

Projektowanie i testowanie elementów biometrycznego systemu informacyjnego z użyciem wirtualnej rzeczywistości

Streszczenie. W niniejszym artykule poruszona została problematyka projektowania i testowania urządzenia technicznego, przy użyciu środowiska wirtualnej rzeczywistości. Zaprezentowane zostały możliwości tego typu rozwiązania jako odpowiednika dla klasycznych (czasami) kosztownych metod. Przykładem możliwości realizacji takiego procesu było prototypowanie bramki do automatycznej granicznej odprawy osób.

Abstract. In this article, we touch the issues of measuring and adjusting the ergonomics of the device on example of biometric automatic check-in gate during prototyping process, using virtual reality. We presented the possibilities of this type of tests processes in opposition to conventional costly methods. (Designing and testing components of biometric information system using virtual reality)

Słowa kluczowe: testowanie systemów, systemy biometryczne, wirtualna rzeczywistość

Keywords: designing and testing, biometric information system, virtual reality

Wprowadzenie

Coraz większą rolę w naszym życiu odgrywają różnego rodzaju systemy informacyjne. Niejednokrotnie wymagają one nie tylko przetwarzania dużej ilości danych ale również położony jest duży nacisk na kwestie łatwości obsługi takich systemów szczególnie w kontekście aspektów związanych z ergonomią ich użytkowania. Mowa tu oczywiście o HMI [1, 2], które to współcześnie mogą przybierać bardzo zróżnicowane formy. Począwszy od prostego mechanicznego manualnego kontaktu z przyciskami konsoli operatorskiej a skończywszy na zaawansowanych systemach rozpoznawania głosu, gestów i eye-trackingu.

Kluczową rolę odgrywa więc projektowanie i testowanie takich systemów zwłaszcza w obszarach na styku techniki oraz psychofizycznych i percepcyjnych możliwości człowieka.

Z pewnością systemy biometryczne też możemy zakwalifikować do takich rozwiązań gdzie w/w zagadnienia są istotne [3, 4, 5]. W rozwiązaniach tego typu mamy m.in. do czynienia z koniecznością interakcji „użytkowników” systemów ze sprzętem technicznym właśnie poprzez pobranie od nich odpowiednich cech biometrycznych, którymi mogą być np.: odcisk palca, obraz tęczówki czy kształt dłoni.

We współczesnych systemach kontroli ruchu granicznego kluczową rolę odgrywają dwie cechy biometryczne: wizerunek twarzy oraz wzór linii papilarnych. Natomiast prowadzone są prace nad możliwością wykorzystania również innych modalności, np.: obraz tęczówki, próbka głosu czy cechy antropometryczne.

Autorzy niniejszego artykułu mieli możliwość uczestniczenia w wielu projektach związanych z opracowaniem elementów systemów informacyjnych (biometrycznych) dla Polskiej Straży Granicznej (rys. 1).



Rys. 1. Pilotażowa bramka biometryczna – Medyka 2015

Proces projektowania i uruchamiania takich systemów bywa jednak złożony. W zależności od przyjętego rozwiązania wymagane może być użycie zaawansowanych narzędzi, zarówno technicznych jak i programistycznych. Realizowane prace projektowe dotyczyły, w głównej mierze, poszukiwania rozwiązań umożliwiających usprawnienie działania biometrycznego systemu informacyjnego. Nadrzędnym celem było zaproponowanie takich rozwiązań, które pozwoliłyby skrócić czas kontroli podróżnych (wzrost szybkości działania) przy jednoczesnym zachowaniu wymagań dokładnościowych oraz utrzymaniu ergonomii obsługi systemu przez podróżnego. W artykule przedstawiono autorskie podejście do rozwiązywania pewnej grupy problemów projektowych. Bazuje ono bowiem, na wykorzystaniu środowiska wirtualnego.

