

Wykorzystanie wizyjnych systemów pomiarowych do porównania trajektorii osób w środowisku rzeczywistym i wirtualnym

The use of motion capture system to compare the people movement in a real and virtual environment

ANDRZEJ GRABOWSKI
MONIKA MYŚLIWIEC *

Materiały z XX SKW PWiE, Jurata 2016 r.
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.129

W artykule przedstawiono rozwiązania techniczne umożliwiające prowadzenie badań symulacyjnych w środowisku wirtualnym o dużej powierzchni. Opracowane urządzenie do prezentacji obrazu środowiska wirtualnego w połączeniu z zaawansowanym wizyjnym systemem pomiarowym dają możliwość monitorowania długich trajektorii ruchu. Zebrane w ten sposób dane posłużą do udoskonalenia modeli matematycznych ruchu pieszych oraz pozwolą na porównanie trajektorii ruchu ludzi w środowisku wirtualnym i rzeczywistym. Zdobyta wiedza umożliwi lepszą ocenę wiarygodności wyników uzyskiwanych w czasie badań z wykorzystaniem środowisk wirtualnych.

SŁOWA KLUCZOWE: wizyjne systemy pomiarowe, rzeczywistość wirtualna

The paper presents technical solutions to conduct simulation tests in a virtual environment with a large area. Head Mounted Display in combination with an advanced motion capture system make it possible to monitor the long trajectory. The collected data will be used to improve mathematical models of pedestrian flow and allow us to compare the trajectory of movement of people in the virtual and the real environment. This knowledge will enable a better assessment of the reliability of the results obtained during immersion in a virtual environment.

KEYWORDS: vision based motion capture, virtual reality

Możliwości techniczne prezentacji środowisk wirtualnych stają się w ostatnich latach coraz doskonalsze. Powstają nowe rodzaje interfejsów człowiek-komputer, a stare podlegają ciągłemu udoskonalaniu. Interakcja z elementami środowiska wirtualnego staje się coraz bliższa rzeczywistości, a używany sprzęt, noszony przez uczestnika komputerowej symulacji, jest coraz bardziej ergonomiczny. Dzieje się to dzięki postępującej miniaturyzacji, coraz większej mocy obliczeniowej komputerów. Szczególnie szybki postęp obserwowany jest w przypadku urządzeń noszonych, które są w stanie przygotować trójwymiarowy obraz środowiska wirtualnego, przy zachowaniu stosunkowo długiego czasu pracy bez konieczności wymiany baterii. Coraz większa sprawność energetyczna urządzeń mobilnych – nie tylko w zakresie dostępnej mocy obliczeniowej w przeliczeniu na ilość zużywanej energii, ale również w zakresie niskiego zużycia energii przy bezprzewodowej transmisji dużej ilości danych przy zachowaniu niewielkich opóźnień (rzędu 1 ms) – sprawia, że możliwe jest uwolnienie osoby zanurzonej w środowisku wirtualnym od konieczności podłączenia noszonego sprzętu (takiego jak gogle rzeczywistości wirtualnej typu HMD – *head mounted display*) przewodami do komputera klasy PC i źródeł zasilania, ale także od konieczności noszenia specjalistycznych układów do bezprzewodowej transmisji danych lub ciężkich komputerów klasy PC wraz z własnym źródłem zasilania. Rezultatem postępu technicznego jest umożliwienie przeprowadzenia interaktywnej

symulacji pozwalającej przemieszczać się osobie zanurzonej w środowisku wirtualnym po dużym obszarze. Jednocześnie ten sam wizyjny układ pomiarowy może posłużyć do rejestracji trajektorii ruchu w środowisku rzeczywistym, w warunkach zbliżonych do tych występujących w symulacji.

W artykule przedstawione zostały narzędzia umożliwiające rejestrację trajektorii ruchu ludzi w różnych warunkach, rzeczywistych i wirtualnych, w celu ich późniejszej analizy. Uzyskane dane zostaną wykorzystane do przygotowania udoskonalonego modelu matematycznego ruchu pieszych, jak również do oceny wiarygodności wyników uzyskiwanych w tego typu badaniach opartych na technikach rzeczywistości wirtualnej.

Metodyka

Do realizacji zadania niezbędne było zebranie trajektorii ruchu ludzi w różnych warunkach. Do tego celu wykorzystany został wizyjny system pozycjonowania typu *motion capture*. System zainstalowany w Laboratorium Zanurzeniowej Rzeczywistości Wirtualnej składa się z 28 kamer Oqus 7+ produkcji firmy Qualisys. Częstotliwość pomiaru wynosząca 300 Hz dla pełnej rozdzielczości pozwala na rejestrację i wierne odtworzenie w wirtualnym środowisku nawet stosunkowo szybkich ruchów kończyn. Dodatkową zaletą tych kamer jest wstępne przetwarzanie obrazu przez układ obliczeniowy zainstalowany w kamerze. Pozwala uzyskać równoległość obliczeń i obniżyć opóźnienia generowane przez system wizyjny, co jest szczególnie istotne w aplikacjach czasu rzeczywistego. Każda z kamer rejestruje obraz w paśmie widma promieniowania elektromagnetycznego odpowiadającego bliskiej podczerwieni i jest wyposażona w filtr typu IR PASS, który blokuje fale krótsze niż 800 nm, oraz oświetlacz. System pozwala na wyznaczenie bezwzględnego położenia w przestrzeni trójwymiarowej pasywnych znaczników w postaci kulek o średnicy 16 mm pokrytych materiałem odbłaskowym. Zestaw pasywnych znaczników został umieszczony w wybranych punktach na osobie biorącej udział w badaniu, co pozwoli na wyznaczenie jej trajektorii.

