

ViRGOS - Virtual Reality Gravity Offload System

Alexander Brückner, Wafa Sadri, Uwe Kloos, Gabriela Tullius

VRlab Human-Centered Computing
Hochschule Reutlingen
Alteburgstr. 150
72762 Reutlingen
E-Mail: vrlab@reutlingen-university.de

Abstract: In diesem Beitrag wird ein neuer Ansatz vorgestellt, welcher eine schwerkraftreduzierte Navigation innerhalb einer VR-Umgebung erlaubt, wie beispielsweise ein simulierter Mondspaziergang. Zur Navigation in der VR-Umgebung wird der Cyberith Virtualizer eingesetzt. Die Schwerkraftsimulation erfolgt mittels eines einstellbaren Gurtsystems, das an elastischen Seilen aufgehängt wird und abgestufte Schwerkraftkompensationen erlaubt. Als Umgebung wurde ein RaumschiffszENARIO sowie eine Mondoberfläche generiert. Hier sind in der aktuellen Anwendung einfache Interaktionen möglich. In Anlehnung an existierende Gravity Offload Systeme wird die Lösung ViRGOS bezeichnet. ViRGOS wurde bereits bei verschiedenen Besuchsterminen und Hochschulevents eingesetzt, so dass erste Rückmeldungen von Nutzern eingeholt werden konnten.

Keywords: Virtual Reality, Gravity Offloading, Simulation, Hardware-in-the-Loop

1 Kontext und verwandte Arbeiten

Schon zu Zeiten des Apollo-Programms wurden Astronauten auf unterschiedliche Schwerkraftmodelle trainiert. Hewes [Hew69] beschreibt ein spezielles Trainingssystem mit der Bezeichnung *lunar walking-simulator*, das eine Fortbewegung des Menschen unter reduzierter Schwerkraft, wie sie auf dem Mond vorkommt, simulieren soll. Das System ist aufwändig und hat durch seine spezielle Konstruktion eine Reihe von Einschränkungen. Ein weiteres System zum Training stellen, wie von Karnmali und Shelhamer [KS08] beschrieben, Parabelflüge dar, was aber eine kurze und kostenintensive Art des Trainings ist. Das aktuellste System der NASA ist das von Dungan et al. [DVB⁺15] beschriebene *Active Response Gravity Offload System (ARGOS)*. ARGOS nutzt ein aktiv gesteuertes System aus einer elektrischen Seilwinde, einer motorisierten Laufkatze in einem Brückenkransystem und bietet so sechs Freiheitsgrade (6DOF) sowie variable Schwerkraftbedingungen. Das System ist durch speziell angefertigte Hardware aufwändig und damit auch kostenintensiv.

VR wurde bei der Vorbereitung und dem Training von EVAs (Extravehicular Activity Training) bereits früh verwendet. Beispiele sind Arbeiten von Loftin und Kenney [LK95], Garcia et al. [GSP20] und Woolf [Woo09]. All diese Anwendungen sind recht aufwändig und mit nicht unerheblichen Kosten verbunden. Zur Entwicklung einer kostengünstigen Lösung ergab sich die Idee, ein vom Funktionsumfang vergleichbares, aber einfacher aufgebautes

System auf Basis von common-off-the-shelf (COTS) Teilen und VR Technologien zu entwickeln. Dieses System wird *Virtual Reality Gravity Offload System (ViRGOS)* bezeichnet. Durch die Verwendung unterschiedlicher Schwerkraftmodelle kann ViRGOS zur Entwicklung und Evaluation von unterschiedlichen Anwendungen mit reduzierter Schwerkraft verwendet werden.

2 ViRGOS Hardware

Die ViRGOS Konstruktion besteht aus einer Aufhängung mit elastischen Seilen zur Reduktion der erfahrenen Schwerkraft und dem Cyberith Virtualizer für die Laufsimulation. Ähnlich zu [GSP20] hat ViRGOS einen Hardware-in-the-Loop Ansatz und bietet so eine Möglichkeit zur immersiven Simulation der Ganzkörper-Schwerkraftauslagerung.

