

VROD – Das VR Objekt Display

VROD – The VR Object Display

Ivo Hauslen Karsten Isaković Stefan Klose Herbert Rüsseler

Fraunhofer Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik – FIRST
Kekuléstraße 7, 12489 Berlin

Tel.: 030 – 6392 1778, Fax: 030 – 6392 1805

E-mail: karsten.isakovic@first.fraunhofer.de, Internet: <http://www.first.fraunhofer.de>

Zusammenfassung: Das Virtual Reality Objekt Display (VROD) ist ein neuartiges, zylindrisches, auf Rückprojektion basierendes 360° Display.

Neben der Darstellung von Standbildern, Videos oder Panoramen ermöglicht das System die realistische 3-D Stereo Projektion von Objekten. Der Betrachter – ausgerüstet mit 3-D Stereo Brille und Polhemus Tracker – kann die Präsenz des virtuellen Objektes beim Umrunden der Säule erleben.

Das System kann als Digitale Litfaßsäule für Werbung oder als Objekt Display im industriellen und künstlerischen Design oder in Museen eingesetzt werden.

Abstract: The Virtual Reality Object Display (VROD) is a novel cylindrical 360° display system based on a rear projection cluster.

In addition to rendering still images, videos or panoramas the system also allows realistic 3D stereo projection of objects. The viewer equipped with 3D stereo glasses and a tracking device can experience the presence of the virtual object by walking around the column.

The system can be used as a digital advertising column or an object display for industrial design purposes or museums. [1]



Einleitung

Klassische VR Systeme wie z.B. Projektionswände oder CAVE Systeme sind sehr gut zur Simulation von virtuellen Umgebungen geeignet – aber weniger zur Darstellung von virtuellen Objekten. Um die Umgebung in einer CAVE zu erleben, kann der Benutzer seinen Kopf oder Körper bewegen. Er kann aber nicht in einer natürlichen Art und Weise große Objekte (z.B. Autos) ansehen, da er nicht um die dargestellten Objekte herumlaufen kann.

Aus diesem Grund hat Fraunhofer FIRST das VR Objekt Display entwickelt, um ein fast reales Seherlebnis von 3-D Objekten zu ermöglichen.

Stand der Technik

Aufgrund der Komplexität des Systemaufbaus gibt es nur sehr wenige vergleichbare Systeme, welche sowohl Vor- als auch Nachteile haben.

Es gibt verschiedene Ansätze, um ein Volumendisplay aufzubauen. Einige benutzen rotierende helixförmige Projektionsflächen und Laserstrahlen – wie z.B. das Felix3D Display [2] – oder statische 3-D Laser Volumen Displays wie z.B. SOLID FELIX [3].

Perspecta von Actually Systems [4] benutzt einen flachen, rotierenden Bildschirm und hat eine sichtbare Auflösung von 768 x 768 x 198 Voxel. Aufgrund der immensen Anzahl darzustellender Voxel haben all diese Displays Probleme bei der Darstellung hoher Auflösungen und Farbtiefen. Felix3D besitzt außerdem eine störende Rotationsachse.

Ziel des Virtual Showcase von Fraunhofer IMK, der TU Wien und der Bauhaus Universität Weimar [5] ist die Bereitstellung eines Augmented Reality (AR) Projektionssystems. Ein Vorteil dieser Installation ist die Möglichkeit virtuelle Objekte mit realen Objekten in einer Szene zu kombinieren. Der Bildschirm dieser Installation ist allerdings sehr klein. Aufgrund des spiegelbasierten Aufbaus benötigt dieses System viel Platz und bietet daher – unserer Meinung nach – ein unausgeglichenes Raum-Bildschirm-Verhältnis.

Die am weitesten verbreiteten zylindrischen Displays benutzen rotierende LEDs (Dynascan [6], Kinoton [7]). Die Kontrollschleife des mechanischen und elektrischen Antriebssystems – welches für die Rotation der LEDs sorgt – muss gut abgestimmt sein, um ein helles, klares und flackerfreies Bild zu erzeugen. Diese zylindrischen Displays eignen sich nicht als VR Objekt Displays, da sie keinen stereoskopischen Ansichtsmodus unterstützen.

