

Ludwig-Maximilian-Universität München
Sommersemester 2004
Hauptseminar Multimedia
Arnd Vitzthum

Kooperative, verteilte und mobile Augmented Reality Anwendungen

- Eine Hausarbeit von Sara Streng -

Inhaltsangabe

Kurzzusammenfassung	3
1 Einführung	3
2 Kooperative, verteilte und mobile Augmented Reality Anwendungen	3
2.1 Mobile AR-Anwendungen	3
2.2 Kooperative AR-Anwendungen	5
2.3 Verteilte AR-Anwendungen	7
3 Ausblick	8
4 Quellen	9

Kurzzusammenfassung

Kooperativität, Mobilität und verteilte Systemarchitektur sind drei wesentliche Merkmale von Augmented-Reality-Anwendungen. Allerdings teilen diese Eigenschaften Applikationen nicht in drei verschiedene Gruppen ein. Sehr häufig treten mindestens zwei der Merkmale, wenn nicht sogar alle drei, gemeinsam auf. Daher sind diese Stichworte vielmehr als verschiedene Betrachtungsweisen und nicht als Klassifizierung von AR-Anwendungen zu sehen.

1 Einführung

Diese Hausarbeit besteht aus drei Teilen, die jeweils einen der bereits erwähnten Merkmale erläutern sollen. In den ersten beiden Kapiteln, in denen es um mobile und kooperative Anwendungen geht, werden repräsentative Beispiele erläutert, die einen möglichst breiten Überblick über den momentanen Stand der Forschung vermitteln sollen. Eher theoretisch ist das letzte Kapitel. Hier werden Vor- und Nachteile verteilter Architekturen aufgezeigt und nützliche Konzepte im Bereich dieser Architektur erklärt.

2 Kooperative, verteilte und mobile Augmented Reality Anwendungen

2.1 Mobile AR-Anwendungen

Augmented Reality ist ein sehr geeignetes Konzept für mobile Applikationen, weil sie eine natürliche Suche nach ortsgebundenen Informationen ermöglicht. Die Grundvoraussetzungen hierfür sind Ausführung in Echtzeit und ständige Synchronisation der Daten. Aus Sicht der mobilen Anwendungen sind diese Voraussetzungen deshalb notwendig, weil Positions- und Orientierungsänderungen sofortige Auswirkungen auf die Informationen haben, die über das Head-Mounted-Display angezeigt werden. Außerdem benötigt man Informationen über die örtliche Umgebung und die jeweilige Situation. Diese Informationen werden in ein detailliertes Modell eingearbeitet, das sowohl die geometrische Repräsentation der Umgebung als auch semantische und kontextuelle Elemente berücksichtigt. Auf dieser Grundlage aufbauend können anschließend die zusätzlichen Informationen in die reale Welt eingebettet werden.

Die beiden gängigsten mobilen Anwendungen sind Navigation und Informationssuche. Ein geeigneter Anwender hierfür wäre ein Tourist, da er über wenig Wissen, aber in der Regel über großes Interesse verfügt.

Im Folgenden werde ich ein Projekt der TU Wien vorstellen. Für die vielen Forschungsprojekte im Bereich Augmented Reality wurde dort eine kollaborative, computergestützte Arbeitsumgebung namens „Studierstube“ geschaffen, die wesentliche Anforderungen wie Mehrbenutzerfähigkeit, Unterstützung von Anzeigegeräten, sowie die Interaktion mit virtuellen Objekten oder „user interface“ Elementen erfüllt. Unter anderem wurde dort auch ein kollaboratives AR-System für Outdoor Navigation und Informationssuche geschaffen. Die wesentlichen Geräteanforderungen finden sich allerdings auch in anderen Systemen wieder.

Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, trägt der Nutzer einen Helm, der mit einem Head-Mounted-Display ausgestattet ist. Zusätzlich befinden sich dort ein Orientierungssensor sowie eine Kamera, die für das Tracking des Kopfes zuständig sind. Außerdem zu sehen ist ein Rucksack, in dem sich ein mit WLAN Anschluss ausgestattetes Notebook befindetet. Ein GPS Receiver ist für die Positionsbestimmung erforderlich.



Abbildung 1 [M1]

Es gibt zwei Möglichkeiten wie zusätzliche Informationen an den Nutzer weitergegeben werden können. Eine besteht darin die Informationen als grafische Objekte in die natürliche Umgebung einzubinden (Abbildung 2).



