

Creșterea imersiunii în medii virtuale prin deplasare naturală, folosind echipamente de urmărire a mișcării

Valentin Dobre, Alin Moldoveanu, Victor Asavei

Universitatea POLITEHNICA din București - Facultatea de Automatică și Calculatoare

București, Romania

dobrevali_16@yahoo.com, alin.moldoveanu@cs.pub.ro, victor.asavei@cs.pub.ro

REZUMAT

O dată cu noul val de echipamente de afișare portabile care se montează pe capul utilizatorului (head mounted display - HMD), cu performanțe superioare și preturi accesibile (Oculus Rift [6]), atât realitatea virtuală (RV) cât și problemele acesteia au reintrat în atenția dezvoltatorilor, care vin cu diferite soluții hardware și software ce încearcă să le adreseze. Deși exista deja multe HMD-uri destul de performante [2], partea de interfață a utilizatorului cu mediul virtual este încă în stadiul incipient, în special la nivelul de soluții comerciale pentru utilizatorii de rând. În acest articol ne propunem să analizăm diferitele soluții hardware și software existente sau aflate în curs de dezvoltare, printre care și o soluție proprie, care permit utilizatorilor să își deplaseze avatarul într-un mod cât mai natural și imersiv, folosind mișcări ale corpului ca alternativă la metodele convenționale de folosire a tastaturii, mouse-ului sau a joystick-ului.

Cuvinte cheie

Deplasare în medii virtuale, imersiune, realitate virtuală, urmărirea mișcării, interacțiune om-calculator.

Clasificare ACM

H.5.1 Multimedia Information Systems

INTRODUCERE

Atât un obiectiv cât și o necesitate a realității virtuale este să elimine distanța dintre om și tehnologie, să ofere oamenilor capacitatea de a lucra și de a interacționa cu lumea virtuală într-un mod cât mai natural, cât mai puțin diferențiat față de modul cum se interacționează cu lumea reală.

Apariția noilor tehnologii de HMD, cu scopul comercial de a ținti spre utilizatorii de rând și de a le permite acestora o vizualizare calitativă și convingătoare a spațiului virtual, a atras după sine nevoia de soluții ieftine și performante pentru creșterea prezenței și interacțiunii cu lumi virtuale, prin echipamente noi pentru urmărirea mișcării și metode inovative de interpretare și conversie a acestora.

Tehnologiile de vizualizare a spațiilor virtuale au ajuns să fie atât de performante, încât utilizarea unui controler sau a tastaturii și mouse-ului ajung să fie, comparativ cu acestea, un factor limitator al experienței, un factor de rupere a imersiunii și de inhibiție. Când obiectele sunt vizualizate în 3D și apare acea familiaritate care spune utilizatorului că făcând încă doi pași înainte poate să apuce acel obiect dacă ar întinde mâna, utilizarea butoanelor

pentru declanșarea unor interacțiuni predefinite, nu mai este satisfăcătoare.

În acest moment se pune problema cum se pot elibera mâinile utilizatorilor de controlere, tastatură, mouse, pentru a putea fi folosite pentru a coordona direct și natural mâinile avatarelor din mediul virtual. Particularizând gradat, aspectele acestei probleme sunt:

- urmărirea corpului, prin echipamente hardware și software dedicate;
- interpretarea pozițiilor și mișcărilor și conversia lor în lumea virtuală;
- concepția unor astfel de soluții de interpretare care să permită deplasarea fără a utiliza mâinile, pentru ca acestea să devină complet libere și utilizabile pentru alte acțiuni.

Problema de urmărire a corpului în general [3] și a mâinilor și gesturilor în particular [5], este în cercetare de ceva timp, iar diferitele soluții implementate au ajuns la un nivel de performanță destul de înalt și cu costuri scăzute. Dar deși există posibilitatea de a interacționa în mod natural cu acest spațiu virtual, soluțiile de deplasare naturală în el sunt încă limitate.