Do prezentacji stereoskopowego obrazu środowiska wirtualnego planowano wykorzystać gogle rzeczywistości wirtualnej typu HMD (*head mounted display*) Oculus Rift DK2. Jednakże ze względu na fakt, że gogle te nie są przystosowane do pracy bezprzewodowej, oraz ze względu na ciężar i ograniczony zasięg dodatkowego systemu dedykowanego bezprzewodowej transmisji obrazu (wymagającego również własnego układu zasilania), zdecydowano się na wykorzystanie bezprzewodowych gogli opracowanych w CIOP-PIB. Dodatkowo umożliwiło to polepszenie parametrów prezentowanego obrazu. Podobnie jak we wcześniejszym przypadku do wyznaczenia orientacji głowy wykorzystano układ typu AHRS (*attitude and heading reference system*) komunikujący się bezprzewodowo z komputerem przygotowującym obraz środowiska wirtualnego za pomocą interfejsu Bluetooth.

* Dr hab. inż. Andrzej Grabowski, prof. CIOP-PIB (anagra@ciop.pl); Monika Myśliwiec (momys@ciop.pl) – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Zastosowanie nowej aparatury badawczej wymagało przygotowania nowego oprogramowania i adaptacji wirtualnego środowiska. Przeprowadzone zostały prace mające na celu umożliwienie pobierania w czasie rzeczywistym danych o położeniu w trójwymiarowej przestrzeni znaczników (markerów) obserwowanych przez kamery Oqus 7+. Realizacja tego zadania wymagała wykorzystania API (interfejsu programowania aplikacji) programu Qualisys Tracking Manager (QTM) zarządzającego pracą kamer. Przygotowana została biblioteka łączona dynamicznie (DLL) będąca warstwą pośredniczącą pomiędzy aplikacją zarządzającą środowiskiem wirtualnym a programem QTM. Biblioteka wykorzystuje gniazda (sockets) i protokół TCP/IP do strumieniowania danych z programu QTM i wstrzykiwania tych danych do modułu oprogramowania zarządzającego ruchem elementów środowiska wirtualnego (w tym np. kamery używanej do przygotowania obrazu przeznaczonego do wyświetlenia w goglach rzeczywistości wirtualnej typu HMD).

Wykorzystanie nowej aparatury wymusiło przygotowanie odpowiedniej infrastruktury umożliwiającej przesyłanie danych. Drogą bezprzewodową pobierane są informacje o orientacji w trójwymiarowej przestrzeni gogli (za pomocą sieci Wi-Fi) i rękawic rzeczywistości wirtualnej (za pomocą modułu Bluetooth). Za pośrednictwem specjalnie przygotowanej biblioteki DLL pobierane są dane o położeniu znaczników. Dane te są wynikiem integracji obrazów rejestrowanych przez układ 28 kamer. Wszystkie dane wchodzące są przetwarzane przez aplikację zarządzającą środowiskiem wirtualnym, a część wyników obliczeń jest przekazywane za pośrednictwem sieci Wi-Fi do gogli rzeczywistości wirtualnej typu HMD. Dodatkowo w celu minimalizacji opóźnień gogle łączą się bezpośrednio z układem monitorującym obroty głowy, pozwala to na szybkie przygotowanie i wyświetlenie stereoskopowego obrazu środowiska wirtualnego.

Przykładowe wyniki badań i podsumowanie

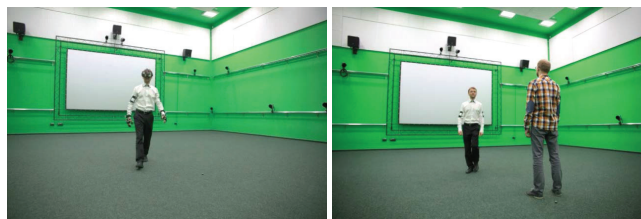
W zakresie modelowania ewakuacji ludzi z budynków badania eksperymentalne dotyczą głównie pomiaru czasu ewakuacji ludzi z budynków. Niestety badania takie nie dają szczegółowych informacji na temat trajektorii ruchu pieszych. Publikowane wyniki dotyczące analizy szczegółowej trajektorii ruchu są nieliczne, a wśród dostępnych prac, w których kształt trajektorii był mierzony eksperymentalnie, pomiary dokonywane były ze stosunkowo małą dokładnością i/lub częstotliwością. Publikacja [1] zawiera wyniki jednej z nielicznych prac, w której kształt trajektorii był mierzony eksperymentalnie (w tym przypadku z wykorzystaniem systemu wizyjnego ze stosunkowo niską częstotliwością 12 Hz. Brakuje doniesień literaturowych na temat trajektorii ruchu osób z dysfunkcją narządu ruchu oraz osób sprawnych poruszających się w pobliżu osób z dysfunkcją narządu ruchu.

