

Jacek Lebieź

Politechnika Gdańska, Katedra Inżynierii Wiedzy

SYMULACJA CHODU I BIEGU W ŚWIECIE WIRTUALNYM

Streszczenie

Pierwsza część referatu prezentuje różne techniki symulacji chodu i biegu wraz z omówieniem ich zalet i wad. Najlepszym rozwiązaniem wydaje się tu obrotowa sfera z człowiekiem w środku wzorowana na kołowrotku dla chomika. Takie urządzenie umieszczone wraz z zawierającą je instalacją typu CAVE powstanie do końca 2013 r. na terenie Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej jako tzw. Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przestrzennej. Opis projektu tego laboratorium oraz zarys obszaru jego zastosowań stanowi drugą część referatu.

1. WSTĘP

Pierwsze gry komputerowe do sterowania ruchem postaci wykorzystywały klawiaturę stanowiącą standardowe wyposażenie komputera. Bardzo szybko okazało się, że o wiele wygodniejszą metodą poruszania postaciami w grach było użycie joysticka wzorowanego na samolotowym drążku sterowym, czy też myszy przeznaczonej pierwotnie do nawigacji w środowisku graficznym. W ostatnim czasie, wraz z nastaniem siódmej generacji konsol gier wideo, pojawiły się nowe rozwiązania ułatwiające prowadzenie wirtualnej postaci – bezprzewodowe kontrolery *Wii* dla konsoli *Wii Nintendo* i *Move* dla konsoli *Sony PlayStation 3*. Dopiero jednak niewymagający trzymania w ręku kontroler *Kinect* dla konsoli *Microsoft Xbox 360* potrafi przenosić ruch całego człowieka do przestrzeni wirtualnej. Gracz może zatem w sposób naturalny nie tylko poruszać w grze komputerowej rakieta tenisową czy rzucać dyskiem, ale również uczestniczyć w grze tańcząc całym ciałem czy boksując się obiema rękami z użyciem uników. Na tej samej zasadzie gracz może w grze chodzić i biegać, choć ze względu na ograniczoną przestrzeń nadzorowaną przez kontroler chód i bieg muszą być realizowane w miejscu i przez to charakteryzują się pewną sztucznością.

2. ROZWIĄZANIA

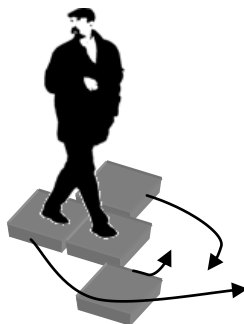
Na naturalny chód i bieg w świecie wirtualnym może pozwolić tylko urządzenie, które w sensie interfejsu będzie przezroczyste dla użytkownika. Najprostszym rozwiązaniem wydaje się tu wyposażenie uczestnika symulacji w kask cybernetyczny ze śledzeniem i

pozwolenie mu na przemieszczanie się jedynie na podstawie obrazu wirtualnego, czyli poniekąd po omacku, w obrębie jakiejś odpowiednio dużej, płaskiej i bezpiecznej przestrzeni rzeczywistej (np. w sali gimnastycznej). Nawet ogromna przestrzeń nie zabezpiecza jednak wirtualnego piechura przed osiągnięciem jej granic (ścian), co więcej ryzyko zderzenia rośnie wraz ze wzrostem czasu trwania symulacji. Trudno zatem oczekiwać, aby uczestnik takiego eksperymentu nie miał obaw o swoje bezpieczeństwo podczas symulacji. Z tego też powodu od dłuższego już czasu trwają poszukiwania urządzenia umożliwiającego naturalny chód i bieg bez fizycznego przemieszczania się.

Pierwsze tego typu urządzenie [1] przypominało umocowany do podłoża chodzik dla dzieci wyposażony w śliską podłogę. Uczestnik symulacji przypięty do tego chodzika uprzężą na wysokości pasa przebierał nogami po śliskiej powierzchni. Brak tarcia pozbawiał taki marsz realizmu. Skrępowanie uprzężą uniemożliwiało ponadto swobodne ruchy.

