

Jacek **LEBIEDŹ**
Adam **MAZIKOWSKI**

URUCHOMIENIE LABORATORIUM ZANURZONEJ WIZUALIZACJI PRZESTRZENNEJ

Streszczenie. Artykuł przedstawia koncepcję Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przestrzennej, powstającego właśnie przy Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej w ramach grantu Nowoczesne Audytoria Politechniki Gdańskiej. Podstawowym urządzeniem tego laboratorium będzie sześcienna instalacja typu CAVE (ang. *Cave Automatic Virtual Environment*) wzbogacona w sferyczny symulator chodu (ang. *spherical walk simulator*). Urządzenie to umożliwi użytkownikowi nieograniczony marsz, a nawet bieg, przez dowolnie wykreowany świat wirtualny. Jeśli świat wirtualny przyjmie postać pola bitwy lub płonącego budynku, to urządzenie będzie mogło pełnić funkcję trenera żołnierza piechoty lub strażaka. Otwarcie laboratorium nastąpi w połowie 2014 r.

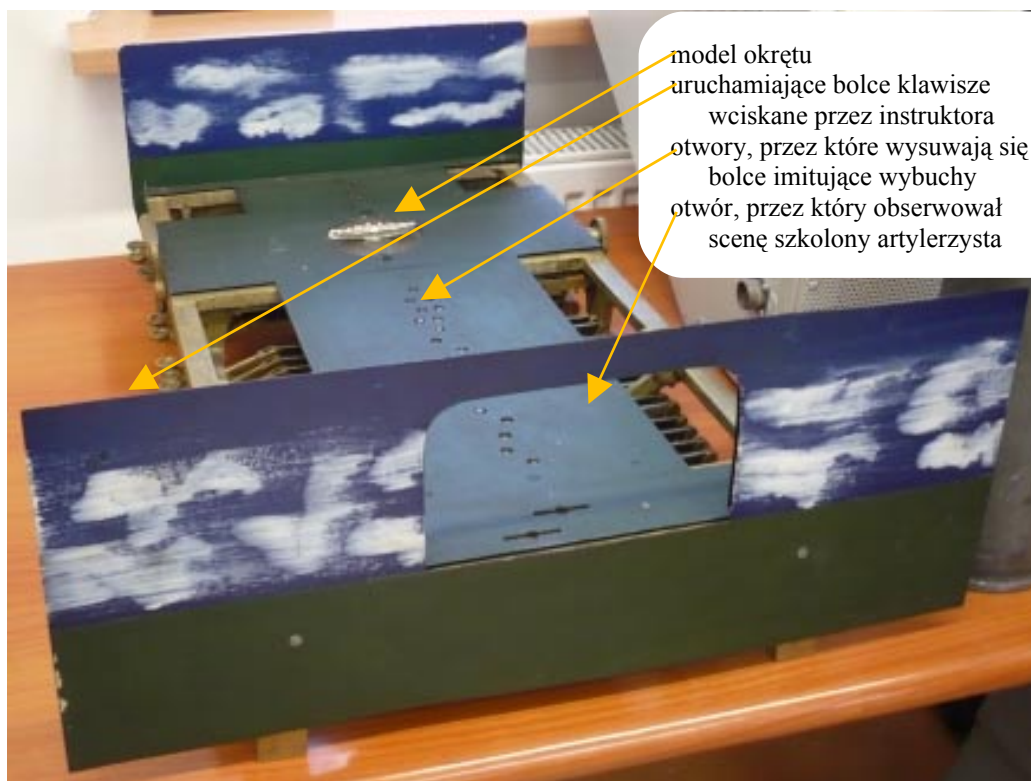
Słowa kluczowe: rzeczywistość wirtualna, CAVE, symulator chodu, szkolenie wirtualne.

1. WSTĘP

Idea rzeczywistości wirtualnej nie jest wcale młoda. Już podczas I wojny światowej podjęto próby szkolenia pilotów na urządzeniach treningowych, które – używając dzisiejszej terminologii – nazwalibyśmy symulatorami lotów. W trakcie II wojny światowej tego typu urządzenia były już powszechnie wykorzystywane do szkolenia lotników alianckich. Historia wojskowości tamtych czasów zna również inne przykłady „mniej oczywistych” symulatorów. Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni zawiera na przykład w swych zbiorach pochodzący z 1927 r. przyrząd do szkolenia strzelających do celów nawodnych (rys. 1) [11]. Wybuchy pocisków na powierzchni wody symulowane są w nim za pomocą sprzężonych z odpowiednią klawiaturą metalowych bolców, wysuwanych wciśnięciem przez operatora odpowiedniego klawisza z powierzchni imitującej tafnię wody. Szkolony w II RP artylerzysta obserwował, czy „wybuch” nastąpił przed figurką okrętu i ją przesłonił, czy też za nią.