Abbildung 2 [M1]



Abbildung 3 [M1]

Das zweite user interface nennt sich „heads-up display“ (HUD) und besteht aus einem zusätzlichen Fenster, in der Informationen in Form von Text, Bild oder 3D Objekten angezeigt werden (Abbildung 3).

Nachdem nun die Instrumente erklärt sind, möchte ich zum ersten Szenario, der Navigation, kommen. Der Nutzer wählt zunächst eine Zieladresse aus. Daraufhin berechnet das System den kürzesten Weg, der anschließend als Folge von roten Zylindern dargestellt wird, die durch Pfeile verbunden sind. Sieht der Nutzer in die falsche Richtung, liegen diese grafischen Symbole in dessen Rücken. In diesem Fall wird der Nutzer aufgefordert, sich umzudrehen. Das System ist interaktiv und reagiert auf die Bewegungen des Nutzers, indem es ständig den neuen kürzesten Weg berechnet. So kann auf Wunsch auch eine andere Route gewählt werden.

Bei der Informationssuche werden im Sichtfeld des Nutzers Icons angezeigt, wenn zu einem Objekt kulturelle oder historische Informationen vorliegen. Diese können durch Anvisieren ausgewählt werden, woraufhin die Informationen in einem HUD angezeigt werden. Außerdem kann jeder Nutzer selbst Informationen zu einem Objekt hinzufügen.

Um die Qualität des Projekts bewerten zu können, wurden mehrere Nutzer nach der Anwendung befragt. Allgemeiner Konsens war, dass die Anwendung sehr leicht und intuitiv zu bedienen ist. Auch die Interaktion über das HUD funktioniert gut. Das einzige Problem ist, dass GPS zu ungenaue Ortsdaten liefert, was sich vor allem zwischen hohen Gebäuden

bemerkbar macht. Trotzdem ist es bis jetzt eine der wenigen Technologien, die über eine ausreichende Genauigkeit und Robustheit verfügt. [M1]

Es gibt eine Reihe anderer Systeme, die prinzipiell sehr ähnlich aufgebaut sind. Eines davon ist das Mobile Augmented Reality Systems (MARS), das an der Columbia University entwickelt wurde. Als erstes Outdoor System bestand es zunächst aus einem einfachen Campus Informationssystem und wurde nach und nach um zusätzliche Funktionen erweitert. Die letzte Version mit Multimedia Information (Sound, Text, Bilder, Video) und einer 3D GUI, die es Nutzern erlaubt Objekte zu dokumentieren, entspricht etwa dem Studierstube Projekt. Auch der Hardware Aufbau ist nahezu identisch. [M3]

Ebenfalls sehr ähnlich ist das Battlefield Augmented Reality System (BARS), das vom Naval Research Lab entwickelt wurde, um während Militäroperationen in Städten zu helfen. Ziel ist es unter anderem dem System dynamische 3D Informationen hinzufügen zu können, die meistens in 2D Format konvertiert werden. Außerdem gibt es Werkzeuge, mit denen ein Nutzer 3D Informationen in das System eintragen kann, die für die anderen Nutzern sofort sichtbar werden. [M2]

Eine mobile Anwendung der etwas anderen Art ist die Augmented Reality Version des bekannten Computerspiels Quake (ARQuake), die an der University of South Australia entwickelt wurde. Der Spieler läuft dabei durch eine beliebige Umgebung, die er nach wie vor im Hintergrund sieht, während im Vordergrund abenteuerliche Texturen sowie die virtuellen Gegner über das Head-Mounted-Display angezeigt werden. [M4]



Abbildung 4 [M4]



Abbildung 5 [M4]

2.2 Kooperative AR-Anwendungen

Für viele Anwendungen ist es hilfreich, wenn mehrere Leute gleichzeitig die selbe Information vermittelt bekommen und auf Grund dessen interagieren können. Dies ist einerseits dadurch realisierbar, dass die zusätzliche Information mittels eines Projektors angezeigt wird. Auf diese Weise können sich alle Personen in die Augen sehen und jeder erhält die selbe Information. Der Nachteil ist allerdings, dass die Informationen nur auf eine Oberfläche projiziert werden können. Will man 3D Informationen integrieren, so muss man auf Head Mounted Displays oder ähnliche Techniken zurückgreifen.

