

I.	Definitionen.....	2	VI.1.4.5.Workbench	17
II.	Geschichte von VR	2	VI.1.4.6.Virtual show Case.....	17
III.	Echte Anwendungsgebiete.....	3	VI.1.4.7.3D Displays	17
III.1.	Entertainment und Edutainment.....	3	VI.2.	Auditory Output
III.2.	Visualisierung mit AR.....	3	VI.3.	Olfactory Displays – Geruch
III.3.	Training und Ausbildung	3	VI.4.	Taste Display – Geschmack
III.4.	Rehabilitation und Therapie	3	VI.5.	Haptics
III.5.	Modellierung und Design	4	VI.6.	Probleme von VR Interfaces
IV.	3D Grafikhardware	4	VI.6.1.	The Interface Challenge
IV.1.	3D Grafik Pipeline	4	VI.6.2.	Guidelines für Auswahl der I/O
IV.1.1.	Application Stage	4	VI.6.3.	Wann ist eine virtuelle Umgebung erfolgreich
IV.1.2.	Geometry Stage.....	5	VII.	High Level Graphics Programming mit Inventor
IV.1.3.	Rasterization stage.....	5	VII.1.	Graphen Traversierung
IV.1.4.	Display stage.....	5	VII.2.	Nodes
IV.2.	Parallele Grafik	5	VII.3.	Fields.....
IV.2.1.	On Chip / On Board Parallel	6	VII.4.	Path
IV.2.2.	Multiple Graphics Boards	6	VII.5.	Engines.....
IV.2.3.	PC Cluster mit Standard Netzwerk	6	VII.6.	Sensors
IV.2.4.	PC Cluster mit spezieller Hardware	6	VIII.	AR Toolkits
V.	Input Devices	6	IX.	Augmented Reality
V.1.	Input Device Klassifikation	6	IX.1.	Anwendungsgebiete.....
V.1.1.	Desktop Input Devices	7	IX.2.	Verteilte, Kollaborative und mobile AR.....
V.1.2.	Symbolic Input Devices.....	7	IX.2.1.	Kollaborative AR.....
V.2.	Tracking	8	IX.2.2.	Distributed AR
V.2.1.	The Interface Problem	8	IX.2.3.	Mobile AR.....
V.2.2.	Anforderungen ans Tracking	9	X.	3D Interaktions-Techniken.....
V.2.3.	Qualitätsfaktoren	9	X.1.	Universelle Interaktionsaufgaben.....
V.2.4.	Klassifikation von Trackern	10	X.1.1.	Auswahl und Manipulation
V.2.4.1.	Mechanisches Tracking	10	X.1.2.	Travel.....
V.2.4.2.	Magnetisches Tracking	10	X.1.3.	System Control
V.2.4.3.	Time-of-Flight & Frequency Measuring	10	XI.	Evaluierung und menschliche Faktoren
V.2.4.4.	Inertial Sensors	12	XI.1.	Themen
V.2.4.5.	Optisches Tracking	12	XI.1.1.	Generieren und Sammeln von Daten.....
V.2.4.6.	Motion Capture	14	XI.1.2.	Quantitative Techniken
V.2.4.7.	Hybride Tracker	14	XI.1.3.	Qualitative Techniken.....
V.2.4.8.	Andere Geräte	14	XI.1.4.	Observationstechniken
VI.	Output Devices	14	XI.1.5.	Formulare, Standpunkte, Variationen, Tools.....
VI.1.	Visual Displays	14	XI.2.	Usability Engineering
VI.1.1.	Head Mounted Displays HMD	15	XI.2.1.	User task analysis
VI.1.2.	Arm Mounted Display (BOOM).....	15	XI.2.2.	Expert guidelines-based evaluation
VI.1.3.	Virtual Retinal Displays	15	XI.2.3.	Formative usability evaluation.....
VI.1.4.	Projektions Displays	16	XI.2.4.	Summative evaluation
VI.1.4.1.	Projektions Technologien.....	16	XI.3.	Menschliche Faktoren in VR/AR
VI.1.4.2.	CAVE.....	16	XI.3.1.	Simulator (oder Cyber) sickness
VI.1.4.3.	Curved Displays.....	17	XI.3.2.	Aftereffects
VI.1.4.4.	Projektionswände.....	17		

I. Definitionen

Virtual Reality (VR)

Eine mittels Computer simulierte künstliche Welt, in die Personen mittels technischer Geräte und Software versetzt und interaktiv eingebunden werden. (Quelle: Brockhaus)

Augmented Reality (AR)

Ist eine Kombination oder Überlagerung von Realität und VR, wobei die jeweiligen Objekte in einem 3D-Bezug zueinander stehen. Die Interaktion erfolgt in Echtzeit.

Definition (Azuma, 1997):

1. Die virtuelle Realität und die Realität sind miteinander kombiniert (teilweise überlagert).
2. Interaktivität in Echtzeit
3. Reale und virtuelle Objekte stehen 3-dimensional zueinander in Bezug (zueinander registriert).

Collaborative VR/AR

Der virtuelle Raum wird zwischen den Benutzern geteilt und ermöglicht daher eine intensive soziale Zusammenarbeit (durch natürliche Kommunikation, Teamwork)

Distributed VR/AR

Ermöglicht großen Benutzergruppen verteilte Zusammenarbeit über große Distanzen. Erlaubt flexible Hardware Setups und flexible Verteilung der Rechenlast.

Mixed Reality

... wird oft statt AR verwendet, kann aber auch Kopplung (Aktion \leftrightarrow Reaktion) realer und virtueller Welt bedeuten.

II. Geschichte von VR

- 1956: Sensorama: Benutzer wird in Fernsehgeschehen eingebunden (sieht nur das Bild, Umgebung ist verdunkelt)
- 1970: Ultimate Display
- 1980–82: Jaron Lanier verwendet als erster den Begriff „Virtual Reality“ und gründet erste Firma die VR Produkte verkauft (VPL Research)
- 1984: Neuromancer: William Gibson definiert den Begriff „Cyberspace“, gibt Vision für spätere Entwicklungen wie den VRML Standard bzw. Filme wie Matrix
- 1985: NASA: Projekt VIEW, Stereoskopes HMD, Kopfhörer, Mikrofon
Datenhandschuhe
- 1992: Sandin & DeFanti (EVL) entwickeln den CAVE
- Mitte 1990: Hype um Cyberspace in Themenparks, Spielhallen. VR Entertainment als große Geldmaschine schlug weitgehend fehl (Ausnahmen: Mixed Reality und Stereo-Projektionen)

- Ende 1990: Großer Fortschritt durch Entwicklungen der Game Industry und der Hardwarehersteller bei GPUs, Game-Engines, Displaytechnologien, neue Benutzerinterfaces, Contententwicklung, etc.

III. Echte Anwendungsgebiete

Es sind sehr gute Gründe ausschlaggebend für den Einsatz von VR/AR/MR, die neuen Technologien ermöglichen neue Einsatzgebiete/Möglichkeiten. ABER: Gute Benutzbarkeit und stabile Technologien sind Voraussetzung für eine breite Anwendung. (die hohen Kosten müssen erst gerechtfertigt werden)

III.1. Entertainment und Edutainment

VR erlaubt völlige Immersion ins Spielgeschehen und verteilte Zusammenarbeit.

Coolness & Fun Faktor spielt eine große Rolle.

Beispiele: virtuelle Roboterkämpfe (BAMZOOKI), Edutainment in Museen (Virtual Showcase)

III.2. Visualisierung mit AR

Simulation oder Darstellung ist sehr oft nicht in Realität umsetzbar (zu teuer, gefährlich, unmöglich). VR erlaubt verschiedenste Darstellungsarten, Abstraktes kann anschaulich gemacht werden. Ermöglicht Zusammenarbeit an komplexen Inhalten.

Beispiele: virtueller Windkanal (NASA), Volumenvisualisierung

III.3. Training und Ausbildung

VR erlaubt unbeschränkte Übungsmöglichkeit und aktive Teilnahme → erhöhtes Interesse. Es können neuartige Trainings-, Lernmethoden und Lerninhalte vermittelt werden.

