

Andrzej TYPIAK ¹
Rafał TYPIAK ²

BADANIE RÓŻNYCH STRATEGII STEROWANIA OSPRZĘTEM MANIPULACYJNYM W SYSTEMIE TELEOPERACJI

Jednymi z największych zagrożeń, na jakie narażeni są żołnierze biorący udział w misjach poza granicami kraju, są różnego typu miny-pułapki i niewybuchy. Ich bezpieczne wykrycie i unieszkodliwienie wymaga dysponowania bezzałogowymi platformami wyposażonymi w wyspecjalizowane osprzęty. Podstawowym problemem jaki występuje w tego typu konstrukcjach jest opracowanie efektywnego systemu zdalnego sterowania.

W referacie przedstawione zostało stanowisko, opracowane przez pracowników Katedry Budowy Maszyn WAT (KBM WAT), do badania procesów sterowania osprzętem roboczym w systemie teloeoperacji. Omówiono ogólną konstrukcję wchodzącego w jego skład wielo-członowego manipulatora wyposażonego w chwytak oraz zastosowanego systemu wizyjnego. Z uwagi na wykorzystanie technologii CAN-bus w hydrostatycznym układzie napędowym osprzętu zaprezentowano również, krótką charakterystykę podzespołów i algorytmów sterujących.

RESEACHING DIFFERENT CONTROL STRATEGIES FOR A MANIPULATOR ARM IN A TELEOPERATED CONFIGURATION

One of the major threats which face soldiers operating outside of their nation's borders are mine traps and unexploded shells. Their efficient detection and neutralization requires the use of unmanned platforms fitted with special equipment. The main problem with those constructions is to develop an effective remote control steering system.

This paper presents a manipulator stand elaborated by the employees of the Military Academy of Technology for researching different steering processes in a teleoperated environment. An overall structure of the hydraulic manipulator with it's vision system has been described. Because of using a CAN-bus in the steering system, it's short description has also been presented.

¹Wojskowa Akademia Techniczna, Katedra Budowy Maszyn, Kaliskiego 2 00-908 Warszawa

² Wojskowa Akademia Techniczna, Katedra Budowy Maszyn, Kaliskiego 2 00-908 Warszawa

1. WSTĘP

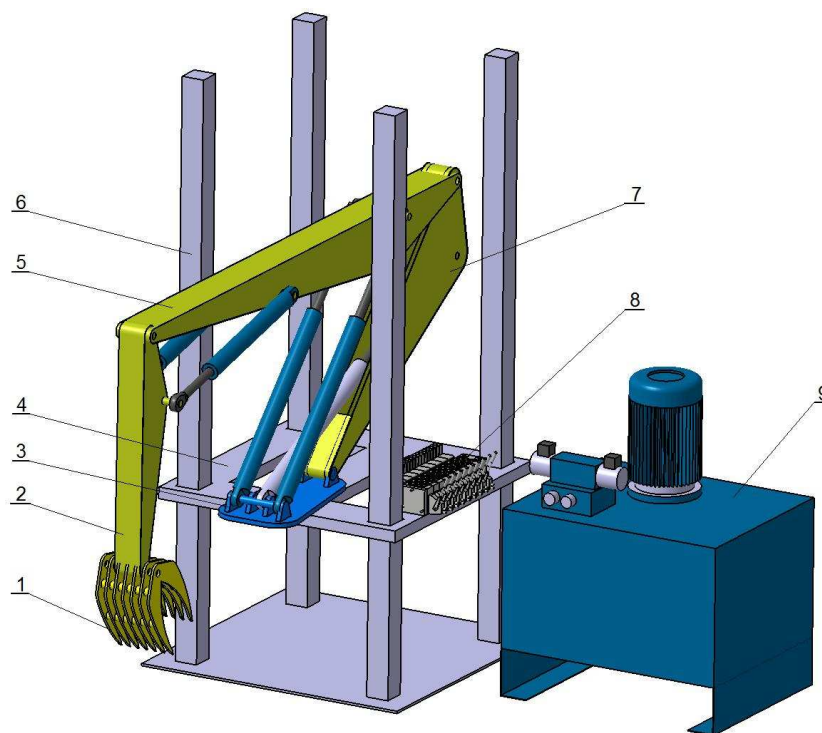
Bezzałogowe platformy lądowe są rozwiązaniem technologicznym, które na świecie zdobywa coraz większe zainteresowanie. Większość armii świata zaczyna dostrzegać potrzebę posiadania własnych bezzałogowych pojazdów. Katedra Budowy Maszyn Wojskowej Akademii Technicznej także aktywnie włącza się w rozwój bezzałogowych platform dla potrzeb Sił Zbrojnych RP, poprzez realizację prac badawczych, których ostatecznym celem będzie zbudowanie własnej bezzałogowej platformy mobilnej. Jednymi z zagadnień, które wymaga dokładnej analizy jest teleoperacja i sterowanie, zarówno platformą jak i elementami znajdującymi się na niej.