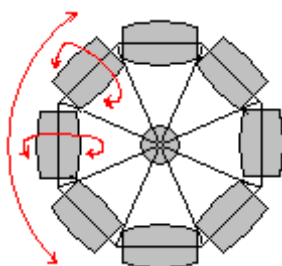
Rozwinięciem tej koncepcji są współcześnie konstruowane urządzenia zakładane na nogi, takie jak wirtualne buty będące w istocie samojezdnymi wrotkami [2], cofającymi ich posiadacza do pozycji wyjściowej, lub układ linek-sprężyn pozycjonujących na śliskim podłożu stopy po wykonaniu przez nie kroku [3]. Naturalność marszu wydaje się tu jednak wątpliwa. Oba z tych urządzeń charakteryzują się stosunkowo dużą bezwładnością i głośnością pracy (napędy kół wrotok i linek-sprężyn). Korzystając z pierwszego z nich zapewne trudno pozbyć się odczucia jazdy na wrotkach. Drugie z nich, przesuując stopę po postawieniu jej na ziemi, zmienia ustawienie nogi w stosunku do reszty ciała, uniemożliwiając pozostawanie w rozkroku. Każdy kolejny krok rozpoczynany jest zatem z pozycji „na baczność”, a bieg i skoki są tu zakazane. Co więcej, urządzenia te wymagają dość niewygodnych zabiegów przed i po udziale w symulacji (założenie urządzenia na nogi i zdjęcie go z nóg).

O wiele wygodniejsze od „ubieranych” urządzeń wydają się urządzenia niwelujące ruch człowieka kontrującym ruchem podłogi. Jednym z tego typu rozwiązań są inteligentne ruchome płyty chodnikowe wyposażone w autonomiczny napęd. Mogą one przemieszczać się względem siebie, „podkładając” się pod nogi maszerującego [4] i cofając go do pozycji wyjściowej mimo jego marszu (rys. 1). Podkładanie się ruchomych płyt pod stopy wiąże się jednak z koniecznością przewidywania przez ich sterowanie (stąd inteligentne) kierunku marszu uczestnika symulacji. Nagły zwrot maszerującego grozi postawieniem nogi w miejscu, w którym ruchoma płyta nie zdąży się pojawić. Istnieje ponadto ryzyko, że przy odpowiedniej determinacji idącego układ ruchomych płyt chodnikowych z człowiekiem przemieści się poza obszar symulacji (np. osiągnie ścianę). Dodatkową niedogodnością jest hałas generowany przez napędy poszczególnych płyt ruchomych.



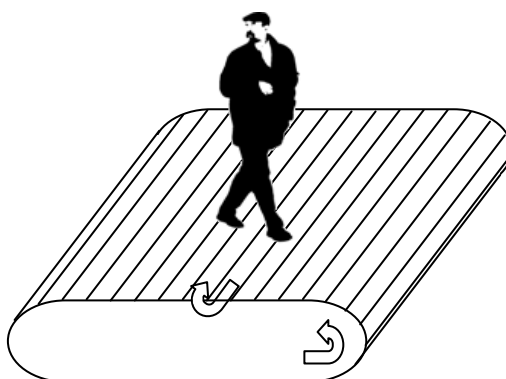
Rys. 1. Zasada ruchu inteligentnych ruchomych płyt chodnikowych.

Alternatywnym dla podstawiających się płyt chodnikowych rozwiązaniem jest specjalna mata z niezależnie sterowanymi inteligentnymi małymi pierścieniami „koralików” – dwukierunkowymi rolkami (rys. 2), które swoimi obrotami kompensują ruch maszerującego. Jednak ze względu na problemy konstrukcyjne rozwiązanie takie pozostaje na razie raczej w sferze marzeń. Podobnie jak poprzednio trudno tu wykluczyć – przy pewnym splocie gwałtownych zmian kierunku marszu uczestnika symulacji – ewentualność zejścia (wypadnięcia) z takiej maty.



Rys. 2. Element maty pierścieni „koralików” – dwukierunkowa rolka.