Für das von Fraunhofer FIRST entwickelte VROD haben wir einen anderen Ansatz gewählt. Unser Ziel war das Design und die Implementierung eines VR Objekt Displays, welches in der Lage ist 3-D-Stereo Inhalte darzustellen und zudem in Größe und Auflösung skalierbar ist.

Aufbau des VROD

Das hier beschriebene VROD ist sowohl für 2-D als auch 3-D Projektion geeignet und kann mit oder ohne Betrachtertracking (3-D-Positionsbestimmung des Nutzers) betrieben werden. Der mechanische Aufbau besteht aus acht Projektoren, vier Spiegeln, fünf PCs, einem magnetischem Tracking System und einer speziellen Rückprojektionsleinwand. Die Säule verfügt außerdem über ein 4.1 Audio System.

Um vollständig auf eine 360° Projektionsfläche zu projizieren, könnte man einen Fischaugenprojektor oder einen Spezial-Spiegel verwenden, was allerdings zu einer sehr niedrigen Bildauflösung führen würde. Aus diesem Grund haben wir uns für den Aufbau eines Projektor Clusters entschieden, wobei jedes Cluster Element auf einen Spiegel projiziert, welcher das Bild auf etwa 130° der Projektionsfläche reflektiert. Jedes Cluster Element – angesteuert durch einen PC (Client) – besteht aus zwei Projektoren, um eine 3-D Stereo Projektion zu ermöglichen. Ein weiterer PC (Server) synchronisiert das gesamte Cluster und kann auf Wunsch per PDA über WLAN gesteuert werden.

Die benutzten Standardprojektoren sind zusätzlich mit Infitecs Stereo Display Technologie [8] ausgerüstet, welche mit Wellenlängen Multiplexing für die Stereoseparation arbeitet.

Um eine in den Überblendbereichen betrachterunabhängige Bildkomposition der einzelnen Teilprojektionen zu erreichen, benutzen wir eine spezielle Rückprojektionsfolie mit einem niedrigen Gain Faktor.

Ein magnetischer Tracker bestimmt die Position des Nutzers. Das gegenwärtig genutzte System von Polhemus ist kabelbasiert, könnte aber problemlos durch ein kabelloses System ersetzt werden.

Die Säule hat eine Höhe von 2.20 m und einen Durchmesser von 1.5 m. Die Höhe der Projektionsfläche beträgt 1.1 m und hat einen Durchmesser von 1.3 m.

Die resultierende Auflösung der Panoramaprojektion beträgt 2048 x 512 Pixel.

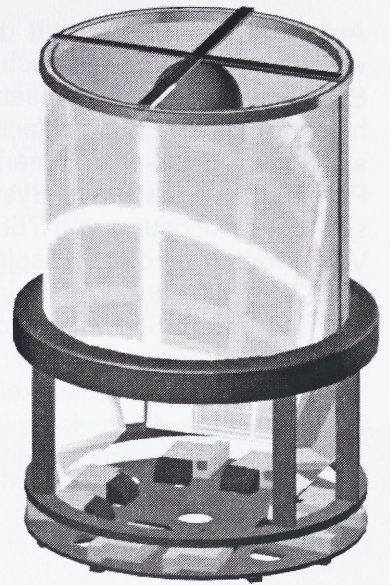
Software des VROD

Die unkorrigierte Projektion weist aufgrund der Krümmung der Projektionsfläche starke Verzerrungen auf (siehe Abbildung rechte Seite). Um diese Verzerrungen zu kompensieren, benutzen wir unsere patentierte Kalibrierungstechnologie [9]. Diese Software wird außerdem zur Lösung der Echtzeit-Blendfunktion zwischen sich überlappenden Teilprojektionen benutzt. Entzerrung und Blending werden durch schnelle Algorithmen auf den Rendering Clients durchgeführt.

