr (ZVV), <http://www.vogtlandauskunft.de/>, 2005
 31. Coca Cola Japan: <http://www.cocacola.co.jp/index3.html>, 2005
 32. NTT Docomo: <http://www.nttdocomo.com/>, 2005
 33. Itochu Cooperation: http://www.itochu.co.jp/main/index_e.html, 2005