

mgr inż. Tadeusz Sarnowski
ZAKŁADY AUTOMATYKI PRZEMYSŁOWEJ ZAP S.A.
ZAKŁAD ROBOTÓW PRZEMYSŁOWYCH

Robot przemysłowy szklarski

ZRP ZAP S.A. jest producentem robotów przemysłowych typu IRP 6; 60; 90 oraz ich aplikacji. Po szeregu wdrożeniach w przemyśle elektromaszynowym postanowiono poszerzyć zastosowanie robotów na inne, dotychczas mało zautomatyzowane obszary produkcji. Wybrano hutnictwo szkła, jako dziedzinę w której warunki pracy są trudne i szkodliwe dla zdrowia, a jednocześnie produkcja nosi charakter średnio i wielkoseryjnej. Powyższe aspekty, jak również zacofanie technologiczne polskich hut, wymagające wprowadzenia postępu technologicznego zdecydowały o rozpoczęciu prac nad robotyzacją tej gałęzi przemysłu.

Podjęto realizację projektu celowego pn. "Robot przemysłowy szklarski".

Zakres projektu obejmował opracowanie, wykonanie i przebadanie w warunkach przemysłowych prototypu robota szklarskiego.

Celem realizacji projektu było wykonanie prac rozwojowych, dla późniejszego uruchomienia produkcji przemysłowej robotów szklarskich. Wykorzystując zdolności produkcyjne utworzone w ramach Zamówienia Rządowego na roboty.

Realizatorem prac B + R był Zakład Robotów Przemysłowych ZAP S.A przy współudziale Instytutu Automatyki Politechniki Śląskiej.

Przebieg realizacji projektu.

Prace B+R prowadzone były w latach 1991+1992.

W roku 1992 powstał prototyp stanowiska zrobotyzowanego z robotem szklarskim, który został poddany eksploatacji próbnej w warunkach produkcyjnych w hucie szkła w okresie 6-ciu miesięcy. Punktem wyjścia był dotychczasowy robot IRp-6 z systemem sterowania PROWAY. Uznano, że zespoły robota które mogą być wykorzystane należy pozostawić. Głównym powodem takiego myślenia było obniżenie kosztów, drogą zwiększenia serii produkcyjnej. Skala produkcji robotów jest zdecydowanie niższa niż pierwotnie planowano.

W tej sytuacji przed podjęciem prac konstrukcyjnych określono wymagania funkcjonalne na zrobotyzowane stanowiska szklarskie,

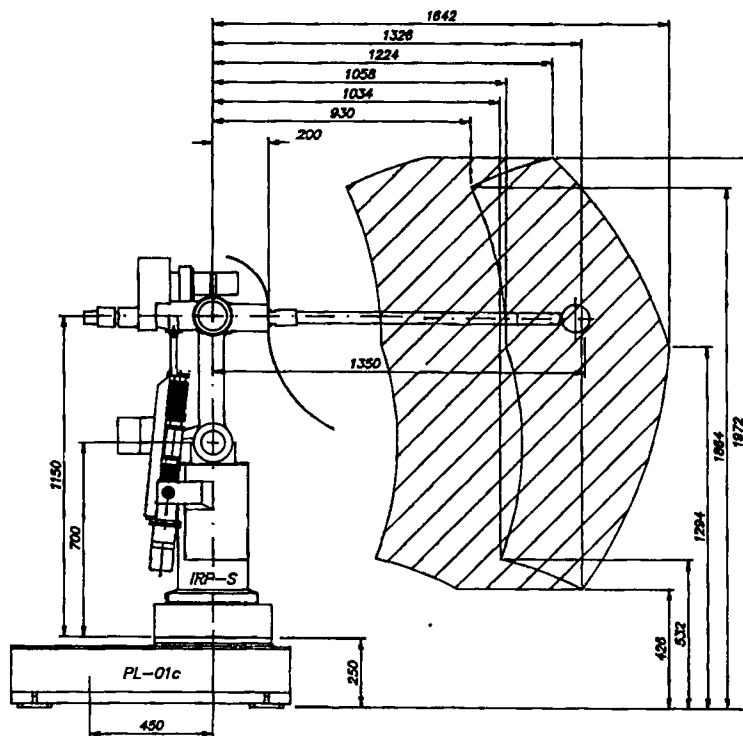
z których najważniejsze to:

- opracowanie nowej konstrukcji osi 3 i 4 o zmienionej kinematyce,
- opracowanie konstrukcji palic o różnych długościach i wymiennych końcówkach, pozwalających na szybką wymianę kul ceramicznych o różnych średnicach,
- opracowanie konstrukcji instalacji wodnej do chłodzenia palicy, spełniających wymagania szczelności w warunkach ruchu palicy i podwyższonej temperatury otoczenia.
- konstrukcja osłon termicznych, chroniących newralgiczne punkty manipulatora przed działaniem bezpośredniego wpływu promieniowania z okna wyrobowego pieca (w oknie temperatura 110°C),
- konstrukcja blokady osi 2,3 po włączeniu zasilania,
- konstrukcja toru jezdnego z napędem elektrycznym o długości przesuwu 450 mm o sterowniu ciągłym, jako dodatkowa oś robota,
- konstrukcja amortyzatora hydraulicznego.
- opracowanie oprogramowania systemowego, uwzględniającego zmianę modelu matematycznego części manipulacyjnej,
- funkcje adaptacyjne związane z pomiarem temperatury i wysokości położenia tafli szkła,
- opracowanie układu automatyki umożliwiającego współpracę z automatem formującym ,
- konstrukcja nożyc do obcinania porcji szkła,
- opracowanie pulpitu sterowniczego dla operatora,
- modernizacja układu sterowania dla zwiększenia odporności na zakłócenia,
- wprowadzenie pamięci masowej typu RAM-CARD.

W wyniku opracowań konstrukcyjnych spełniających powyższe wymagania powstał prototyp robota szklarskiego IRp-S.