Kooperative AR-Anwendungen basieren auf einer Zusammenarbeit mehrere Nutzer. Die bereits erwähnten Grundvoraussetzungen Durchführung in Echtzeit und ständige Synchronisation spielen hier wieder eine grundlegende Rolle, da Änderungen durch einen Anwender sofort auf allen Head-Mounted-Displays angezeigt werden müssen.

Eine weitere Anforderung an das System ist eine maßgefertigte Sicht des Datensatzes für jeden Nutzer. Beispielsweise sollte es einem Architekt, der seinen Kunden ein Kaufobjekt

vorstellen will, möglich sein, bestimmte Datensätze ein- oder auszublenden. Außerdem sollten sich die Kollaborateure vorzugsweise im selben Raum befinden, damit eine natürliche Interaktion bei Diskussionen möglich ist.

Es gibt verschiedenste kooperative AR-Anwendungen. Auch hier werde ich ein Studierstube Projekt genauer erklären und im Anschluss weitere Projekte ansprechen. Wie man auf Abbildung 6 sehen kann, versammeln sich mehrere Personen um einen realen Tisch. Wie auch bei den mobilen Anwendungen tragen sie einen Helm, der mit einem Head-Mounted-Display und Tracking-Mechanismen ausgestattet ist. Außerdem hat jeder Nutzer ein Personal-Interaction-Panel (PIP), das aus einem Handheld in Notebook-Größe besteht. Auch das PIP wird getrackt.

Das System erfüllt im wesentlichen folgende Eigenschaften. Auf dem Tisch können virtuelle Objekte wiedergegeben werden, in der Abbildung etwa der Globus (Virtualität). Außerdem können existierenden Objekten räumlich angeordnete Objekte beigefügt werden (Augmentation). Da diese Gegenstände bewegt werden können und diese Bewegungen Auswirkungen auf das System haben, müssen auch diese getrackt werden.

Das System unterstützt natürlich mehrer Benutzer (Multi-user) wobei die Kontrolle dabei nicht auf eine Führungsperson beschränkt sein soll (Unabhängigkeit). Zudem können die Daten interaktiv untersucht werden (Interaktion) und eventuelle Änderungen sind sofort sichtbar (Interaktivität).



Abbildung 6 [K1]

Der dem System zugrunde liegende Datensatz wird in mehrere Schichten aufgeteilt, die unabhängig voneinander angezeigt werden können. Im bereits erwähnten Beispiel kann der Architekt aus den verschiedenen Schichten Grundriss, Möbel, Maßstab eine Untermenge bilden und jedem Nutzer eine persönliche Sicht zusammenstellen.

Jeder Nutzer kann mit dem PIP an bestimmten 3D-Punkten Text hinzufügen, platzieren, verändern und verschieben. Außerdem werden im Raum virtuelle Projektionswände angezeigt, die logisch dem PIP eines Nutzers zugeordnet aber für alle sichtbar sind. So kann jeder Teilnehmer bequem auf sein PIP schreiben und den Inhalt allen anderen zeigen.

Das PIP ist ein sehr vielseitiges Instrument, das für viele Anwendungen verwendet werden kann. Einerseits kann man den Stift wie eine 3D-Maus verwenden, indem man die sechs räumlichen Freiheitsgrade ausnutzt. Zum anderen kann man es wie bereits erwähnt als 2D-Desktop verwenden. Außerdem können Stift und Panel gemeinsam als Kamera dienen. Dabei gibt die Richtung, in die der Stift zeigt, einer virtuellen Kamera die Richtung an. Das erstellte Bild wird sofort auf dem Panel angezeigt. [K1]

Einen weiteren Anwendungsbereich bieten Lernhilfen. Da es vor allem in der Geometrie häufig an räumlichem Verständnis der Schüler mangelt, liegt in hier großes Potenzial.

