

Interaction Techniques for Instrumented Environments

Florian Weil

University of Furtwangen
D-78120, Furtwangen, Deutschland
weil@hs-furtwangen.de

Abstract

Unsere Physische Welt ist äquivalent dem physischen Layer, dem ein virtueller Layer überlagert wird. Mit Hilfe diesen überlagerten virtuellen Layer und mit Hilfe neuer Interaktionsmöglichkeiten in der physischen Umgebung soll größere Arbeitserleichterungen und schnellere Orientierungshilfen geschaffen werden. Welche Interaktionstechniken dafür in Fragen kommen und wie sie funktionieren, wird in dieser Ausarbeitung besprochen.

1 Idee

Die Idee ist es alle physischen Gegenstände mit virtuellen Informationen zu versehen. Wenn man dieses Vorhaben etwas abstrakter betrachtet, wird einem klar, dass unserer physischen Welt eine virtuelle Welt überlagert wird. Es erfolgt eine Verbindung zwischen physischen Gegenstände und virtueller Information. Die virtuelle Information kann aus jeder mediale Form bestehen. Das heißt die Information kann in Text-, Bild-, Audio- oder in Videoform vorliegen, aber auch Verbindungen zu bestimmten gegenstandsabhängigen Applikationen können verwendet werden.

1.1 Motivation

Die Verbindung der physischen Welt mit der virtuellen Welt soll unsere täglichen Arbeitsabläufe optimieren und vereinfachen. So könnte man sich z.B. mit einem mobilen Device in einer fremden Umgebung besser zurechtfinden, denn der mobile Device liefert einem Informationen über den Ort und den dazugehörigen Gegenständen. Diese Informationen können wir alleine über unsere Sinnesorgane nicht aufnehmen. Zusätzliche kann dieses System uns in unserer täglichen Arbeitswelt unterstützen, in dem es sich merkt wo bestimmte Gegenstände liegen und gegebenenfalls auf diese verweist. Das System orientiert sich am User und zeigt an seinem bestimmten Ort Informationen an.

1.2 Herkunft

Die Bisher wurden ortsabhängige Informationsanzeigen in unserem Zusammenhang nur bei mobilen Touristen Guides angezeigt. Die meisten virtuellen Informationen wurden bisher mit Hilfe von RFID-Chips, Barcodes und 2-dim. Bildzeichen statisch an das physische Objekt gebunden, dadurch waren spätere Änderungen der virtuellen Information unmöglich. Dies wies sich als sehr

unvorteilhaft aus, da sich die Eigenschaften von physischen Gegenständen sehr oft ändern können. Für das Einscannen der Waren am Supermarkt reicht diese statische Informationsspeicherung jedoch vollkommen aus.

2 Kognitive Wahrnehmung

Durch die Verknüpfung virtueller Informationen mit der physischen Welt wird unser Wahrnehmungsapparat stark beeinflusst, deshalb muss man einige kognitive Aspekte bei der Wahrnehmung von virtuellen Informationen beachten.

Diese Aspekte führten unter anderem auch zu der Peephole Metapher [Butz und Krüger, 2006]. Die Peephole Metapher Idee entstand durch die auftretende Überlastung unserer Wahrnehmung durch Informationsüberflutung. So entschied man sich, nur die gewünschten virtuellen Informationen anzeigen zu lassen. Diese Repräsentierung der virtuellen Informationen wurden dann Peepholes genannt, weil sie nur einen Ausschnitt der virtuellen Welt repräsentieren. Die Überlastung unseres Wahrnehmungsapparates ist die eine Sache, die andere Sache ist der „Change-Blindness“ – Effekt. Dieser Effekt sagt aus, dass wir in unserer Umgebung mehrere kleine Details wahrnehmen, aber kein gutes grobes Erinnerungsbild besitzen. Das führt bei über großen Displays, die ihre Position wechseln dazu, dass wir inhaltliche Änderung in den Displays nicht wahrnehmen. Wir Menschen erkennen dadurch nur schlecht Änderungen in großen Displays, daher werden in der Supie Umgebung kleinere Displays bevorzugt.