Wybrane parametry robota szklarskiego IRp-S:

Ilość osi	4 + 1
Udźwig	6 kg
Powtarzalność pozycjonowania	$\pm 0,2$ mm
Obrót palicy	0+60 obr/min.
Długość palicy	1000+1350 $\mu\mu$
Przesuw toru jezdneho	0+450 mm
	0+1000 mm
	0+1500 mm
Jednostka centralna	mikroprocesor 80286 z koprocesorem 80287
Pamięć zewnętrzna	RAM-CARD
We/wy dwustanowe	16/16 (dodatkowo istnieje możliwość podłączenia 16/16)
We/wy analogowe	8 we/3 wy



Rys. nr 1. Przestrzeń robocza robota IRp-S

Również ważnym zagadnieniem było opracowanie stanowiska zrobotyzowanego.

TECHNOLOGIA DOTYCHCZASOWA

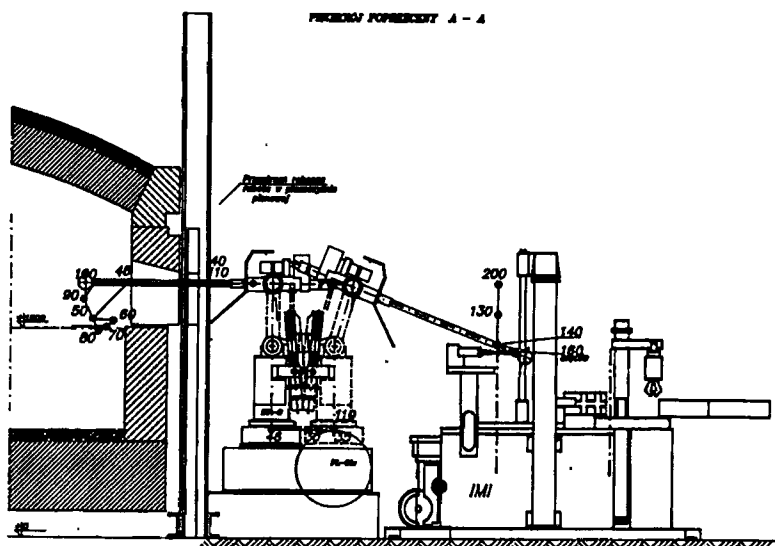
W technologii tradycyjnej pobór odpowiedniej porcji szkła z pieca, następuje ręcznie za pomocą lancy (piszczeli) przez nabieracza - hutnika.

Wprowadza on lancę poprzez otwór roboczy do części topliwej pieca, skąd zostaje nabrana porcja szkła na kulę szmatową, zamocowaną na końcówce lancy. Nabieracz nakręcając umiejętnie wymaganą porcją szkła wprowadza lancę z otworu pieca i odpowiednio manewrując, przenosi ją na przedformę urządzenia formującego. Ściekające szkło, dozowane w odpowiedniej ilości do przedformy, odcinane jest za pomocą nożyc mechanicznych.

Przy dozowaniu ręcznym synchronizacja pracy układu technologicznego piec - hutnik - urządzenie formujące, dyktowana jest wydajnością nabieracza - hutnika.

STANOWISKO ZROBOTYZOWANE

W miejsce hutnika ustawiony został robot przemysłowy wchodzący w skład zrobotyzowanego stanowiska pracy.



Rys. nr 2. Robot IRp-S na stanowisku pracy.

W skład stanowiska zrobotyzowanego wchodzi następujące urządzenia:

- 1 - Robot szklarski IRp-6S;
- 2 - Tor jezdny PL-01c;
- 3 - Prasa formująca;
- 4 - Pulpit sterowniczy (układ sterowania w osobnym pomieszczeniu);
- 5 - Instalacja wody chłodzącej;
- 6 - Nożyce do szkła.

Robot z uwagi na dużą dokładność pozycjonowania oraz pełną programowalność trajektorii ruchu, może współpracować z dowolnymi urządzeniami formującymi takimi jak:

- automat,
- prasa ręczna lub automatyczna,
- wirówka.

W zależności od potrzeb użytkownika, robot w czasie tego cyklu pracy może dozować krople masy szklanej o różnym ciężarze w dowolnie wskazane miejsca, mieszczące się w obszarze pracy. Ciężar dozowanej masy szklanej musi zawierać się w granicach dopuszczalnych dla stosowanej aktualnie średnicy kuli.

Zastosowanie w układzie sterowania robota czytnika RAM-CARD, jako zewnętrznej pamięci masowej, umożliwia składowanie i kopiowanie dowolnej ilości programów w zakresie stosowanej pojemności pamięci RAM-CARD 16 KB+1 MB.

Robot poddany został badaniom eksploatacyjnym, które miały dać odpowiedź na dwa podstawowe zagadnienia:

- niezawodność sprzętu,
- dobór parametrów technologicznych przy nabieraniu automatycznym.

Każde z nich określone było przez szczegółowe parametry. Niezwykle ważnym zagadnieniem jest dobór odpowiednich parametrów technologicznych tj.:

- ciężar kropli,
- średnica kuli,
- ilość obrotów kuli,
- głębokość zanurzenia kuli,
- cykl postoju przed odcięciem,

uzależnionych od:

- prędkości przemieszczania się ciekłego szkła,
- lepkości szkła,
- gęstości szkła,
- temperatury ciekłego szkła,
- rodzaju szkła,
- rodzaju produktu tj. kształtu, wielkości.

W wyniku badań powstały pierwsze normatywy technologiczne, które zostaną zweryfikowane na większej próbie z różnymi rodzajami szkła.

Dotychczasowe próby przeprowadzono na szkle:

- sodowo-wapniowym,
- ołowiowym.

Efekty zastosowania robota wynikłe z doświadczeń eksploatacyjnych:

- zmniejszenie ilości braków do 50% (stałość parametrów),
- zwiększenie wydajności pracy w rozliczeniu 3 zmianowym,
- zmniejszenie zużycia nośników energii na jednostkę produkcji,
- poprawa warunków BHP,
- poprawa rytmiczności produkcji.