Dopiero jednak współczesna technologia pozwala na tworzenie symulatorów, w których uczestnik symulacji może zatracić wrażenie sztuczności ćwiczenia. Dzisiejsze symulatory lotów czy trenerzy np. morskich zestawów artyleryjsko-rakietowych (dostępne również w Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni [4]) pozwalają na wysoki stopień zanurzenia w symulowany świat. Najłatwiej jest oczywiście uzyskać zanurzenie w symulatorach urządzeń technicznych (np. lotu, pojazdów gaśnicowych, dział), gdzie znaczącą część symulowanego świata stanowi kopia symulowanego urządzenia (np. kokpit samolotu, kabina pojazdu, dział). O wiele trudniej jest symulować świat osoby znajdującej się poza tego typu „otaczającymi” urządzeniami, np. świat żołnierza piechoty. Popularnymi i tanimi rozwiązaniami pozwalającymi na tego typu symulacje są symulatory chodu wyposażone w kaski wirtualne, które wymagają jednak nakładania urządzenia na głowę i często charakteryzują się bezwładnością generacji obrazu, odczuwalną zwłaszcza przy gwałtownych ruchach głowy, co dość szybko może prowadzić do zmęczenia. Przykładem takiego rozwiązania jest sferyczny symulator chodu Virtosphere oferowany do szkolenia

w profesjach wysokiego ryzyka (wojsko, oddziały antyterrorystyczne, policja, straż pożarna, itp.) [13].



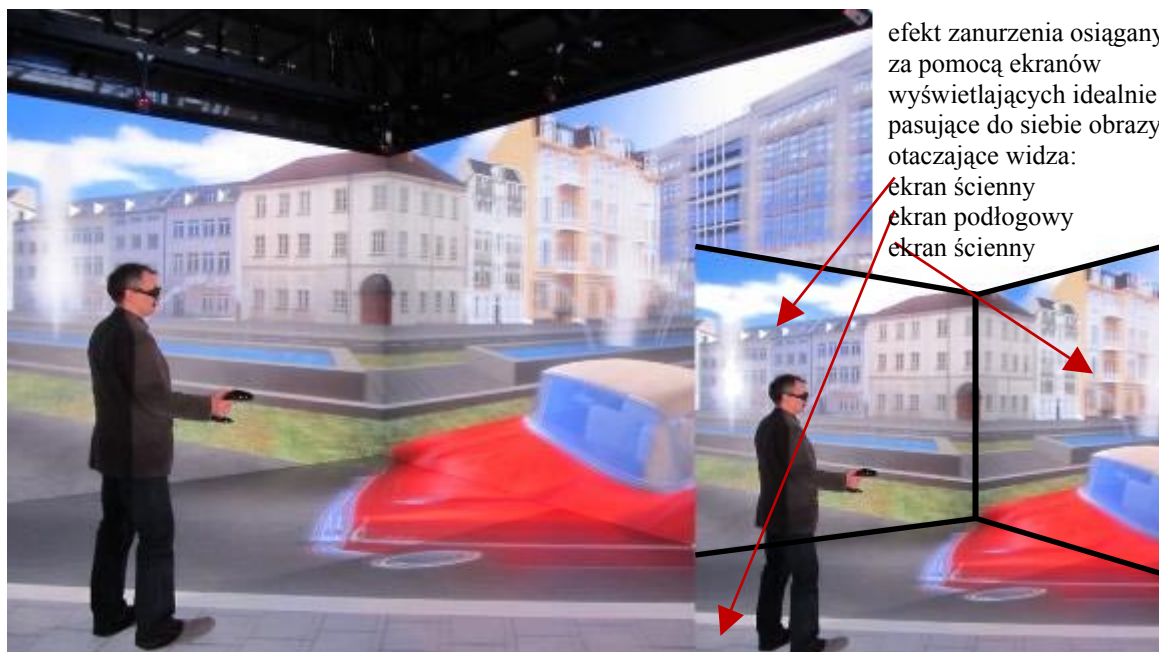
Rys. 1. Przyrząd z 1927 r. do szkolenia strzelców do celów nawodnych (fot. J. Lebieź)