Der „Cocktail Party“ - Effekt dagegen sagt aus, dass wir Menschen uns auf das wesentlich im Raum konzentrieren können. Das heißt zum Beispiel bei einer Party können wir trotz lauter Hintergrundgeräusche unserem Gesprächspartner zuhören und verstehen. Wir Menschen sind in der Lage die wichtigen Informationen zu priorisieren und die unwichtigen Informationen fast zu verdrängen. Diese Erkenntnis ermöglicht uns gleichzeitiges Arbeiten im gleichen Raum an einem großen Display

2.1 Peepholes

Die Verbindungen zwischen der virtuellen und der physischen Welt werden Peepholes genannt. Peepholes geben jeweils einen Einblick in die verschiedenen Welten. Um die Erschaffung und Verwaltung von Peepholes kümmert sich der Peephole Manager.

Es gibt verschiedene Arten von Peepholes. Peepholes, die einem einen Einblick in die virtuelle Welt geben nennt man Output-Peepholes. Input-Peepholes geben dagegen einen Einblick in die physische Welt. Videokameras sind z. B. Input Peepholes. Des weiterem wird zwischen nutzer- und systeminitialisierten Peepholes unterschieden. Nutzerinitialisierte Peepholes können vom User aufgerufene interaktive Displays sein. Systeminitialisierte Peepholes können Alarmsignale sein oder das Erschaffen von einem virtuellen Assistenten, der den User unterstützen soll.

3. Technische Herausforderung

Damit eine vollständige Interaktion mit der physischen Welt gewährleistet werden kann, müssen einige technische Herausforderungen erfüllt werden.

Die Erstellung der digitalen Repräsentation der physischen Welt ist eines der grundlegendsten Bedingungen, denn nur mit einer guten Repräsentation lassen sich Objekte und die User ordentlich lokalisieren. Die Lokalisierung von Objekten und Usern ist mit unter auch einer der wichtigsten Grundbedingungen für die neuen Interaktionstechniken. Für die Erstellung der digitalen Repräsentation können 2 Verfahren verwendet, die aber auch miteinander kombiniert werden können. Zum einen kann der Raum in einer extra eingerichteten Kalibrierungsphase komplett mit normalen steuerbaren optischen Kameras abgescannt werden. Die dadurch gewonnen Bilddaten werden mit den Positionsdaten der Kamera kombiniert und abgespeichert. Bei der manuellen Erstellung der digitalen Repräsentation der physischen Welt wird ein extra Device benötigt. Dieser Device ist mit diversen Lokalisierungssensoren ausgestattet (dazu später mehr). Mit Hilfe eines integrierten Laser Pointer am Device umrandet man die gewünschten Stellen in der physischen Welt. Der Device merkt sich seine Position und Neigung und errechnet zusätzlich noch die Entfernung des markierten Objektes und erstellt daraus die digitale Repräsentation der physischen Welt. Dieses Verfahren eignet sich gut für einfache Gegenstände wie z.B. Türrahmen, Regale oder Bilder.

Eine weitere Herausforderung ist die Kalibrierung der Lokalisierungssensoren. Die Kalibrierung der Lokalisierungssensoren darf unter keinen Umständen mit Fehlern behaftet sein, da ansonsten die digitale Repräsentation durch den Device sehr gefährdet ist. Durch falsche Positionsdaten können die physischen Objekte nicht richtig in der virtuellen Welt positioniert werden und die Überlagerung des virtuellen Layers mit dem physischen Layer ist verschoben. Dies kann am Ende zu falschen Ausgaben führen. Überhaupt ist das Kalibrieren der Sensoren eine sehr zeitintensive und aufwendige Aufgabe, die einige Erfahrung mit dem richtigen Platzieren der Sensoren verlangt.

3.1 Datenverwaltung der virtuellen Information

Die gesendeten Daten aus den Lokalisierungssensoren und aus den Kameras wollen auch richtig interpretiert werden. Die daraus entstehende Interpretation muss dann mit den Daten der virtuellen Welt kombiniert werden. So dürfen z. B. nur bestimmte Daten angezeigt werden, wenn sich ein bestimmter User an dem einen bestimmten Ort befindet. Die Daten dürfen aber nicht statisch abgelegt

werden, sie müssen für neue Änderungen offen sein. Das System muss dann die alten Daten von den neuen Daten unterscheiden können und auf Wunsch des Users die gewünschten Daten anzeigen. Personalisierte Daten dürfen auch nur bestimmten Usern angezeigt werden. All diese Aufgaben muss das System beherrschen.

3.2 Peephole Verwaltung

Die Datenverwaltung ist das Eine, die Datendarstellung die andere. So muss das System erkennen welches Interface geladen werden muss um die Daten richtig anzeigen zu können. Das System muss des weiterem auf systeminterne Ereignisse reagieren können und dies auch den User bestmöglich über ein Peephole anzeigen. In welcher Form und an welchen Ort dies geschieht muss der Peephole Manager entscheiden.