Medizinisches Training: schwierig zu übende Operationsschritte oder seltene Eingriffe proben (z.B. Operation im Gehörgang), Teleoperation mit evtl. haptischem Feedback (Roboter bewegt sich entsprechend Bewegungen des Menschen)

Lernen: Japanisch lernen durch Entdecken einer fremden Umgebung

„Science Space“: begreifbar machen von Bewegung, molekularen Strukturen

„Virtual Gorilla Exhibit Project“: Verhaltensstudien bei Gorillas im Atlanta Zoo

„Construct 3D“: Geometrieunterricht mit AR

Psychologische Tests: z.B. Raumvorstellungstests mit kontrolliertem Testablauf unter Beobachtung

III.4. Rehabilitation und Therapie

- Rehabilitation von Schlaganfall Patienten → Verbesserung der Beweglichkeit. Einsatz von AR reduziert Frustration/ Gefahren.

- Zur Ablenkung bei Verbandswechseln (→ messbarer Rückgang von Schmerzen)

- Therapie von Angstzuständen: Graduelle Auseinandersetzung mit dem Problem und kontrollierte Steigerung der Stimuli (z.B.: Höhenangst, Flugangst, Arachnophobie, usw.). Das funktioniert allerdings nur, wenn sich der Benutzer in der virtuellen Umgebung präsent fühlt, daher werden Puls, Hautfeuchtigkeit und Körpertemperatur gemessen.
- Post Traumatic Stress Disorder: Aufarbeitung und Verarbeitung des Geschehenen durch graduelle kontrollierte Konfrontation mit dem Problem (z.B.: World Trade Center Video Clip, Irak Veteranen). Ähnliche Therapie: Hilfe beim Verarbeiten des Todes von Nahestehenden.

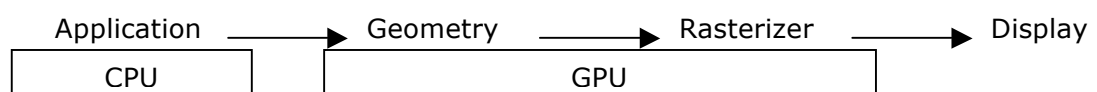
III.5. Modellierung und Design

- Einsatz in Architekturvisualisierung: Einsicht in die Baupläne, oder in historische Städte. Anzeige von GIS Daten und Stadtplanung.
Künstlerischer Einsatz: Malen im CAVE
- Ubiquitous Computing: Dynamisches Ein- bzw. Überblenden von Kontextinformation. Virtuelle Zusatzinformation durch Interaktion mit der realen Welt. (z.B.: Tourist Guide)
- CAD & Design

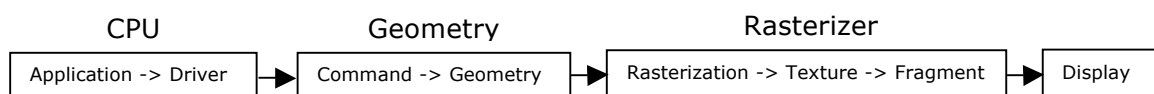
IV. 3D Grafikhardware

die Entwicklung wurde durch die Spielindustrie angetrieben und erlaubt kostengünstige Realisierbarkeit. (Alle 9-12 Monate verdoppelt sich die Leistung von Grafikhardware durch Parallelisierung, Multicore GPUs,...)

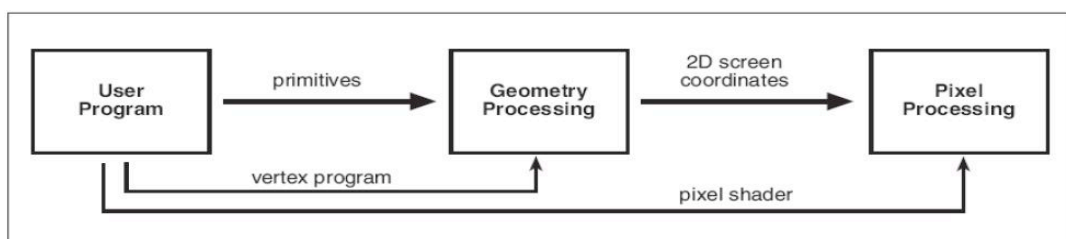
IV.1. 3D Grafik Pipeline



„Alte“ feste Grafik Pipeline:



Moderne programmierbare Grafik Pipeline:

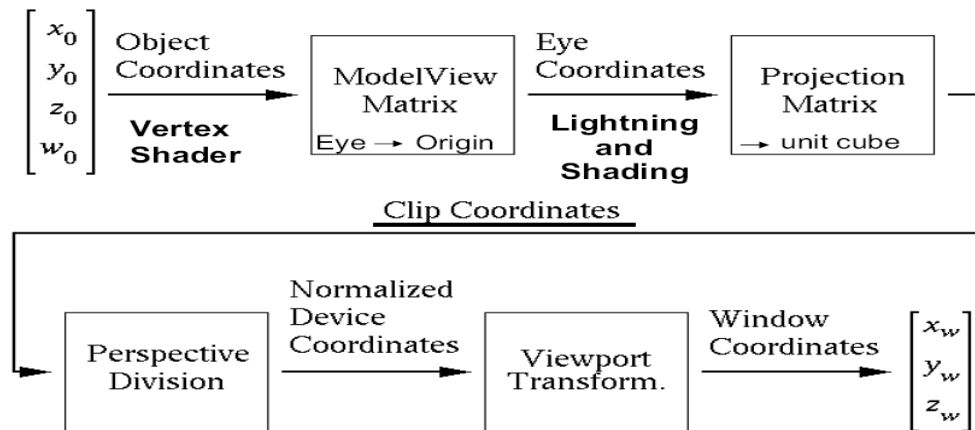


IV.1.1. Application Stage

- Die Geometrischen Primitive, Kamera, Texturen, ... werden erzeugt

- Zugriff auf Hardware über Low Level APIs (OpenGL, Direct3D) oder High Level APIs wie Game Engines oder Scene Graph APIs (Java3D, Inventor)
- Eingabebehandlung und Datenquellenabfrage
- Optimierungen durch LoD, Culling, Hierarchien, Triangulierung
- Treiber: wandelt API-Aufrufe in HW Befehle um, macht Speichermanagement und Emulation von nicht vorhandenen Features

IV.1.2. Geometry Stage



IV.1.3. Rasterization stage

Eingangsdaten sind 2D Primitive: Punkte, Linien, Polygone, Texturen,...

Ausgabe von Fragments (=Pixelkoordinaten + Farbe + Z-Wert + Textur-Koordinaten)

Verschiedenste Buffer kommen zum Einsatz: Depth, Stencil, Accumulation Buffer

IV.1.4. Display stage

Framebuffer Pixelformat wird definiert, übernimmt Double, Tripple oder Quad(=Doublebuffering für Linkes/Rechtes Auge) Buffering. Erlaubt zusätzlich noch Überblendung mit Overlays und gibt den Framebuffer auf dem Display aus

Bottlenecks der verschiedenen Stages:

- Primitive werden zu langsam erzeugt (CPU)
- Bandbreite CPU → GPU zu gering
- Vertextransformation ist zu langsam (→ Anzahl der Lichtquellen reduzieren)
- Pixel Fill dauert zu lange (→ Auflösung reduzieren)
- Grafikspeicher (Textur) ist zu klein

IV.2. Parallele Grafik

Verschiedenste Verfahren um die Bottlenecks zu beheben

IV.2.1. On Chip / On Board Parallel

Die Pipes sind komplett in HW, unabhängige Pipelines können parallelisiert werden.
Stand der Technik: 128 Pixel- und Vertex-Pipelines auf modernen GPUs

IV.2.2. Multiple Graphics Boards

- In Grafik-Super-Computern mit mehreren CPUs, Geometrie und Rasterisierungs Engines, haben mehrere Pipelines. Einsatzgebiet: Themenparks, Flugsimulatoren oder Militärische Anwendungen
- Oder auf PC Hardware als SLI/Crossfire
Die Grafikkarten werden direkt verbunden und teilen sich den Rendraufwand.
Ein Problem das dabei auftritt ist die Aufteilung der Daten. (im 3D-Raum wobei jede Karte gleiche Anzahl an Vertices oder im 2D-Raum wobei jede Karte gleiche Anzahl an Pixel rendert)
SLI-Modes: Split Frame Rendering (SFR), Alternate Frame Rendering (AFR)
CrossFire-Modes: Supertiling, SFR, AFR

IV.2.3. PC Cluster mit Standard Netzwerk

Performance \geq Supercomputer und sehr viel billiger, leicht erweiterbar
Problem: Synchronisation der PCs

Framelock:

Zeitpunkt des Buffer Swap wird synchronisiert

Genlock:

Synchronisiert die Ausgabe des PixelScans

Ratelock:

Die Framerate wird synchronisiert

IV.2.4. PC Cluster mit spezieller Hardware

Beispiel: CAVE (3 bis 6 große, zu einem Raum angeordnete, Projektionswände innerhalb derer sich der Benutzer mit Shutterglases immersiv bewegt).
Synchronisation: Framelock, Genlock oder Ratelock

V. Input Devices

... sind HW mit deren Hilfe die User mit dem System kommunizieren. Ein Device kann mehrer Interaktionstechniken (z.B.: Zoom) unterstützen

V.1. Input Device Klassifikation

Diskrete Geräte

Erzeugen ein Event zu einem bestimmten Zeitpunkt basierend auf dem User. z.B.: Tastatur, Buttons.