Sferyczne symulatory chodu nie są jedynym sprzętem pozwalającym symulować marsz. Znane są również inne rozwiązania pozwalające na chód w miejscu [5, 8]: pasy transmisyjne, wrotki, ruchome płyty chodnikowe, platformy ślizgowe itp. Są to jednak w większości albo urządzenia drogie, albo oferujące mało naturalny ruch, albo zawodne (choćby z powodu zbyt wolnej reakcji). Jedynie ostatnie podejście, zwłaszcza w wersji Virtuix Omni [12], jest realną konkurencją dla sferycznego symulatora ruchu.

Symulację dowolnej przestrzeni wirtualnej jednocześnie dla kilku osób, choć z ograniczoną jedynie do kilku metrów możliwością chodzenia, daje jaskinia wirtualna CAVE. Najstarsze w Polsce tego typu urządzenie znajduje się na Wydziale Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej w Gliwicach [14]. Jaskinię wirtualną stanowi w ogólności pomieszczenie zbudowane z trzech, czterech, pięciu lub sześciu ekranów formujących prostopadłościan lub jego część, na które realizowana jest zwykle zewnętrzna projekcja obrazów tworzących spójny dookoła widok kreowanego świata wirtualnego (rys. 2). Osoby obecne w takim pomieszczeniu mogą się poruszać w jego obrębie, choć zwykle jest to niewystarczające i dysponują jeszcze dodatkowym kontrolerem pozwalającym na przemieszczanie się w świecie wirtualnym bez chodzenia. Uczestnicy symulacji wyposażeni są często w okulary 3D pozwalające na widzenie stereoskopowe. Aby ukryć narożniki pomieszczenia obrazy generuje się z punktu widzenia uczestnika symulacji, którego pozycja wykrywana jest na podstawie specjalnych znaczników przymocowanych do jego okularów 3D.

Jaskinie wirtualne nie pozwalają jednak na nieograniczony chód. Na Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej w połowie 2014 r.

zostanie oddane do użytku Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przestrzennej LZWP zawierające instalację typu CAVE, z możliwością umieszczenia w jej wnętrzu przezroczystego sferycznego symulatora chodu. Pozwoli to uczestnikowi symulacji na skorzystanie jednocześnie z zalet obu urządzeń, bez konieczności zakładania kasku wirtualnego. W następnym rozdziale opisana zostanie koncepcja LZWP, w kolejnym zaś – możliwości jego zastosowania.



Rys. 2. Przykładowa jaskinia wirtualna [10] i zasada jej działania (fot. A. Mazikowski)