Prostszym do realizacji jest jednolite podłoże w całości przemieszczające się w przeciwnym kierunku do kroków maszerującego. Takie rozwiązanie doczekało się kilku realizacji [5, 6]. Ma ono postać dwukierunkowego pasa transmisyjnego (bieżni) przypominającego znane z supermarketów ruchome chodniki, w których segmenty (odpowiedniki schodowych stopni) zastąpiono poprzecznymi ruchomymi minichodnikami (rys. 3). Taki dwukierunkowy pas transmisyjny wyposażony w mechanizmy sprzężenia zwrotnego pozwala na dostosowywanie prędkości ruchu poszczególnych elementów do prędkości i kierunku marszu osoby korzystającej z urządzenia, tak aby utrzymywać maszerującą osobę we w miarę stałym położeniu. Skomplikowana maszyna wiąże się niestety z hałasem, a złożone sterowanie nie pozwala uniknąć pewnej bezwładności niosącej ryzyko wyjścia (spadnięcia) z urządzenia. Na wszelki wypadek przypina się więc użytkownika symulacji szelkami do stelażu zabezpieczającego.



Rys. 3. Idea dwukierunkowego pasa transmisyjnego.

Dwukierunkowy pas transmisyjny można by zastąpić obracającą się w dowolnym kierunku kulą (osadzoną jak kulka w odwróconej do góry nogami myszy kulkowej) o odpowiednio dużej średnicy zapewniającej niewielką krzywiznę jej powierzchni. Uczestnik symulacji mógłby wówczas „wędrować” po jej zewnętrznej stronie. Takie rozwiązanie stwarzałoby jednak dużą łatwość przypadkowego wyjścia z pola marszu. Należałoby więc chronić użytkownika szelkami, a może nawet – ze względu na krzywiznę kuli – stabilizować jego postać pasem z układem sprężyn (jak w chodziku dla dzieci). Nie ma wątpliwości, że takie rozwiązanie będzie psuło wrażenie naturalności chodu.

Jeśli jednak opisaną tu kulę zastąpić pustą w środku sferą i umieścić w jej wnętrzu uczestnika symulacji [7, 8], to niczym chomik w kołowrotku człowiek będzie pozostawał w jej wnętrzu bez ryzyka wypadnięcia. Ewentualny upadek nie będzie zaś groźniejszy niż zwykle przewrócenie się na prostej drodze. Urządzenie takie wydaje się zatem bardzo bezpieczne i wygodne w użytkowaniu. Odpowiedni układ czujników może za pomocą systemu silników sterować obrotem sfery zgodnie z krokiem uczestnika symulacji. Przy odpowiedniej lekkości sfery można zrezygnować z napędu i do jej poruszania wykorzystać siłę kroków człowieka [9, 10].

Najprostszą metodą uzyskania wrażenia zanurzenia audiowizualnego użytkownika w przestrzeni wirtualnej jest oczywiście kask cybernetyczny. Ze względu jednak na dyskomfort wynikający z konieczności zakładania urządzenia na głowę i stosunkowo niewielkiej rozdzielczości uzyskiwanego obrazu, a także ryzyko opóźnienia w generacji obrazu w przypadku gwałtownych ruchów lepszym rozwiązaniem jest dookólna projekcja wsteczna 3D na ściany sfery lub na dodatkowe płaskie ekrany umieszczone na zewnątrz sfery [9, 10]. Oba rozwiązania wymuszają wykonanie sfery z materiału przezroczystego o odpowiednich właściwościach optycznych, trwałości i odporności na zabrudzenia.

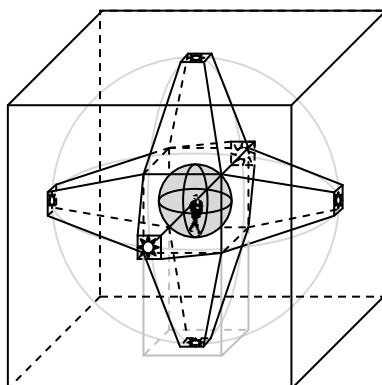
Takie właśnie urządzenie z projekcją obrazu na płaskie ekrany otaczające obrotową sferę, którą można by nazwać sferycznym symulatorem chodu i biegu, planuje się zainstalować w ciągu najbliższych dwóch lat (do końca 2013 r.) na terenie Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej pod nazwą Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przestrzennej (LZWP).