Kontinuierliche Geräte

... erzeugen Events selbstständig oder als Response auf den User z.B.: Tracker, Datenhandschuh.

Degrees Of Freedom DOF

...Anzahl der unabhängigen Werte/Messungen: 2DOF → Maus, 3DOF → Position/Orientierung (roll, pitch, yaw), 6DOF → Position + Orientierung

Aktive Geräte

Erfordern Benutzer-Interaktion

Passive Geräte

Erzeugen kontinuierliche Daten, keine Eingabe erforderlich

Technische Klassifikation

Klassifikation nach Typ

Wie die Daten beschafft werden (tracking), implementierungsunabhängig

Klassifikation nach Implementierung

... nach Prinzip der Datenbeschaffung, den verwendeten Sensoren, physikalischen Prinzip

V.1.1. Desktop Input Devices

Keyboards

2D Mäuse und Trackballs

Joysticks

Isotonic Joysticks:

Bewegung besteht, bis der Griff wieder in neutraler Position ist, Force Feedback

Isometric Joysticks:

Griff bewegt sich nicht, Output ist abhängig von der Kraft die User aufwendet (z.B. Laptop Trackpoint)

Pen Based Tables

Ermöglichen genaue Eingabe, Datenwerte sind absolut (Maus, Joystick: relativ!)

6-DOF Desktop Input Devices

... für 3D Interaktionen am Desktop (z.B. CAD Anwendungen) entwickelt, werden zusätzlich zur Maus verwendet, erfordern hohe Einarbeitungszeit, dann aber rasches Arbeiten möglich, nicht ideal für mobiles Arbeiten

Haptische Geräte

z.B.: Phantom Device: exakte 6DOF Eingabe, mechanisches Tracking, limitiertes Force Feedback, begrenzter Arbeitsbereich, nur Punktkontakt

V.1.2. Symbolic Input Devices

... erlauben Eingabe von Text, Zahlen, etc. in VR Umgebungen (Beschriftungen, Genaue Manipulation von Daten), Desktop Geräte sind nicht praktikabel in 3D:

- Benutzer sind in Bewegung

- Keine Unterlage für Maus/Tastatur vorhanden
- Man kann die Geräte nicht zusammen mit einem HMD verwenden

Symbolische Eingabegeräte müssen es erlauben alphanumerische Zeichen zu bearbeiten (select, delete, insert, underline, change color,...)

Keyboard basierte Techniken

Haben ähnlich wie Handy wenige Tasten (T9 Wörterbuch!)

Pen Based

Handschrifterkennung/Zeichen-(Gesten-)Erkennung

Gesture Based

... entweder per Datenhandschuh oder Computer Vision. Problem mit der Kalibrierung der Handschuhe/Gestenerkennung → immer mehr Geräte verwenden heute Computer Vision

Sign Language Gestures

Vision basiert: sehr schwierig realisierbar / kaum in Echtzeit möglich

Handschuh basiert: erfordert Training, kaum jemand kann Gebärdensprache

Numeric Gestures

Finger stellen Zeichen dar, es können beide Hände verwendet werden

Instantaneous Gestures → ???

Speech Input

Ergänzung zu anderen Eingabemethoden, ideal zur multimodalen Interaktion. zu beachten sind:

- kontinuierliche oder einmalige Erkennung
- Auswahl und Positionierung des Mikrophons
- sprecherabhängiges System (Trainieren mit dem System möglich/ erforderlich)
- Behandlung falsch erkannten Kommandos
- Einfluss von Umgebungsgeräuschen

V.2. Tracking

... Messung von Position/Orientierung eines Sensors (6 DOF im Raum) meist werden Kopf (Anpassung des FOV) und Hände (zur Interaktion) erfasst. Außerdem werden zusätzlich Input Devices, Motion Capture oder reale Objekte, die virtuellen Objekten entsprechen, erfasst.

V.2.1. The Interface Problem

...bezieht sich auf das Problem, dass **Anwendung**, Input **Device & Tracking** und **Output Device** im Zusammenhang (beeinflussen sich gegenseitig) stehen. Es gibt also nicht **die** ideale Lösung.

V.2.2. Anforderungen ans Tracking

3D Position + Orientierung (=6DOF), Echtzeit, ohne Lag, die Messung sollte die Bewegungsfreiheit nicht einschränken

V.2.3. Qualitätsfaktoren

Freiheitsgrade (DOF)

Anzahl der unabhängig gemessenen Werte (3D Pos. + Orientierung → 6DOF)

Range, Working Volume

Raum in dem der Tracker noch arbeitet bzw. Zeitraum nach dem die Stabilität abnimmt (z.B.: Drifting von Inertial-Trackern)

Accuracy

Static Accuracy

Genauigkeit ohne Bewegung, Maximale Abweichung vom Referenzwert ist stark abhängig von: Installationsfehlern, Sender/Empfänger Genauigkeit, Algorithmus, ...

Dynamic Accuracy

Genauigkeit bei Bewegung des Senders

Signal to Noise Ration SNR

Noise = Abweichung des gemessenen Signals vom idealen Signal, Maß für die Signalqualität

Latency

Rate mit der neue Daten gesammelt werden können. Aspekte: Genauigkeit des Empfängers, Zeit um den Unterschied zum vorherigen Zustand zu erkennen

Update Rate

Fähigkeit des Trackers Positions- und Orientierungs- Daten auszugeben

Phase Lag

Latency + Update Rate, ist abhängig von: Architektur, Algorithmus, Prozessor

Registration

Bezug von gemessene Daten ⇔ reale Daten

Eine gute Auflösung/Genauigkeit bedeutet noch keine gute Registrierung, ist auch ein sehr wichtiger Usability Faktor (schlechte Registrierung kann zu Cybersickness führen)

Sociability

Interaktion möglich? Kann man das System für mehrere Personen verwenden?

Effekte von ungenauem Tracking

„Cybersickness“, Objekte erscheinen nicht wo sie sein sollen → Benutzer müssen sich anpassen

V.2.4. Klassifikation von Trackern

V.2.4.1. Mechanisches Tracking

Ist das älteste Verfahren, der Winkel der Gliedmaßen wird gemessen und die Position wird durch Kinematik rückgerechnet

Vorteile

Gut bekannte Technik, Echtzeittracking von mehreren Usern, sehr genau, schnell, hohe SNR

Nachteile

Bezugspunkt ist fixiert (limitierter Arbeitsbereich), unbequem (Exoskelett beeinflusst Bewegungsfreiheit), Fehler summieren sich leicht

V.2.4.2. Magnetisches Tracking

Ist am gebräuchlichsten, max. 3-5m Reichweite (Feldstärke kann nicht beliebig erhöht werden), basiert auf Induktion (3 Spulen + Antennen), es sind auch drahtlose Varianten erhältlich, nicht die beste Genauigkeit.

