

Damian Grajewski

Badanie interakcji dotykowej w rzeczywistości wirtualnej z zastosowaniem robota typu Delta

STRESZCZENIE

Rozprawa podejmuje problematykę efektywnego zastosowania metod i narzędzi wirtualnej rzeczywistości (*ang. Virtual Reality - VR*) do tworzenia interaktywnych symulacji szkoleniowych, zorientowanych na prace wykonywane na stanowisku produkcyjnym.

W wyniku przeprowadzonej analizy dotychczasowych rozwiązań VR stosowanych do szkoleń przemysłowych zauważono, że oczekiwany poziom skuteczności wirtualnego treningu można osiągnąć tylko poprzez zapewnienie odpowiedniej immersji (*ang. immersion*) oraz interakcji dotykowej (*ang. touch interaction*) zachodzącej pomiędzy użytkownikiem a elementami środowiska wirtualnego. Istniejące na rynku systemy VR dostarczają przydatne (z punktu widzenia szkoleń) bodźce dotykowe głównie w oparciu o manipulatory haptyczne, które w ocenie autora mają znaczne ograniczenia sprzętowe (m.in. duże gabaryty, mały obszar roboczy, brak mobilności), a tym samym nie są w stanie zapewnić odpowiedniej swobody ruchów dla użytkownika. Co więcej, komercyjne rozwiązania w małym stopniu integrują immersyjne i haptyczne urządzenia, z równoczesnym zapewnieniem manipulacji fizycznymi reprezentacjami danych cyfrowych, celem zwiększenia realizmu symulacji. Dlatego też zasadne było podjęcie prac nad opracowaniem rozwiązania wspierającego badania interakcji dotykowej z użytkownikiem, na podstawie których będzie można analizować oraz interpretować jego polecenia i działania, wynikające wprost z manipulacji fizycznymi obiektami zintegrowanymi ze środowiskiem VR.

W pracy przedstawiono koncepcję, proces budowy oraz testy autorskiego systemu VR, bazującego na nowatorskim zastosowaniu robota typu Delta. Głównym zadaniem robota jest zachowanie zbliżone, ale alternatywne do funkcjonalności urządzeń haptycznych w zakresie symulowania kształtu wirtualnych obiektów. Przygotowane rozwiązanie integruje robota o równoległej strukturze kinematycznej z niskokosztowym sprzętem VR przeznaczonym do wizualizacji (hełm wizyjny) i śledzenia pozycji obiektów rzeczywistych (optyczny system śledzenia), a także zapewnia manipulację fizycznymi modelami (reprezentującymi dane cyfrowe). Koncepcja systemu zakłada jego zastosowanie do wirtualnego kursu

ukierunkowanego na nabycie kompetencji z zakresu wykonywania ręcznych zadań proceduralnych - jako odpowiedź na rosnące zapotrzebowanie na niskokosztowe systemy do szkoleń przemysłowych.

Celem pracy jest opracowanie nowego podejścia w budowie szkoleniowych systemów VR, które polega na wprowadzeniu do środowiska wirtualnego nowego elementu - tzw. aktywnego urządzenia dotykowego symulującego obiekty cyfrowe. Podejście wymaga opracowania metody integracji sprzętowej i programowej poszczególnych komponentów systemu VR, a także projektu i budowy demonstracyjnego stanowiska. W praktyce, na bazie opracowanej metody utworzono algorytm symulowania obiektów cyfrowych przez efektor końcowy robota typu Delta (na końcówce roboczej umieszczono obiekt fizyczny reprezentujący dane cyfrowe) oraz skonfigurowano interfejs komunikacyjny z systemami VR. Celem nadrzędnym prac związanych z integracją manipulatora z systemami VR było zapewnienie możliwości adaptacji do opracowanego rozwiązania także innych robotów (np. robota typu SCARA).

Badania eksperymentalne dotyczyły interakcji dotykowej zachodzącej pomiędzy użytkownikiem a efektem końcowym robota. Przygotowano interaktywną aplikację VR do symulacji opracowanych scenariuszy badawczych, w trakcie których uczestnik wirtualnej sceny wchodzi w interakcję z symulowanym obiektem, a zadaniem manipulatora typu Delta jest przemieszczanie się do pozycji umożliwiającej taką interakcję. Eksperymenty miały na celu sprawdzenie, na ile zapewnienie bodźca dotykowego wpływa na immersyjność rozwiązania. Analiza wyników badań przyczyniła się także do wykrycia potencjalnych ograniczeń (sprzętowych lub programowych) opracowanego systemu oraz wyznaczenia kierunków dalszych badań.

Na przygotowanym stanowisku zrealizowano również scenariusz wirtualnego treningu z wybranego zadania proceduralnego. Celem testu było wykazanie, czy rozwiązanie może być stosowane do szkoleń zorientowanych na czynności wykonywane na stanowisku produkcyjnym. Cykliczne próby realizacji zadania proceduralnego przez grupy testowe pomogły wyznaczyć stopień skuteczności symulacji jako aplikacji szkoleniowej dla przyszłych operatorów wybranego stanowiska pracy. Stopień realizmu symulacji oraz poziom immersji

w opracowanej aplikacji VR wyznaczono przy pomocy klasycznego badania ankietowego.

Praca składa się z części teoretycznej oraz praktycznej. Część teoretyczna rozprawy została podzielona na trzy rozdziały. Rozdział pierwszy to wprowadzenie, przedstawiające potrzebę opracowania nowego podejścia w tworzeniu interaktywnych symulacji

szkoleniowych, uwzględniającego badania interakcji dotykowej. W rozdziale drugim przedstawiono główne założenia wirtualnej rzeczywistości, scharakteryzowano systemy VR oraz zaprezentowano zastosowania VR w inżynierii. Opisano także istniejące podejścia stosowane w tworzeniu wirtualnych symulacji do interaktywnych szkoleń przemysłowych. Analizując wady istniejących systemów VR, uzasadniono potrzebę opracowania nowego rozwiązania wspierającego dodatkowo badania interakcji dotykowej. Część teoretyczną rozprawy zakończono rozdziałem trzecim, wyznaczając cel pracy.

Część praktyczna składa się z trzech rozdziałów. W rozdziale czwartym zaprezentowano metodykę badań. Wyznaczono plan i cele eksperymentów badawczych, a także opisano główne założenia koncepcji systemu VR. Przedstawiono również zasoby (sprzęt i oprogramowanie) zastosowane do budowy stanowiska badawczego. Zaprezentowano opracowaną metodę integracji aktywnego urządzenia dotykowego z wybranymi systemami VR i modelami fizycznymi reprezentującymi dane cyfrowe. Na bazie metody opisano proces budowy systemu do badań interakcji dotykowej w wirtualnej rzeczywistości. W rozdziale piątym opisano przebieg eksperymentów badawczych. Zaprezentowano wyniki badań, na bazie których dokonano oceny możliwości zastosowania rozwiązania w interaktywnych symulacjach ręcznych zadań proceduralnych. W rozdziale ostatnim zawarto podsumowanie i wnioski z realizacji pracy oraz przedstawiono kierunki dalszych badań.