



*Przez kilka lat funkcjonowania Koła Naukowego Cyborg++ powstało wiele mniejszych i większych projektów. Jednak nie były to wystarczająco duże projekty, aby angażowały wiele osób na kilka lat. Pomysł rozpoczęcia dużego i złożonego projektu, realizowanego przez SKN Cyborg++, powstał pod koniec 2008 roku. Skoro projekt miał być „dużego formatu”, to i robot musiał być znacznych rozmiarów. Członkowie koła postanowili zbudować robota, który będzie miał możliwość poruszania się w warunkach terenowych.*

# Budowa pojazdu bezzałogowego

## Projekt Koła Naukowego Cyborg++

Kolejnymi postawionymi wymaganiami była duża ładowność oraz długi czas pracy bez ładowania. Zdecydowano się na zbudowanie robota bazującego na małym quadzie z silnikiem spalinowym. Wykorzystanie gotowej platformy umożliwiło skupienie się w pełni na automatyzacji oraz sterowaniu robota. Inspiracją dla rozpoczęcia tego trzyetapowego projektu były pojazdy bezzałogowe UGV (unmanned ground vehicle) wykorzystywane przez wojsko oraz roboty

startujące w zawodach DARPA Grand Challenge.

W latach 2004...2007 agencja DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) organizowała zawody Grand Challenge, mające na celu przejazd autonomicznych pojazdów po trasie wyznaczonej na pustyni Utah w Stanach Zjednoczonych. Zawody były organizowane w ramach projektu Systemów Bojowych Przyszłości (FCS – Future Combat Systems). Prawie wszystkie startujące pojaz-

dy zostały zbudowane na bazie fabrycznych samochodów. Wykorzystanie gotowych maszyn, służących do dalszych modyfikacji, umożliwiło drużynom skupienie się w pełni na celu, czyli opracowaniu algorytmów sztucznej inteligencji. W pierwszym roku żadna z drużyn nie zdołała ukończyć wyścigu, w kolejnych latach pojazdom udawało się pokonać wyznaczoną trasę. Od roku 2008 zmieniono formułę zawodów, które zamiast na pustyni, odbywają się w sztucznym śro-

dowisku miejskim. Pojazdy mają za zadanie bezkolizyjnie uczestniczyć w ruchu miejskim, przestrzegając przepisów drogowych pod groźbą wykluczenia z zawodów. Widoczna jest stała poprawa rezultatów działania pojazdów bezzałogowych, będąca wynikiem rozwoju algorytmów sztucznej inteligencji oraz systemów sensorycznych. Opracowane na potrzeby zawodów systemy mogą z powodzeniem wspierać kierowcę, poprawiając bezpieczeństwo na drogach. Twórcy autonomicznych samochodów twierdzą, że do roku 2020 technika będzie na tyle zaawansowana, że samochody jeżdżące bez kierowców staną się faktem. Problemem zapewne pozostaną sprawy prawno-ubezpieczeniowe.

## Wojskowe pojazdy UGV

Bezzałogowe pojazdy lądowe są obecnie rozwijane przez wiele ośrodków badawczych na całym świecie, są również coraz powszechniej stosowane przez wojsko. Ich potencjalne użycie jest bardzo szerokie. Pojazdy bezzałogowe mogą być wykorzystywane do celów militarnych, takich jak ewakuacja rannych żołnierzy z pola walki, dostarczanie zaopatrzenia na linie frontu, operacje zwiadowcze oraz wiele innych zadań, niebezpiecznych dla człowieka.

Istnieje również wiele cywilnych zastosowań pojazdów bezzałogowych. Mogą one wykonywać zadania w warunkach środowiskowych, które są szkodliwe dla człowieka, na przykład inspekcja skażonych terenów. Dzięki zastosowaniu robotów mobilnych możliwe jest lepsze chronienie rozległych terenów, takich jak lotniska i duże zakłady.

## Projekt budowy pojazdu bezzałogowego

Robot powstał w celach badawczo-rozwojowych. Stworzenie robota mobilnego zdolnego do pracy na otwartym terenie daje możliwość testowania różnych rozwiązań technicznych w trudnych warunkach środowiskowych. Skonstruowany robot ma wystarczającą ładowność, aby zamontować na nim dużą ilość dodatkowego sprzętu. Pozwoli to na przetestowanie różnych systemów sensorycznych w pracy poza warunkami laboratoryjnymi oraz ocenę ich przydatności w terenie. Zamontowanie na robocie wydajnego komputera przemysłowego umożliwi, na bazie informacji z systemu sensorycznego, stworzenie zaawansowanych algorytmów sterowania oraz prace badawcze nad sztuczną inteligencją.