4. Technische Ausstattung

Welche Technik bei den 2 verschiedenen Versuchsaufbauten iCam und Supie eingesetzt wurde, wird hier genauer erläutert.

4.1 iCam



Shwetak N. Patel, Jun Rekimoto, and Gregory D. Abowd entwickelten das iCam System [S. Patel et al., 2006]. Durch ein W-Lan Lokalisierungssystem kann eine Positionsermittlung des iCam Devices auf ca. 7cm genau erreicht werden. Mit Hilfe eines magnetischen 3 Achsen Kompasses und dem 2-dim. Beschleunigungsmesser kann man die Ausrichtung und die Neigung bis auf ca. 1,5° genau ermitteln. Jedoch können die Werte des magnetischen Kompasses durch magnetische Strahlung gestört werden. Wenn dies geschieht, werden die letzten unverfälschten Werte verwendet. Dies gewährleistet eine Fehlertoleranz bei kleinen kurzen Störungen. Die bis zu 20cm genaue Positionsermittlung von Gegenständen erfolgt mit Hilfe eines parallel ausgerichteten des Laser Pointer zur beigefügten Kamera. Die Kamera ermittelt den Abstand des im Display erscheinenden Laserpointer Hot Spot von der Mitte des Displays. Aus diesem Abstand und mit einem konstanten Winkel (durch Annäherungstechniken ermittelt) kann die Entfernung des Hot Spots berechnet werden. Diese beiden Werte reichen aus um die Position des Laser Pointer Hot Spot im Raum zu bestimmen und so mit auch die Position des jeweiligen markierten Objektes.

- Sony Vaio Type- U Handheld

- Ubisense Ultra-wideband locationsystem
- Magnetischer 3 Achsen Kompass
- 2 dim. Beschleunigungsmesser
- Laser Pointer
- Webcam mit einer Auflösung von 640x480 px

4.2 Supie (Saarland University Pervasive Instrumented Environment)



Supie [Butz und Krüger, 2006] ist in der Lage mittels einem 360° schwenk- und neigbaren Projektor an jeder Position im Raum ein Display (visuelles Peephole) darzustellen. Userinteraktionen an diesen erzeugten Displays werden mit der danebenliegenden auch frei steuerbaren Netzwerkkamera analysiert und ausgewertet. Ein Art Dolby Surround Audiosystem kann verschiedene Töne und Alarmer im Raum verteilt erzeugen. Eine feste Kamera und ein fester Projektor über dem Schreibtisch ermöglichen die Erstellung und Interaktion mit diversen Displays auf dem Schreibtisch. Mit all diesen Geräten ist Supie in der Lage den physischen Raum mit einem virtuellen Layer (virtuelle Welt) zu überlagern. Der User bekommt weitere Informationen über die Umgebung angezeigt, die er über seine normale Sinneswahrnehmung im Raum nicht erhalten könnte. Das Zusammenspiel dieser zu Verfügung stehender Techniken entwickelten die beiden Forscher Andreas Butz und Antonio Krüger.

- Fester Projektor einem Schreibtisch
- 360° Steuerbarer Projektor
- 50 inch Plasma Bildschirm
- 8 Kanal Audio System
- diverse RFID Chips
- 2 Netzwerkkameras in den Raumecken
- 1 Netzwerkkamera über einem Schreibtisch
- 1 steuerbare 360° Netzwerkkamera

5. Interaktionstechniken

Die bisherige beschriebene Technik liefert uns eine sehr gute Infrastruktur neue Interaktionsmöglichkeiten in der physischen Welt zu entwickeln. So können z. B. virtuelle Informationen über einen mobilen Handheld Device (iCam) angezeigt werden oder die virtuelle Information wird direkt im Raum projiziert. In Folge dieser Möglichkeiten werden hier die neuen entwickelten Interaktionstechniken näher beschrieben.