Alternating Current (Wechselstrom)

Sender: baut AC Feld auf, Empfänger misst Induktionsstrom

Vorteile

Hohe Update Rate, kann sehr günstig sein, robust, drahtlos

Nachteile

Ungenau, abhängig von Metall/Magnetfeldern in der Umgebung

Direct Current (Gleichstrom)

Funktioniert ähnlich wie AC aber mit kurzen DC Strompulsen

Vorteile

Verhindert Wirbelstromverzerrung

Nachteile

Feld ist trotzdem abhängig von Umgebungsmetall/Magnetfeld

Passive Magnetic

Basiert auf Fluxgate (=Messung der Richtung eines Magnetfeldes) welches das Magnetfeld der Erde misst

Vorteile

Keine Infrastruktur erforderlich, im Gelände möglich, absolute Referenz

Nachteile

Nur 2D(Richtungs-) Information, Feld ist abhängig von Umgebungsmetall/Magnetfeld

V.2.4.3. Time-of-Flight & Frequency Measuring

Misst die Zeit einer Signalsendung, vergleicht die Phasenunterschiede der Wellen, misst die Frequenz von Wellen zur indirekten Bestimmung von Zeitunterschieden

Akustisches Tracking

Messung der Distanz zwischen Referenz Objekt und bewegtem Ziel durch Messung der Zeit die das Signal bis zum Ziel braucht. Verwendet 3 oder mehr Sender/Empfänger

Verwendet meist Ultraschall, typisch für 3DOF 3 Mikrofone und 1 Lautsprecher, die Distanz wird indirekt über die Zeit gemessen, die das Signal braucht bis es den Empfänger erreicht

Berechnung der Position durch Triangulation über mindestens 3 Sender und einer fixen Referenz

Vorteile

Keine Interferenzen mit Metall, leichte und kleine Ziele, nicht allzu teuer

Nachteile

„Blickkontakt-Problem“, Genauigkeit hängt ab von der konstanten Ausbreitungsgeschwindigkeit (welche abhängig ist von Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, ...) des Signals, Störungen durch Röhren von CRT Monitoren, Signalreflexionen, etc.

GPS

Basiert auf Radiosignalen, 4 Satelliten sind von jedem Punkt der Erde aus immer sichtbar (von insgesamt 24), eine Master Control Station kontrolliert den Orbit aller Satelliten und synchronisiert die Uhren (1ms Unterschied entspricht 300km Messfehler)

2 Servicelevels:

- Standard Positioning Service (SPS): Genauigkeit: 100m
- Precise Positioning Service (PPS): mindestens 10x besser als SPS, nur für US Regierung

Vorteile

Weltweit konstante Genauigkeit von ca. 15m, billig und einfach

Nachteile

„Blickkontakt-Problem“ mit den Satelliten (funktioniert nur außerhalb von Gebäuden, Probleme in engen Gassen oder Wäldern), praktische Auflösung von 3-5m mit Differential GPS (=GPS in Verbindung mit einer fixen Ground Station)

Radio Frequency Trackers

Triangulation ähnlich wie bei akustischem Tracking

- WLAN
- RFID
- GSM
- Ultrabreitband
- Phase Difference Time Of Flight

Vorteile

Hohe Datenraten möglich

Nachteile

Kumulative Fehler beim Messen, beschränkt durch
Umweltbedingungen (Temperatur, Druck, ...), Störungen durch
Reflexionen

V.2.4.4. Inertial Sensors

... messen die Beschleunigung, Winkelgeschwindigkeit und Gravitation, immer relativ zu einem bekannten Bezugspunkt.

Vorteile:

Sehr schnell, robust, eigenständig (ohne Sender/Empfänger)

Nachteile:

Neigungs-, Skalierungs-, Ausrichtungsfehler, Geräte sind zu groß,
Wireless Lösungen erfordern „großen“ Sender

Gyroskop

Basiert auf Drehimpulserhaltungssatz (für jede Sammlung drehender Objekte bleibt der Drehimpuls konstant), dabei wird ein Kreisel durch Federn fixiert, dreht sich jetzt das Objekt, so kommt Spannung auf die Federn → Winkel der Drehung messbar

Vibrierendes Gyroskop

Beruht zusätzlich auf dem Coriolis Effekt (wird ein vibrierendes Objekt rotiert, so entsteht eine sekundäre Vibration orthogonal dazu) durch Messung der sekundären Vibration kann die Drehgeschwindigkeit gemessen werden.

Vorteile

ist geeignet für Massenproduktion, beinahe wartungsfrei

Nachteile

bei starker Vibration kann nicht zwischen externer und sekundärer Vibration unterscheiden werden

Anwendungsgebiete

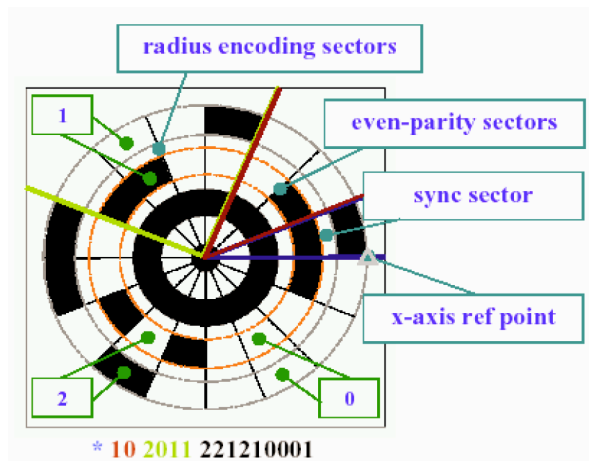
Stabilisierung, Kontrolle (Raum-/Luftfahrt), Simulation, Tracking

V.2.4.5. Optisches Tracking

man unterscheidet zwischen Outside-In und Inside-Out Tracking. Beim Outside-In sind die Sensoren(Kameras) fix montiert, beim Inside-Out an dem mobilen Objekt angebracht - ermöglicht bessere Auflösung (die Änderungen zwischen den Frames sind größer)

Fiducials

Es werden Objekte mit einer Bestimmten Bedeutung getrackt (siehe Favoritenstraße 9-11) mögliche Fehlerquellen sind dabei eine zu geringe Auflösung (die Objekte werden nicht korrekt erkannt) oder veränderte Lichtverhältnisse



Marker Based Tracking

Es werden reflektierende oder selbst leuchtende (LED) Marker eingesetzt, (meist IR, denn dunkle Umgebung ist dann unproblematisch) die einzigartig zu Objekten zusammengesetzt werden. Diese werden von (4) Kameras im Raum getrackt

Vorteile: Sehr genau, kann großen Raum abdecken, kabellos

Nachteile: „Verdeckungsproblem“, es sind Marker notwendig

Natural Feature Tracking

... markerloses Tracking durch Erkennung von Kanten, Ecken, usw.

Optical Tracking System Design

1. Camera calibration:

Intrinsische Parameter: radiale, tangentielle Verzerrung, fokale Länge

Extrinsische Parameter: Position und Orientierung der Kamera in

Relation zu allen anderen Kameras und allen anderen Objekten im Raum

2. Segmentation & feature identification:

erkennen von Blobs (zusammenhängende Objekte), Problem: überlappende Blobs

3. Feature correlation:

Übereinstimmungen bei mehrfachen Ansichten von Blobs

4. Projective reconstruction:

benötigt 3-DOF Markerpositionen

5. Model-fitting:

Vergleichen der gefundenen Distanzen in der Aufnahme mit den Distanzen der Marker

6. Pose estimation:

Anwendung der Transformationen (Rotation,

Translation) basierend auf dem gespeicherten Zielmodell

Vorteile Optical Tracking

sehr genau (Millimeter oder Sub-Millimeter), kann einen großen Bereich umfassen, ungebundenes Tracking erlaubt

Nachteile Optical Tracking

evtl. aktive (LED) oder passive Marker benötigt, Verdeckungsproblem

V.2.4.6. Motion Capture

Es existieren eine Vielzahl von Methoden: Exoskelett, Magnetsensoren, optisches Tracking oder Vision basierte Verfahren (noch in Entwicklung)

V.2.4.7. Hybride Tracker

...kompensieren Schwächen der einzelnen Verfahren durch Kombination mehrere Systeme. z.B.: inertial (+ schnell, - drift) + akustisch (- langsam, + genau)

V.2.4.8. Andere Geräte

Datenhandschuh

Es werden die Finger getrackt (und meist auch das Handgelenk) geeignet für Gestenerkennung

Pens/Wands

Existieren in verschiedensten Ausführungen (optisches Tracking + Buttons)

Hybride geräte

Kontinuierliche & diskrete Eingabe (Datenhandschuh mit Buttons, Requisiten die Ähnlichkeit mit virtuellem Objekt haben, kubische Maus (12 DOF), iOrb (1 Button, gerät frei rotierbar)

Haptische Geräte

...geben Rückkoppelung über Berührung/Force Feedback, sind aber unrealistisch, eingeschränkt im medizinischen Bereich nutzbar

Locomotion Devices

Erlauben aktive Bewegung in VR Umgebung (z.B.: mit einem Laufband)