Obecnie oczekuje się od bezzałogowych platform lądowych możliwości wykonywania różnorodnych zadań na polu walki. Wśród nich znajdują się: dotarcie w wyznaczony obszar działań, analiza i rozpoznanie obiektów otoczenia i w razie potrzeby, przeprowadzenie zadań saperskich. Opracowane stanowisko badawcze, którego zadaniem jest pomoc w określeniu parametrów łącza wizyjnego i układu sterowania manipulatorem, pozwoli przeprowadzić badania w dziedzinie identyfikacji obiektów i realizacji zadań saperskich na odległość.

2. MANIPULATOR

Manipulator stanowiska badawczego jest modelem osprzętu, który projektowany jest dla robota wsparcia inżynierskiego, budowanego w ramach projektu badawczo-rozwojowego. Osprzęt ten (rys.1) składa się z obrotnicy 3, wysięgnika 7, oraz dwóch członów ramienia – 2 i 5 – zakończonych dwuszczykowym chwytakiem 1. Umożliwia on podejmowanie na maksymalnym wysięgu, wynoszącym ok. 4,5 m, ładunków o masie do 250 kg i średnicy do 600 mm. W płaszczyźnie pionowej przekłada to się na pracę w wykopach o głębokość do ok. 1,7 m oraz operowanie chwytakiem do wysokości ok. 3 m. Napęd manipulatora realizowany jest na drodze hydrostatycznej z wykorzystaniem stacjonarnego zasilacza hydraulicznego 9. Do sterowania poszczególnymi ruchami roboczymi zastosowano rozdzielacz 8 pracujący w technologii CAN-bus.

Z uwagi na ograniczenia związane z wysokością pracowni, w której zainstalowano osprzęt, manipulator posadowiono na ruchomej platformie bazowej 4. Dzięki sterowaniu jej pionowym położeniem, możliwe jest przeprowadzanie badań w pełny polu pracy. W dolnej pozycji można symulować podejmowanie ładunku np. ze skrzyni ładunkowej pojazdu, a w górnej – np. z wykopu.



Rys.1. Elementy składowe stanowiska badawczego: 1 – chwytak, 2 – ramię 1; 3 – obrotnica manipulatora; 4 – ruchoma platforma bazowa; 5 – ramię 2; 6 – prowadnice platformy bazowej; 7- wysięgnik; 8 – rozdzielacz hydrauliczny manipulatora; 9 – agregat hydrauliczny