Problem badawczy i metoda badawcza

W realizowanych w zespole projektach, dotyczących automatyzacji biometrycznych systemów informacyjnych dla obsługi podróżnych spoza strefy Schengen (tzw. TCN – Third-Country Nationals), często pojawia się problem z ergonomią proponowanych rozwiązań [6]. Tego typu zagadnienia występują między innymi w przypadku interakcji z czytnikami biometrycznymi. W zależności od typu kontroli granicznej, to zagadnienie może mieć mniejsze lub większe znaczenie. Jednak na pewno jest ono istotne w sytuacjach, kiedy to podróżny wchodzi w taką interakcję. Przykładowo obsługa czytnika linii papilarnych [7] wymaga odpowiedniego ułożenia palca (rys. 2).



Rys. 2. Ułożenie palca do skanowania linii papilarnych

W przeciwnym wypadku urządzenie nie jest w stanie pobrać odpowiedniego wzoru minucji. Jeśli proces jest nadzorowany przez funkcjonariusza Straży Granicznej, stosowne uwagi mogą zostać przekazane podróżnemu. Największe problemy mogą się pojawić w sytuacjach automatycznej odprawy. Brak wizualnego nadzoru przy pobieraniu cechy biometrycznej skutkować będzie

blokowaniem pracy systemu i w efekcie wydłużeniem całego procesu kontroli. Wobec powyższego ważną rzeczą jest możliwość testowania systemu pod kątem występowania ewentualnych problemów.

W przypadku odprawy automatycznej wymagana jest również weryfikacja wizerunku twarzy. Na przejściach granicznych można spotkać rozwiązania wykorzystujące pojedynczą ruchomą kamerą, ale i takie które wykorzystują bardziej złożony system wizyjny (rys. 3).



Rys. 3. Przykłady bramek biometrycznych – skanowanie twarzy

Ucieczką od rozwiązań mechanicznych (wymagających dodatkowego określania wzrostu podróżnego lub pozycji twarzy) może być użycie kilku kamer rozmieszczonych przestrzennie i odpowiednio dobranym ich polem widzenia.

W rozwiązaniach automatycznych nie tylko fakt pobierania cech biometrycznych jest istotny, ale również określona procedura. Oznacza to, że pewne czynności muszą zostać wykonane w określonej kolejności. W związku z tym, koniecznością staje się testowanie nie tylko izolowanych funkcji, ale i całej procedury.

Tego typu zagadnienia pojawiają się między innymi w funkcjonowaniu bramki ABC (Automated Border Control). Aby proces weryfikacji podróżnego mógł zostać zainicjowany, w pierwszej kolejności musi zostać użyty paszport, z którego to pobierane zostaną stosowne dane. Dopiero w kolejnych krokach istnieje możliwość pobrania i weryfikacji cech biometrycznych.

Przytoczone informacje jednoznacznie wskazują na pewien specyficzny stopień złożoności tego typu biometrycznych systemów informacyjnych. Zanim więc opracowany zostanie fizyczny model urządzenia czy systemu, wskazana byłaby możliwość jego testowania, używając do tego celu np. zaawansowanego symulatora 3D.

W tym miejscu oczywiście powstaje pytanie jaki miałby to być symulator. Jako że wskazane jest testowanie aspektów ergonomicznych, dobrze byłoby móc symulować zjawiska z aktywnym udziałem potencjalnych użytkowników. Dobrze byłoby również móc w jakimś zakresie odzwierciedlić sytuacje, które testowane są np. podczas badań pilotażowych urządzeń i systemów.

Mając na uwadze powyższe, ogólnie sformułowane wymagania, zaproponowano użycie współcześnie coraz bardziej popularnego środowiska, jakim jest Wirtualna Rzeczywistość (VR). Aby rozwiązanie takie spełniało nasze oczekiwania, musi ono zawierać zarówno wydajny silnik fizyki VR jak i współpracujący z nim system pomiarowy pozycjonujący obiekty w czasie rzeczywistym.