VI. Output Devices

Wahrnehmung: 70% Sehen, 20% Hören, 5% Riechen, 4% Schmecken, 1% Tasten

Werden nach Immersion („Eintauchen“) klassifiziert:

- Desktop VR: Fenster zur Welt, herkömmlicher Bildschirm + 3D Grafik
- Fishtank VR: mit Tracking & Stereo Bild (Shutterglasses)
- Semi immersiv: CAVE, Workbench, große Stereo Projektionen
- Voll immersiv: HMD, BOOM, VRD (Virtual Retinal Display), Optionen: Audio, haptisches Interface

VI.1. Visual Displays

Charakteristika: FOV, dpi, Geometrie (rechteckig, hemisphärisch), Art der Lichtemittierung, Ergonomie, Refresh-Rate

Depth cues

Relative Größe, Verdeckung, lineare Perspektive, Schatten, Aerial Perspective

Oculomotor Cues: leiten sich aus der Muskelspannung im Auge ab

Bewegungs Parallax: nahe Objekte bewegen sich schneller

VI.1.1. Head Mounted Displays HMD

Hat pro Auge einen Schirm, plus einer speziellen Optik, manche zeigen für jedes Auge ein Bild, andere zeigen abwechselnd eines für linkes/rechtes Auge oder es werden immer nur verschiedenen Scanlines angezeigt, normalerweise kann man nicht durch sie hindurch sehen → See-through-HMDs, diese arbeiten entweder mit Video (Bild wird aufgenommen und zusammengemischt) oder optischem See-Through (Bildschirm ist halbtransparent) → diese werden in AR verwendet

Wichtige Eigenschaften:

FOV, Auflösung, voll immersiv oder See-through, ist Stereo Bild möglich, Gewicht & Kabel, Robustheit, Hygiene (wenn es sehr viele Benutzer verwenden), Kosten, Support bei Defekt

Vorteile:

immersiv (nur VR sichtbar), leicht zu installieren, es schränkt den User nicht zu sehr in seiner Bewegungsfreiheit ein (Kabellänge), relativ günstig bei guter Qualität

Nachteile:

limitierte Auflösung & FOV, noch keine drahtlosen Varianten erhältlich (Datenmenge) nur 30-60 Minuten einsetzbar (Cybersickness) kaum als See-through erhältlich, viele Input Devices sind nicht einsetzbar (da man sie nicht sehen kann), Hygiene bei mehreren Benutzern

VI.1.2. Arm Mounted Display (BOOM)

...ähnlich dem HMD, aber an mechanischem Arm montiert, verwendet oft CRTs

Vorteile:

Bessere Auflösung und FOV als HMD, relativ leicht (durch Gegengewicht & Mechanik) erlaubt gutes Tracking, Stereoqualität gut

Nachteile:

Bewegungsfreiheit ist eingeschränkt, BOOM muss festgehalten werden

VI.1.3. Virtual Retinal Displays

... dabei werden die Bilder direkt per Laser auf die Netzhaut projiziert

Vorteile:

Sehr leicht, Hohe Auflösung & FOV (möglich), unter allen Lichtverhältnissen möglich

Nachteile:

Zurzeit noch geringe Auflösung/FOV, und eher experimentell, eventuell schwer bei Usern durchsetzbar

VI.1.4. Projektions Displays

VI.1.4.1. Projektions Technologien

CRT (Cathode Ray Tube):

- + Hohe Wiederholrate (gut für Stereo), relativ billig
- schwer/groß, können implodieren, hoher Energieverbrauch

LCD (Liquid Crystal Display):

- + billig
- kein Stereo möglich (geringe Wiederholrate), Kontrast schlecht

OLED (Organic Light-emitting Diodes):

- + keine Hintergrundbeleuchtung nötig, hoher Kontrast
- relativ geringe Lebensdauer

DLP (Digital Light Processing):

- basiert auf Mikrospiegeln (schneller Wechsel) z.B. Beamer
- + relativ Billig, hohe Wiederholraten möglich

Polarisierung:

Erlaubt es verschiedene Bilder für links/rechts anzuzeigen, dabei werden 2 Projektoren verwendet die unterschiedlich polarisiertes Licht verwenden, Benutzer trägt Brille mit Polarisationsfilter (Papier + Plastikfolie)

LCD Shutter Glasses:

zeigen Stereobilder indem die beiden Augengläser synchron zur Refresh-Rate des Monitors abwechselnd abgedunkelt werden, wobei am Monitor dementsprechend das Bild für das jeweilige Auge angezeigt wird

Stereo Monitor:

Beim aktiven Stereo benutzt der User Shutterglasses, beim passiven anaglyph Stereo (→ rot/blau Bilder) oder Polarisationsfilter

Vorteile:

Sehr billig was HW betrifft, gute Auflösung, Keyboard/Maus verwendbar

Nachteile:

Nicht sehr immersiv, User kann sich nicht bewegen (Bild != Blickpunkt)

VI.1.4.2. CAVE

CAVE = Computer Assisted Virtual Environment

3-6 große Schirme, der Benutzer befindet sich in einem Raum (gute Immersion) üblicherweise durch PC-Cluster angesteuert

RAVE = Reconfigurable Automatic Virtual Environment

Vorteile:

Hohe Auflösung/FOV, User braucht nur Shutterglasses für ein 3D Bild, freie Bewegung möglich, echte & virtuelle Objekte können gemischt werden, mehrbenutzerfähig

Nachteile:

Zusammenfassung Virtual Reality VO, WS 07/08 16 / 29

~1 Million €, braucht viel Platz, muss ständig kalibriert werden, man kann nicht um Objekte herum gehen, grafische Objekte können von physischen verdeckt werden

VI.1.4.3. Curved Displays

Zylindrischer oder kugelförmiger Schirm, erfordert es die Krümmung auszugleichen, in der Industrie üblich

VI.1.4.4. Projektionswände

...mehrere Projektoren bestrahlen eine große Fläche, erlaubt aktives/passives Stereo, es besteht allerdings ein Problem mit überlappenden Kanten (Nvidia arbeitet an Treiberunterstützung)

Problem mit Synchronisation der Displays (Genlock, Framelock) da das Bild sonst flackert

VI.1.4.5. Workbench

... Projektionstisch, Technik ähnlich einem CAVE aber mit nur einem Display
Eigenschaften: hohe Auflösung, großer FOV, sehr intuitiv für bestimmte Applikationen, Gegenstände können darauf abgelegt werden, Pen-based Input möglich.

Ansätze für Mehrbenutzer Workbench:

- 1 Bildschirm bzw. Framebuffer pro User,
- 1 Bildschirm der unterteilt ist (jeder User sieht nur seinen Teil (physikalisch), oder nur sein Rendering (FrameInterleaving & Shutterglasses),
- Bilder werden durch zusätzliche Optik unterteilt (Screen Partitioning)

Probleme bei Two User Workbench: reduzierte Helligkeit, Nebensprechen, Refresh-Rate

VI.1.4.6. Virtual show Case

Projektionsbasiertes AR, speziell für Ausstellungsobjekte in Museen, reale & virtuelle Objekte können gemischt werden, maximal 3 User gleichzeitig

VI.1.4.7. 3D Displays

Stereobilder ohne zusätzliche Brillen möglich

Lenticular

Volumetrische Displays

Holographische Displays

VI.2. Auditory Output

Hauptverwendung: Lokalisierung (räumlicher Klang), Informationen wiedergeben, Umgebungsgeräusche, Annotierung und Hilfe; kann sehr hilfreich eingesetzt werden, lenkt Aufmerksamkeit des Users auf bestimmte Objekte/ Tätigkeiten

VI.3. Olfactory Displays – Geruch

Geruch hat hohen Einfluss auf Zentrale Nerven System und die Hormone → kann Stress reduzieren, Konzentration erhöhen, stimulieren

Anwendung: Geruchskanone

Gerüche lassen sich aber nicht leicht (gezielt) erzeugen, bestimmen, synthetisieren, mischen

VI.4. Taste Display – Geschmack

Gibt Feedback über Bisskraft, der Sinneseindruck wird durch Synthetisierung von Süß, Sauer, Bitter, Salzig und umami erzeugt

Es gibt einen Foodsimulator, Anwendung ist eher scherzhaft

VI.5. Haptics

Touch/tactile Feedback:

Basiert auf Sensoren an der Haut (meist den Händen), gibt Information über Oberfläche (Rauheit, Temperatur, Geometrie) wieder, ist einfacher als Force Feedback realisierbar

Force Feedback

Es wird dem User entgegen gewirkt, transportiert Information über Oberflächenkontakt, Objektgewicht, Widerstand.

