



Andrzej Grabowski

**WYKORZYSTANIE TECHNIK  
RZECZYWISTOŚCI WIRTUALNEJ  
I TELEOBECNOŚCI DO WSPOMAGANIA  
WYKONYWANIA PRACY FIZYCZNEJ  
PRZEZ OSOBY STARSZE  
I Z NIEPEŁNOSPRAWNOŚCIAMI**

**CIOP  PIB**

Materiały informacyjne CIOP-PIB

Wykorzystanie technik rzeczywistości wirtualnej i teleobecności do wspomaganie wykonywania pracy fizycznej przez osoby starsze i z niepełnosprawnościami

Opracowano na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2017-2019 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Projekt III.N.04: Wspomaganie wykonywania wybranych prac fizycznych, w tym przez osoby starsze i z niepełnosprawnościami, z wykorzystaniem dwuramiennego robota mobilnego, technik rzeczywistości wirtualnej i metody teleobecności

Autor:

dr hab. inż. Andrzej Grabowski, prof. CIOP-PIB – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Techniki Bezpieczeństwa, Pracownia Techniki Rzeczywistości Wirtualnej

Zdjęcie na okładce: CIOP-PIB

© Copyright by

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
Warszawa 2019

**CIOP**  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa  
tel. (48-22) 623 36 98, [www.ciop.pl](http://www.ciop.pl)

Pomimo tego, że roboty stają się w coraz większym stopniu autonomiczne i coraz lepiej radzą sobie z poruszaniem się w trudnych warunkach, co szczególnie dobrze widać podczas obserwacji efektów działań robotów w ramach konkursów organizowanych przez agencję DARPA, nadal nie są one w stanie poradzić sobie ze wszystkimi stawianymi przed nimi zadaniami, a przy tym koszt ich produkcji jest stosunkowo wysoki. Z tego względu nadal rozwijane są metody i narzędzia umożliwiające zdalne sterowanie robotami, zwłaszcza robotami mobilnymi wyposażonymi w ramiona. Przykładem takiego robota jest TAROS, dedykowany do działań militarnych. Jest on wyposażony w system zdalnego sterowania bazujący na technikach rzeczywistości wirtualnej (obraz z kamer jest wyświetlany w goglach Oculus Rift). Dodatkową funkcjonalnością, w jaką go wyposażono, jest moduł zabezpieczania przed kolizją ramion robota z elementami otoczenia. W zdecydowanej większości przypadków zdalnie sterowane roboty są jednak stosunkowo prostymi konstrukcjami opartymi na platformie kołowej i wyposażonymi w jedną kamerę, dysponującymi niewielkimi możliwościami interakcji z otoczeniem lub zupełnie ich pozbawionymi. Roboty wyposażone w ramiona są budowane zdecydowanie rzadziej, głównie wtedy, gdy wykonywanie przez nie czynności manualnych jest niezbędne, tak jak np. w przypadku robotów chirurgicznych. Innym istotnym zagadnieniem z zakresu zdalnego sterowania jest uczenie robotów przez teleoperatora wykorzystującego narzędzia typu *motion capture* i techniki rzeczywistości wirtualnej.

Zrealizowany temat badawczy wpisuje się w zagadnienia dotyczące rzeczywistości wirtualnej, teleoperacji i teleobecności. Badania naukowe dotyczące nowych rozwiązań technicznych wykorzystujących techniki rzeczywistości wirtualnej do teleoperacji były do tej pory prowadzone głównie na potrzeby astronautyki. Tymczasem dzięki malejącemu kosztowi urządzeń bazujących na VR opłacalne staje się użycie tej technologii także w działaniach innego typu. Jednym z obszarów jej zastosowania jest teleoperacja, czyli zdalne sterowanie urządzeniami przemysłowymi – dziedzina intensywnie rozwijana w ostatnich latach. Teleoperacja, jako technika umożliwiająca fizyczne odsunięcie pracownika od środowiska, w którym przeprowadzana jest praca, ma ogromne znaczenie z punktu widzenia bezpieczeństwa i higieny pracy. Dzięki zastosowaniu teleoperacji pracownik nie jest zmuszony do przebywania w strefach niebezpiecznych (np. z dużym zapyleniem, wysoką temperaturą czy zagrożeniem wybuchem). Pracodawcy pozwala to dodatkowo na uniknięcie kosztów związanych z narażeniem operatora na warunki niebezpieczne.