Używając takich narzędzi sam proces testowania realizowany jest poprzez „zanurzenie się” testera w realistycznej scenie, zszytegowanej komputerowo oraz jego interakcję z obiektami wirtualnymi. Czynności wykonywane przez osobę testującą są rejestrowane przez optoelektroniczny system pomiarowy a zebrane dane z poszczególnych sesji pomiarowych są następnie analizowane i w efekcie pozwalają modyfikować geometrię i funkcje testowanych komponentów.

Czynnikiem decydującym o możliwości użycia aplikacji VR do wykonywania tego typu testów jest system pomiarowy MoCap [8]. Istnieje kilka dostępnych rozwiązań z tego zakresu. Z pewnością najbardziej znane są systemy wizyjne, które dokonują pozycjonowania obiektów wyposażonych w znaczniki, pasywne lub aktywne. Kolejne rozwiązanie może bazować na inercyjnych systemach nawigacyjnych z użyciem czujników typu MEMS [9]. Do testów użyto jednak jeszcze inny system pozycjonujący obiekty na ograniczonej przestrzeni tzw. SteamVR. (rys. 4).



Rys. 4. System pozycjonowania postaci - SteamVR

Jego funkcjonowanie opiera się na wykorzystaniu dwóch typów nawigacji. Pierwszy to aktywna technologia optoelektroniczna, z laserowym podświetlaniem sceny i detekcją promieniowania przez konstelacje modułów detekcyjnych. Druga technologia to, wspomniany już, system nawigacji w oparciu o dane z czujnika IMU (ang. Inertial Measuring Unit). Do badań użyto zmodyfikowanej wersji systemu. Testy przeprowadzono na ograniczonej przestrzeni (powierzchnia robocza 4,5 m x 3 m). Tak skonfigurowany system do celów eksperymentalnych umożliwiał wyznaczanie pozycji i orientacji obiektów ze stabilnością odpowiednio: $\Delta x < \pm 0,3 \text{ mm}$ i $\Delta \alpha < \pm 0,02^\circ$.

Oczywiście nie tylko lokalizacja i orientacja testera są istotne w procesie testowania. System został wyposażony w dodatkowy moduł odpowiedzialny za pozycjonowanie dłoni. Do tego celu użyto komponentu LeapMotion [10]. Jest to kolejna optoelektroniczna technika pomiarowa – typu Stereo Vision [11]. Poza klasycznym obrazem generuje on również informacje odległościową. Dane te pozwalają syntezować model szkieletowy dłoni, a w efekcie również bardzo realistyczną reprezentację dłoni w środowisku wirtualnym, która również jest w stanie odzwierciedlać naturalne ruchy palców w czasie rzeczywistym (rys. 5).



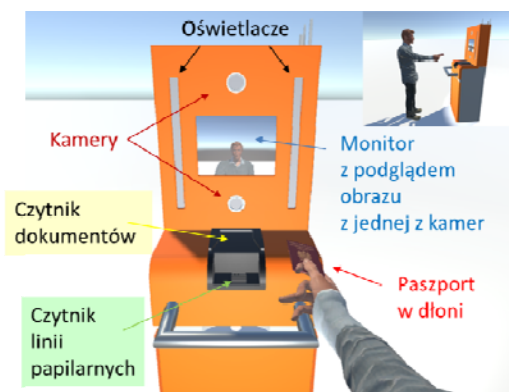
Rys. 5. System LeapMotion do śledzenia ruchów dłoni

Sama wizualizacja ruchów dłoni i palców nie oferowałaby wymaganej funkcjonalności pomiarowej. Konieczne było sprzężenie układów współrzędnych testera (SteamVR) oraz układu współrzędnych jego dłoni

(LeapMotion). Z tak przygotowanym systemem pomiarowym można było przystąpić do opracowania testowych środowisk wirtualnych.