3. REALIZACJA

Sfera wzorowana na kołowrotku z chomikiem wymaga dużej kubatury. Powinna ona mieć promień równy wysokości położenia oczu przeciętnego człowieka, tak by oczy uczestnika symulacji znajdowały się w środku sfery, dzięki czemu zagwarantowana będzie prostopadłość kierunku obserwacji do brzegów sfery. Zapewnia to minimalizację zniekształceń obrazu zarówno w przypadku projekcji bezpośrednio na sferę (powierzchnia obrazu jest wówczas zawsze prostopadła do kierunku obserwacji), jak i w przypadku projekcji na dodatkowe ekrany (na brzegach przezroczystej sfery nie występuje załamanie promieni świetlnych) [9, 10]. Średnica takiej sfery powinna zatem wynosić około 3,2 m.

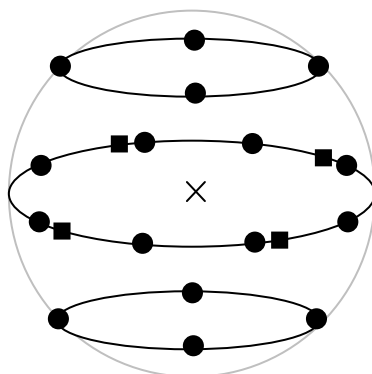
Oprócz sfery na urządzenie składać się będzie sześć ekranów tworzących sześcian obejmujący sferę. Na każdy z ekranów będzie realizowana projekcja z jednego z sześciu zestawów projektorów stereoskopowych. Pociąga to za sobą konieczność zapewnienia na całą instalację przestrzeni $12,5\text{ m} \times 12,5\text{ m} \times 12,5\text{ m}$. W tym celu zostanie zbudowany w najbliższej okolicy starego budynku Wydziału ETI (na tyłach audytorium 2) specjalny sześcienny budynek zawierający halę o tych gabarytach. Odpowiada to sześcianowi o wysokości czterech kondygnacji. W budynku tym znajdzie się też kilka mniejszych pomieszczeń pomocniczych m.in. dla urządzeń wspomagających planowaną instalację.

W samym środku hali umiejscowiona będzie obrotowa sfera otoczona sześcioma ekranami równoległymi do ścian (rys. 4). Naprzeciwko każdego z ekranów, na środku każdej ze ścian, umocowanych zostanie 6 zestawów projektorów 3D.



Rys. 4. Umieszczenie obrotowej sfery i 6 projektorów (oznaczonych słoneczkami) w LZWP.

Akustyka hali powinna istotnie różnić się od akustyki sal koncertowych czy sal wykładowych. Jej przeznaczeniem będzie nagłośnienie dokładnie centralnego punktu hali (środku zainstalowanej tam kuli) zewnętrznym źródłem dźwięku przy minimalnych zarówno odbiciach wewnętrznych jak i hałasie z zewnątrz. Akustyka hali będzie więc wzorowana na akustyce komór bezechowych, gdzie efekt minimalizacji odbić i wygłuszenia otrzymuje się stosując kliny akustyczne mocowane od wewnątrz. Nagłośnienie hali stanowić będzie układ 16 kolumn głośnikowych rozmieszczonych centralnie wokół środka hali (na przecięciu pewnej hipotetycznej sfery ze ścianami hali) w trzech poziomych pierścieniach (rys. 5): 4 kolumny na górnym pierścieniu (sufit), 8 na środkowym i 4 na dolnym (podłoga). Rozmieszczenie głośników na danym pierścieniu powinno być równomierne. Na środkowym pierścieniu znajdą się dodatkowo 4 głośniki niskotonowe (ang. *subwoofery*) umieszczone przy co drugiej kolumnie głośnikowej.



Rys. 5. Umieszczenie głośników w LZWP na trzech pierścieniach (widok z boku):
● – 16 kolumn głośnikowych, ■ – 4 głośniki niskotonowe (ang. *subwoofery*).