Zadaniem osoby biorącej udział w badaniu było wielokrotne przejście wzdłuż laboratorium z punktu początkowego *A* do punktu końcowego *B*. W środku odcinka *AB* znajdowała się przeszkoda, którą trzeba było ominąć. Dane eksperymentalne zbierane były w środowisku rzeczywistym (osoba badana widziała wewnątrz laboratorium) oraz środowisku wirtualnym (osoba badana obserwowała środowisko wirtualne za pomocą gogli rzeczywistości wirtualnej) dla 3 różnych przypadków:

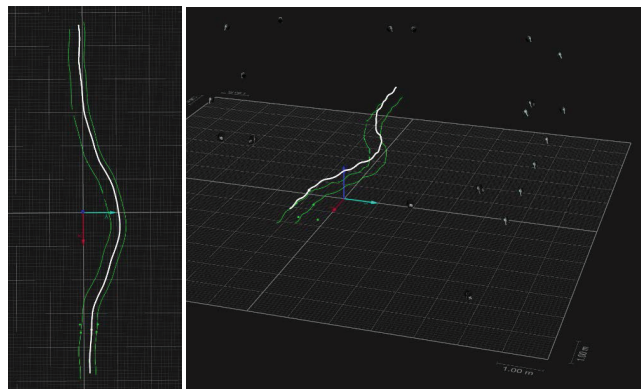
- ominięcie przeszkody, np. walizki lub krzesła,
- ominięcie nieprzemieszczającej się osoby sprawnej ruchowo (rys. 1),
- ominięcie nieprzemieszczającej się osoby na wózku inwalidzkim.

W badaniach wzięło udział 30 osób, w tym 7 osób z dysfunkcją narządu ruchu.

Dla wszystkich przypadków zebrano trójwymiarowe trajektorie ruchu. Każdy z ochotników wziął udział w rejestracji trajektorii dla 6 różnych warunków, natomiast dla każdego



Rys. 1. Omijanie przeszkody w środowisku wirtualnym i rzeczywistym



Rys. 2. Przykład trójwymiarowej trajektorii ruchu zarejestrowanej przez system motion capture. Białym kolorem oznaczono trajektorie punktu umieszczonego na głowie

warunku zrealizowano cztery powtórzenia. Poszczególne trajektorie zapisane zostały w formie plików tekstowych zawierających szeregi czasowe położenia w trójwymiarowej przestrzeni wszystkich punktów rejestrowanych przez wizyjny system pomiarowy.

Przykład zarejestrowanej trajektorii przedstawia rys. 2. Zebrane dane zostaną poddane szczegółowej analizie i porównaniu w celu rozszerzenia funkcjonalności modelu matematycznego ruchu pieszych. Analiza zebranych danych pozwoli m.in. na wyznaczenie rozkładu preferowanych odległości osób od przeszkód i innych ludzi.

W przeciwieństwie do wcześniejszych prac prowadzonych w Pracowni Techniki Rzeczywistości Wirtualnej [2], gdzie stosowany był model typu *social force* [3÷7], nowy model matematyczny oparty jest na wykorzystaniu silnika fizyki i algorytmu wstecznej propagacji fali [8].

* * *

Publikacja opracowana na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2014÷2016 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

LITERATURA

1. Mehdi Moussaïd, Dirk Helbing, Guy Theraulaz. „How simple rules determine pedestrian behavior and crowd disasters”. *PNAS* 2011, published ahead of print April 18, 2011, doi:10.1073/pnas.1016507108.
2. R. Kosiński, A. Grabowski. „Langevin equations for modeling evacuation processes”. *Acta Phys. Polon. B Proc. Supplement*, 2010, 3: pp. 365÷376.
3. D. Helbing, P. Molnar. „Social force model for pedestrian dynamics”, *Phys.Rev.E*, 51, 4282÷4286 (1995).
4. D. Helbing, I. Farkas, T. Vicsek. „Simulating Dynamical Features of Escape Panic”, *Nature*, 407, 487 490 (2000).
5. F. Schweitzer. „Brownian Agents and Active Particles”, Springer, Berlin, 2003.
6. D.R. Parisi, C.O. Dorso. „The Role of Panic in the Room Evacuation Process”, *Int. J. Mod. Phys. C*, 17, 419÷434 (2006).
7. D.R. Parisi, C.O. Dorso. „Microscopic dynamics of pedestrian evacuation”, *Physica A*, 354, 606÷618 (2005).
8. A. Grabowski, H. Welenc. „Symulacja procesu ewakuacji z wykorzystaniem silnika Bullet – porównanie z eksperymentem”, *Mechanik [CD -ROM]* 2014;7:423÷430. ■