Projekt został podzielony na trzy mniejsze, tak aby możliwe było ich wykonanie w ciągu jednego roku akademickiego przy wykorzystaniu grantów uczelnianych oraz innych dofinansowań.

Etap pierwszy – „przystosowanie pojazdu typu ATV (all terrain vehicle) do pracy zdalnej pod kontrolą człowieka” – zakończono

## Kilka ciekawszych projektów pojazdów UGV

### Crusher

(źródło: [www.rec.ri.cmu.edu/projects/crusher/photos/images/description\\_high.jpg](http://www.rec.ri.cmu.edu/projects/crusher/photos/images/description_high.jpg))



Pojazd bezzałogowy, który pokona najcięższy teren, bez udziału człowieka. Ważący 6,5 tony Crusher jest w stanie przenieść 4 tony ładunku. Porusza się całkowicie samodzielnie. Działa w miejscach zbyt niebezpiecznych dla pojazdów załogowych. Może dostarczać zaopatrzenie, ewakuować rannych oraz prowadzić rozpoznanie. Został zaprojektowany tak, aby dotrzeć do celu przy minimalnym prawdopodobieństwie wykrycia przez nieprzyjaciela. Sześć kół, napęd hybrydowy i nieprzeciętna dzielność terenowa czynią z niego niemal doskonałą broń przyszłości.

### Projekt TALOS

(źródło: [www.technowinki.onet.pl/](http://www.technowinki.onet.pl/))

Celem projektu, finansowanego ze środków Unii Europejskiej, jest stworzenie i przetestowanie w terenie innowacyjnego systemu strzegącego antonimicznie lądowej granicy Unii Europejskiej. Tradycyjne systemy są zbudowane z obiektów naziemnych. Ich pracę uzupełniają patrole. System mający powstać w ramach projektu TALOS ma być tańszy, elastyczniejszy, wydajniejszy oraz bardziej wszechstronny. System ma składać się z pojazdów oraz samolotów bezzałogowych. Roboty mobilne będą pełnić rolę obserwatorów oraz w razie wykrycia zagrożenia podejmą pierwszą reakcję. System będzie nadzorowany przez oficerów straży granicznej.



### Lewiatan

(źródło: [www.militarium.net/viewart.php?aid=571](http://www.militarium.net/viewart.php?aid=571))

W Polsce powstał już pierwszy pojazd bezzałogowy Lewiatan. Jest to sześciokołowy pojazd bezzałogowy z napędem hydraulicznym stworzony przez firmę Hydromega, WB Electronics oraz Warszawską Akademię Techniczną.



ny w grudniu 2009 roku. Projekt zakładał zakup pojazdu ATV oraz przystosowanie go do pracy zdalnej. W ramach projektu prowadzono równoległe prace nad automatyzacją urządzeń pokładowych oraz z opracowywaniem układu sterowania.

Etap drugi – „budowa inteligentnego teleoperatora” – termin zakończenia: wrzesień 2010. Projekt zakłada stworzenie pojazdu bezzałogowego, który jest sterowany zdalnie przez człowieka. Pojazd ma mieć na tyle zaawansowane systemy pokładowe, aby zapewniały bezpieczeństwo jazdy. Wyposażenie robota w system dwóch skanerów laserowych firmy SICK, stosowanych do monitorowania obszaru przed i za pojazdem,

umożliwi systemom pokładowym zatrzymanie pojazdu w przypadku pojawienia się przeszkody.

Etap trzeci – „opracowanie algorytmów autonomicznej nawigacji w terenie” – termin rozpoczęcia: wrzesień 2010. Ostatnim etapem projektu jest rozpoczęcie prac nad autonomiczną nawigacją w terenie. Robot zostanie wyposażony w trzeci pomiarowy skaner laserowy oraz system wizyjny. Na podstawie danych z zainstalowanych systemów wydajny komputer pokładowy będzie analizował obraz oraz podejmował samodzielne decyzje. Docelowo pojazd ma jeździć po trasie wyznaczonej przez koordynaty GPS, omijać przeszkody oraz planować optymalną tra-

sę. Nawigacja pojazdu będzie wspomagana przez system inercyjny.