Obecność człowieka w sferycznym symulatorze chodu i biegu będzie podstawą symulacji. Z tego względu dostęp do niego musi być prosty i bezpieczny. Powinien być ponadto niezawodny i umożliwiać dojście do sfery obrotowej nawet w przypadku braku zasilania. Dlatego też najbardziej właściwym rozwiązaniem wydaje się podest ze schodami wzdłuż ściany hali i lekko zakrzywiony zwodzony pomost (zamykany do góry, być może również ze schodami) ze składaną barierką stosowaną w trapach okrętowych. Zakrzywienie wynika z niemożności zamocowania pomostu w środkowej osi ściany, gdzie przewidziane jest miejsce na projektor, i jednocześnie z konieczności zapewnienia prostopadłego dojścia do sfery. Wejście do sfery będzie się odbywało poprzez właz i ruchomy ekran.

Swoboda chodu będzie w pełni odczuwana pod warunkiem odpowiedniej synchronizacji obrazu i dźwięku z marszem uczestnika symulacji. Generacja realistycznego obrazu 3D (modyfikowanego wraz z ruchem użytkownika w czasie rzeczywistym) jest niezbędna do uzyskania wiarygodnego wrażenia marszu w terenie wirtualnym. Efekt ten można będzie uzyskać stosując odpowiednie oprogramowanie, zwłaszcza graficzne. Nie należy też wykluczać konieczności stworzenia własnego software'u, chociażby do sterowania mechanizmem do marszu w miejscu.

4. ZASTOSOWANIA

Na pierwszy rzut oka sferyczny symulator chodu i biegu może wydawać się urządzeniem przeznaczonym głównie do gier komputerowych. Rzeczywiście powinien on zdecydowanie uatrakcyjnić rozgrywkę, zwłaszcza w przypadku gier polegających na przemieszczaniu się w jakimś terenie (np. strzelanki z perspektywy pierwszej osoby). Urządzenie to poprzez sieć komputerową może pozwolić ponadto na współpracę z innymi symulatorami (chodu lub pojazdów) i dzięki temu umożliwić uczestnictwo w tego typu grach wieloosobowych (ang. *multiplayer*). Gry komputerowe nie są jednak jedynym potencjalnym zastosowaniem urządzenia.

Przede wszystkim sferyczny symulator ruchu może posłużyć do szkolenia służb publicznych, takich jak wojsko czy straż pożarna w ramach zadań bezpieczeństwa narodowego (ang. *homeland security*). Wirtualne pola walki lub wirtualne pożary są o wiele tańsze i bardziej bezpieczne od rzeczywistych poligonów. Co więcej piechur może tu trenować współdziałanie nie tylko z kolegami ze służby (zakładając większą liczbę sfer obrotowych połączonych siecią), ale również z pojazdami bojowymi sterowanymi przez innych ćwiczących z wykorzystaniem innego rodzaju symulatorów.

Planowane urządzenie może także służyć do szkolenia specjalistów przemysłowych. Wyszakowanie inspektora okrętowego czy budowlanego wymaga realizacji pewnej liczby inspekcji nadzorowanych przez nauczyciela. Podobnie jak poprzednio, wirtualna inspekcja okrętów czy budynków jest tańsza i bardziej bezpieczna. Jest ponadto bardziej wydajna, gdyż pozwala na realizację większej liczby scenariuszy.

Kolejnym potencjalnym zastosowaniem symulatora chodu i biegu jest wirtualna turystyka. Ładując odpowiednie dane będzie można zwiedzić dowolne miejsce w dowolnym historycznie czasie. Zarówno średniowieczny Gdańsk, jak i starożytne Pompeje będą w zasięgu możliwości wirtualnego turysty. Oprócz tego możliwe będzie zwiedzanie wirtualnych ekspozycji i muzeów, a także wirtualne uczestnictwo w koncertach i innych wydarzeniach artystycznych. Nie tylko jednak nauczyciele historii i wiedzy o kulturze będą przyprowadzać uczniów na lekcje wykorzystujące wirtualną rzeczywistość. Również dla innych przedmiotów będzie można tworzyć wirtualne szkolenia, polegające np. na wędrówce w mikroświecie (chemia) lub w kosmosie (astronomia).

Możliwości wizualizacyjne planowanego symulatora mogą ponadto pozwolić projektantom (np. architektom) na pokaz przyszłego wyglądu projektowanych obiektów (np. budynku) połączonego z ich zwiedzaniem, chemikom – na obejrzenie struktury modelowanego białka z pozycji swobodnego elektronu, artystom – na przygotowanie trójwymiarowych instalacji artystycznych.