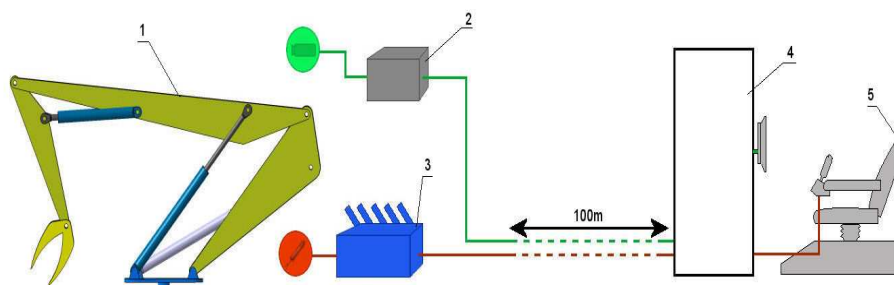
3. UKŁAD STEROWANIA

3.1 Opis magistrali CAN

Układ sterowania manipulatora opiera się na magistrali CAN, która odpowiedzialna jest za zarządzanie komunikacją pomiędzy poszczególnymi elementami sterującymi. Standard CAN został opracowany w latach 80-tych dla przemysłu samochodowego, w celu zarządzania systemem ABS, oraz funkcjami. Cechuje się on dużą odpornością na zakłócenia elektromagnetyczne, brakiem jednostki nadrzędnej – co zwiększa niezawodność dobrze zaprojektowanego systemu, oraz dużą prędkością transmisji danych, dochodzącą do 1 Mbps [1]. Dzięki zastosowaniu odpowiednich sum kontrolnych (wg testów firmy Bosch [2]) w ciągu 4000h ciągłej pracy występuje około $3.95 \cdot 10^{-3}$ nie wykrytych błędów. Sprawia to, że zjawisko wykonania niepełnej instrukcji jest mało prawdopodobne, a zła informacja zostanie odrzucona.

3.2 Opis budowy układu sterowania

W skład układu sterowania, widocznego na rysunku 2, wchodzi następujące komponenty: 3. układ hydrauliczny manipulatora (pompa oleju, siłowniki hydrauliczne, rozdzielacz hydrauliczny), 4. układ sterujący, odpowiedzialny za wysyłanie sygnałów sterujących do manipulatora, oraz 5. stanowisko manipulatora, z odpowiednio zaprojektowanym interfejsem człowiek-maszyna (Human Machine Inter-face, HMI).



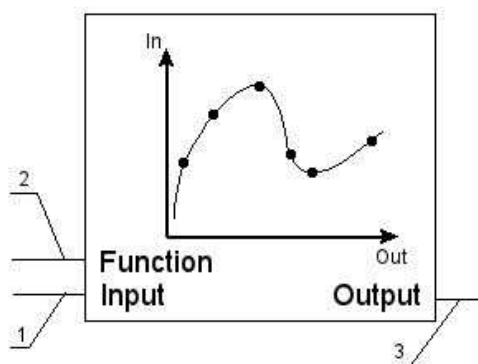
Rys.2. Schemat stanowiska badawczego wraz ze stanowiskiem operatora, gdzie: 1- manipulator, 2 – układ wizyjny manipulatora, 3 – układ hydrauliczny manipulatora, 4 – układ sterujący, 5 – stanowisko operatora

Stanowisko operatora znajduje się w zamkniętym pomieszczeniu oddalonym od manipulatora na odległość 100m. Takie umiejscowienie sprawia, że osoba przeprowadzająca test nie będzie mogła korzystać w żaden sposób z dodatkowych bodźców, poza tymi, które zostaną dostarczone przez system teleoperacyjny. Dodatkowo fizyczne rozsuniecie tych dwóch elementów pozwoli określić wpływ odległości na jakość sygnałów sterujących wysyłanych do manipulatora, oraz określić maksymalną możliwą do osiągnięcia prędkość transmisji danych, dla tej odległości.