2. KONCEPCJA

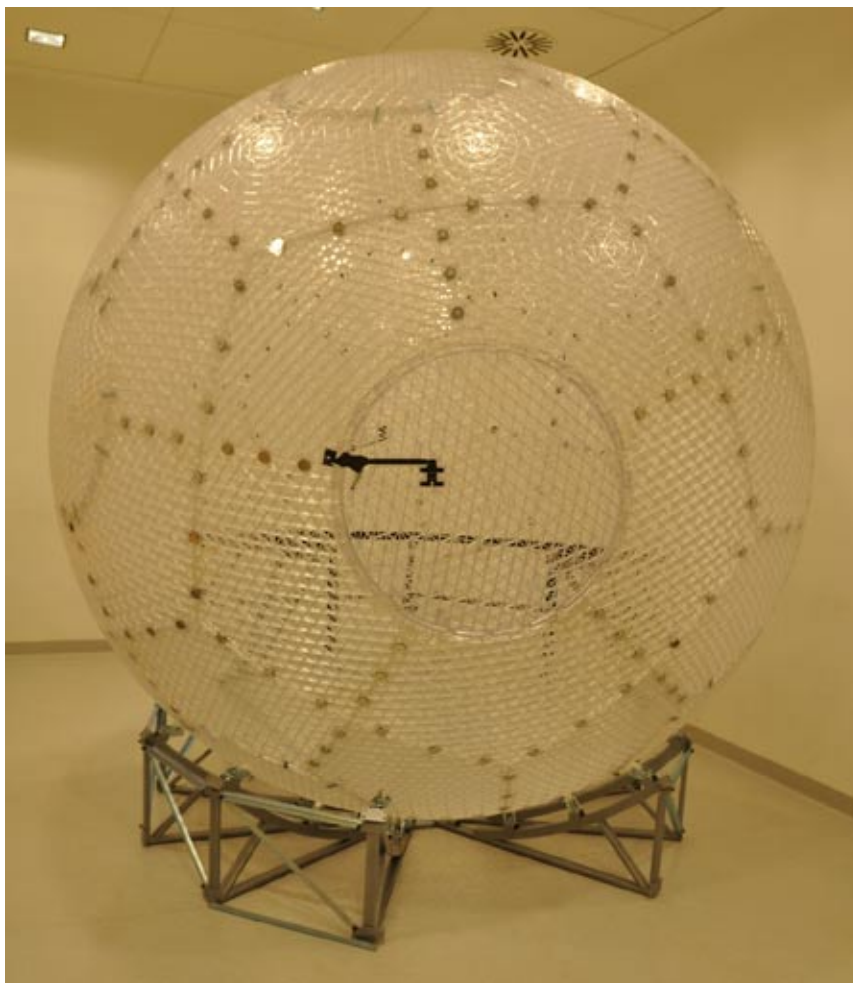
Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przestrzennej będzie zawierać urządzenie pozwalające na nieograniczony terytorialnie spacer po zadanym świecie wirtualnym. Urządzenie to będzie symulować autonomiczne przemieszczanie się wewnątrz sceny generowanej komputerowo. Wrażenie samodzielnego chodu uzyskane zostanie poprzez zastosowanie mechanizmu pozwalającego na chód w dowolnym kierunku bez zmiany pozycji maszerującego (chód w miejscu). Mechanizm ten będzie miał postać przezroczystej sfery obrotowej z użytkownikiem umieszczonym w środku, obracającym sferę własnymi krokami (na podobieństwo chomika obracającego kołowrotek). Wizualizacja polegać zaś będzie na równoległej zewnętrznej projekcji obrazu trójwymiarowego na wszystkie sześć ścian wyposażonego w ten mechanizm sześciennego pomieszczenia (CAVE), wzbogaconej o generację dźwięku przestrzennego [6, 7, 9].

Podstawowym wyzwaniem projektu wydaje się realizacja mechanizmu do marszu w miejscu. Do tego celu założono wykorzystanie obrotowej sfery z użytkownikiem umieszczonym w środku, czyli sferycznego symulatora chodu (rys. 3). Odpowiedni układ czujników rejestrujący obroty sfery, odpowiadające kolejnym krokom uczestnika symulacji, będzie sterował wizualizacją na otaczających sferę ekranach oraz dźwiękiem emitowanym z otaczających sferę głośników.

Na etapie założeń przewidywane były różne możliwości realizacji sferycznego symulatora chodu. Pierwszą z nich była projekcja 3D bezpośrednio na obrotową, matową

sferę (sfera byłaby ekranem). Użytkownik znajdowałby się w środku sfery (wprowadzany przez specjalny właz). Niepotrzebna byłaby wówczas instalacja CAVE. Autorzy artykułu nie znaleźli jednak istniejącej i działającej na świecie analogicznej instalacji. Inspiracją dla tej koncepcji była instalacja na Uniwersytecie w Warwick w Wielkiej Brytanii [3]. W czasie wizyty i oględzin instalacji ujawniły się jej ograniczenia. Instalacja ta posiadała obrotową, dwuwarstwową sferę, unoszącą się w strudze powietrza z dmuchawy. Projekcja była typu 2D. Obraz na sferze powstawał z jednego, wyjątkowo z dwóch projektorów. Podczas współpracy z dwoma projektorami, naukowcy z Warwick napotkali na problemy z synchronizacją obrazów z obu projektorów, spowodowaną skomplikowaną linią styczności, różnymi rozmiarami pikseli na powierzchni sfery (w zależności od kąta padania rozmiary pikseli są różne) oraz wibracjami i deformacjami sfery (nieokreśloność położenia sfery można szacować przynajmniej na kilka cm!). Problemów tych nie udało się rozwiązać, w związku z tym instalacja pracowała zazwyczaj tylko z jednym projektorom.