Abbildung 1 zeigt den Systemaufbau im VRlab der Hochschule Reutlingen mit Aufhängung, dem Cyberith Virtualizer (*omnidirectional treadmill*)³, dem HMD Setup (HTC Vive), den elastischen Seilen und Daisy Chains sowie dem Gurt, der den Benutzer fixiert. Neben der Bewegungsfreiheit ermöglicht der Virtualizer haptisches Feedback, welches durch frei einstellbare Vibrationen der Bodenplatte realisiert wird. Die Einstellung, der auf den Benutzer ausgeübten Kraft erfolgt manuell durch die Daisy Chains. Je nach Masse des Benutzers werden Daisy Chains hinzugefügt oder entfernt. Somit ist die Kraft nur in diskreten Schritten veränderbar. Die Kombination der Seilaufhängung, dem Virtualizer und dem VR Headset mit den Controllern bietet die technische Voraussetzung dem Nutzer ein immersives Erlebnis von Umgebungen mit geringerer Schwerkraft, wie etwa dem Mond, zu bieten.

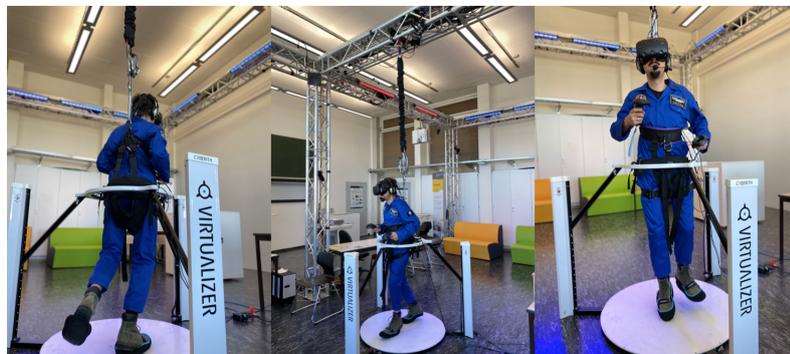


Abbildung 1: Cyberith Virtualizer mit Nutzer in der ViRGOS-Aufhängung im VRlab aus verschiedenen Blickwinkeln

3 ViRGOS Software und Umgebung

Die im Rahmen des Projektes entwickelte Software simuliert ein mögliches Einsatzszenario für die Schwerkraftentlastung. Zur Entwicklung wurde Unity3D mit den entsprechenden

³Cyberith Virtualizer Website <https://www.cyberith.com/virtualizer-rd-kit/> (Letzter Zugriff: 16. Juli 2020)

APIs zur Nutzung des Virtualizers und der HTC Vive eingesetzt. Innerhalb der Software ist es das Ziel, mehrere Interaktionen mit der Umgebung auszuführen, die an ein Szenario in geringer Schwerkraft angelehnt ist. So wird sich der Benutzer in der VR-Umgebung auf dem Mond wiederfinden. Hierzu wurde ein Ausschnitt topographischer Daten des Mondes genutzt und eine Mondfläche von ca. 16 Quadratkilometer generiert. Als Textur wurden reale Mondaufnahmen eingesetzt.

Das Verhalten von Objekten, wie den Aufzügen im Raumschiff oder Objekten auf der Mondoberfläche, wird mittels Unity-Skripten realisiert. Bis auf die notwendigen Komponenten, um eine Interaktion mit den Controllern zu ermöglichen, sind sämtliche Objekte unabhängig programmierbar. Dies ermöglicht ein einfaches Hinzufügen weiterer Interaktionsmöglichkeiten.

Zur Nutzung des ViRGOS Systems wurde eine RaumschiffszENARIO mit einem selbst erstellten Raumschiffmodell aufgebaut, in dem man sich innerhalb dieses Raumschiffes frei bewegen, per Fahrstuhl vom Raumschiff auf die Mondoberfläche fahren und dann bspw. über die Mondoberfläche laufen kann. Dazu sind verschiedene einfache Interaktionen, wie Schleusenöffnung, Fahrstuhlsteuerung, möglich. Eine weitere Person kann sich von einem Desktopplatz via Audio, bzw. mittlerweile mit einem zweiten HMD, zuschalten und mit der Person in der VR-Umgebung kommunizieren bzw. zusammenarbeiten.

