

# Redirected Walking

Randy Thiemann

11 februari 2014

## 1 Literatuurstudie

### 1.1 Inleiding

*Redirected walking* is een techniek waarbij een proefpersoon in een virtuele omgeving weergegeven in een head-mounted display kan rondwandelen door middel van het vervormen van de route die deze proefpersoon in een fysieke omgeving wandelt.

Het doel is, door de 1:1 relatie van fysieke beweging en virtuele beweging te ontkoppelen, rondwandelen in grotere tot zelfs arbitrair grote virtuele ruimtes mogelijk te maken.

Om dit te effect te bekomen zijn er 2 brede categorieën van technieken, ik zal deze twee categorieën beknopt toelichten samen met enkele concrete voorbeelden.

Naast de technieken voor immersie door middel van het zicht zijn er ook technieken om de andere zintuigen te betrekken, ik beschrijf deze ook even beknopt.

Vervolgens zal ik enkele inherente zwaktes in redirected walking toelichten.

Ten laatste beschrijf ik kort de methodes om volledige positionele tracking te verwezenlijken.

Ik zal dan besluiten met de invalshoek die ik zal nemen in deze bachelorproef.

## 1.2 Redirectietechnieken (RDTs)

RDTs zijn technieken waar de fysieke bewegingen van een proefpersoon ontkoppeld worden van de resulterende virtuele bewegingen.

Bij deze technieken is het belangrijk om de vervormingen onmerkbaar te houden voor de proefpersoon[12], maar ook om ze consistent te houden om simulatieziekte te vermijden[6].

Ik beschrijf hier kort enkele van deze technieken samen met onderzoeken die er over gevoerd zijn.

### 1.2.1 Rotationale vervorming

In een onderzoek gevoerd door Razzaque et. al., 2001 [12] werden proefpersonen gevraagd om een virtuele brandoefening uit te voeren.

In de opstelling voor dit onderzoek waren er in het fysieke labo twee knoppen geplaatst op dezelfde afstand als in de virtuele omgeving. In de virtuele omgeving waren er echter 4 knoppen met telkens een hoek van 90 graden er tussen.

In dit onderzoek heeft men ondervonden dat er 3 manieren zijn om rotationele vervorming in te voegen:

1. Als de proefpersoon stil staat is het mogelijk om een kleine hoeveelheid constante rotatie in te voegen, de proefpersoon zal dan automatisch meedraaien.
2. Indien de proefpersoon zelf ronddraait kan deze rotatie overdreven worden.
3. Ten laatste is het mogelijk om het pad in de virtuele omgeving een bepaalde hoeveelheid te buigen die proportioneel is met de lineaire snelheid van de proefpersoon in de fysieke omgeving.

Deze gegevens werden dan gebruikt om de proefpersoon in de richting van de volgende knop te sturen zodat de proefpersoon voor een fysieke knop stond als dit ook het geval was in de virtuele omgeving.

Dit onderzoek vereist een voorberekend pad en een minimale deviatie van dit pad door de proefpersoon voor een optimale ervaring. In Engel et. al., 2008 [4] wordt een techniek voorgesteld om deze rotationele vervorming dynamisch te bepalen.

Dit werd gedaan door het dynamische-rotatie probleem te reduceren tot een optimalisatie probleem, welke in de AI gemeenschap reeds bekend zijn.

Dit algoritme maakte het mogelijk om optimale rotationele vervormingen te berekenen maar vereist in ieder geval een gedeeltelijke kennis over het te volgen virtuele pad.

In een ander onderzoek in Neth et. al., 2012 [10] werd verder onderzocht wat de precieze relatie tussen bewegingssnelheid en maximaal acceptabele rotationele vervorming is.

Uit dit onderzoek bleek dat tragere snelheden grotere vervormingen toelaten, maar dat deze relatie niet lineair is.

Aangezien mensen over het algemeen trager wandelen in virtuele omgevingen [9], kan men dit toepassen in redirected walking.

In een tweede experiment [10] werd onderzocht of deze bevindingen effectief konden gebruikt worden dynamische schalering van vervorming toe te passen in een rijke virtuele omgeving. Er werd hier onderzocht of er een significant verschil is tussen de effectiviteit van statische rotationele vervorming versus dynamische rotationele vervorming.

Naast de technieken van Razzaque et. al., 2001 [12] om rotationele vervorming in te voegen met een constant, een statisch en een dynamisch component, werd er ook gebruik gemaakt van versterking van de effecten nabij de randen van de fysieke omgeving, om het verlaten van het tracking gebied te vermijden.

Er werd gemeten wat de mediaanafstand is die een proefpersoon kan wandelen in een grote virtuele omgeving voor de proefpersoon moet geforceerd geheroriënteerd worden richting het centrum van de fysieke omgeving om het verlaten van het tracking gebied te voorkomen.