STAN AKTUALNY W ZAKRESIE PRODUKCJI

Uruchamiana jest produkcja seryjna.

prof. dr hab. inż. Andrzej Masłowski
mgr inż. Anna Czerniewska - Majewska
mgr inż. Adam Andrzejuk
mgr inż. Piotr Szykarczyk
Pracownia Zrobotyzowanych Układów Mobilnych
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów
Warszawa
/Projekt badawczy KBN nr 9S 604 022 04/

**SYSTEM BADAŃ SYMULACYJNYCH
ZROBOTYZOWANYCH POJAZDÓW DLA OSÓB
NIEPEŁNOSPRAWNYCH**

1. Wstęp

W Pracowni Zrobotyzowanych Układów Mobilnych w PIAP realizowany jest projekt badawczy nr 9S 604 022 04 p.t.: "System badań symulacyjnych zrobotyzowanych pojazdów dla osób niepełnosprawnych". Temat został podjęty ze względu na to, że w kraju pojazdy samochodowe dla osób niepełnosprawnych produkowane są zwykle jako pojazdy standardowe, wyposażone jedynie w dodatkowe urządzenia uruchamiane ręcznie. Rozwiązania takie uwzględniają tylko niewielką grupę dysfunkcji, co czyni je bezużytecznymi dla wielu ludzi niepełnosprawnych. Dostosowanie samochodu do indywidualnych potrzeb każdego użytkownika jest bardzo kosztowne i często ze względu na stopień dysfunkcji kierowcy i zachowanie bezpieczeństwa ruchu drogowego jest niemożliwe. Pojazd zrobotyzowany dla osób niepełnosprawnych w rozumieniu projektu to taki pojazd samochodowy, który umożliwia samodzielne poruszanie się nim człowieka o różnym stopniu niezdolności do normalnego prowadzenia pojazdu, wyposażony w mikroprocesorowe układy korygujące ułomności i niezdolności kierowcy w taki sposób, że czynią go pełnosprawnym i bezpiecznym użytkownikiem dróg.

Problem bezpieczeństwa przy zwiększającym się stale natężeniu ruchu, jest przedmiotem prac wielu ośrodków światowych zmierzających do wspomaganie każdego kierowcy. Przykładem takich badań są prace prowadzone w wielu ośrodkach: Mazda (Akihiro Okuno), Daimler-Benz (Rolf Muller), Uniwersytet Monachium (prof. E. D. Dickmans, W. Efenberger), General Motors (Osman D. Altan), Carnegie Mellon University (Dean A. Pomerlau), gdzie docelowym rozwiązaniem jest stworzenie pojazdu autonomicznego, zdolnego do samodzielnego poruszania się po dowolnej drodze. Ze względu na ograniczone możliwości sprzętowe, osiągnięcie pełnej autonomii nie będzie możliwe jeszcze przez wiele lat. Jednak już teraz można pojazd wyposażyć w inteligentne układy zwiększające bezpieczeństwo ruchu na drodze. W działaniach tych następuje wyjątkowa zbieżność między kierowcą niepełnosprawnym i kierowcą, który nie może w danych warunkach wybrać optymalnego wariantu prowadzenia pojazdu. Budowa rzeczywistego pojazdu zrobotyzowanego wymaga przeprowadzenia szeregu badań, które pozwolą na określenie wymagań stawianych czujnikom, układom pośredniczącym i wykonawczym, oraz zaprojektowanie i sprawdzenie prawidłowego działania układu rozpoznawczo-sterującego. Ze względu na bezpieczeństwo, koszty i możliwości techniczne odpowiednią metodą są badania symulacyjne.

Celem projektu jest opracowanie i weryfikacja systemu badań symulacyjnych zrobotyzowanych pojazdów dla osób niepełnosprawnych. Realizacja projektu pozwoli na określenie funkcji obecnie możliwych do realizacji w pojeździe zrobotyzowanym dla osób niepełnosprawnych, sprecyzowanie założeń na poszczególne elementy i układy takiego

pojazdu. Przewiduje się badania symulacyjne m.in. takich funkcji pojazdu zrobotyzowanego jak:

- autoparkowanie,
- dostarczanie kierowcy informacji o położeniach i prędkościach innych pojazdów na drodze niezależnie od warunków atmosferycznych i pory dnia,
- ostrzeganie przed możliwością zderzenia z przeszkodą, a w razie braku reakcji kierowcy automatyczne hamowanie lub omijanie przeszkody,
- odporność pojazdu na okresowe drgania lub gwałtowne skręcenie kierownicy (np. w wyniku skurczu mięśni kierowcy niepełnosprawnego),
- automatyczne utrzymywanie pojazdu na wyznaczonym pasie ruchu z zachowaniem bezpiecznej prędkości, w przypadku jazdy pozamiejskiej,
- automatyczne wyprzedzanie lub częściowe wspomaganie kierowcy podczas wykonywania tego manewru,
- ostrzeganie przed wykonaniem, lub uniemożliwienie kierowcy manewru prowadzącego do kolizji.

Wynikiem pracy będzie program sterujący funkcjami takiego pojazdu z wizualizacją graficzną, który będzie mógł być wykorzystany w badaniach pojazdów zrobotyzowanych. System będzie mógł służyć do doświadczalnej weryfikacji różnych wersji układu rozpoznawczo-sterującego, jak i do weryfikacji i badań modeli kierowcy, czujników, otoczenia i innych elementów całego układu. Pojazd zrobotyzowany będzie mógł być zastosowany do wspomagania każdego kierowcy w trudnych warunkach drogowych, a szczególnie kierowcy niepełnosprawnego, jak i do zastosowań specjalnych w wojsku i transporcie.