Motivul este că deși interacțiunea cu mâinile poate fi translatată în spațiul virtual cu un factor de 1:1, problema deplasării presupune translatarea unei mișcări dintr-un spațiu de întindere limitată (încăperea [4] sau chiar doar o poziție fixă), în deplasarea într-un spațiu cu întindere infinită (RV). Soluția pentru o astfel de problemă se reduce la un mecanism de repetare a mișcării pe interval de timp. Deci soluțiile o să fie de tipul start-stop, care în cazul nostru o să fie reprezentate sub forma apăsării unui buton, ori menținerea unei poziții sau a unei activități.

În continuare vom prezenta diferitele caracteristici care se doresc a fi obținute de la un astfel de sistem de deplasare într-un mediu virtual și în ce măsură sunt atinse de diferitele implementări hardware și software existente sau în curs de dezvoltare, cât și o comparație a diferitelor avantaje/dezavantaje ale fiecăreia. Iar în cele din urmă vom propune o soluție originală, capabilă să rezolve problema deplasării oferind un grad mare de naturalețe, imersiune și confort.

OBIECTIVE ȘI CRITERII DE EVALUARE ALE UNUI SISTEM DE DEPLASARE ÎN MEDII VIRTUALE

Deplasarea în spațiul real presupune efort fizic și oboseală, ceea ce este din start un dezavantaj față de modelul clasic de deplasare în care se folosea un controler și se apasă pe butoane. Astfel, când se vorbește despre proiectarea unui sistem de deplasare imersiv pentru un mediu virtual, ideal

ar fi să se ajungă undeva la o soluție de mijloc: să se cedeze puțin din ușurința și confortul butonului pentru imersiunea mișcării, dar în același timp utilizarea sistemului să necesite un consum de energie cât mai mic din partea utilizatorului, astfel încât să fie viabil pentru sesiuni îndelungate de folosire. Flexibilitatea ar fi de asemenea dorită, permițând utilizatorului să aleagă gradul de imersiune, în funcție de cât efort este dispus să depună.

Având în vedere aceste obiective, propunem următoarele criterii pentru analiza diferitelor sisteme existente care oferă posibilitatea deplasării în medii virtuale:

Imersivitate (I): se referă la gradul de imersivitate obținut de utilizator prin folosirea sistemului; aspecte includ crearea imersivității dar și evitarea rușinii ei.

Naturalețe: cât de similară mișcării în spații reale, este mișcarea efectuată pentru deplasarea în mediul virtual.

Confort și eficiență: se referă la cât de obositor este de folosit sistemul pe perioade medii sau lungi de timp.

Efort: efortul necesar din partea utilizatorului; dificultatea, repetabilitatea mișcărilor; un aspect particular este dacă sistemul oferă un mod în care utilizatorul să stea așezat sau o metodă de susținere a greutății lui în cazul unei poziții verticale permanente de utilizare.

Mișcare totală: reprezintă capacitatea sistemului sau a echipamentului de a oferi suport pentru urmărirea unor mișcări avansate, de tipul sărituri sau aplecări.

Timpul de Comutare: este capacitatea de a iniția și de a înceta deplasarea cât mai rapid, util aplicațiilor care pun accent pe mobilitate.

Cost de instalare și utilizare: dacă echipamentul folosit ocupă mult loc în încăperea sau necesită asamblare/dezasamblare între sesiunile de utilizare.

Completitudine: va spune dacă sistemul oferă implicit urmărirea mâinilor sau este necesar echipament suplimentar (pe lângă HMD) pentru obținerea interfațării cu mediul virtual prin intermediul mâinilor.

Siguranță: este capacitatea sistemului de a feri utilizatorul de accidente în lumea reală, în momentul în care se folosește un HMD, deci are ochii acoperiți și poate lovi obiecte din mediul înconjurător sau pierde echilibrul.

ANALIZA SOLUȚIILOR EXISTENTE

În continuare vom expune soluțiile existente și implementările acestora pentru a vedea cât de bine rezolvă problema deplasării în medii virtuale, folosind criteriile menționate anterior.