Sferyczny symulator chodu i biegu może znaleźć również wykorzystanie w medycynie. Z jednej strony można by zastosować obrotową sferę do diagnozy schorzeń ruchu lub analizy wysiłku maratończyka. Ciekawsze jednak możliwości niesie leczenie zaburzeń lękowych w postaci fobii (np. specyficznych postaci fobii społecznej takich jak glassofobia, czyli chorobliwa obawa przed wystąpieniami publicznymi) oraz zaburzeń obsesyjno-kompulsywnych (jak uporczywe mycie rąk) metodą sterowanej ekspozycji poprzez systematyczną desensytyzację (odwrażliwianie). Wygaszanie reakcji na negatywne bodźce następowałoby wówczas nie na bazie wyobraźni pacjenta lub rzeczywistego z nimi kontaktu, lecz poprzez ekspozycję na rzeczywistość wirtualną (np. wizualizując audytorium pełne słuchaczy). Instalacja dodatkowych urządzeń monitorujących pacjenta (np. bezprzewodowe EEG) pozwoliłaby ponadto na obiektywną kontrolę stanu emocjonalnego pacjenta w trakcie takiej terapii i sterowanie przebiegiem symulacji.

5. ZAKOŃCZENIE

Realizowane przy Wydziale ETI Politechniki Gdańskiej Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przestrzennej ze sferycznym symulatorem chodu i biegu umieszczonym w tworzącym instalację typu CAVE sześcianie zbudowanym z ekranów stanowi konstrukcję nowatorską nie tylko w skali krajowej, ale również światowej. Oddanie do użytku tego laboratorium nie tylko uatrakcyjni studia na wybranych kierunkach (zwłaszcza na informatyce) ale również umożliwi prowadzenie niedostępnych w innych warunkach i dzięki temu odkrywczych badań w różnych dziedzinach również pozatechnicznych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Iwata H., Fujii T.: *Virtual Perambulator: A Novel Interface Device for Locomotion in Virtual Environment*. Proceedings of the 1996 Virtual Reality Annual International Symposium (VRAIS 96), p.60, 1996.
- [2] VRlab. Tsukuba: *Powered Shoes*. <http://intron.kz.tsukuba.ac.jp/powereds/shoes/powereds/shoes.html>.
- [3] VRlab. Tsukuba: *String Walker*. <http://intron.kz.tsukuba.ac.jp/stringwalker/stringwalker.html>.
- [4] VRlab. Tsukuba: *CirculaFloor*. http://intron.kz.tsukuba.ac.jp/CirculaFloor/CirculaFloor_j.htm.
- [5] Virtual Space Devices Inc.: *ODT – omni-directional treadmill*. <http://www.vsd.bz/present.htm>.
- [6] EU Project FP6-511092: *CyberWalk*. <http://www.cyberwalk-project.org>.
- [7] Kiran J. Fernandes, Vinesh Raja, and Julian Eyre: *Cybersphere: The Fully Immersive Spherical Projection System*. W: Comm. of the ACM, September 2003/Vol. 46, No. 9, pp. 141-146.
- [8] Virtosphere, Inc.: *Virtosphere*. <http://www.virtosphere.com/>.
- [9] Lebień J., Łubiński J., Mazikowski A.: *Immersive 3D Visualization Laboratory Concept*, Zeszyty Naukowe WETI PG, Technologie Informacyjne 18, 2010, pp. 117-120 (IEEE Xplore).
- [10] Lebień J., Łubiński J., Mazikowski A.: *Projekt Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przestrzennej*, Zeszyty Naukowe WETI PG, Technologie Informacyjne 19, 2010, str. 163-168.

SIMULATION OF WALKING AND RUNNING IN A VIRTUAL WORLD

Summary

The first part of the paper presents various techniques of simulation of walking and running and a discussion of their advantages and disadvantages. The best solution seems to be a transparent rotating sphere moved by a walker inside (like hamster wheel). Such a device placed in the CAVE will be created by the end of 2013 in the Faculty of Electronics, Telecommunications and Informatics at Gdańsk University of Technology as a so-called Immersive 3D Visualization Laboratory. Project description and potential application of designed device are the second part of the paper.