Drugim rozważanym rozwiązaniem, również nieznanym światu, było zastosowanie przezroczystej sfery obracającej się w drugiej matowej, statycznej sferze stanowiącej ekran projekcyjny. Belgijska firma BARCO [1] opracowała już sposób łączenia obrazów na statycznej powierzchni sfery z kilku-kilkunastu projektorów i w ostatnim czasie nawet zrealizowała dla armii izraelskiej instalację, w której projekcja dokonywana jest na sferę łącznie aż z 16 projektorów. Użytkownik, po wejściu do sfery, ma rzeczywiście wrażenie otaczającej go wirtualnej rzeczywistości. Koszty takiego jedynie statycznego rozwiązania przekraczały jednak znacznie zakładany budżet LZWP.



Rys. 3. Sferyczny symulator chodu firmy Virtusphere [13] (fot. J. Lebieź)

Ostatecznie zdecydowano się wdrożyć trzecią koncepcję polegającą na umieszczeniu przezroczystego sferycznego symulatora chodu w sześciennym (w ogólności – prostopadłościennym) instalacji CAVE. Mimo że, podobnie jak poprzednio, autorzy artykułu nie spotkali się z takim rozwiązaniem, to do jego wykonania wystarczą poniekąd typowe dwa urządzenia: sferyczny symulator chodu (np. Virtusphere [13]) oraz instalacja CAVE. Co więcej, założono, że sferyczny symulator chodu o średnicy 3,05 m będzie wysuwalny z otaczającego ją sześciannego ekranu (przez otwierany ekran), dzięki czemu możliwe będzie użytkowanie układu ekranów również jak klasycznego środowiska CAVE i osobno wysuniętej sfery – jedynie z kaskiem wirtualnym. Możliwe będzie również wstawienie do środka jaskini alternatywnego symulatora ruchu, np. platformy ślizgowej Virtuix Omni [12].

Na świecie istnieje szereg jaskiń wirtualnych CAVE. Instalacje te mają różne rozmiary i różną liczbę ścian z dokonywaną na nich projekcją: 3 ekrany, 4 ekrany (3 pionowe ściany + podłoga, np. [14]), 5 ekranów (brak jednej ściany lub sufitu, np. [10]) lub 6 ekranów tworzących pełen prostopadłościan. Jaskinia w LZWP będzie zawierała sześć akrylowych ścian-ekranów o rozmiarach 3,4 m × 3,4 m (podłoga będzie szklano-akrylowa), w tym jedną ruchomą, pełniącą funkcję drzwi. Rozwiązanie to wzorowane jest na aixCAVE (rys. 2) znajdującym się na Politechnice Akwizgrańskiej [10]. Obraz wyświetlany na pojedynczej ścianie będzie pochodził od dwóch projektorów Barco Galaxy NW-7 o rozdzielczości WXGA (1920 × 1200). Obrazy będą częściowo nakładały się na siebie techniką blendingu, tak że sumaryczna rozdzielczość obrazu na jednej ścianie wyniesie 1920 × 1920. Zastosowane będą ponadto dwa alternatywne mechanizmy stereoskopii: z użyciem okularów migawkowych oraz okularów z rozdziałem widma (technologia Active Infitec+).

Generacją obrazów na ekranach (czyli projektorami), odczytem pozycji sfery obrotowej oraz sterowaniem symulacją będą zajmować się bardzo wydajne komputery połączone szybką siecią światłowodową w technologii InfiniBand i równoległe siecią Ethernet. Każdy z projektorów będzie obsługiwany przez osobny komputer. Dodatkowy komputer będzie śledził pozycję głowy uczestnika symulacji i sterował generacją dźwięku przestrzennego. Kolejny komputer będzie nadzorował obroty sferycznego symulatora chodu.

Odpowiednia infrastruktura sieciowa (o odpowiedniej przepływności i o minimalnym opóźnieniu) umożliwi współdziałanie planowanego urządzenia z innymi symulatorami dostępnymi np. w wydziałowym laboratorium rzeczywistości wirtualnej, gdzie znajdują się m.in. trzy symulatory pojazdów (stanowiska czteromonitorowe z kierownicami lub wolantami), kaski i rękawice wirtualne, kontrolery ruchu (Kinect) oraz monitory stereoskopowe. Pozwoli to na interaktywną rozproszoną symulację świata wirtualnego z użyciem wielu różnych symulatorów, a także z wykorzystaniem zasobów sprzętowych Centrum Informatycznego Trójmiejskiej Akademickiej Sieci Komputerowej dla symulacji wymagających dużej mocy obliczeniowych.