Meist durch Exoskelett realisiert

VI.6. Probleme von VR Interfaces

Moore's Law nicht anwendbar, Kosten sind bei relativ geringem Gewinn extrem hoch, Erwartungen an die Geräte sind meist viel zu hoch

VI.6.1. The Interface Challenge

- Umgebung & Interaktion so natürlich wie möglich, aber dem User trotzdem neue Möglichkeiten geben
- Schaffen es die User in der Umgebung auf effektive Weise zu Navigieren und zu Interagieren?
- Lenkt die Umgebung (die kognitive Anforderung) zu sehr von der Umgebung ab?
- Kosten vs. Präzision, zahlt sich 5000\$ Handschuh im Vergleich zu 100\$ Spielegerät aus?

VI.6.2. Guidelines für Auswahl der I/O

GELD, auf notwendige Interaktionsmöglichkeit beschränken; die Wahl des Eingabegerätes schränkt die Wahl des Ausgabegerätes stark ein und umgekehrt, ist Applikationsdesign von beiden abhängig, die Kreativität ist ein wichtiger Faktor

VI.6.3. Wann ist eine virtuelle Umgebung erfolgreich

Wenn die Ziele des Benutzers erfüllt werden, die Arbeit schneller, einfacher und besser geht, die Benutzer nicht frustriert sind und sich wohl fühlen, eine Verbesserung der Performance messbar ist

VII. High Level Graphics Programming mit Inventor

High Level Sprachen erlauben es sehr rasch Prototypen und Applikation zu entwickeln. Beispiele für HL-Sprachen sind Inventor, Java3D, Performer oder Renderingengines (Ogre, Unreal Engine)

OpenInventor

basiert auf einem Szenegraphen (der nicht auf graphische Ausgabe limitiert ist) der von oben nach unten, und von links nach rechts traversiert wird.

Die Transformationshierarchie ist wie bei OpenGL aufgebaut (Transformation Stack)

Der Szenegraph ist ein azyklischer gerichteter Graph in dem mehrere Parentnodes erlaubt sind. Normalerweise ist ein Baum ausreichend.

VII.1. Graphen Traversierung

Es muss jeder Node traversiert werden, es wird eine State-Engine verwendet, Szenegraphen unterscheiden sich in der Behandlung von Gruppenknoten, Inventor verwendet geordnete Gruppen, die von oben nach unten und von links nach rechts traversiert werden (States werden weitergegeben) Java3D als Beispiel verwendet ungeordnete Gruppenknoten, die States werden also nur von oben nach unten weitergegeben, was paralleles Rendern von nebeneinander liegenden Knoten ermöglicht

VII.2. Nodes

...bestehen aus Daten und Funktionen und haben einen bestimmten Typ der das Verhalten auf Events bestimmt. Events werden interaktiv vom User oder der Applikation erzeugt. Ein Knoten entspricht einer Instanz einer Klasse → OpenInventor kann um selbst implementierte Nodes erweitert werden.

Gruppen Nodes	Light / Kamera Nodes	Others
Group	Orthogonal Camera	File
Separator	Perspective Camera	OffscreenRenderer
Switch	(OffAxisCamera)	
Selection	Directional Light	

LOD	Point Light
Array	Spot Light
Multiple Copy	

VII.3. Fields

...werden die Attribute eines Nodes genannt, haben setter/getter Methoden, man kann sie an andere Fields (auch von anderen Nodes) knüpfen. Sind selbst auch als Objekte realisiert (Float Object, String Object), was den Vorteil hat, das die Szenen selbst beschreibend und leicht serialisierbar sind

VII.4. Path

Pfade erlauben es Objekte eindeutig zu definieren, auch wenn sie an mehreren Stellen im Graph vorkommen (Objekte können einmal definiert mehrmals in den Graph eingebunden werden. z.B.: 1 Rad bei einem Auto definieren, Textur mehrmals verwenden, aber nur einmal laden

VII.5. Engines

...werden verwendet um Komplexe Abhängigkeiten zu beschreiben, sie basieren auf dem Prinzip der Lazy Evaluation (werden nur ausgewertet, wenn genug Zeit dafür) werden nicht traversiert

VII.6. Sensors

...sind Callback Funktionen die bei Veränderung von Knoten aufgerufen werden, sie erlauben unter anderem die Szene bei Veränderungen zu rendern, Animationen oder Statusanzeigen

Events & Manipulators

Events werden an den Szenegraphen weitergegeben, Gruppen Knoten leiten Events weiter – jeder Node kann Events behandeln

NodeKits

...sind vorgefertigte Sub-Szenegraphen die die Konstruktion von semantisch Korrekten Szenen erleichtern

Erweiterbarkeit

...durch SubClassing von Nodes, Actions, NodeKits, Engines,... dynamisches Linking (während der Laufzeit)

Prototyping: Callbacks

- Callback-Node: call user function on traversal
- Callback-Action: call user function for every Node

Es ist einfach neue Nodes mit den bestehenden Methoden hinzuzufügen, aber schwierig welche mit neuen Methoden → neue Actions lösen dieses Problem

Actions & Graph traversal

Es existieren eine Vielzahl von Actions: render, BBox-Berechnung, transfer Matrix berechnen, suche, user Callback,...

VIII. AR Toolkits

Sind konzipiert als generische AR Systeme und müssen als solche eine Reihe von Anforderungen erfüllen:

Input:

Interface zu Tracking-Middleware (→ OpenTracker)

Output:

High Level Graphics Programming, Stereo,...

muss User Interaction behandeln, flexibles 3D Userinterface unterstützen, Unterstützung von Kollaboration (auch über Netzwerk) bieten

OpenTracker

...ist ein Interaktions Framework, implementiert als Datenfluss Netzwerk, es unterstützt Vielzahl von Eingabegeräten und erlaubt eine flexible Verteilung der Tracker Daten

Studierstube

Der Studierstube Kernel basiert auf OpenInventor. Die Anwendungslogik ist in Nodes realisiert und wird also beim Traversal automatisch ausgeführt.

Bietet 3D Widgets, Multiuser Support durch Distributed Inventor (DIV), sorgt dafür dass der Szenegraph über das Netzwerk verteilt wird und ist durch Scripting erweiterbar

IX. Augmented Reality

Definition siehe [I]

IX.1. Anwendungsgebiete

Medizin

„Röntgenstrahl-Blick“ für Chirurgen, Visualisierungen verbessern, minimal invasive Operationen, medizinisches Training

Umgebung Annotieren

...öffentlich & privat kann z.B.: Mechaniker helfen, als „externer Memory“ dienen, Virtuelle Objekte zu Live Sendungen hinzufügen („First-Down“ Linie beim Football)

Modellierung & design

z.B.: virtuell auf realen Objekten arbeiten

IX.2. Verteilte, Kollaborative und mobile AR

IX.2.1. Kollaborative AR

Die heutigen Technologien sind entweder Videokonferenzen (limitierte Teilnehmerzahl, 2D Zusammenarbeit, keine räumlichen cues) oder VR (von realer Welt abgetrennt); Probleme von Online Zusammenarbeit sind Funktionale

Unterschiede (Blickkontakt geht verloren, nicht verbale Kommunikation wird gehemmt) und Kognitive Veränderungen (unterschiedliche Arbeitsweisen, schwierig zu erlernen, Frustration)

Kollaborative AR erlaubt Face-to-Face Interaktion, direkte Interaktion und natürliche Kommunikation → Arbeitsraum und Kommunikationsraum werden verbunden

Geometrie Unterricht

Virtuell und real präsent, Verwendung realer Input Devices und beinahe haptischem Feedback. Unterstützt Rollen (Lehrer sieht Lösung, Schüler nicht)

EMMIE: Augmente Conferencing

Hybrides UI, Konferenz wird durch mehrere Computer unterstützt, HMD, Notebook, Projektoren, es können virtuelle Objekte im Raum platziert werden

Studierstube Tourguide

Ad Hoc Netzwerk via WLAN, Navigation mit einem anderen User (Führen, Treffen, Folgen), Suche nach Information (setzen von Filtern anderer User, der Auswahl anderer User folgen), Annotierung (Icons erscheinen für alle User)

Zusammenfassung

→ Reaktion der User positiv, Einschränkung sind HW-Kosten & technische Limitierungen (Latency des Netzwerkes)

IX.2.2. Distributed AR

Anforderungen

Mehrere User, jeder mit eigenem Computer, Hybride UIs erfordern mehrere Computer auf die die Arbeit aufgeteilt wird → es ist ein Distributed System erforderlich (aber welches?!)