2. System symulacyjny

Proponowany w projekcie system badań symulacyjnych będzie składał się z następujących podsystemów (rys. 1):

- a) symulacji pojazdu
- b) symulacji otoczenia
- c) symulacji kierowcy
- d) symulacji czujników
- e) symulacji układów pośredniczących
- f) symulacji układów wykonawczych
- g) symulacji układu rozpoznawczo-sterującego

W symulacji pojazd reprezentowany jest przez model płaski. Model uwzględnia quasistatyczny opis zmian reakcji normalnych, pomijane są natomiast zjawiska dynamiczne towarzyszące przechyłom wzdłużnym i bocznym bryły nadwozia oraz ruchom " mas

nieresorowanych ". W modelu układu kierowniczego uwzględniane są własności geometryczne (kąt obrotu kierownicy, kąt skrętu kół), oraz sprężyste . Przewidywane jest uwzględnienie tarcia wiskotycznego oraz własności inercyjnych układu kierowniczego w, zależności od możliwości obliczeniowych związanych z czasem symulacji. Jako model koła ogumionego przyjęto model opisujący współpracę koła z nieodkształcalnym podłożem, gdy brak jest warstwy pośredniej między oponą a nawierzchnią (woda, sypki piasek, błoto ...). Momenty napędowe określone są na podstawie charakterystyk częściowych silnika dla wybranego przełożenia. Momenty hamowania odpowiadają sile nacisku na pedał hamulca. Współczynniki przyczepności są danymi wejściowymi dla każdego z kół. Wektor prędkości wiatru jest również wielkością wejściową do modelu. Model pojazdu na poszczególnych etapach tworzenia podlega weryfikacji na podstawie wyników eksperymentu dla wybranych manewrów.

Do prawidłowego odtworzenia warunków rzeczywistych w symulacji, niezbędne jest dostarczenie informacji o przebiegu i kształcie drogi oraz o aktualnej sytuacji drogowej. Rolę tę pełni podsystem (rys.2) symulacji otoczenia. Ponadto do jego zadań należy symulowanie zmian warunków atmosferycznych takich jak siła i kierunek wiatru, oraz symulacja zmian współczynnika przyczepności do nawierzchni. Ze względu na wymagania stawiane systemowi, konieczne jest określenie położenia przeszkód statycznych na drodze jak i poza nią, oraz położenia i wektorów prędkości przeszkód dynamicznych, reprezentujących inne pojazdy w ruchu. Sytuacje drogowe składające się z w/w czynników będą wynikiem losowego ich złożenia lub celowej konstrukcji zdarzenia. Ostatnim zadaniem podsystemu symulacji otoczenia jest wizualizacja przebiegu symulacji. Symulacja otoczenia może być wykonywana na dwa sposoby. Pierwszy z nich polega na całkowitej symulacji komputerowej. W tym przypadku otoczenie i wszystkie z nim związane parametry zapisane będą w postaci macierzy reprezentujących przeszkody, wiatr oraz geometrię drogi z uwzględnieniem współczynnika przyczepności do nawierzchni. Drugim sposobem reprezentacji otoczenia jest tor doświadczalny po którym porusza się robot mobilny. Ruch pojazdu modelowany przez wyżej omówiony model pojazdu przekładany jest w odpowiedniej skali na ruch robota. W tym przypadku parametry inne niż opisujące geometrię drogi i przeszkód, symulowane są komputerowo.

W systemie symulacyjnym kierowca reprezentowany jest przez kierowcę rzeczywistego lub jest symulowany komputerowo. W początkowej wersji systemu, przewidywane jest kierowanie pojazdem przy pomocy klawiatury lub joysticka. Zaplanowana jest także ewentualna budowa uproszczonej kabiny symulującej wnętrze pojazdu.

Są dwie koncepcje realizacji modelu kierowcy. Pierwsza z nich składa się z :

a) zaprogramowania trasy przejazdu na mapie globalnej (trajektoria ruchu i przeszkody) za pomocą myszki bez uwzględnienia dynamiki pojazdu lub przejazdu testowego wykonanego przez kierowcę rzeczywistego z uwzględnieniem dynamiki pojazdu. W tym przypadku niepełnosprawność kierowcy symulowana jest celowo niebezpiecznym doбором

trajektorii ruchu, błędami w utrzymaniu pojazdu na pożądanym torze, błędami w interakcji z przeszkodami i innymi pojazdami na drodze.

b) Przejazdu, uprzednio zaprogramowaną trasą, kierowcy symulowanego, reprezentowanego przez dwa regulatory. Jeden z regulatorów odpowiada za sterowanie kątem skrętu kierownicy (nadażanie za zadaną trajektorią), a drugi nadaża za zadanymi prędkościami. Na tym etapie niepełnosprawność kierowcy ujawnia się przez pogorszenie jakości regulacji (parametry regulatorów) oraz przez ewentualne nałożenie na regulator pewnych sygnałów, np. oscylacji imitujących drżenie rąk na kierownicy.

Druga koncepcja modelu kierowcy opiera się na zastosowaniu sieci neuronowej, która uczy się na podstawie zachowań rzeczywistego kierowcy, a następnie w trakcie symulacji naśladuje jego zachowania. Przewiduje się zastosowanie do tego celu sieci neuronowej wielowarstwowej, nieliniowej ze wsteczną propagacją błędu.

Układy wykonawcze są to urządzenia powodujące określone wymuszenia położenia przepustnicy, siły hamowania i kątu skręcenia kół przednich. Układy te w pierwszym przybliżeniu będą modelowane jedynie przez wprowadzenie członów inercyjnych. W czasie dalszej realizacji projektu przewidywany jest wybór konkretnych rozwiązań i zastosowanie dokładniejszych modeli. Jest to związane między innymi z tym, że jednym z celów omawianego systemu symulacyjnego jest opracowanie założeń odnośnie parametrów tych układów.

Układy pośredniczące są odpowiedzialne za odebranie od kierowcy informacji o jego intencjach odnośnie kąta skrętu kół przednich, siły hamowania i położenia przepustnicy. W przewidywanej konstrukcji uproszczonej kabiny symulacyjnej planuje się zastosowanie czujników zbierających informacje o położeniach kierownicy, pedałów przyspiesznika i hamulca, połączonych dalej z komputerem poprzez przetworniki analogowo-cyfrowe. Układy pośredniczące w pierwszym przybliżeniu będą symulowane podobnie jak układy wykonawcze przez wprowadzenie członów inercyjnych. W przyszłości przewiduje się udoskonalenie modeli tych układów lub ewentualne wykonanie ich jako części kabiny symulacyjnej.