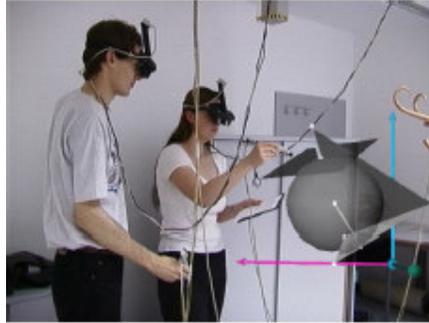


Abbildung 7 [K3]

Mit Hilfe von Augmented Reality können Schüler dreidimensionale Objekte nicht nur sehen, sondern auch bearbeiten. Über ein Head-Mounted-Display können Formen wie Kugeln, Rechtecke, Ebenen und Punkte räumlich dargestellt werden. Als Interaktionsinstrument wird hierbei wieder das PIP verwendet. [K3]

Eine eher spielerische Lernanwendung ist das sogenannte Kanji-Learning. Zwei Spieler sitzen an einem Tisch auf dem wie beim Memory Spiel verdeckte Karten liegen. Auf jeder Karte ist ein Kanji-Symbol abgebildet, das das System logisch mit einer Vokabel (z.B. „tree“) verbindet. Beiden Spielern steht ein Handheld zur Verfügung. Dreht ein Spieler die Karte um, wird das zu der Vokabel passende 3D-Symbol auf dem PDA angezeigt (in unserem Fall ein Baum). Weiß der Spieler die Vokabel darf er weiter machen, sonst ist der andere am Zug. [K4]

2.3 Verteilte AR-Anwendungen

Verteilte AR-Anwendungen ermöglichen es mehreren Nutzern auf einen gemeinsamen 3D-Bereich zuzugreifen, genauso wie bei zentralisierten Systemen. Während sich die zentralisierte Architektur eher für zeitabhängige und nicht deterministische Anwendungen eignet, hat die verteilte Architektur den Vorteil, dass alle Daten lokal vorliegen und auf Grund dessen das System leistungsfähiger ist. Besonders für das Rendering grafischer Modelle ist dies vorteilhaft.

Da der komplette Datensatz bei jedem Client lokal vorliegt, ist eine Synchronisation der Daten erforderlich. Dies kann auf zwei Arten erfolgen.

Die eine Möglichkeit ist, den Status von den grafischen Objekten – also vom Szenegraph – zu trennen (Abbildung 8). Der Vorteil hier ist, dass nur ein kleiner Datensatz synchronisiert werden muss, was eine geringe Netzwerkbelastung zur Folge hat. Außerdem können Status und grafische Objekte unabhängig voneinander behandelt werden. Diese Methode hat allerdings den gravierenden Nachteil, dass eine zusätzliche Synchronisation dieser dualen Datenbank notwendig ist. Aus diesem Grund integriert man häufig den Status in den Szenegraphen (Abbildung 9). Realisiert wird dies, indem mehrere Applikationsklassen von einer Basisklasse erben, die wiederum einen normalen Szenegraph-Knoten implementiert. In diesem Fall ist allerdings eine Synchronisation des gesamten Szenegraphen erforderlich. Ein zusätzlicher Vorteil ist, dass die Verteilung vollkommen transparent für den Entwickler ist.

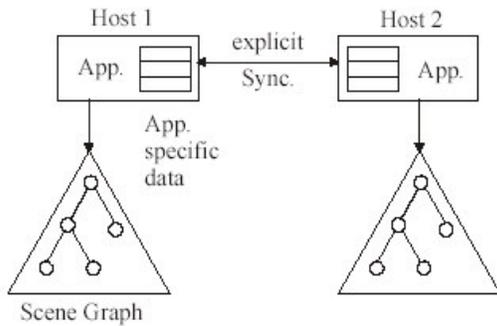


Abbildung 8 [V1]

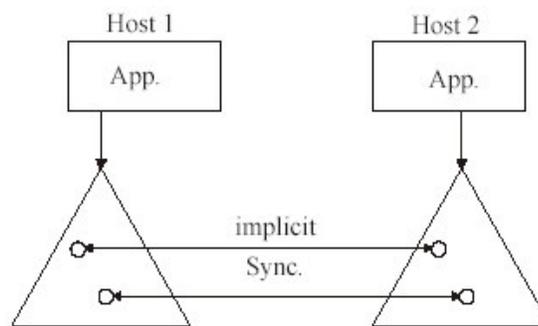


Abbildung 9 [V1]

Hilfreich ist auch die Master / Slave – Architektur. Hierbei wird für jede Applikationsinstanz, die einem Knoten des Szenegraphen entspricht, ein Master Host festgelegt, der für die Ausführung verantwortlich ist. In allen anderen Szenegraphen ist diese Applikation als Slave implementiert, der nur Updates vom Master empfängt, wenn sich dessen Zustand ändert. Die Vorteile liegen auf der Hand. Zum einen müssen Rechnungen, die Benutzereingaben erfordern, nur einmal getätigt werden. Zum anderen sind inkonsistente Daten zwischen den Clients ausgeschlossen.