Dla potrzeb LZWP wybudowano specjalny budynek (rys. 4). Oprócz hali głównej, przeznaczonej na jaskinię ze sferycznym symulatorem chodu, przewidziano w nim kilka dodatkowych pomieszczeń (biuro, serwerownia, sterownia, galeria obserwacyjna, sala seminaryjna itp.).



Rys. 4. Budynek LZWP w końcowej fazie budowy (fot. J. Lebieź)

Parametry poszczególnych podzespołów wyposażenia tworzącego LZWP można znaleźć w Specyfikacji istotnych warunków zamówienia (SIWZ) na dostawę wraz z zainstalowaniem, kompleksowym uruchomieniem, systemu urządzeń zlokalizowanych w pomieszczeniach Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przestrzennej [2].

3. ZASTOSOWANIA

Na pierwszy rzut oka realizowana instalacja może wydawać się urządzeniem przeznaczonym głównie do gier komputerowych. Niewątpliwie uatrakcyjni ona rozgrywkę, zwłaszcza w przypadku gier polegających na przemieszczaniu się w terenie (np. strzelanina z perspektywy pierwszej osoby). Urządzenie to poprzez sieć komputerową może pozwolić ponadto na współpracę z innymi symulatorami (chodu lub pojazdów) i dzięki temu umożliwi jednocześnie uczestnictwo w grze wielu osobom.

Przygotowywana inwestycja może jednak służyć nie tylko grom, ale także szkoleniu służb publicznych, takich jak wojsko czy straż pożarna w ramach zadań bezpieczeństwa narodowego. Wirtualne pola walki lub wirtualne pożary są o wiele tańsze i bezpieczniejsze niż rzeczywiste poligony. Żołnierz piechoty może tu trenować współdziałanie nie tylko z kolegami ze służby (kilka sferycznych symulatorów chodu), ale również z pojazdami bojowymi sterowanymi przez innych ćwiczących na innego rodzaju symulatorach.

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

Kolejnym potencjalnym zastosowaniem proponowanego rozwiązania jest wirtualna turystyka. Wczytując 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. Będzie można także tworzyć wirtualne szkolenia, polegające np. na wędrówce w mikroświecie (chemia) lub w kosmosie (astronomia).

Możliwości wizualizacyjne symulatora mogą ponadto pozwolić projektantom (np. architektom) na pokaz przyszłego wyglądu projektowanych obiektów połączony z ich zwiedzaniem, chemikom – na obejrzenie struktury modelowanego białka z pozycji elektronu swobodnego, artystom – na przygotowanie trójwymiarowych instalacji artystycznych. W ten sposób będzie też można analizować wpływ wyglądu otoczenia na zachowania i emocje ludzi. Przedstawienie różnych form opakowania jakiegoś towaru na półkach wirtualnego supermarketu czy też prezentacja różnych postaci szyldu nad wejściem do wirtualnego sklepu może pozwolić na ocenę atrakcyjności projektowanych rozwiązań wizualnych nawet przed wytworzeniem ich prototypu.

Niewykluczone są również zastosowania medyczne. Z jednej strony można by użyć realizowane urządzenie do diagnozy schorzeń ruchu lub analizy wysiłku biegacza. Ciekawsze jednak możliwości niesie leczenie zaburzeń lękowych w postaci fobii np. glassofobii, czyli chorobliwej obawy przed wystąpieniami publicznymi) i zaburzeń obsesyjno-kompulsywnych (jak uporczywe mycie rąk) metodą sterowanej ekspozycji przez systematyczną desensytyzację (odwrażliwianie). Wygaszanie reakcji na negatywne bodźce następowałyby wówczas nie na bazie wyobraźni pacjenta lub rzeczywistego z nimi kontaktu, lecz poprzez kontrolowaną przez specjalistę (a w przyszłości automat monitorujący stan emocjonalny pacjenta) ekspozycję na rzeczywistość wirtualną (np. w przypadku glassofobii wizualizacja audytorium o kontrolowanej liczbie słuchaczy).