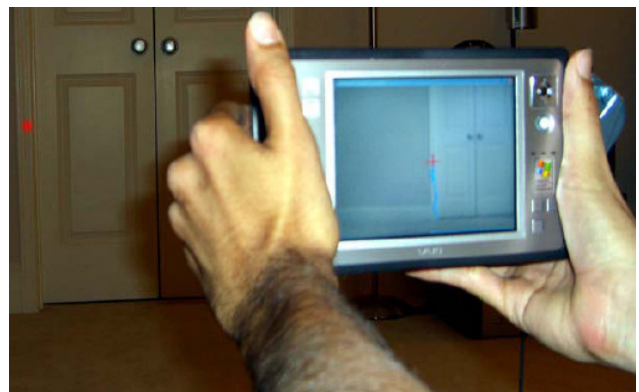
5.1 Beaming



Beaming ist eine Interaktionstechnik der iCam. Beim Beaming werden virtuelle Informationen an einem bestimmten Ort im Raum abgelegt. Man zielt mit dem Laser Pointer an einem gewünschten Ort im Raum und legt (beamt) die Information an diesem Punkt im Raum ab. Die virtuelle Information kann in der extra dafür geschaffenen Authorenumgebung erstellt und bearbeitet werden. Über das Touchsensitive Display der iCam können auch eigene handschriftliche Notizen erstellt werden und dem Objekt / Punkt im Raum zugeordnet werden. Des Weiteren ist das Hinzufügen von Sprachaufnahmen über das eingebaute Mikrofon möglich, sowie das Hinzufügen von Videos über die Datei-Import Funktion der Authorenumgebung. Die virtuelle Information wird im Handheld als Notizzettel an der entsprechenden Position im Raum angezeigt.

Als Orientierungshilfe für Besucher in fremden Räumen können Richtungspfeile an jedem beliebigen Punkt im Raum positioniert werden. Diese Funktion ist sehr hilfreich bei Museen Führungen oder bei Ausstellungen.

5.2 Outlining



Auch beim Outlining handelt es sich um eine weitere Interaktionstechnik der iCam. Das Outlining ist hauptsächlich eine Interaktionstechnik für das leichtere Erstellen des 3dim. virtuellen Raums. Beim Outlining umrandet man einfache geometrische Gegenstände (z. B. einen Türrahmen mit dem Laser Pointer. Das iCam System ermittelt die 3dim. Position des Laser Pointer Hot Spots und berechnet zusätzlich noch in Echtzeit die Bewegungs- und Neigungsdaten der iCam, die beim Outlining entstehen. Aus diesen Daten kann dann am Ende ein einfaches 3d Objekt erstellt werden, welches genau passend mit physischem Raum übereinstimmt.

5.3 Display Notion



Display Notion ist ein erzeugtes Output-Peephole des Supie Systems. Bei der Display Notion wird auf dem oder neben dem bestimmten physischen Objekt eine bestimmte verknüpfte virtuelle Information projiziert, die der User bei Bedarf aufnehmen kann. Die Objekterkennung verläuft über die vorhandene Netzwerkkamera Infrastruktur. Wenn das Objekt gefunden ist, wird es mit der 3dim. digitalen Darstellung abgeglichen. Die Abgleichung ist die Basis für die richtige Position der Informationsdarstellung im Raum.

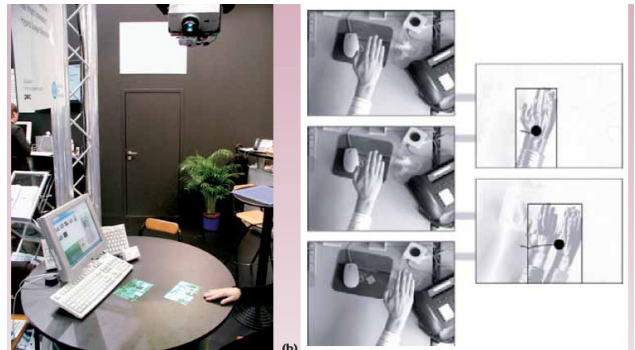
5.3 Search Light



Search Light soll die Suche von Gegenständen in der Supie Umgebung erleichtern und vor allem beschleunigen. Sobald das Supie System das gesuchte Objekt gefunden hat, wird ein Licht Hot Spot genau auf das gesuchte Objekt gerichtet. Durch den lichtstarken für uns Menschen leicht wahrnehmbaren Hot Spot erkennt der User sofort wo das Objekt liegt. Die Lokalisierung des Objektes erfolgt Mittels RFID-Chips, jedoch reicht eine alleinige Verwendung dieser Technik wegen einer ungenügenden Genauigkeit von 1-3m nicht aus. Ist die grobe Position des gesuchten Objektes ermittelt, sucht eine Netzwerkkamera in diesem Bereich per

Objekterkennung nach dem Gegenstand. Damit dieses Verfahren erfolgreich ist, muss das Objekt zusätzlich mit einem bestimmten visuellen Symbol versehen sein.