Ma to szczególne znaczenie we wspomnianej już astronautyce (np. do przeprowadzania zdalnych napraw i prac konserwatorskich na orbicie), w zastosowaniach militarnych (np. do zdalnej kontroli

nad pojazdami), w górnictwie, jak również w przypadku prac podwodnych. Zdalnie sterowane roboty mobilne zastępują człowieka w sytuacjach zagrożenia życia lub zdrowia. Technologia ta może być również wykorzystywana m.in. w obsłudze urządzeń transportowych, takich jak dźwignice, suwnice przemysłowe, suwnice portowe, żurawie budowlane. Innym zastosowaniem są roboty inspekcyjne oraz roboty do zdalnych prac serwisowych, wykorzystywane w strefach niebezpiecznych, np. grożących poparzeniem lub wybuchem przy obsłudze pieca hutniczego. Zaproponowane rozwiązanie jest ważną alternatywą dla robotów noszonych (egzoszkieletów) przeznaczonych do wspomagania w wykonywaniu prac fizycznych.

Zastosowanie koncepcji teleobecności do sterowania dwuramiennym robotem ma istotne zalety w stosunku do wykorzystania robota noszonego typu egzoszkielet:

- bezpieczeństwo: operator nie jest zagrożony nieprawidłowym działaniem robota lub jego przewróceniem się; unika także czynników szkodliwych znajdujących się w miejscu pracy robota
- ergonomia: operator nie jest ograniczony przez egzoszkielet, ponadto w każdej chwili może zrobić przerwę w pracy z pominięciem czasochłonnego procesu wychodzenia z egzoszkieletu i ponownego wchodzenia do niego
- możliwość kontroli wielu robotów mobilnych: przełączanie się operatora pomiędzy różnymi robotami daje możliwość kontynuowania pracy za pośrednictwem drugiego robota
- koszt budowy: w przypadku zdalnie sterowanego robota powinien być wielokrotnie niższy (nawet o kilka rzędów wielkości) od kosztu produkcji robota typu egzoszkielet
- rozmiar: robot mobilny może być znacznie mniejszy (nie zawiera dużych elementów egzoszkieletu montowanych na operatorze), więc powinien lepiej przemieszczać się w pomieszczeniach przewidzianych dla ludzi
- energooszczędność i wydajność, dłuższy czas pracy bez konieczności ładowania baterii: robot mobilny nie musi dźwigać ciała operatora
- możliwość łatwego dostosowania do terenu, w którym powinien poruszać się robot, poprzez zastosowanie różnych platform mobilnych: kołowej, gąsienicowej, dwunożnej, wielonożnej (np. typu hexapod).

Przykładem praktycznego zastosowania robotów dwuramiennych są roboty współpracujące z człowiekiem (*collaborative robots*), wspomagające go przy wykonywaniu stosunkowo prostych czynności manualnych. Jednakże pomimo tego, że rozwiązanie proponowane w ramach projektu zrealizowanego w CIOP-PIB przypomina pod względem budowy wiele robotów współpracujących i opracowany prototyp również jest wyposażony w charakterystyczne dla nich dwa ramiona, zakres jego zastosowania jest zupełnie inny. Większość robotów współpracujących (takich jak ABB YuMi, Kawada Nextage, Rethink Robotics Baxter lub Yaskawa Motoman) jest stacjonarna i charakteryzuje się stosunkowo małym udźwigiem (np. w przypadku robota YuMi początkowa wartość udźwigu równa 0,5 kg – przy osi robota – maleje do 0,3 kg po odsunięciu końcówki robota od jego osi już o około 8 cm). Ogranicza to aktualnie ich zastosowanie do przenoszenia (lub np. podawania człowiekowi) stosunkowo małych i lekkich przedmiotów. Ponadto roboty współpracujące nie mogą zastąpić człowieka w pracy w strefie niebezpiecznej, co jest celem wykorzystania zdalnie sterowanego mobilnego robota. Nie są one przystosowane do teleoperacji. Istotny jest również wysoki koszt produkcji tego typu urządzeń, znacząco przewyższający cenę komponentów niezbędnych do zbudowania ramion robota.