Pierwszy zakończony etap przystosował quada do pracy zdalnej. Wykorzystano gotowy pojazd, aby w pełni skupić się nad problemami związanymi z budową robota, zamiast na tworzeniu pojazdu terenowego.

### Konstrukcja mechaniczna

Część mechaniczna robota zawierała przystosowanie układów wykonawczych pojazdu do pracy zdalnej. Zautomatyzowano układ skrętu kół, hamulca oraz sterowanie silnikiem. Robot jest napędzany silnikiem benzynowym, czterosuwowym, o pojemności 110 ccm. Silnik ma elektryczny rozrusznik, gaźnik z opcją ssania oraz automatyczną skrzynię biegów.

W zakres pracy wchodziła modyfikacja pojazdu, przystosowanie go do montażu dodatkowych konstrukcji i modyfikacja zawieszania, zaprojektowanie i wykonanie stalowej ramy umożliwiającej instalację sensorów pomiarowych, systemu wizyjnego, kompute-



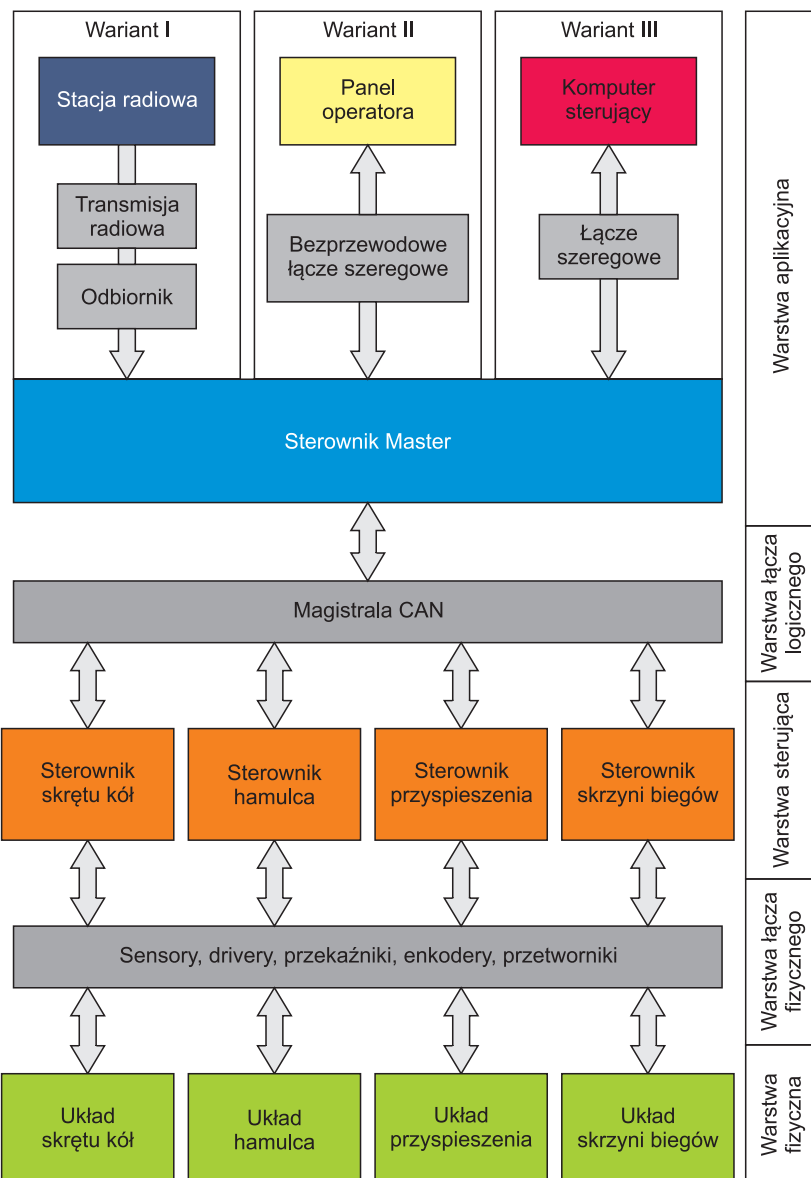
ra pokładowego, a także akumulatorów zasilających układy elektroniczne, zbudowanie zespołów silników liniowych i obrotowych sterujących układem skrętu kół, hamulco-

wym, gazem, ssaniem oraz skrzynią biegów oraz modyfikacja jego konstrukcji i instalacji elektrycznej. Bazą do budowy robota był czterokołowy pojazd terenowy ATV.