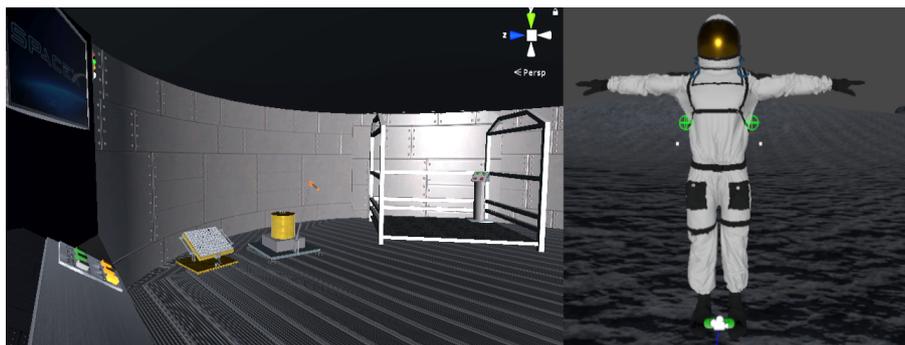


Abbildung 2: Links: Starship-Interior mit Aufzugs- und Drucksteuerung, Experimentobjekten und Aufzüge. Rechts: Astronautenmodell

Dem Benutzer wird in der VR-Umgebung ein geriggtes Astronautenmodell zugewiesen (siehe Abbildung 2), welches sich entsprechend der aktuellen Aktion des Benutzers anpasst. So wird eine Laufanimation gestartet, wenn sich der Nutzer bewegt und wieder gestoppt, wenn er stehen bleibt. Die Software simuliert das Fehlen von Schallwellen im Vakuum - so werden Umgebungsgeräusche wie die Aggregate des Raumschiffes oder Fahrgeräusche des Fahrzeugs abgeschaltet, wenn sich der Benutzer in einem luftleeren Raum befindet. Das haptische Feedback des Virtualizers wird unter anderem bei Schritten des Astronauten, dem Fahren des Rovers sowie das Betätigen der Aufzüge aktiv und bietet eine weitere Steigerung der Immersion. Neben den Aktivitäten des Benutzers selbst, ist es auch möglich, einen zweiten Benutzer einzubinden. Der intern *Commander* genannte, zweite Benutzer gibt der anderen Person, bspw. auf der Mondoberfläche, dabei Anweisungen, die etwa die korrekte Ausführung eines Experiments umfassen.

4 Fazit und Ausblick

In diesem Artikel wird ein neues System - ViRGOS - vorgestellt, welches eine schwerkraftreduzierte Navigation innerhalb einer VR-Umgebung erlaubt, die einen Mondbesuch simuliert. Bisher wurde noch keine Nutzerstudie des Systems durchgeführt. Formative Rückmeldungen bei Besuchsterminen, an denen das System ausprobiert werden konnte und ein intensiver Test beim Tag der offenen Tür der Hochschule im November 2019 ergaben eine Reihe qualitativer Aussagen zur Nutzung und zum generellen Eindruck. Es wurde sich überwiegend sehr positiv über die Anwendung und vor allem das Erlebnis einer schwerkraftreduzierten Bewegung geäußert. Besonders hervorgehoben wurde die innovative Idee des Projekts und Immersionserfahrung. Die eigentlich etwas unnatürliche Gehbewegung des Cyberith Virtualizers, mehr gleiten als gehen, erweist sich bei der Bewegung mit Schwerkraftreduktion als sehr passend. Negative Rückmeldungen gab es vor allem zum aktuellen Gurtsystem, das noch recht unbequem ist. Hier werden Möglichkeiten zur Verbesserung oder zum Austausch gesucht. Bemängelt wurden die bekanntermaßen noch geringen Interaktionsmöglichkeiten und fehlenden Aufgaben. An beidem wird in aktuellen Projekten gearbeitet. Das Kollaborative Arbeiten von mind. zwei Personen innerhalb der VR-Umgebung ist mittlerweile möglich.

Literatur

- [DVB⁺15] L.K. Dungan, P.S. Valle, D.R. Bankieris, A.P. Lieberman, L. Redden, and C. Shy. Active response gravity offload and method. *US Patent No.: US 9,194,977 B1*, 2015.
- [GSP20] Angelica D. Garcia, Jonathan Schlueter, and Eddie Paddock. Training astronauts using hardware-in-the-loop simulations and virtual reality. In *AIAA Scitech 2020 Forum*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, January 2020.
- [Hew69] Donald E. Hewes. Reduced-gravity simulators for studies of man's mobility in space and on the moon. *Human Factors Meeting*, 1969.
- [KS08] Faisal Karmali and Mark Shelhamer. The dynamics of parabolic flight: Flight characteristics and passenger percepts. *Acta Astronautica*, 63(5-6):594–602, September 2008.
- [LK95] R. B. Loftin and P. Kenney. Training the hubble space telescope flight team. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 15(5):31–37, 1995.
- [Woo09] Beverly Park Woolf. *Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*. Morgan Kaufmann/Elsevier, Amsterdam, 2009.