Układ rozpoznawczo-sterujący będzie składał się z dwóch zasadniczych podzespołów. Zadaniem pierwszego jest interpretacja danych pochodzących z czujników wewnętrznych i zewnętrznych. Efektem działania tego układu jest opis sytuacji drogowej i stanu wewnętrznego pojazdu. Są to np. położenia i prędkości innych użytkowników drogi, aktualna prędkość pojazdu, aktualne życzenia kierowcy. Planuje się realizację tego układu za pomocą połączenia metod sieci neuronowych i zbiorów rozmytych.

Zadaniem drugiego podzespołu - sterującego - jest (na podstawie informacji uzyskanej z podzespołu pierwszego) podejmowanie decyzji o działaniach jakie mają wykonywać układy wykonawcze. Planuje się realizację tego układu za pomocą techniki klasycznej, t.j. sieci działań logicznych w oparciu o bazę danych zawierającą opisy zachowań w określonych sytuacjach drogowych, lub za pomocą techniki zbiorów rozmytych.

Podsystem zbierania informacji, na podstawie których układ rozpoznawczo - sterujący (URS) podejmuje odpowiednie decyzje odnośnie zachowania się pojazdu, został w projekcie podzielony na: czujniki zewnętrzne, czujniki wewnętrzne i czujniki związane z pomiarem wartości zadawanych przez kierowcę.

Czujnikami zewnętrznymi są czujniki, które przekazują informacje o sytuacji drogowej i zewnętrznych warunkach jazdy. Do takich czujników można zaliczyć: system wizyjny, przekazujący obraz otoczenia pojazdu, czujniki mierzące odległość od przeszkody (dalmierze laserowe) czy czujniki ultradźwiękowe wykrywające przeszkody oraz czujniki przekazujące informacje np. o stanie nawierzchni itp.

Drugą grupę stanowią czujniki wewnętrzne, które służą do pomiaru aktualnych parametrów ruchu pojazdu: prędkości, położenia i przyspieszenia pojazdu, prędkości obrotowej silnika, siły hamowania, skrętu kół pojazdu, zużycia paliwa i inne.

Ostatnia grupa czujników to czujniki, z których uzyskuje się informacje o oddziaływaniu kierowcy na elementy pojazdu np. położenie pedału przyspiesznika, położenia pedału hamulca, kąt skrętu kierownicy.

Czujniki są modelowane przez wprowadzenie odpowiednich transmitancji uwzględniających stałe czasowe, dopuszczalne błędy pomiaru i błędy przetwarzania oraz w postaci graficznej (symulacja czujnika wizyjnego), obrazującej sytuację drogowe, kształt drogi i otoczenie opisane odpowiednimi mapami zawartymi w pamięci komputera. Będzie to symulacja programowa oparta na założeniu, że czujnik z pewnym błędem i z określoną zwłoką dokonuje odczytu w zakresie swego działania.

W dalszych pracach przewidywane jest dokładniejsze modelowanie czujników, uwzględniające symulację zjawiska fizycznego towarzyszącego działaniu czujnika np. rozproszenie fali dźwiękowej lub odbicie jej pod określonym kątem (czujnik ultradźwiękowy), a następnie symulowanie wpływu zakłóceń na wynik pomiaru. Symulacja taka będzie odbywała się " off line ", a wyniki jej będą wykorzystane przy badaniach w trybie " on line ". Innym sposobem modelowania czujników pojazdu będą badania rzeczywistych czujników stanowiących wyposażenie robota mobilnego. Są to czujniki: taktylne, podczerwieni, ultradźwiękowe i system laserowy. Informacje o zachowaniu się robota mobilnego uzyskane z systemu symulacyjnego, wyniki zebrane podczas badań (rys.5) na torze doświadczalnym w warunkach wykonywania różnych manewrów oraz wyniki badań symulacji komputerowej (rys.4) pozwolą na określenie ilości, typu, sposobu rozmieszczenia czujników w pojeździe oraz określenie ich parametrów takich jak: sposób i zakres pomiaru, dopuszczalne błędy pomiaru, dopuszczalne czasy reakcji oraz częstotliwość pobierania tych informacji.

Analiza realizacji manewrów w rzeczywistym świecie otaczającym robota mobilnego będzie mogła dać odpowiedź na pytanie z jakimi problemami należy liczyć się w rzeczywistym pojeździe poruszającym się po drogach. Podczas komputerowych badań symulacyjnych nie można określić wpływu rzeczywistych zakłóceń i przekłamań na wyniki pomiaru. Zakłócenia te mogą być jedynie określone szacunkowo.

Zakłada się badania symulacyjne dwóch trybów pracy pojazdu zrobotyzowanego (Rys.3). Pierwszy to *czuwanie*. Polega on na tym, że kierowca prowadzi pojazd zgodnie ze swoimi zamierzeniami i możliwościami, a komputer pokładowy jedynie obserwuje jego działania i sytuację drogową, ingerując tylko w przypadkach bezpośredniego zagrożenia, kiedy człowiek popełnia groźne w skutkach błędy. W trybie tym wspomaganie kierowcy niepełnosprawnego polega na umożliwieniu mu sprawniejszego i bezpieczniejszego uczestnictwa w ruchu drogowym dzięki dodatkowym informacjom dostarczanych przez wskaźniki. Pozwoli to na wcześniejszą i dokładniejszą ocenę sytuacji drogowej i pozostawi więcej czasu na podjęcie akcji.