5.4 WipeIt



WipeIt ist eine gestenbasierte Interaktion am Schreibtisch. Durch Wischbewegung (WipeIt) mit der Hand am Schreibtisch können kleine Display Peepholes verschoben werden. Wenn die Wischbewegung größer ist kann man die kleinen Display Peepholes auf andere Bildschirme (z. B. den Computerbildschirm) übertragen.

Mithilfe der Differenzmethode wird die Position der Hand des Benutzers aus dem Kamerabild extrahiert, durch die weiteren folgenden Frames können Bewegungen der Hand analysiert und ausgewertet werden.

5.5 Virtual Assistent



Unterstützung für den User liefert ein 3dim. Charakter. Der Virtual Assistent erscheint bei Problemen an jeden beliebigen Ort im Raum. Er wird durch den steuerbaren Projektor immer neben vorhandenen Peepholes erstellt, öffnet sich jedoch ein neues Peephole, verschwindet er um nicht die Aufmerksamkeit des Users auf sich abzulenken. Der Virtual Assistent kommt als menschlicher Charakter daher, weil eine normale GUI-Oberfläche als unangenehm wahrgenommen wird.

5. Fazit und Ausblick

Schlussendlich kann man behaupten, dass die neuen Interaktionstechniken sehr hilfreich sind. Die Unterstützung bei der Suche von Gegenständen und die Orientierungsfindung in fremden Räumen verlaufen dank dieser neuen Techniken viel schneller. Selbst die Lebensqualität älterer Menschen kann von diesen Techniken profitieren. So kann z. B. ein Pfleger einem

älteren Menschen einen gewünschten Gegenstand aus der Wohnung besorgen, auch wenn keiner von den beiden Personen genau weiß, wo sich der Gegenstand befindet.

Weiteres Entwicklungspotenzial steckt in den Remote Interfaces. So kann man z.B. mit dem mobilen Device iCam einen Lichtschalter markieren und es lädt sich ein entsprechendes User Interface für die Lichtverwaltung im Raum. Dieses Szenario ist mit anderen Schaltern in unserer täglichen Umgebung austauschbar.

Supie bietet dagegen eine sehr gute Umgebung für kollaboratives Arbeiten im gleichen Raum und teilweise auch am gleichen Display. Um diese Arbeitsverfahren genauer zu untersuchen, soll in Zukunft das Supie Büro mit einem Büro in München und Münster verbunden werden. So soll auch ortonabhängiges kollaboratives Arbeiten genauer erforscht werden.

Der Einsatz von wandgroßen Displays würde das Erstellen von Peepholes an jedem beliebigen Ort in der physischen Welt ermöglichen, jedoch birgt dieses wiederum Gefahr einer Überflutung von Informationen durch Peeholes. Daher muss in Zukunft eine sinnvolle Kontrolle und Verwaltung von Peepholes erstellt werden.

Sieht man die eingesetzten Techniken des Supie Labors und iCam im Gesamten, ergänzen sich diese Techniken zu einem robusten störungsfreien System. Die jeweiligen Schwächen des einen Systems, sind meistens die Stärken des anderen Systems. Die Positionsbestimmung von Gegenständen im Raum funktioniert mit der iCam viel besser und genauer, jedoch ist der User ohne iCam in einem unbekanntes Raum hoffnungslos verloren. Durch eine Infrastruktur, wie in dem Supie Labor kann der User auch ohne mobilen Device (iCam) im Raum interagieren und sich zur recht finden. Versagt die Positionsbestimmung der iCam durch zu starke magnetische Strahlung, kann mittels einer Kamera (wie es im Supie Labor geschieht) die Position des Users wieder ermittelt werden. An diesen Beispielen kann man das Ineinandergreifen der beiden Systeme sehr gut erkennen, wie es gemeinsam zu einem stabilen System zusammen wachsen kann.

References

[Butz und Krüger, 2006] Andreas Butz und Antonio Krüger. Applying the Peephole Metaphor in a Mixed-Reality Room. *IEEE Computer Society*, Januar/Februar 2006

[S. Patel et al., 2006] Shwetak N. Patel, Jun Rekimoto, and Gregory D. Abowd. iCam: Precise at-a-distance Interaction in the Physical Environment, 2006