3.3 Algorytmy sterujące

W przypadku sterowania obiektem o znacznych rozmiarach na odległość, bardzo ważnym jest, aby zachować wysoki poziom bezpieczeństwa w bezpośrednim otoczeniu tegoż obiektu. Dlatego wymagane jest opracowanie różnorodnych metod bezpieczeństwa, które będą chronić manipulator przed niezaplanowanymi ruchami. Jest to ważne, gdyż badania do tej pory przeprowadzane w KBM wykazały, że operator nie znajdujący się w bezpośredniej bliskości maszyny, którą steruje, łatwo traci koncentrację i pod natłokiem dużej ilości niekompletnych informacji może niechcący potrącić drążek sterujący. Planowane jest takie zaprojektowanie HMI aby zmniejszyć ryzyko zaistnienia sytuacji niebezpiecznych dla manipulatora. Stanowisko operatora zostanie wyposażone w przycisk „obecności operatora” (operator present), które nie dopuści do wykonania jakichkolwiek ruchów manipulacyjnych, bez świadomej wiedzy operatora. Odpowiednie umiejscowienie tego przycisku jest ważne dla komfortu pracy osoby sterującej maszyną, a zastosowanie programowalnej jednostki sterującej pozwoli na szybką rekonfigurację system, w celu sprawdzenia różnych rozwiązań.

Dodatkowym sposobem ochrony manipulatora sterowanego na odległość, jest zapewnienie operatorowi możliwości wpływania na każdy element ruchu osprzętu, poprzez np. zmianę prędkości każdego z ruchów, bądź ograniczenie maksymalnej prędkości w celu osiągnięcia bardziej dokładnego poziomu sterowania. Zaimplementowanie różnych funkcji przetwarzających dane odbierane z HMI pozwoli badać różne poziomy oddziaływania operatora na manipulator i pozwoli na określenie mocnych i słabych stron każdego z nich. Rysunek 3 przedstawia przykładową metodę przetwarzania danych wysyłanych do maszyny. Sygnał wejściowy 1 zostaje przetworzony za pomocą funkcji wprowadzonej wcześniej 2. Sygnał wyjściowy 3 nie musi być liniową zależnością od sygnału wejściowego.



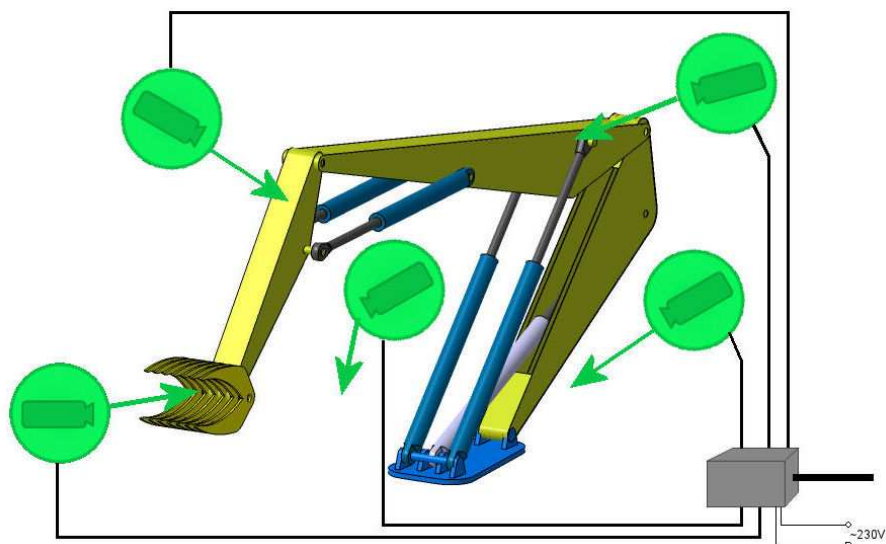
Rys.3. Sposób przetwarzania danych wejściowych układu sterowania, na rozkazy sterujące, gdzie: 1 – sygnał wejściowy, 2 – funkcja przetwarzania, 3 – sygnał wyjściowy

4. UKŁAD WIZYJNY

Opracowany układ wizyjny widoczny na rysunku 4 składa się z pięciu kamer umieszczonych na manipulatorze, zasilanych z jednego źródła napięciowego. Sygnał z kamer przesyłany jest przewodowo do stanowiska operatora, gdzie jest on odpowiednio przetwarzany i przedstawiany na 3 monitorach umieszczonych przed osobą sterującą. Kamery wyposażone są w specjalne wsporniki, aby można było umieszczać je w dowolnym miejscu na manipulatorze. Testowane będą różne ustawienia kamer względem poszczególnych elementów manipulatora, w celu oceny mocnych stron każdego z położeń. Dodatkowo do operatora przesyłany będzie sygnał audio, aby zbadać, wpływ wykorzystania różnych zmysłów człowieka na precyzję sterowania.