Drugi tryb pracy to t.zw. "*jazda-po-sznurku*". Polega on na tym, że kierowca przekazuje pojazdowi swoje intencje odnośnie danego manewru, które realizowane są zgodnie z zasadami bezpieczeństwa i przepisami ruchu drogowego. Intencje te są przekazywane przez kierowcę niepełnosprawnego przez układy pośredniczące między nim a URS-em (zmiany kąta skrętu kół, siły hamowania, położenia przepustnicy), jak również przez wybór odpowiednich funkcji (np. autoparkowanie) lub nastaw (np. "jedź wolno" albo "jedź sportowo") na panelu kontrolnym.

Trzeci możliwy tryb pracy to *jazda autonomiczna*, która polega na tym, że pojazd sam realizuje zadanie dojechania z jednego punktu mapy do drugiego bez potrzeby ingerencji człowieka. Oczywiście tryb ten jest najtrudniejszy do zrealizowania i jak dotąd nie wykonano nigdzie takiego pojazdu.

Badania te będą wykonywane w dwóch konfiguracjach systemu :

- z wykorzystaniem modeli pojazdu i otoczenia (Rys.4),
- z wykorzystaniem robota mobilnego (Rys.5).

3. Sprzęt użyty w systemie symulacyjnym

Głównym celem projektu jest budowa systemu symulacyjnego w czasie rzeczywistym z animacją komputerową "on line". Praca takiego systemu wymaga bardzo szybkiego komputera z szybką kartą graficzną oraz dużą pamięcią RAM. Możliwości sprzętowe nakładają poważne ograniczenia zarówno na animację graficzną jak również na postać poszczególnych podsystemów. Docelowo system można zaimplementować na komputerze z rodziny SUN'ów, lub rozdzielić zadania między kilka komputerów klasy PC połączonych w sieć, pracujących w systemie QNX 4.2.

Zastosowany w systemie robot mobilny został wyprodukowany w U.S.A. w firmie NOMADIC TECHNOLOGIES INC. Jest to układ o trzech stopniach swobody (przemieszczenie, skręt kół, obrót wieży) poruszający się z prędkością translacji ok. 2 km/h i obrotową 45 stopni/sek. Napęd stanowią trzy silniki z których jeden powoduje zmiany kierunku ruchu robota przez skręcanie trzech zsynchronizowanych kół, drugi powoduje ruch robota, a trzeci obraca wieżę. Silniki zasilane są z dwóch akumulatorów 12V 12Ah. Trzeci akumulator służy do zasilania komputera pokładowego oraz wszystkich czujników.

Komputer pokładowy stanowi PC 486/66MHz 4 MB RAM, Dysk twardy 300 MB, stację dysków 3.5", port joystick'a, złącze klawiatury i monitora SVGA. Sterowanie robota może odbywać się przez joystick, program nagrany na dyskietce bądź dysku komputera pokładowego robota, lub z komputera bazowego za pośrednictwem modemu. Modem pozwala na komunikację w odległości ok. 200 m od komputera bazowego. Robot wyposażony jest w cztery rodzaje czujników.

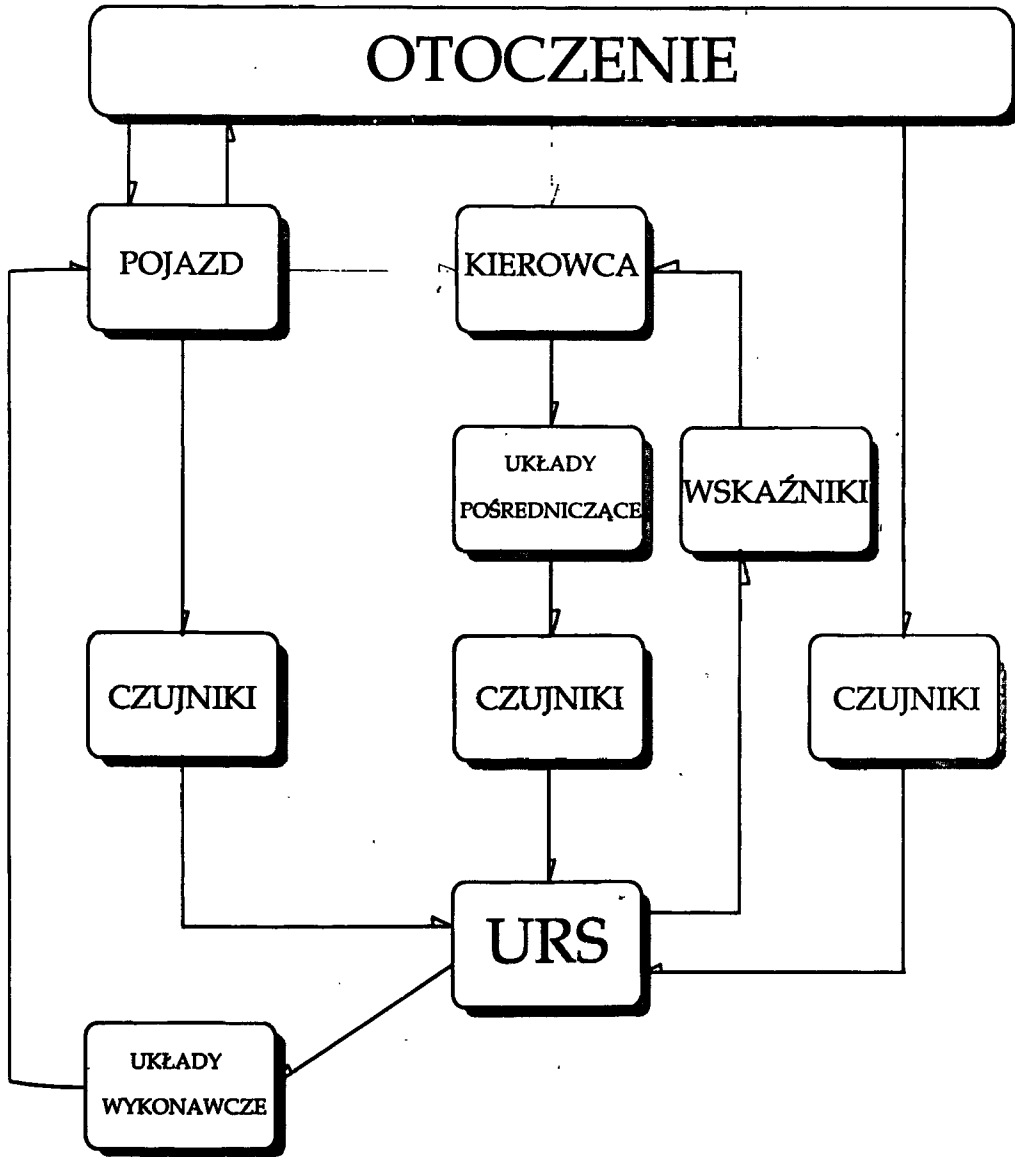
- 1) czujnik taktylny składający się z dwudziestu czujników nacisku rozmieszczonych na obwodzie robota co 18 stopni, w dwóch rzędach. Każdy z czujników ma czułość ok. 124 G.
- 2) 16 czujników IR o zasięgu 0 - 60 cm. Odczyt odległości odbywa się na zasadzie pomiaru natężenia odbitej wiązki podczerwonej.
- 3) 16 czujników ultradźwiękowych o zasięgu 40 cm - 6.5 m. Odczyt odległości bazuje na pomiarze czasu powrotu wyemitowanego sygnału o częstotliwości 49,4 kHz.
- 4) System laserowy składający się z lasera i kamery cyfrowej 510x490. Czujnik ten pozwala na określenie odległości od przeszkody, oraz określenie jej kształtu. Zasięg 45 cm - 3 m.