4. WNIOSKI

Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przemiennej będzie umożliwiać generowanie dynamicznych dookolnych obrazów trójwymiarowych, a także reakcję na ruch zarówno sferycznego symulatora chodu (marsz lub bieg), jak i użytkownika w jego wnętrzu (pozycja głowy i ewentualnych kontrolerów) i poza nim (w przypadku wyjęcia sferycznego symulatora chodu poza jaskinię). Pozwalać też będzie na bezpieczne użytkowanie i prostą zmianę scenariusza symulacji. Chociaż LZWP jest rozwiązaniem niezwykle złożonym, a jego realizacja obejmuje różne aspekty mechaniczne, optoelektroniczne i informatyczne, to jego funkcjonalność wydaje się bardzo obiecująca.

5. LITERATURA

- [1] Barco: *Website*. <http://www.barco.com>. Marzec 2014.
- [2] Dział Zamówień Publ. PG: *SIWZ*. <http://www.dzp.pg.gda.pl/?a=s&s=s&poid=2307>. Luty 2014.
- [3] Fernandes K. J., Raja V., Eyre J.: Cybersphere: The Fully Immersive Spherical Projection System. *Communications of the ACM*, September 2003/Vol. 46, No. 9ve, s. 141-146.

- [4] Kobierski J. W., Milewski S., Chmieliński M.: Symulator artyleryjsko-rakietowy. *Przegląd morski* 03 (060), grudzień 2012, s. 54-59.
- [5] Kuntz S. "Cb": *A VR Geek Blog*. <http://cb.nowan.net/blog/state-of-vr/state-of-vr-devices/>. Marzec 2014.
- [6] Lebień J., Łubiński J., Mazikowski A.: An Immersive 3D Visualization Laboratory Concept. *Technologie informacyjne (2nd International Conference on Information Technology, Proceedings, ed. A. Konczakowska), Zeszyty Naukowe Wydziału ETI Politechniki Gdańskiej* tom 18, Gdańsk 2010, s. 117-120.
- [7] Lebień J., Łubiński J., Mazikowski A.: Projekt Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przestrzennej. *Technologie informacyjne (materiały konferencyjne), Zeszyty Naukowe Wydziału ETI Politechniki Gdańskiej* tom 19, Gdańsk 2010, s. 163-168.
- [8] Lebień J.: Symulacja chodu i biegu w świecie wirtualnym. Wytwarzanie gier komputerowych (materiały konferencyjne WGK 2011), *Zeszyty Naukowe Wydziału ETI Politechniki Gdańskiej (red. Boiński T., Gasiński K., Jakusz B., Lebień J., Wójcik M.)* tom 1, Gdańsk 2011, s. 187-194.
- [9] Lebień J., Mazikowski A.: LZWP, czyli jak zbudować CAVE. Wytwarzanie gier komputerowych (materiały konferencyjne WGK 2013, red. T. Boiński, J. Lebień, M. Wójcik) tom 3. *Politechnika Gdańska*, Gdańsk 2013, s. 53-60.
- [10] Mitchell A.: Lost in I-Space. *INAVATE IML* October 2012, s. 3-4. <http://www.inAVateonthenet.net>.
- [11] Pracownia Broni Rakietowej i Artylerii, Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni. <http://www.wniu.amw.gdynia.pl/stronywykladowcow/chmielinski/chmielinski.htm>. Luty 2014.
- [12] Virtuix: *Omni. About*. <http://www.virtuix.com/about/>. Marzec 2014.
- [13] VirtuSphere Inc: *Virtusphere*. <http://www.virtusphere.com/index.html>. Marzec 2014
- [14] Wydział Inżynierii Biomedycznej: Laboratorium Technologii Wirtualnej Rzeczywistości. <http://www.polsl.pl/Wydzialy/RIB/RIB3/Strony/virtual-lab.aspx>. Marzec 2014.

LAUNCH OF THE IMMERSIVE 3D VISUALIZATION LABORATORY

Abstract: The paper presents the concept of Immersive 3D Visualization Laboratory, formed at the Faculty of Electronics, Telecommunications and Informatics of the Gdańsk University of Technology under the Gdańsk University of Technology Modern Auditoriums project. The basic unit of this laboratory will be a cubic CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) supplemented with a spherical walk simulator. This device will allow the user unlimited walking, and even running, in a freely created virtual world. If the virtual world becomes a battlefield or a burning building, this device will be able to serve as an infantry soldier simulator or fire-fighter simulator. The opening of the laboratory will take place in mid-2014.

Keywords: virtual reality, CAVE, walking simulator, virtual training.