Wyniki

Jednym z kluczowych elementów w procesie testowania w środowisku VR jest wygenerowanie wysoce realistycznych reprezentacji interesujących nas obiektów. Tak też zostało to zrealizowane w przypadku bramki biometrycznej ver.2. Jej pierwowzorem była bramka testowana na przejściu granicznym w Medyce. Wstępny projekt typu CAD ewoluował. Kolejne reprezentacje modelu były umieszczane w środowisku wirtualnym. Zadaniem testerów, operujących w immersyjnym środowisku wirtualnym, było wchodzenie w interakcje z bramką (rys. 6). W przypadku testowania bramki ABC skupiono się na 3 modułach funkcyjnych (wizyjny, linii papilarnych, paszportu).



Rys. 6. Testowanie bramki ABC

Moduł wizyjny związany jest z pozyskiwaniem obrazu twarzy, celem jej późniejszej weryfikacji. Kluczowymi elementami tego podsystemu są: kamera oraz twarz podróżnego. Z racji wymagań na rozdzielczość obrazu i zróżnicowaną pozycję głowy w kadrze (odległość od bramki i wzrost podróżnego), zdecydowano się na użycie dwóch kamer. Aby moduł wizyjny mógł poprawnie funkcjonować, należało rozwiązać zadanie polegające na określeniu pola widzenia kamer i ich wzajemnej przestrzennej separacji (górna i dolna kamera).



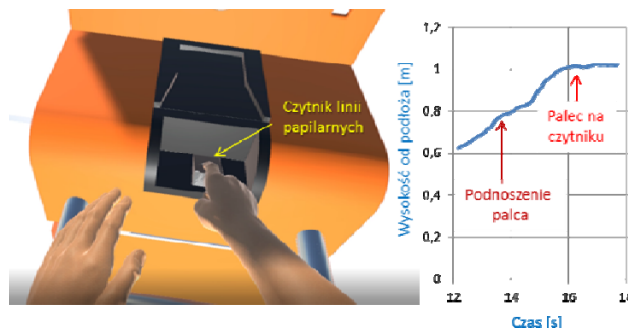
Rys. 7. Obrazy z kamer wirtualnych i rzeczywistych

W standardowym podejściu należałoby wykonać szereg obliczeń dla każdej z kamer (parametry sensora, obiektywu, odległość obserwacji), a następnie zakupić i uruchomić

sprzęt w konfiguracji zgodnej z przygotowaną specyfikacją. Używając środowiska wirtualnego jesteśmy w stanie rozwiązać to zadanie bez zakupów sprzętu, a dodatkowo, w znacznie szerszym zakresie i szybciej możemy zobaczyć efekty naszej pracy (rys.7).

Każdy z parametrów systemu wizyjnego, np.: proporcje obrazu, pole widzenia, punkt ostrzenia i głębię ostrości, jesteśmy w stanie dowolnie modyfikować w interfejsie aplikacji symulacyjnej. Również separacja przestrzenna wirtualnych kamer to zmiana wartości zaledwie jednego parametru. Wykonanie tych wszystkich operacji, na drodze arytmetycznej, a potem na rzeczywistym sprzęcie, mogłoby być utrudnione i z pewnością zajęłoby zdecydowanie więcej czasu. Pozycjonowanie postaci o różnym wzroście w wirtualnej przestrzeni może być realizowane zarówno poprzez model symulacyjny wraz z animacją, jak również za pomocą imersji testerów w środowisku wirtualnym. W każdym z przypadków, aplikacja VR rejestruje parametry układu wizyjnego, jak również parametry przestrzenne postaci (wzrost, odległość, widoczność twarzy w kadrze każdej z kamer). W efekcie testowania modułu wizyjnego w środowisku VR, wypracowano parametry dla fizycznej reprezentacji urządzenia, które to wyposażono w 2 kamery Basler aca2000-50gc z obiektywami $f=12$ mm. Wysokość instalacji dolnej kamery wynosi 1,46 m, a separacja przestrzenna wynosi 0,36 m. Przy założonej minimalnej odległości pobierania wizerunku twarzy, uzyskano możliwość uchwycenia w kadrze twarzy osoby o wzroście z przedziału 1,40-2,09 m.