Die Software zur Visualisierung basiert auf einem verteiltem Rendering System. Dieses VRML-basierte System besitzt etliche Erweiterungen, z.B. zum Abspielen von Live- und Streaming-Videos oder zur Synchronisation der Clients.

Das System kann mittels externer Geräte (Gyroskopische Mäuse, Joysticks, Datenhandschuhe, Tracker, PDA) über eine Input/Output API (IOA) gesteuert werden. Diese API erlaubt unter anderem die Manipulation von Szenen Parametern, das Laden von Szenen oder den Wechsel von Betrachterstandpunkten.

Mit Hilfe der Eingabegeräte können alle VRML-Interaktionsparadigmen (z.B. Berührungs- und Annäherungssensoren) im VROD genutzt werden.



Darstellungsmodi des VROD

Das Display wurde für verschiedene Modi entworfen, deren unterschiedliche Ausprägungen im Folgenden beschrieben werden:

- 2-D Panorama Modus

Im 2-D Modus können Videos, Bilder, Text und VRML-Objekte frei auf dem Displayzylinder platziert werden. Aufgrund des Bildseitenverhältnisses der abgerollten Projektionsfläche ist es möglich bis zu drei Videos im Bildseitenverhältnis 4:3 darzustellen. Ein 360° Panoramabild kann vollständig abgebildet werden. Die einzelnen Elemente können in verschiedenen Layern animiert und überblendet werden.

Auch im 2-D Modus wird für die interne Szene eine 3-D Darstellung benutzt – die einzelnen Elemente (Bilder, Texte, Videos) liegen dabei auf Zylindersegmenten, die um die zentrale Kamera herum angeordnet sind. Der simulierte Augabstand ist null damit die beiden Projektoren eines Stereopaars jeweils denselben Bildinhalt darstellen.

- 3-D Panorama Modus

Werden im Panorama Modus Stereo-Videos oder Stereo-Bilder angezeigt, so benötigen die Benutzer spezielle Infitec Stereo Brillen um einen räumlichen Seheindruck zu erfahren. Die zwei zusammengehörigen Bildelemente müssen mit Augenabstand fotografiert bzw. gefilmt werden. Mit Hilfe der Infitec Brille werden die Teilprojektionen für das linke und das rechte Auge getrennt, so dass die Teilbilder im Kopf des Betrachters zu einem 3-D Stereo Bild zusammengesetzt werden und nunmehr einen räumlichen Eindruck vermitteln.

Neben der Darstellung von Stereo-Content ist es außerdem möglich Texte und 3-D Objekte in den vier Hauptrichtungen des VROD räumlich abzubilden, indem ein Augabstand simuliert wird. Zusätzlich zu den 3-D Elementen können 2-D Elemente dargestellt werden, indem diese derart in der 3-D Szene angeordnet werden, dass sie keinen Stereoversatz auf der Projektionsfläche zeigen. Über eine Animation des Augabstandes kann stufenlos zwischen 2-D und 3-D Modus gewechselt werden.

- VR Objekt Modus

Dieser Modus erschafft die Illusion, als würde sich das dargestellte Objekt innerhalb der Säule befinden. Der aktive Benutzer ist mit einer Infitec-Brille und dem Polhemus-Empfänger ausgestattet. Mit Hilfe der vom Polhemus-Tracker bestimmten 3-D Position des Betrachters, wird der Viewpoint der dargestellten Szene in Abhängigkeit der Benutzerposition verändert. Somit sieht der Betrachter beim Umrunden der Säule immer eine – in Abhängigkeit seiner aktuellen Position – veränderte Ansicht des Objektes. Hiermit wird die Illusion erzeugt, als ob sich das Objekt real innerhalb der Säule befinden würde.