W CIOP-PIB został zaprojektowany i zbudowany model eksperymentalny dwuramiennego robota mobilnego sterowanego przez operatora z wykorzystaniem gogli rzeczywistości wirtualnej i kontrolerów trzymany w dłoniach (rys. 1). Ruchy kończyn górnych operatora są odtwarzane przez sterowniki silników ramion robota. Obraz z kamer robota jest przesyłany drogą bezprzewodową do HMD. Operator robota ma wrażenie, że znajduje się w miejscu, w którym jest robot (teleobecność) i nie musi uczyć się interfejsu sterowania, gdyż robot odtwarza w czasie rzeczywistym wszystkie jego ruchy. Zastosowanie tego robota umożliwia realizację pracy w strefie zagrożenia lub strefie niebezpiecznej bez narażenia życia i zdrowia człowieka w związku z ekspozycją związaną np. z wysokimi stężeniami szkodliwych substancji chemicznych. Ponadto separacja podejmującego decyzję człowieka od wykonującego pracę efektora uniezależnia zakres realizowanych przez robota prac od możliwości fizycznych człowieka. W szczególności udźwig robota nie jest w żaden sposób limitowany przez możliwości fizyczne osoby sterującej pracą robota – zależy wyłącznie od wydajności zainstalowanych silników i może być zmieniany w zależności od potrzeb. Jest to szczególną zaletą w przypadku osób starszych i/lub z niepełnosprawnościami.



Rys. 1. Sterowanie dwuramiennym robotem mobilnym przez operatora z wykorzystaniem HMD i bezprzewodowych kontrolerów HTC Vive Pro (pełniących w tym przypadku funkcję elementów sterowniczych). Ruchy kończyn górnych operatora są odtwarzane przez silniki ramion robota. Obraz z kamer robota jest przesyłany drogą bezprzewodową do HMD (nad głową operatora widoczna jest antena odbierająca sygnał wideo)

Zakłada się, że zbudowany robot znajdzie zastosowanie przede wszystkim w pracach fizycznych związanych z przenoszeniem i/lub układaniem obiektów, będą więc mogli z niego skorzystać np. robotnicy wykonujący prace proste w transporcie i proste prace magazynowe, których obejmuje kategoria 933 „Robotnicy pomocniczy transportu i prac magazynowych” wymieniona w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 7 sierpnia 2014 r. w sprawie klasyfikacji zawodów i specjalności na potrzeby rynku pracy oraz zakresu jej stosowania.

Do prawidłowej obsługi tego rozwiązania technicznego niezbędne jest przeszkolenie teleoperatora robota mobilnego z wykorzystaniem technik rzeczywistości wirtualnej narzędzia i rejestrowania ruchu operatora (*motion capture*).

Opracowane w CIOP-PIB środowisko wirtualne służy głównie zrealizowaniu dwóch zadań: umożliwieniu funkcjonalnego przetestowania oprogramowania sterowania modelem (wirtualnym) dwuramiennego robota mobilnego oraz prowadzeniu szkoleń przyszłych teleoperatorów robota (rys. 2). Podjęto decyzję, że zewnętrzne otoczenie środowiska wirtualnego będzie swoim wyglądem przypominało środowisko przemysłowe po awarii (zawierające m.in.: kilka fabrycznych budynków otoczonych murem, kominy, rury, zawory, dźwig, chodniki, fragmenty dróg, drzewa, schody, słupy sieci elektroenergetycznej). Umożliwiło to realizowanie scenariuszy szkoleniowych polegających na

prowadzeniu działań związanych z zabezpieczeniem lub usunięciem skutków zdarzeń losowych, takich jak. np. katastrofy naturalne. W takich sytuacjach zadaniem teleoperatora jest przeprowadzenie wizyjnej inspekcji, znalezienie miejsca, w którym potrzebna jest interwencja, oraz podjęcie działań zabezpieczających dany obszar (np. zamknięcie zaworów). Przygotowano również środowisko wizualizujące mały magazyn (zawierający takie elementy, jak regały, palety, paczki, drzwi, puszki, koła, drabina, lampy i kanister).



Rys. 2. Sterowanie wirtualnym modelem dwuramiennego robota mobilnego z wykorzystaniem systemu pomiarowego typu *motion capture*. Na ekranie wyświetlany jest obraz obserwowany przez operatora poprzez gogle rzeczywistości wirtualnej. 1 – ramiona wirtualnego modelu robota, 2 – gogle rzeczywistości wirtualnej, 3 – trzymane w dłoniach kontrolery, których położenie i orientacja wyznaczone są za pomocą systemu typu *motion capture*. Ruch chwytaków zainstalowanych na końcach ramion (1) odwzorowuje ruch trzymany w dłoniach kontrolerów (3), natomiast ruch głowy powoduje taki sam ruch wirtualnych kamer i zmianę obrazu wyświetlanego w goglach rzeczywistości wirtualnej (2)