Este necesar a se menționa că nu toate echipamentele prezentate în continuare sunt echivalente din punct de vedere al costului de achiziționare, iar multe dintre ele sunt încă în stadiu de dezvoltare și cu preț necunoscut. Dar pentru scopul acestui articol ne interesează doar calitatea soluțiilor.

Sisteme pe baza de buton

PrioVr [7] și STEM System [8] ambele oferă o urmărire completă a mișcării prin senzori amplasați în puncte cheie pe corpul utilizatorului. De asemenea aceste sisteme propun folosirea de controlere cu butoane ținute în mâini,

butoane prin intermediul cărora se oferă posibilitatea de a comanda avatarul să apuce obiecte și să se deplaseze sau să își întoarcă orientarea în mediul virtual.

O astfel de soluție este destul de precisă și cu un timp de comutare aproape inexistent; discrepanța creată între deplasarea avatarului și lipsa unei mișcări a utilizatorului, face ca acest sistem să fie lipsit de orice nivel de imersiune. Astfel nu se face mai mult decât să se ofere un mijloc de a atinge un obiectiv (deplasarea avatarului).

De asemenea, existența unui controler permanent în mâinile utilizatorului împiedică posibilitatea de urmărire fină a gesturilor.

Echipamentele în cauza trebuie atașate și detașate de corpul utilizatorului înainte și după fiecare utilizare. Fiind wireless, sunt necesare baterii.

Folosirea butoanelor oferă animatorilor posibilitatea de a anima mișcarea, săriturile sau diferite mișcări mai spectaculoase.

Dacă se folosește și un HMD, aceasta soluție nu oferă siguranță decât dacă utilizatorul este șezut.

Tabelul 1. Deplasarea folosind butoane (coloanele în ordine: Imersiune, Naturalețe, Confort și eficiență, Efort, Mișcare totală, Timp de comutare, Cost de instalare și utilizare, Completitudine, Siguranță.

Imers.	Natur.	C&E	Efort	MT	TC	CIU	Compl.	Sigur.
Mică	Slaba	Foarte Bună	Da	Nu	Foarte Bună	Mediu	Da	Mediu

Sisteme pe baza simulării procesului de a pași

În această categorie sunt două tehnologii: treadmill-uri și pașitul pe loc.

Treadmill-uri (benzi de alergat/mers)

Sunt multe implementări de treadmill-uri care au apărut, de la clasicele platforme omnidirecționale (Infinadeck [9]), la platforme cu suport pentru păstrarea orientării verticale (VirtuixOmni [10]) și pentru aplecare (Virtualizer[11]), până la treadmill-uri sferice (Virtusphere [12]).

Toate oferă un nivel de imersiune foarte puternic, deoarece simulează cu un grad destul de precis mersul. În funcție de model, echipamentul oferă și susținere pentru a preveni utilizatorul să își piardă echilibrul și să cadă [1]. Unele dintre ele permit posibilitatea aplecări și a mersului aplecat. Timpul de comutare va depinde de specificații și implementarea echipamentului.

Din păcate astfel de soluții nu oferă momentan suport pentru sărituri și nici urmărire a mâinilor, deci vor trebui completate cu un sistem adițional de urmărire.

Dar pentru nivelul de imersiune oferit, avem niște penalități destul de mari. Fiind o simulare completă a mișcării, poate să epuizeze un utilizator foarte repede, dezavantaj care are potențialul să îndepărteze utilizatori care doresc o experiență recreațională la un final de zi sau care necesită sesiuni mai îndelungate de utilizare.

În mod evident, aceste echipamente sunt destul de voluminoase, fapt ce implică necesitatea ca ele ori să ocupe locul de utilizare în permanență, ori să fie asamblate

și dezasamblate la fiecare utilizare. Iar în funcție de tip, pot necesita încălțăminte specială.

Faptul că toată mișcarea se face pe loc înseamnă că o utilizare cu un HMD nu va pune utilizatorul în pericolul de a se lovi de alte obiecte din mediul real.