Ein weiteres Konzept ist die sogenannte Load Balance. Es ist nicht sinnvoll, wenn alle Master einer Applikationsinstanz auf ein und demselben Host liegen, da alle Berechnungen dann auf dieser Maschine getätigt werden müssen. Um diese Situation zu vermeiden, gibt es einen Session-Manager, der den sogenannten „Computational Load“ überwacht. Wenn sich der Datenfluss auf Grund von Änderungen der Applikationsinstanzen ändert, veranlasst der Session-Manager „Activation Migration“, d.h. der Master Host einer Applikationsinstanz wird verlegt. Dazu werden alle Callbacks des Applikationsknotens und dessen Subgraf freigegeben, danach der neue Master definiert und anschließend die Callbacks neu registriert. Es gibt prinzipiell zwei Ursachen für eine Änderung des Datenflusses. Entweder kommt verspätet eine neue Applikationsinstanz hinzu (Late Join). In diesem Fall ist eine Kopie der Applikationsinstanz am neuen Host notwendig. Dazu wird der komplette Status (grafisch und nicht-grafisch) im Buffer gespeichert, über das Netzwerk an den Host übertragen und dort dem lokalen Szenegraphen angehängt. Diese Prozedur wird „Application Migration“ genannt. Die andere Möglichkeit ist, dass eine Instanz die Applikation vorzeitig verlässt (Early Exit). Dann muss lediglich festgestellt werden, ob an dem entsprechenden Host ein Master vorhanden war. Wenn dies der Fall ist, muss dieser an einen anderen Host verlegt werden, der anschließend für die Berechnungen verantwortlich ist. Die Verlegung des Master Hosts ist wieder eine „Activation Migration“. [V1]

3 Ausblick

Auch wenn die grundlegenden Techniken bereits existieren, sind die Anwendungen noch weit davon entfernt, außerhalb des Entwicklungsbereichs Verwendung zu finden. Zum einen sind die Preise für den Durchschnittsanwender noch zu hoch. Zum anderen sind die Geräte meist groß, unhandlich und unattraktiv. Vor allem für mobile Anwendungen wird dies zu einem Hindernis.

Doch mit praktischeren Varianten in elegantem Design, die für jeden erschwinglich sind, kann in der Zukunft gerechnet werden. Das Interesse an entsprechenden Anwendungen ist vorhanden und Forscher und Entwickler arbeiten kontinuierlich daran, die Systeme attraktiver zu gestalten.

4 Quellen

Mobil:

- [M1] „Collaborative Augmented Reality for Outdoor Navigation and Information Browsing“
<http://www.ims.tuwien.ac.at/media/documents/publications/reitmayrlbs2004.pdf>
- [M2] „Recent Advantages in Augmented Reality“
<http://www.cs.unc.edu/~azuma/cga2001.pdf>
- [M3] „MARS - Mobile Augmented Reality Systems“
<http://www1.cs.columbia.edu/graphics/projects/mars/mars.html>
- [M4] About The ARQuake Project
<http://www.wearables.unisa.edu.au/projects/ARQuake/www/index.html>

Kollaborativ:

- [K1] „Collaborative Augmented Reality“
http://www.ims.tuwien.ac.at/media/documents/publications/schmalstieg_habil.pdf
- [K2] „Augmented Reality Videoconferencing for Collaborative Work“
http://www.ims.tuwien.ac.at/media/documents/publications/arvideoconf_hun03.pdf
- [K3] „Mathematics And Geometry Education With Collaborative Augmented Reality“
http://www.ims.tuwien.ac.at/media/documents/publications/Construct3D_SIGGRAPH_Final.pdf
- [K4] „Augmented Reality Kanji Learning“
http://www.ims.tuwien.ac.at/media/documents/publications/ISMAR03_Demo_DanielWagner.pdf

Verteilt:

- [V1] „Distributed Applications for Collaborative Augmented Reality“
<http://www.ims.tuwien.ac.at/media/documents/publications/migration.pdf>