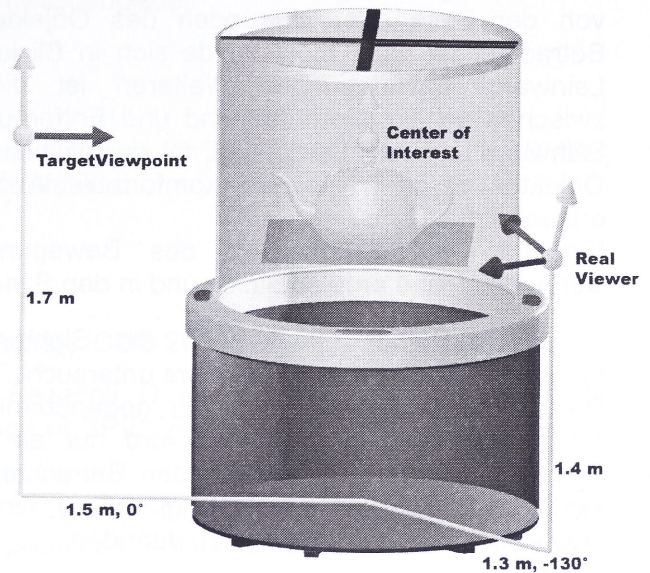
Somit wird ein volumetrisches Display für einen einzigen Betrachter simuliert. Eine Benutzergruppe, die sich in der Nähe des aktiven Betrachters (mit Polhemus Empfänger) befindetet, kann einen ähnlichen Effekt wie der Hauptbenutzer erleben. Zusätzlich zur Projektion auf der Seite des aktiven Nutzers, wird die Rückseite der aktiven Szenen- oder Objektansicht auf der gegenüberliegenden Seite des VROD projiziert. Somit lässt sich die Anzahl der passiven Beobachter erhöhen.

Kamera-Paradigma im VR Objekt Modus

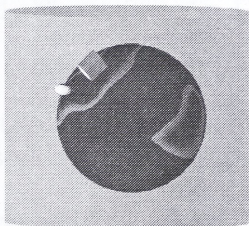
In VRML gibt es wie in üblichen 3-D Darstellungen das Konzept der Kamera (Viewpoint), von der aus die 3-D Szene berechnet wird. Eine Kamera wird durch Position, Richtung und ihren Öffnungswinkel beschrieben. Auf diese Weise wird aber nicht spezifiziert, um welches Objekt man sich beim VROD herumbewegen möchte.

Daher wurde der Viewpoint-VRML-Knoten durch die Parameter Entfernung und Skalierung zu einem TargetViewpoint-Knoten erweitert. Über die Angabe einer Entfernung definiert der TargetViewpoint das Center of Interest, um das sich der Betrachter bewegt. Der Skalierungsfaktor ermöglicht die Darstellung unterschiedlicher Größenverhältnisse.

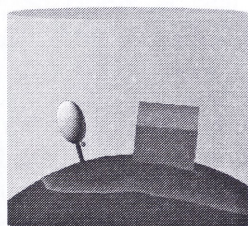
In der nebenstehenden Skizze wird die Bestimmung der aktuellen Betrachteransicht erläutert. Die vom Tracker gelieferte reale Position wird in Abstand, vertikale Abweichung und Winkel in Bezug zum realen Center of Interest umgerechnet. Die im TargetViewpoint angegebene Position und Richtung wird nun entsprechend um den Up-Vektor und das Center of Interest rotiert. Der Skalierungsfaktor wird auf die Position und auf den simulierten Augabstand angewendet.



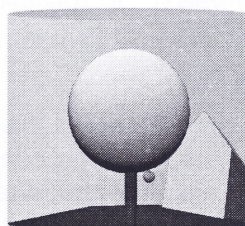
Im folgenden Beispiel sind vier VROD-Ansichten einer einzelnen 3-D Szene abgebildet. Jeder der TargetViewpoints verwendet dabei ein anderes Center of Interest, einen anderen Up-Vektor und eine andere Skalierung.