Oprogramowanie systemu symulacyjnego wykonywane jest w języku C, w standardzie pozwalającym na ewentualną implementację w systemie UNIX. Robot mobilny programowany jest również w języku C w systemie DOS lub UNIX. Do robota dołączone jest oprogramowanie pozwalające na symulację graficzną robota i jego sensorów, oraz interfejs graficzny pozwalający na zdalne sterowanie robota bez znajomości języka programowania.

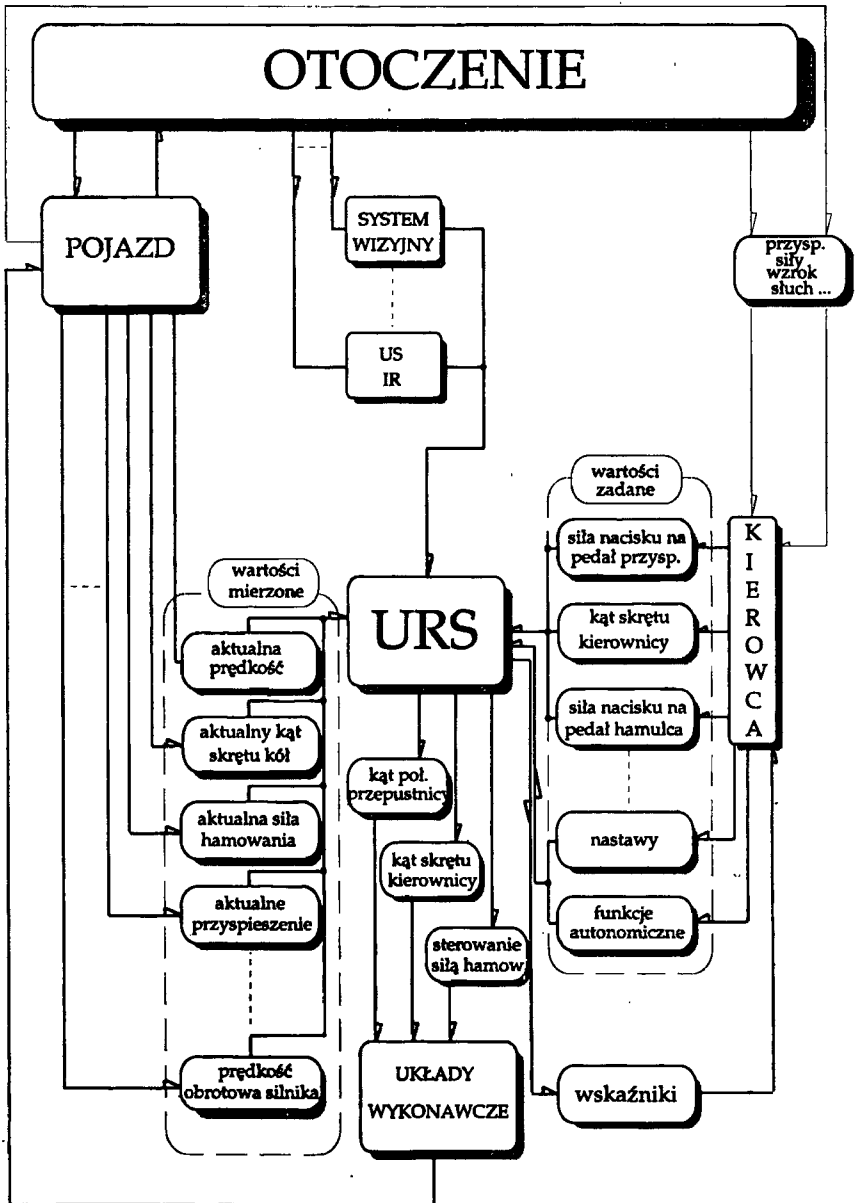
4. Zakończenie

W wyniku realizacji projektu zostanie przygotowany system badań symulacyjnych z wizualizacją graficzną, która pozwoli na:

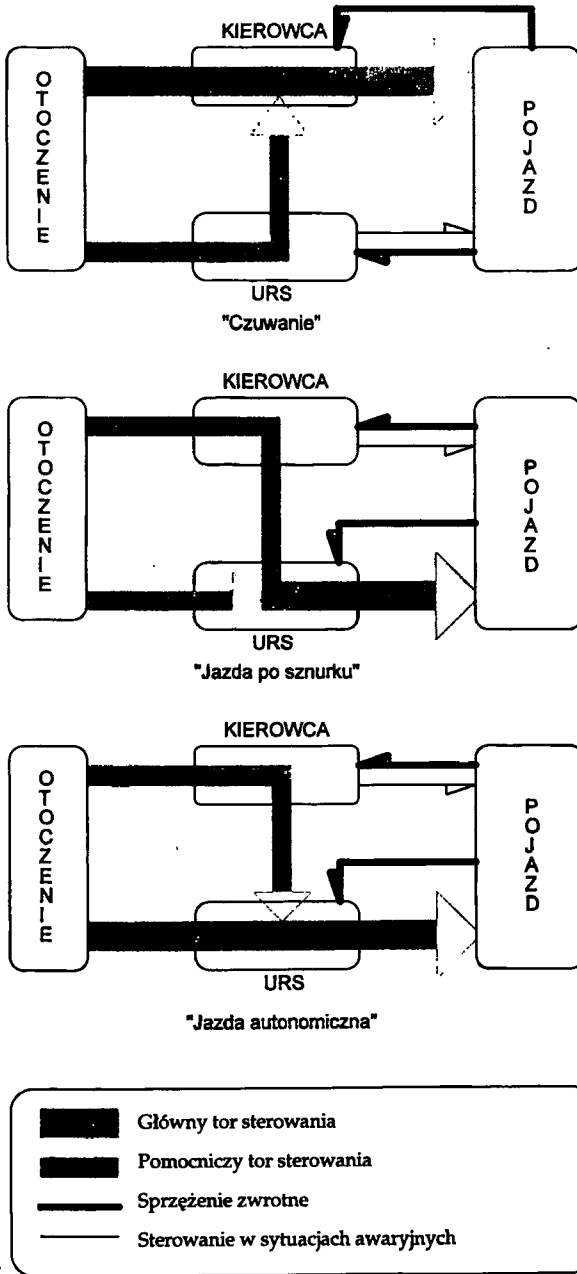
- określenie funkcji obecnie możliwych do realizacji w pojeździe dla osób niepełnosprawnych,
- sprecyzowanie wymagań stawianych poszczególnym elementom i układom takiego pojazdu,
- opracowanie programu sterującego funkcjami pojazdu zrobotyzowanego,
- wykorzystanie systemu w badaniach pojazdów zrobotyzowanych,
- doświadczalną weryfikację różnych wersji układu rozpoznawczo - sterującego,
- weryfikacje i badania modeli kierowcy, czujników, otoczenia i innych elementów całego układu.



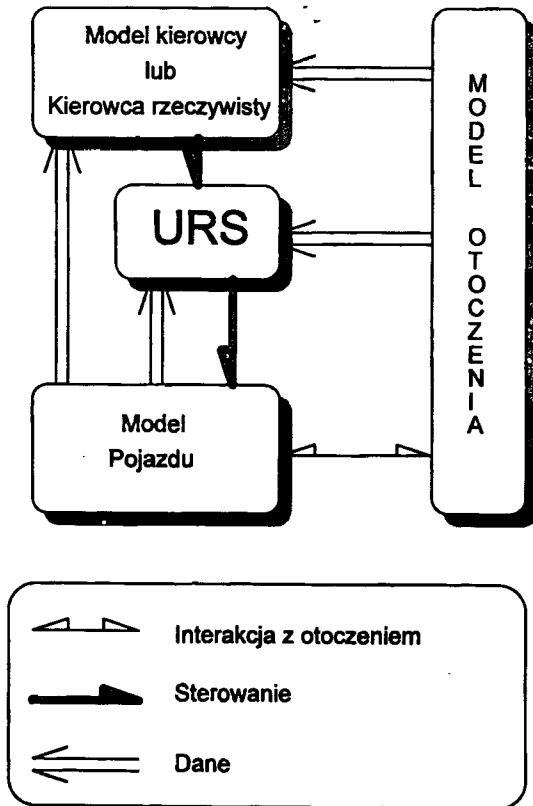
Rys.1 Uproszczony schemat ideowy systemu



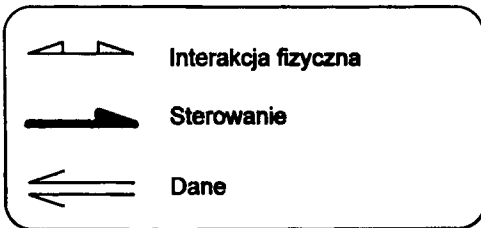
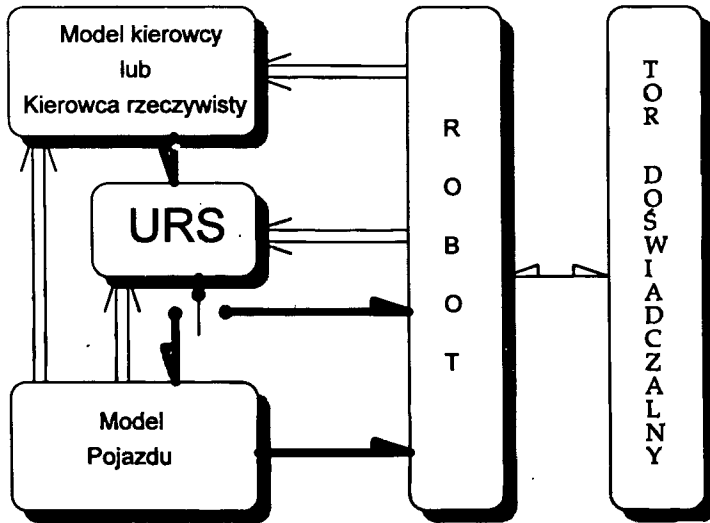
Rys. 2 Podsystemy systemu symulacji



Rys.3 Tryby pracy pojazdu zrobotyzowanego



Rys.4 Konfiguracja systemu symulacyjnego z wykorzystaniem modeli pojazdu i otoczenia



Rys.5 Konfiguracja systemu symulacyjnego z wykorzystaniem robota mobilnego