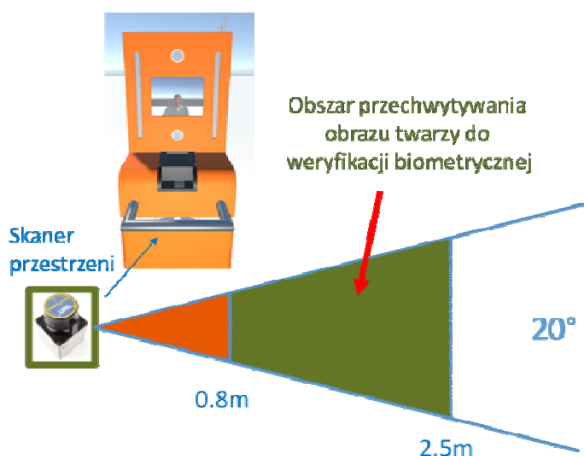
Kolejny moduł, który wymagał testowania, związany był z obsługą czytnika linii papilarnych. Częste błędy i opóźnienia w działaniu systemu wynikają z niewłaściwego przykładania palców. Chcąc zminimalizować ten efekt przeanalizowano kilka wariantów w zakresie wysokości posadowienia czytnika, jak również jego pochylecia. W doborze tych parametrów nieocenione okazały się sesje testowe w VR z przykładaniem palców przez rzeczywistych testerów. Mimo, że rejestrowane dane pomiarowe pochodziły ze środowiska wirtualnego, to jednak były one odzwierciedleniem rzeczywistych ruchów dłoni rejestrowanych przez system pomiarowy (rys. 8). Zarejestrowane wykresy pozycji i orientacji palca dla różnych testerów i różnych sposobów montażu czytnika, pozwoliły wypracować parametry montażowe dla modułu linii papilarnych. W fizycznym rozwiązaniu przyjęto wysokość posadowienia (licząc od podłoża) 114 cm i kąt nachylecia (licząc od poziomu w kierunku bramki) skierowany w dół o 25° .



Rys. 8. Przykładanie palca do czytnika

Ostatnim modułem, który uwzględniono w testach, była obsługa przykładania paszportu do czytnika dokumentów. Czynność ta nie nastrocza podróżnym większych kłopotów. Jednak sam fakt wykonywania tej operacji jest istotny w ustalaniu budżetu czasowego całej procedury kontroli.

Celem przyspieszenia procesu kontroli podróznego zaproponowano (jako wariant) modyfikację ogólnej procedury obsługi bramki ABC. Wprowadzona zmiana polega na tym, że zdjęcia twarzy (do weryfikacji) wykonywane są w momencie podchodzenia podróznego do bramki, a sam proces weryfikacji odbywa się zaraz po pobraniu danych biometrycznych z paszportu (rys. 9).

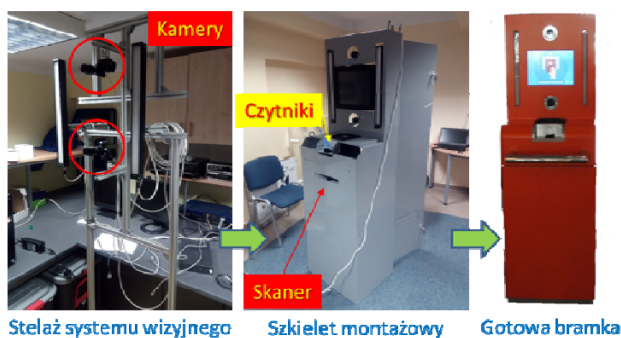


Rys. 9. Strefy podejścia do bramki

Funkcja ta, zanim została zaimplementowana w finalnej procedurze obsługi bramki, przeszła szereg testów właśnie w środowisku wirtualnym.