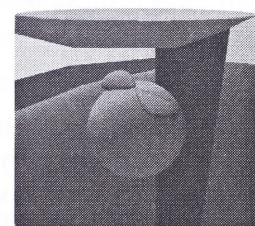
Überblick über die Welt



Haus und Baum



Baum



Apfel am Baum

Durch das neu entwickelte Kameraparadigma kann der Betrachter um das jeweils dargestellte Objekt herumlaufen und es von allen Seiten betrachten. Eine nahtlos interpolierte Kamerafahrt zwischen den Ansichten ist möglich, egal in welcher realen Position sich der Betrachter befindet. Die Änderung der Skalierung wirkt dabei ähnlich wie ein Zoom einer normalen Kamera – nur wird der Betrachter gleichzeitig auch näher an das Objekt herangeführt.

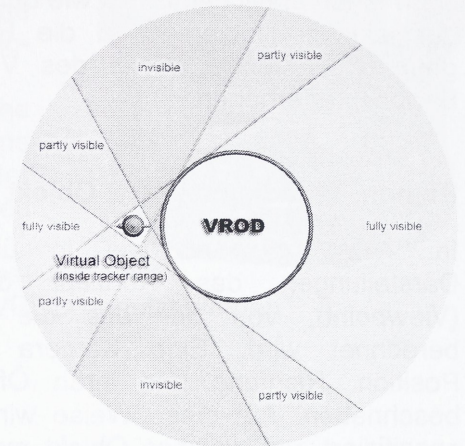
Szenen Erweiterung im VR-Objekt Modus

Im VR Objekt Modus können neben Objekten, die innerhalb und genau auf der Leinwand liegen, auch Objekte vor und hinter dem eigentlichen Displaykörper dargestellt werden.

In der nebenstehenden Grafik wird die Sichtbarkeit eines virtuellen Objekts untersucht, welches sich innerhalb des Bewegungsradius des Betrachters befindet.

Ein derart positioniertes Objekt kann nur aus wenigen Standpunkten vollständig gesehen werden, in vielen Fällen wird es lediglich angeschnitten dargestellt. Eine Betrachtung von der Seite oder Umrunden des Objektes durch den Betrachter ist nicht möglich, da sich in Blickrichtung keine Leinwand befindet. Des Weiteren ist die Diskrepanz zwischen scheinbarem Abstand und Entfernung zur realen Leinwand in den Standorten in der Nähe des virtuellen Objektes zu groß, um eine komfortable Wahrnehmung zu erlauben.

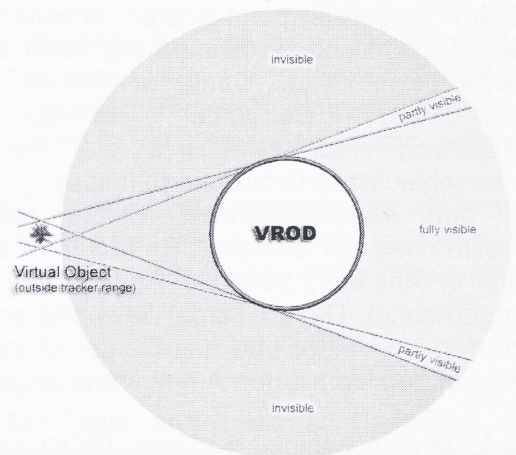
Virtuelle Objekte innerhalb des Bewegungsradius des Betrachters sind problematisch und in den Szenen möglichst zu vermeiden.



In der nächsten Grafik wird die Sichtbarkeit für ein virtuelles Objekt außerhalb des Bewegungsradius des Betrachters untersucht.

Das Objekt ist lediglich von der gegenüberliegenden Seite vollständig sichtbar und wird nur an wenigen Standorten angeschnitten. Für den Betrachter scheint sich das Objekt in einiger Entfernung hinter dem physikalischen Displaykörper zu befinden.

Ein im VROD dargestelltes Objekt kann daher problemlos in eine Landschaft oder einen Raum eingebettet werden, die umgebenden Objekte müssen in der 3-D Szene lediglich weiter als der Bewegungsradius des Betrachters entfernt angeordnet sein.