Uit dit experiment is gebleken dat er een positief significant verschil is tussen de mediaan gewandelde afstand bij dynamische vervorming versus statische vervorming zonder een significante verhoging in simulatorziekte.

Uit al deze onderzoeken blijkt dat er een trade-off is tussen een virtuele omgeving met een ongekend pad[10] versus een betere immersie wegens minder onderbrekingen[4, 12].

Alle vorige studies behandelden rotationele vervorming in beweging, dus over curves. Het is echter ook mogelijk om rotationele vervorming in stilstand te hebben.

In [13] werd bepaald dat in dit specifieke geval compressies tot 77% acceptabel zijn voor de proefpersoon het merkt.

Rotationele vervorming vormt de basis van redirected walking, gegeven een voldoende grote ruimte kan deze techniek toegepast worden om elke virtuele omgeving te doorlopen.

### **1.2.2 Translationele vervorming**

Naast rotationele vervorming is het ook mogelijk om de lineaire snelheid van een proefpersoon te vervormen daar onderzoek heeft aangetoond dat proefpersonen in virtuele omgevingen afstand [8], snelheid [1] en afgelegde afstand [5] onderschatten.

In Steinicke et. al., 2009 [13] werd er een experiment uitgevoerd om onder andere te bepalen wat de maximaal acceptabele translationele vervorming is voor een gegeven snelheid.

Er werd bepaald dat de vervorming merkbaar is bij een versnelling tussen 20% en 60% met een ideale waarde van ongeveer 20%.

Translationele vervorming vormt samen met rotationele vervorming een ideale basis om realistische redirected walking toe te passen, maar toch de benodigde fysieke ruimte tot een minimum te houden.

### **1.2.3 Veranderingsblindheid**

Een alternatieve methode, zonder ontkoppeling van de 1:1 relatie tussen fysieke en virtuele locatie is het gebruik maken van veranderingsblindheid.

In Suma et. al., 2011 [15] werd er getest of veranderingen in de virtuele omgeving voor de proefpersonen merkbaar waren. In een virtuele omgeving werd de locatie van de deur in een kamer veranderd zodra de proefpersoon weg keek.

Uit dit experiment is gebleken dat, in zulke omstandigheden, veranderingen in de virtuele omgeving voor zowel ervaren als naïeve proefpersonen onmerkbaar zijn.

### 1.3 Reoriëntatietechnieken (ROTs)

ROTs zijn technieken om te voorkomen dat de proefpersoon het fysiek trackbare gebied verlaat.

In tegenstelling tot RDTs zijn deze technieken niet noodzakelijk onmerkbaar, ik beschrijf er hier enkele.

#### 1.3.1 Verbale commandos

In het onderzoek van Razzaque et. al., 2001 [12] werd, indien de proefpersoon dreigde het tracking gebied te verlaten, de proefpersoon met verbale commando's gevraagd stil te staan en heen en weer te kijken om de proefpersoon in de fysieke omgeving terug in de juiste richting te laten kijken.

Er werd in een andere studie van Peck et. al., 2009 [11] echter bevonden dat verbale commando's niet de beste optie zijn voor redirectietechnieken, en dat afleidingen betere resultaten geven.

#### 1.3.2 Visuele commandos

In het onderzoek van Neth et. al., 2012 [10] werd onder andere gebruik gemaakt van een stopteken. Als dit werd getoond werd de hele virtuele wereld stil gelegd. Er werd op voorhand aan de proefpersoon gevraagd rond te draaien tot het stopteken verdwijnt indien het getoond werd.

Hoewel dit een zeer intrusieve methode is, is ze zeer effectief om het verlaten van het tracking gebied te voorkomen.

#### 1.3.3 Afleiders

Bovenstaande ROTs zijn allemaal erg intrusief, daarom is er een derde categorie van ROTs die tracht zo onopvallend mogelijk te zijn.

Dit is de categorie van de afleidingen, zoals andere "personen" in de virtuele omgeving[10], om de proefpersoon subtiel in de juiste richting te leiden.

In Peck et. al., 2009 [11] wordt er onder andere gebruik gemaakt van een te volgen object (een vlinder) om de proefpersoon de illusie te geven dat hij 360° heeft gedraaid terwijl hij eigenlijk maar 180° heeft gedraaid. Hieruit bleek dat

proefpersonen minder het gevoel hadden dat de wereld versneld draaide met een afleiding dan bij andere technieken.

## 1.4 Andere zintuigen

Hoewel visie voor redirected walking het belangrijkste is, omdat bij conflicten tussen het proprioceptieve en het vestibulaire systeem en visie, visie vaak dit conflict wint[2, 3, 14], zijn de andere zintuigen toch belangrijk om immersie te verkrijgen.

Als men in een virtuele omgevingen geluid realistisch kan positioneel reproduceren helpt dit bijvoorbeeld de immersie enorm[7], maar zelf het maskeren van geluid van in de fysieke wereld met bijvoorbeeld ruis kan helpen[16].