Tabelul 2. Deplasarea folosind treadmill-uri

Imers.	Natur.	C&E	Efort	MT	TC	CIU	Compl.	Sigur.
Mare	Foarte Bună	Slabă	Nu	Nu	Variat	Mare	Nu	Mare

Pășitul pe loc

Astfel de sisteme au de obicei la bază urmărirea mișcării picioarelor prin tehnologii de tipul StompzVR [13] sau Microsoft Kinect [14]. Ele urmăresc mișcarea gleznelor sau a genunchilor pentru a porni o mișcare de deplasare în mediul virtual.

Deși oferă o imersiune de nivel mediu, în general aceste soluții pot fi foarte obositoare datorită naturii lor repetitive.

Iar dacă nu sunt implementate corect, pot duce la plictiseală sau extenuare rapidă.

În funcție de design-ul conversiei și a implementării software, această soluție are o flexibilitate destul de mare în cantitatea de efort fizic care o cere, cât de repetitivă este mișcarea sau cât de des este necesară mișcarea.

Un exemplu de astfel de balansare poate fi observat în probele sportive ale jocului Kinect Sports [15] în care jucătorul trebuia să alerge competitiv, mișcarea necesară fiind adesea foarte extenuantă, dar gradul de imersiune din experiența respectivă fiind foarte ridicat.

Kinect-ul este o soluție de urmărire a întregului corp, care are la bază analiza unui flux video + informație de adâncime în timp real pentru a recunoaște punctele de joncțiune de pe corp, cu precizie relativ ridicată încă din versiunea actuală (acest aspect se va vedea și în diferența de preț). În concluzie acest sistem de deplasare este destul de dependent de fizicul utilizatorului, dar oferă și multă flexibilitate.

Pe de altă parte, echipamentul StompzVR este destul de precis, încât permite recunoașterea mișcărilor mai fine și în consecință, efortul necesar pentru folosiri poate fi redus. De asemenea el poate fi folosit și așezat, oferind utilizatorului posibilitatea de a-și alege gradul de efort pe care este dispus să îl depună, corelat cu nivelul de imersiune obținut.

În principiu, ambele tehnologii ar permite o simulare a acțiunii de săritură.

Tabelul 3. Deplasare folosind metoda pasului pe loc

Imers.	Natur.	C&E	Efort	MT	TC	CIU	Compl.	Sigur.
Medie	Mare	Variat	Da	Variat	Variat	Mic	Variat	Variat

Deplasarea automată a avatarului

Această soluție a fost printre primele folosite pe parcursul cercetării echipamentelor de urmărire, fiind și cele mai ușor de implementat, dar a căror utilizare poate crea ușor frustrări datorită nivelului limitat de interacțiune.

Utilizarea unui astfel de sistem de obicei presupune mișcarea automată, de către aplicație, a avatarului între

puncte cheie în cadrul mediului virtual, utilizatorul rămânând un simplu spectator. Iar în unele implementări acesta poate lua cel mult o decizie a direcției de deplasare prin anumite poziționări ale elementelor urmărite (de exemplu o ridicare a mâinii drepte pentru o rotație la dreapta).

Astfel de soluții au ajuns atât de nepopulare încât dezvoltatorii preferă să evite în totalitate deplasare avatarului, decât să creeze astfel de momente în care utilizatorul să piardă controlul în joc. Deoarece în cadrul unei aplicații care folosește elemente de urmărire, se simte mult mai puternic trecerea de la controlul deplin oferit de echipament, la lipsa controlului.

Tabelul 4. Deplasare automată

Imers.	Natur.	C&E	Efort	MT	TC	CIU	Compl.	Sigur.
Mică	Zero	Foarte Bună	Nu	Nu	Foarte Bună	Mic	Nu	Da

PROPUNEREA NOASTRĂ

Pentru rezolvarea acestei probleme ne-am uitat la toate echipamentele disponibile și la diferitele implementări pentru a găsi punctele forte și a încerca să rezolvăm cât mai multe dintre probleme.