Anwendungsgebiete des VROD

Die verschiedenen Modi führen zu vielen Anwendungsgebieten des VROD. Wir unterscheiden zwischen zwei Hauptausprägungen:

- Digitale Litfasssäule
- Virtual Reality Objekt Display

Mögliche Anwendungsgebiete der Digitalen Litfasssäule sind öffentliche Werbung, die Darstellung von lokalen Informationen oder Informationsbroadcastdienste. Bei Live-Events kann die Säule als Blickfang zur Darstellung von Grafik, Informationen oder Live Video genutzt werden.

Das Virtual Reality Objekt Display kann im industriellen oder künstlerischem Design Prozess oder in musealen Umgebungen eingesetzt werden.

Das System wurde bereits auf der „CeBIT 2005“, „IFA 2005“, „Wissenschaftssommer 2005“ und weiteren Veranstaltungen vorgestellt.

Ausblick

Zukünftiges Ziel bei der Weiterentwicklung des VROD ist unter anderem die Erhöhung der Helligkeit und der Auflösung des Displays.

Weitere Verbesserungen beziehen sich vor allem auf die Interaktion zwischen Benutzer und Säule und könnten durch das Anbringen von Knöpfen, Schaltern oder Touchpads erreicht werden. Letztendlich sollte eine Interaktion mit der gesamten Projektionsfläche – durch die Entwicklung einer gekrümmten berührungsempfindlichen Oberfläche – möglich sein. Drahtlose Nahfeldkommunikation (NFC) könnte beispielsweise mittels Mobiltelefonen, die mit RF-IDs ausgestattet sind, realisiert werden. Kamerabasiertes Tracking oder eine Gesichtserkennung würde das VROD auch verbessern.

Derzeit wird ein leicht zu benutzendes Werkzeug für Erstellung und Abspielen eigener Inhalte entwickelt.

Das VROD könnte auch als Kommunikationssäule zwischen entfernten Installationen dienen. Diese Installationen könnten per Video und Audio miteinander verbunden sein. Spracherkennung und Sprachsynthese wären weitere wünschenswerte Features des zukünftigen Systems.

Die Entwicklung eines zylindrischen „echten“ 3-D Volumen Displays – wobei auf 3-D Brille und Tracker verzichtet werden kann – ist ein weiteres Entwicklungsziel.

Danksagung

Die Forschung am VROD wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Projektes LaserCave (01IRA10B) unterstützt.

Quellen

- [1] I. Hauksen, S. Klose, H. Rüsseler, *VR Object Display*, ICOD 2005
- [2] D. Bahr, K. Langhans, M. Gerken, C. Vogt, D. Bezecny, D. Homann, *FELIX: A volumetric 3D laser display*, *Projection Displays II*, Proceedings of SPIE Vol. 2650, pp. 265-273, San Jose, CA, 1996
- [3] K. Langhans, C. Guill, E. Rieper, K. Oltmann, D. Bahr, *SOLID FELIX: A Static Volume 3D-Laser Display*, *Stereoscopic Displays and Applications XIV*, Proceedings of SPIE, Volume 5006, Santa Clara, CA, 2003
- [4] http://www.actuality-systems.com/index.php/actuality/products/360_all_around_view
- [5] <http://viswiz.gmd.de/~steffi/Publications/Cidoc2003.pdf>
- [6] http://www.dynascanusa.com/Product_indoor.htm
- [7] <http://www.litefast-display.com/>
- [8] H. Jorke, M. Fritz, *INFITEC - a new stereoscopic visualization tool by wavelength multiplex imaging*, Proceedings Electronic Displays September 2003, Wiesbaden
- [9] W. Biehlig, C. Deter, S. Dube, B. Hill, S. Helling, K. Isaković, S. Klose, and M. Schiewe, *LaserCave - Some Building Blocks for immersive Screens*, VR AR Statustagung Leipzig, Februar 2004