In Engel et. al., 2008[4] wordt ook opgemerkt dat de hoeveelheid omgevingslicht en omgevingsgeluid dat binnensijpelt een merkbare negatieve invloed heeft op de effectiviteit van redirectietechnieken.

Naast audio is het ook mogelijk om de immersie te verhogen met proxy-objecten in de fysieke omgeving die overeen komen met objecten in de virtuele omgeving[13].

## 1.5 Inherente zwaktes

Hoewel redirected een realistische en immersieve omgeving kan creëren zijn er toch enkele inherente zwaktes waar op zich niet omheen kan gewerkt worden.

Zo is het bijvoorbeeld onmogelijk om arbitraire fysieke collision overeen te laten komen met collision in de virtuele omgeving tenzij het labo expliciet voor die virtuele omgeving is gebouwd.

Een ander voorbeeld is dat het onmogelijk is om heuvels of ander ruw terrein te hebben in de virtuele omgeving zonder immersie te breken.

Desondanks deze behoorlijke beperkingen heeft redirected walking toch veel potentiële toepassingen zoals virtuele rondleidingen.

## 1.6 Positionele tracking

Positionele tracking bespreken

## 1.7 Verder onderzoek

Mijn BPROEF bespreken.

## Referenties

- [1] Tom Banton, Jeanine Stefanucci, Frank Durgin, Adam Fass, en Dennis Proffitt: *The perception of walking speed in a virtual environment*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 14(4):394–406, 2005.
- [2] Alain Berthoz: *The brain's sense of movement*. Harvard University Press, 2002.
- [3] Johannes Dichgans en Thomas Brandt: *Visual-vestibular interaction: Effects on self-motion perception and postural control*. In *Perception*, pagina's 755–804. Springer, 1978.
- [4] David Engel, Cristóbal Curio, Lili Tcheang, Betty Mohler, en Heinrich H Bülthoff: *A psychophysically calibrated controller for navigating through large environments in a limited free-walking space*. In *Proceedings of the 2008 ACM symposium on Virtual reality software and technology*, pagina's 157–164. ACM, 2008.
- [5] Harald Frenz, Markus Lappe, Marina Kolesnik, en Thomas Bührmann: *Estimation of travel distance from visual motion in virtual environments*. ACM Transactions on Applied Perception (TAP), 4(1):3, 2007.
- [6] Eugenia M Kolasinski: *Simulator Sickness in Virtual Environments*. Technisch Rapport, DTIC Document, 1995.
- [7] James R Lackner: *Induction of illusory self-rotation and nystagmus by a rotating sound-field*. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 1977.
- [8] Jack Loomis en Joshua Knapp: *Visual perception of egocentric distance in real and virtual environments*. 2003.
- [9] Betty J Mohler, Jennifer L Campos, M Weyel, en Heinrich H Bülthoff: *Gait parameters while walking in a head-mounted display virtual environment and the real world*. In *Proceedings of the 13th Eurographics Symposium on Virtual Environments*, pagina's 85–88, 2007.
- [10] Christian T Neth, Jan L Souman, David Engel, Uwe Kloos, Heinrich H Bulthoff, en Betty J Mohler: *Velocity-dependent dynamic curvature gain for redirected walking*. Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, 18(7):1041–1052, 2012.
- [11] Tabitha C Peck, Henry Fuchs, en Mary C Whitton: *Evaluation of re-orientation techniques and distractors for walking in large virtual envi-*



- ronments. Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, 15(3):383–394, 2009.
- [12] Sharif Razzaque, Zachariah Kohn, en Mary C Whitton: *Redirected walking*. In *Proceedings of EUROGRAPHICS*, volume 9, pagina’s 105–106. Citeseer, 2001.
  - [13] Frank Steinicke, Gerd Bruder, Klaus Hinrichs, Jason Jerald, Harald Frenz, Markus Lappe, Jens Herder, Simon Richir, en Indira Thouvenin: *Real walking through virtual environments by redirection techniques*. Journal of Virtual Reality and Broadcasting, 6(2), 2009.
  - [14] Frank Steinicke, Gerd Bruder, Jason Jerald, Harald Frenz, en Markus Lappe: *Analyses of human sensitivity to redirected walking*. In *Proceedings of the 2008 ACM symposium on Virtual reality software and technology*, pagina’s 149–156. ACM, 2008.
  - [15] Evan A Suma, Seth Clark, D Krum, S Finkelstein, M Bolas, en Z Warte: *Leveraging change blindness for redirection in virtual environments*. In *Virtual Reality Conference (VR), 2011 IEEE*, pagina’s 159–166. IEEE, 2011.
  - [16] Martin Usoh, Kevin Arthur, Mary C Whitton, Rui Bastos, Anthony Steed, Mel Slater, en Frederick P Brooks Jr: *Walking, walking-in-place, flying, in virtual environments*. In *Siggraph*, volume 99, pagina’s 359–364, 1999.