Wnioski i podsumowanie

Zaproponowana metoda, polegająca na użyciu w procesie testowania symulatora rzeczywistości, okazała się bardzo użyteczna. Sama implementacja też nie nastręczała większych problemów. Użyte w środowisku wirtualnym obiekty stanowiły uproszczoną wersję modeli CAD wykorzystanych do budowy fizycznych odpowiedników. Taki właśnie proces projektowania i testowania został wykorzystany podczas budowy bramki do automatycznej odprawy granicznej osób (rys. 10).



Rys. 10. Testowanie i uruchamianie bramki

Uzyskane pozytywne wyniki z testów bramki biometrycznej na lotnisku w Modlinie potwierdzają użyteczność przyjętego rozwiązania (rys 11).

Podobne podejście jest aktualnie stosowane przy projektowaniu tzw. korytarza biometrycznego. Idea rozwiązania polega na przemieszczaniu się podróznego między kolejnymi punktami poboru cech biometrycznych. W rozwiązaniu tym środowisko wirtualne wykorzystywane jest do analizy ścieżki ruchu oraz interakcji podróznego z czytnikami na poszczególnych punktach kontroli.



Rys. 11. Pilotażowa bramka biometryczna – Modlin 2017

Zaproponowana metoda, z pewnością nie rozwiązuje wszystkich problemów dotyczących projektowania i uruchamiania systemów, może jednak okazać się cennym i stosunkowo niedrogim rozwiązaniem wspierającym ten proces.

Autorzy: dr inż. Marek Piszczek, Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Optoelektroniki, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, E-mail: marek.piszczek@wat.edu.pl; inż. Mateusz Pomianek, E-mail: matpomianek@gmail.com; mgr inż. Marcin Maciejewski, E-mail: marcin.maciejewski@wat.edu.pl; prof. dr hab. inż. Mieczysław Szustakowski; mieczyslaw.szustakowski@wat.edu.pl

LITERATURA

- [1] Gorecky D., Schmitt M., Loskyll M., Zühlke D., Human-machine-interaction in the industry 4.0 era, *12th IEEE International Conference on Industrial Informatics*, (2014), 289-294
- [2] Wilson J. R., Fundamentals of systems ergonomics/human factors, *Applied Ergonomics*, 45 (2014), n.1, 5-13
- [3] Boulgouris N. V., Plataniotis K. N., Micheli-Tzanakou E., Biometrics: Theory, Methods, and Applications, IEEE Press - WILEY (2010)
- [4] Young Y., Gang Hee J., Young Sun S., a Study on the Safety Management System of a Passenger Ship Using Biometrics, *Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics* 11 (2016) n.2, 194-197
- [5] Morosan C., An empirical examination of U.S. travelers' intentions to use biometric e-gates in airports, *Journal of Air Transport Management* 55 (2016), 120-128
- [6] Kukula, E. P., Elliott S. J., Ergonomic Design for Biometric Systems, *Encyclopedia of Biometrics* (2015), 420-427
- [7] Blanco-Gonzalo R., Sanchez-Reillo R., Liu-Jimenez J. Sanchez-Redondo C., How to assess user interaction effects in Biometric performance, *IEEE International Conference on Identity, Security and Behavior Analysis*, (2017) 1-6.
- [8] Spanlang B., Navarro X., Normand J. M., Kishore S., Pizarro R., Slater M. Real time whole body motion mapping for avatars and robots, *Proceedings of the 19th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, (2013). 175-178
- [9] Chien H. F., Hu H. F., Tsai P. S., Wu T. F. Chen J. Y., Study on the use of wearable devices to control objects in virtual reality, *International Conference on Advanced Materials for Science and Engineering*, (2016), 646-648
- [10] Wozniak P., Vauderwange O.; Mandal A.; Javahiraly N., Curticepean D, Possible applications of the LEAP motion controller for more interactive simulated experiments in augmented or virtual reality, *Proc. of SPIE 9946*, (2016),
- [11] Tippetts B., Lee D. J., Lillywhite K., Archibald J., Review of stereo vision algorithms and their suitability for resource-limited systems, *Journal of Real-Time Image Process.* 11, (2016), n.1, 5-25