Face-to-Face AR ist verteiltem VR ähnlich → ähnliche Lösungen anwendbar, aber leichter → User sind näher (bessere Netzwerk Situation) mehrere HMDs sind einfacher zu synchronisieren als z.B.: CAVES

Aber Hybride UIs sind komplexer als „normale“ VR

Approaches

Symmetrischer Ansatz für Sharing zwischen den Usern und asymmetrisch zwischen den funktionalen Einheiten (Tracker Server ↔ Client)

Symmetrisch

Ziel: Verteilung ohne Programmierung → bestehende API weiterverwendbar
→ „Distributed Shared Scene Graph“: die entfernten Szenegraphen auf den unterschiedlichen Hosts werden implizit synchronisiert. (→ mehrere CPUs greifen auf den gleichen Szenegraph zu)

Asymmetrisch

Mobile AR & Hybride UIs haben viele physikalische Teile, physikalische & logische Teile werden als kommunizierende SW Komponenten modelliert → „Network Component Middleware“

TODO:

Kommunikation skalierbar machen und robuste Ad Hoc Kommunikationsmuster entwickeln

IX.2.3. Mobile AR

AR verwendet reale Welt as UI, User können sich frei bewegen → es passt also natürlich zu mobilem Computing (AR als UI für tragbare(im Sinn von „wearable“) Computer)

Anwendungsgebiete

Navigationshilfen, Kommunikationshilfen, Training, Tourismus, Wartung,...

Challenges für mobiles Computing

Limitierte Ressourcen, Größe, Gewicht, Robustheit, zusätzlich noch bei AR: tracking, 3D Grafik, Echtzeit, soll auch Outdoor (ohne Infrastruktur, bei schlechten Lichtverhältnissen) möglich sein

Displays

HMDs, Handhelds oder „nur“ Audio

Tracking

Draußen kann man die Umgebung nicht mit Sensoren ausstatten, muss also auf GPS zurückgreifen oder ein autarkes System verwenden (Inside-Out Verfahren das sich an statischen Objekten orientiert oder Gyroskop)

Handheld AR

Bereits verfügbar! OpenGL Renderer, Tracking (standalone, Client-Server und Outside-In)

Zusammenfassung

AR und mobile Computing sind komplementär, mobile AR ist schwierig, neue Formen von UIs und Anwendungen entstehen

X. 3D Interaktions-Techniken

Sind Methoden die verwendet werden um eine bestimmte Aufgabe mit dem Interface auszuführen. Als HW Komponenten kommen I/O Devices zum Einsatz, SW Komponenten (=control → display mappings) übersetzen Information der Eingabegeräte in Systemaktionen → Anzeige für den User

Ziele von Interaktionsdesign

Performanz: effizient, produktiv, fehlerfrei

Usability: komfortabel, einfach zu lernen & bedienen

Nützlichkeit: User konzentrieren sich auf die Aufgabe, Interaktion hilft dem Benutzer seine Ziele zu erreichen

ABER: die meisten Virtuellen Umgebungen haben entweder große Usability Probleme oder sind zu trivial

Was macht 3D interaktion schwierig(er als 2D)

- Das Fehlen von Constraints, Standards, Tools, Genauigkeit

- Layouts und Input (weil räumlich) sind komplexer
- Ermüdung bei den Usern größer

Ansätze zu Interaktionsdesign

Künstlerischer Ansatz

Intuition über User/ Aufgaben, Heuristiken/Metaphern, Ästhetik, Adaption

Wissenschaftlicher Ansatz

Analyse und Evaluierungen formalisieren, Anforderungen an Performanz

→ Kombination von beidem gibt die besten Ergebnisse

X.1. Universelle Interaktionsaufgaben

X.1.1. Auswahl und Manipulation

Die Ziele von Auswahl sind es ein Objekt zu aktivieren, eine Aktion auf einem Objekt anzugeben zur Position des Objektes zu wechseln oder Manipulation aufzubauen

Die Performanz von Selektion hängt ab von der Distanz zum Objekt, der Objektgröße und der Dichte der Objekte in der Umgebung

Isomorph vs. Nicht Isomorph

Strikte geometrische 1:1 Beziehung zwischen physikalische ⇔ virtueller Welt, sehr natürlich, imitiert physikalische Realität	Magische Tools erweitern das Arbeitsfeld, hängt stark von der Anwendung ab
--	--

Die Mehrzahl der Manipulationstechniken ist nicht Isomorph

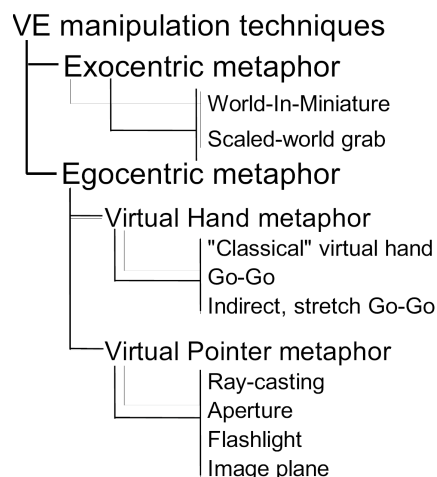
Übliche Auswahltechniken

Zeigen:

Raycasting, Conecasting (vgl. Taschenlampe), mit virtueller/m Hand/Zeiger berühren, mit Apertur, Two-handed pointing, Bildebene

Benennen (Sprache) oder indirekte Selektion

Klassifikation nach Metapher



Manipulations Metaphern

Simple virtual Hand

Ist natürlich, einfach zu platzieren 1:1 Mapping (begrenzte Reichweite, Ermüdung, „übers Ziel hinausschießen“)

Raycasting

...mit wenig Aufwand verbunden, exakte Positionierung & Orientierung schwierig

Indirect Depth Mapping

Unendliche Reichweite, nicht ermüdend, nicht natürlich, separiert die DOF

Hand-Centered Object Manipulation Extending Raycasting (HOMER)

Einfache Selektion & Manipulation (virtuelle Hand wird zu Objekt bewegt), über weite Distanzen „ausdrucksstark“, es ist schwierig Objekte von sich weg zu bewegen

Scaled World Grab

Auswahl über Imageplane, Umgebung um die virtuelle Hand wird verkleinert, einfache & natürliche Manipulation aber schwierig Objekte weg zu bewegen

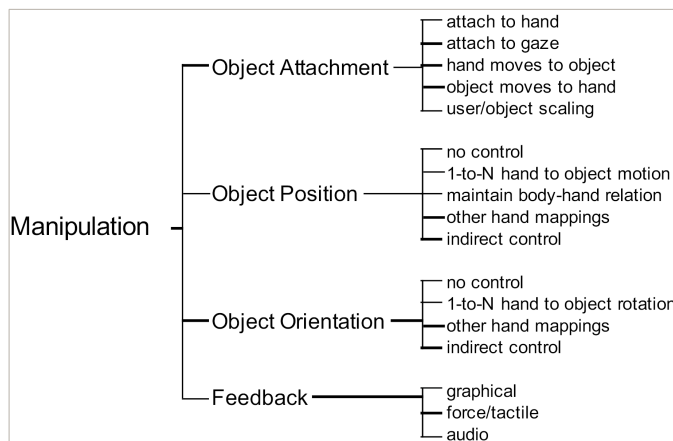
World-in-miniature

Alles in Reichweite, Indirekte Manipulation, funktioniert nicht gut in großen Umgebungen

Voodoo dolls

Two-handed (2 Datenhandschuhe), kreieren der Puppen mittels Bildebenentechnik, indirekte Manipulation

Klassifikation nach Komponenten



Evaluierung: Positionierungsaufgabe

Raycasting ist effektiv wenn das Objekt bei gleicher Distanz wieder positioniert wird, Skalierungstechniken (Homer, Scaled World Grab) schwierig wenn nahes Objekt weit weg platziert werden muss (Outward Positioning) wenn das nicht der Fall ist, dann sind sie gut geeignet

Evaluierung: Orientierungsaufgabe

Genaue Orientierung ist schwierig zu setzen (bei großer Distanz schwieriger als Positionierung), die Form der Objekte ist wichtig, die Techniken sollten Hand-Centered sein

Anmerkungen

Es gibt keine universelle Technik, Natürlichkeit ist nicht immer wünschenswert, wenn VE auf Realität basiert, sollte die Umgebung für optimale Manipulation entworfen werden

X.1.2. Travel

Bewegung zwischen 2 Positionen, Positionierung & Orientierung des Blickpunktes setzen, ist die grundlegendste & gebräuchlichste VE Interaktionstechnik

Travel Tasks

Exploration: Ohne bestimmtes Ziel, die Umgebung kennen lernen

Search: Zu einem Ziel bewegen, dessen Position man kennt (=primal) oder nicht kennt (=naive), an den Ort einer Aufgabe bewegen

Maneuvering: kurze, präzise Bewegungen, an ein Position bewegen und den Blickpunkt für eine Aufgabe bestimmen.