După o analiza mai îndelungată, am ajuns la concluzia că principala problemă este una de design software. Cu criteriile enunțate mai sus, s-ar putea ajunge la o soluție cel puțin satisfăcătoare, dacă nu chiar bună, pentru rezolvarea acestei probleme de deplasare într-un mod cât mai optim, folosind echipamente deja existente.

Pentru balansul dintre imersiune și confort, am hotărât că este mai bine să evităm cazurile în care utilizatorul este descurajat de perspectiva folosirii sistemului datorită unui necesar mare de efort, chiar dacă acesta este doar aparent.

Pe partea hardware vom folosi un sistem de urmărire a întregului corp, fără a necesita controlere la mâini, deoarece dorim să lăsăm dezvoltatorilor posibilitatea de a crea o interacțiune cât mai naturală între utilizator și joc, prin intermediul gesturilor.

Idea de bază a sistemului este ca utilizatorul să stea pe loc într-o poziție de repaus, iar când dorește să deplaseze avatarul într-o direcție, să întindă un picior în direcția respectivă. Echipamentul de urmărire va detecta noua poziție a piciorului iar aplicația va începe să mute avatarul în acea direcție atâta timp cât utilizatorul ține piciorul în afara poziției de repaus. Folosind acest sistem utilizatorul poate să deplaseze avatarul în orice direcție din plan, inclusiv înapoi sau sub un anumit unghi. Astfel se creează un cerc de acțiune în jurul utilizatorului asemănător unui joystick.

Un avantaj al acestui sistem este că această metodă o să funcționeze și dacă utilizatorul dorește să stă pe un scaun. Deci se poate alege cât de mult efort se dorește a fi folosit.

Pentru utilizarea sistemului din picioare, dorim să oferim și mai multă flexibilitate, ca utilizatorul să poată folosi și deplasare cu un factor de 1:1 dacă are o încăpere spațioasă și dorește un grad mare de libertate în mișcare.

Așa că soluția ar fi ca utilizatorul să își aleagă o poziție de referință R în spațiul real (care ar putea fi centrul

încăperii), pentru care se va marca un reper vizual V în spațiul virtual (de exemplu cu un cerc care va fi pus sub avatar când utilizatorul apleacă mâinile sub nivelul genunchilor). După, orice deplasare a utilizatorului din poziția R, va determina o deplasare a avatarului față de cercul V. Iar aplicația va ține poziția relativă a avatarului față de V, aceeași cu poziția relativă a utilizatorului față de R. Astfel, când utilizatorul are un HMD pe cap și nu vede nimic, va ști mereu cât de departe se deplasează față de R, urmărind poziția avatarului său față de cercul V. Iar când utilizatorul dorește să se deplaseze pe o distanță mai lungă, se va duce spre R ca să mute avatarul pe cercul V și să înceapă deplasarea pe o direcția indicată.

Așa se rezolvă deplasarea în plan, iar pentru a întoarce avatarul se poate folosi direcția de orientare absolută a utilizatorului dacă permite sistemul de urmărire sau se poate roti avatarul cu un factor crescut față de rotirea reală a trunchiului utilizatorului.

Pentru sărituri direcționale, ele se vor realiza dacă utilizatorul se pune cu ambele picioare pe cercul din jurul poziției R. Opțional, pentru creșterea imersivității, marcajul din mediul virtual poate fi prezentat ca un element interactiv al jocului pe care avatarul se suie și îl controlează, de exemplu ca un hoverboard, covor zburător sau disc-antigravitațional.

În concluzie acest sistem ar avea un grad de imersiune crescut datorită corelației create între deplasarea avatarului și mișcarea făcută de utilizator. Iar imersiunea crește cu posibilitatea deplasării cu factorul de 1:1 care oferă libertate deplină.

Iar prezenta aceluși marcaj vizual în spațiul virtual va ajuta utilizatorul să se orienteze să nu lovească nimic în caz că se decide să iasă din siguranța cercului de acțiune, și să revină foarte ușor la acesta.