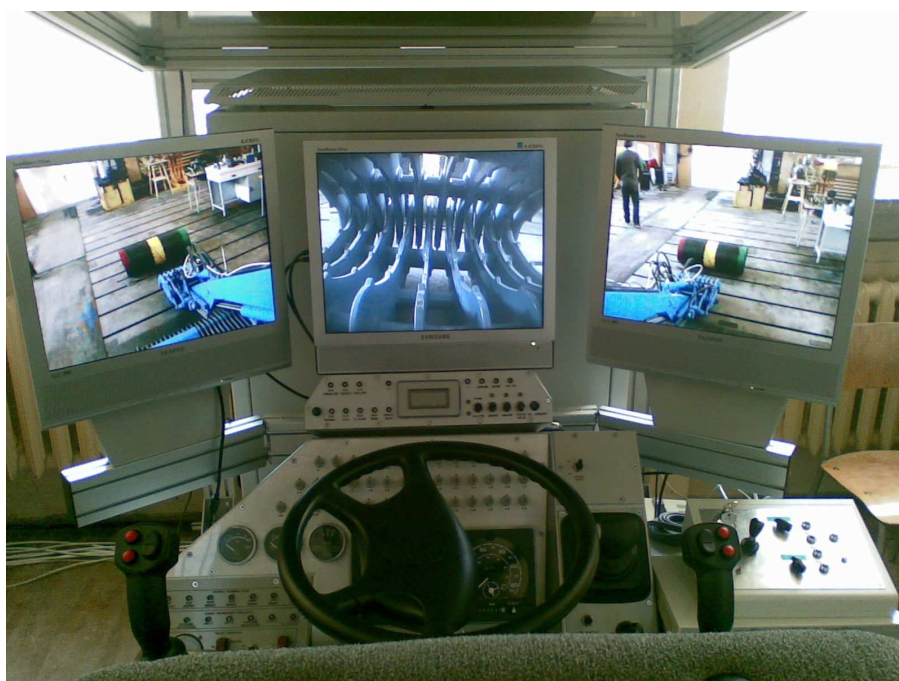
Podczas opracowywania koncepcji stanowiska badawczego zdecydowano się wykorzystać przewodową transmisję sygnału wideo, gdyż umożliwia to zbadanie wpływu opóźnień na dokładność realizowania zadań manipulacyjnych, oraz zapewnia ono stałą jakość sygnału.

Będzie to istotne w przypadku testowania systemu sterowania, gdzie wpływ pozostałych systemów powinien być niezauważalny.



Rys.4. Budowa układu wizyjnego

Opracowane stanowisko operatora z działającym układem wizyjnym widoczne jest na rysunku 5.



Rys. 5. Stanowisko operatora dla układu manipulatora

5. WNIOSKI

Stanowisko badawcze opracowane w Katedrze Budowy Maszyn ma za zadanie sprawdzenie rozwiązań w dziedzinie, teleoperacji i sterowania manipulatorem na odległość. Ma ono dać możliwość zbadania wpływu odległości na zakłócenia komunikacji pomiędzy operatorem, a manipulatorem. Oferować ono będzie możliwość przetestowania rozwiązań konstrukcyjnych samego ramienia i dostrojenie do niego systemów sterowania, oraz wizyjnego w celu lepszej możliwości realizacji zadań.

Przeprowadzone badania pozwolą ustalić poprawne położenia kamer, dla zagadnień manipulacyjnych, oraz opracować odpowiednie procedury wspomagające operatora podczas wykonywania tych zadań poza bezpośrednim otoczeniem pojazdu.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Controller Area Network by Konrad Etschberger, IXXAT Automation GmbH, 2001.
- [2] www.bosch.com