Travelling Metaphern

Steering

Kontinuierliche Angabe einer Bewegungsrichtung

Target-Based

Diskrete Angabe der endgültigen Position (hinzeigen, Koordinaten angeben, auswählen aus einer Liste)

Route-Planning

Einmalige Angabe eines Pfades (z.B.: durch Platzieren von Markern)

Manipulation-metaphor

Blickpunkt händisch manipulieren (Kamera in der Hand,...)

Natürliche Metaphern

Geh-Techniken, Laufbänder, Fahrräder, Simulation von Flug,...

Evaluierungsergebnisse

„Teleportierung“ führt zu Desorientierung; Komplexität der Umgebung beeinflusst die Informationsaufnahme; Steering am besten geeignet für naive & primal Search; Karten basierte Techniken sind nicht effektiv in unbekannten Umgebungen

Mythen

Es existiert eine „beste“ Variante; natürliche Techniken sind immer besser

Design Guidelines

Einfache Aufgaben sollten einfach zu erledigen sein; mehrere Techniken in einer Applikation anbieten; keine Teleportierung verwenden, wenn der gesamte Umgebungskontext wichtig ist

X.1.3. System Control

...verändern des Status der Anwendung, ein Kommando geben, Modus ändern, Tool wählen; ist oft aus anderen Tasks zusammengesetzt

Übliche Typen

Sprachsteuerung, Gesten, Implizite Kontrolle, Menüs (Floating menus, Pop-Up, 1DOF Menüs)

Pen & Tablet Interaction

Reale Objekte verwenden, diese kann man weglegen, man kann handschriftliche Eingaben machen, User sind es gewohnt mit ihnen umzugehen; Pen erlaubt direkte Manipulation → 2D Interaktion in 3D Umgebung

2D Interaktion in 3D Umgebung

Kann sehr nützlich sein, sich nahtlos in 3D integrieren; wenn Präsenz erforderlich ist, dann sollte das Interface „embedded“ sein und kein „overlay“

Reale Anwendungen kombinieren immer verschiedene Interaktionstechniken!

XI. Evaluierung und menschliche Faktoren

Evaluierung (Analyse, Bemessung und Testen) wird durchgeführt um Usability Probleme (Design ändern) zu finden, ist ein iterativer Prozess, der laufend während dem Design stattfindet und führt im Idealen zu Design guidelines.

XI.1. Themen

XI.1.1. Generieren und Sammeln von Daten

Vorbereitende Maßnahmen mit Teilnehmern durchführen (erklären des Protokolls, dem Teilnehmer das experimentelle Setup zeigen, den Teilnehmer gegebenenfalls eine Einverständniserklärung unterzeichnen lassen)

XI.1.2. Quantitative Techniken

Sammeln von quantitativen Daten durch Benchmark Tasks (Dauer eines Tasks, Anzahl der Fehler, Trackingdaten aufnehmen, etc.) und User Satisfaction Scores aufstellen.

XI.1.3. Qualitative Techniken

Festhalten von kritischen Zwischenfällen, die einen signifikanten (negativen) Effekt auf die Performance, Usability oder das Wohlbefinden des Users haben.

XI.1.4. Observationstechniken

Techniken sind strukturierte Interviews nach einer Session oder Tests mit mehreren Usern gleichzeitig durchführen und deren Kommunikation und Reaktionen aufzeichnen (Audio- bzw. Videoaufnahme).

XI.1.5. Formulare, Standpunkte, Variationen, Tools

Verwenden von Formularen, die während des Tests auszufüllen sind, die Kommentare (Meinungen, Standpunkte) des Users festhalten, den User in bestimmten Situationen seine Handlungen nach eigenem Ermessen variieren lassen, verwenden von Softwaretools zur Aufzeichnung von kritischen Zwischenfällen.

XI.2. Usability Engineering

...ist Teil der Erforschung der menschlichen Faktoren um die Erleichterung (oder Erschwernis) bei der Anwendung eines Produktes festzustellen.

Usability Studien sind produktorientiert und Teil des Produktentwicklungszyklus. Es gibt keine klaren Standards für das Usability Engineering.

XI.2.1. User task analysis

Definieren des Tasks und Auflisten aller Benutzeraktionen und Systemressourcen zur Durchführung der Aktionen.

XI.2.2. Expert guidelines-based evaluation

Identifizieren von potentiellen Usability Problemen früh im Designzyklus, durch Expertentests (zunächst alleine und dann in einer Gruppe).

XI.2.3. Formative usability evaluation

... ist ein iterativer Prozess bei dem repräsentative Benutzer den Task abarbeiten und währenddessen verschiedene Variablen gemessen werden (Completion time, error rate, ...)

XI.2.4. Summative evaluation

... findet am Ende des Produktentwicklungszyklus statt. Statistischer Vergleich mit anderen (konkurrierenden) Produkten.

XI.3. Menschliche Faktoren in VR/AR

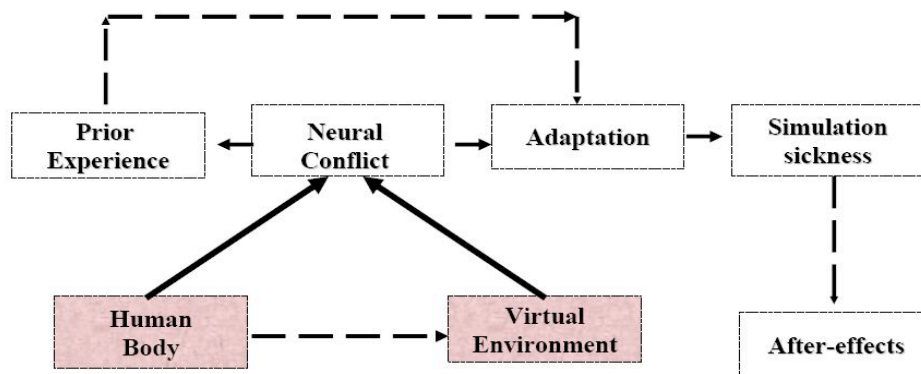
Effekte/Auswirkungen von VR Simulationen auf den User können in direkte (involvieren Energietransfer auf Gewebeebene → potentiell gefährlich) und indirekte (äußern sich auf neurologischer, psychologischer Ebene, Cybersickness,...) Effekte unterteilt werden.

XI.3.1. Simulator (oder Cyber) sickness

Eine Form von Bewegungsstörung (-erkrankung) mit den Symptomen: Übelkeit (bis zu Erbrechen), Überanstrengung der Augen, Desorientierung, Ataxie, Schwindelgefühle, etc.

Wird ausgelöst durch Konflikte zwischen den Sinneswahrnehmungen oder wenn die sensorischen Informationen in der VE nicht mit denen in der Realität zu erwartenden Wahrnehmungen übereinstimmen.

The Cyber sickness model



Technische Fehler wie Tracker Errors (Unterschiede zwischen Benutzerbewegungen und Avatarbewegungen), großer System lag (Verzögerungszeit) oder geringe HMD-Auflösung und kleiner FOV (wobei auch sehr große FOVs problematisch sein können) können das „Erkranken“ an der Cybersickness verursachen.

Auch das Alter, der Gesundheitszustand und die generelle Anfälligkeit (z.B. schwangere Frauen) für die Erkrankung spielen eine Rolle.

XI.3.2. Aftereffects

...werden unter anderem verursacht durch Adaption des Gehirns an Bedingungen in der VE, die sich von jenen in der Realität unterscheiden, können Stunden oder sogar Tage anhalten. Formen von Aftereffects sind Flashbacks, Eindruck der „Selbstbewegung“, Kopfschmerzen, etc.