În funcție de precizia oferită de echipamentul de urmărire, mișcarea necesară deplasării poate să fie destul de mică, iar opțiunea de a folosi sistemul cat timp ești șezut oferă o alternativă viabilă de a reduce efortul aproape de zero.

Tabelul 5. Deplasare folosind metoda propusă

Imers.	Natur.	C&E	Efort	MT	TC	CIU	Compl.	Sigur.
Medie-Mare	Medie-Mare	Foarte Bună	Da	Da	Bun	Mic	Da	Da

Pentru implementarea acestui sistem ar fi bun Kinect-ul care respectă cerința de Completitudine (sau STEM System în combinație cu un echipament de tip mânășă pentru precizie la lucru cu gesturi).

Momentan ne aflăm în procesul de prototipizare și testare a sistemului propus.

DISCUȚII ȘI CONCLUZII

În acest articol s-a prezentat contextul în care a apărut nevoia de dezvoltare de sisteme care să faciliteze deplasarea naturală în medii virtuale.

După expunerea unor criterii esențiale de evaluare a unui astfel de sistem, am continuat cu prezentarea diferitelor sisteme care au fost și sunt în implementare la ora actuală și cu analiza din perspectiva criteriilor propuse.

În final am propus o soluție originală, cu potențial să îmbunătățească experiența utilizatorului, bazată pe echipamente existente dar cu o metodă de conversie proprie.

Sintetizăm toate soluțiile în tabelul următor:

Tabelul 6. Comparație între metodele de deplasare în RV

	Imers.	Natur.	C&E	Efort	MT	TC	CIU	Comp.	Sigur.
Butoane	Mică	Slabă	Foarte Bună	Da	Nu	Foarte Bună	Mediu	Da	Mediu
Treadmill	Mare	Foarte Bună	Slabă	Nu	Nu	Variat	Mare	Nu	Mare
Pas pe loc	Medie	Mare	Variat	Da	Variat	Variat	Mic	Variat	Variat
Automat	Mică	Zero	Foarte Bună	Nu	Nu	Foarte Bună	Mic	Nu	Da
Propus	Medie-Mare	Medie-Mare	Foarte Bună	Da	Da	Bun	Mic	Da	Da

Se poate aprecia că, pentru a maximiza imersiunea, treadmill-ul este cea mai bună soluție, dar soluția noastră are mai multe avantaje, fiind indicată pentru un utilizator obișnuit sau pentru utilizatorii care doresc o experiență imersivă pe sesiuni de utilizare îndelungate.

REFERINȚE

1. Mona Kristin Aaslund, *Treadmill walking with body weight support*, University of Bergen, 2012.
2. Michael Abrash, *What VR Could, Should, And Almost Certainly Will Be Within Two Years*, Steam Dev Days, 2014.
3. Belinda Lange, Skip Rizzo, Chien--Yen Chang, Evan A. Suma, Mark Bolas. *Markerless Full Body Tracking: Depth--Sensing Technology within Virtual Environments*, Institute for Creative Technologies Playa Vista, CA, 2011.
4. K. Vasylevska, H. Kaufmann, E. Suma, M. Bolas: "Flexible Spaces: Dynamic Layout Generation for Infinite Walking in Virtual Environments", *IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, 2013.
5. Robert Y. Wang and Jovan Popovic, "Real-Time Hand-Tracking with a Color Glove", *ACM Transaction on Graphics (SIGGRAPH 2009)*, 28(3), August 2009.
6. <http://www.oculusvr.com/>
7. <http://www.priovr.com/>
8. <http://sixsense.com/hardware/wireless>
9. <http://www.infinadeck.com/>
10. <http://www.virtuix.com/>
11. <http://www.cyberith.com/en/virtualizer>
12. <http://www.virtusphere.com/index.html>
13. <http://www.stompzvr.com/>
14. <http://www.xbox.com/en-US/kinect>
15. http://en.wikipedia.org/wiki/Kinect_Sports