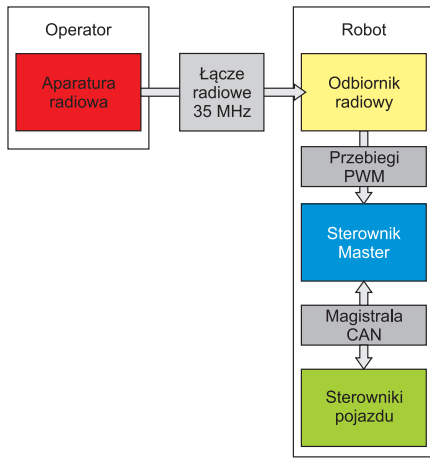
Przyjęto następujące założenia dla mechanicznych układów wykonawczych:

- **Duża szybkość działania.** Jednym z najważniejszych wymogów automatyzacji elementów sterowania pojazdem jest szybkość ich działania. Dzięki odpowiedniej szybkości układów mechanicznych i krótkich czasów realizacji zadań możliwe jest płynne sterowanie jazdą pojazdu, a wydawane polecenia wykonywane są natychmiast. Zapewnia to bezpieczeństwo podczas poruszania się robota. Podobnie jak niezawodność, szybkość działania ma bardzo duży wpływ na zachowanie bezpieczeństwa podczas ruchu pojazdu.
- **Niezawodność.** Jest ona równie ważna, co szybkość działania. Podczas pracy pojazdu nie można pozwolić sobie na awarie urządzeń mechanicznych i innych współpracujących z nimi.
- **Łatwość montażu i demontażu.** Mechanizmy podczas ich konstruowania powinny być tak projektowane, by dostęp do części podczas montażu był możliwie łatwy i nie wymagał różnorodnych narzędzi i elementów montażowych, jak śruby, nakrętki podkładki. Podobne wymagania stawiane są demontażowi układu. Projekt układów sterowania powinien uwzględniać możliwość wymiany podzespołów budujących układ bez zbytecznego demontażu innych elementów.
- **Modułowość.** Warunek ten zapewnia łatwość wykonywania modyfikacji i udoskonalania powstałych mechanizmów. Pojazd w obecnej chwili jest wersją prototypową, co w założeniu zakłada jego ewolucje i zmiany.

Modułowy układ sterowania powinien być zasilany napięciem 24 V. Zalecane jest



Rysunek 1. Schematy blokowy robota



Rysunek 2. Schemat radiowego toru sterowania

zamknięcie układów w szczelnych obudowach, umożliwiających działanie pojazdu w warunkach terenowych przy niesprzyjającej pogodzie. Z tego względu wszelkie wykorzystywane elementy elektryczne oraz elektroniczne powinny być wykonane w wysokich klasach odporności na wpływ środowiska. Wykorzystywane połączenia wałków napędowych powinny być odporne na zanieczyszczenia i wilgoć.

**Układ sterowania**

Podczas realizacji pierwszego etapu projektu opracowano uniwersalny układ sterowania, który będzie wykorzystywany we wszystkich etapach projektu.

Pojazd w obecnej fazie rozwoju jest na etapie prototypu, zastosowane elementy wykonawcze mogą się na późniejszym etapie zmienić. Aby zmiana elementu wykonawczego nie powodowała konieczności wymiany całego układu sterowania, niezbędna jest jego modułowość. Dzięki zastosowaniu magistrali CAN będzie możliwość zmiany poszczególnych układów wykonawczych, przy zachowaniu tych samych interfejsów, bez zmian w całym układzie sterowania. Przykładowo, gdyby zaistniała konieczność wymiany w jednym z aktuatorów silnika z DC na BLDC, konieczne będą zmiany tylko w jego elektronice sterującej, z zachowaniem kompatybilności z przyjętym protokołem sieciowym, bez ingerencji w resztę układu sterowania. Możliwe będzie również dodawanie kolejnych urządzeń wykonawczych, sensorycznych czy diagnostycznych, bez potrzeby wprowadzania zmian w urządzeniach należących do układu sterowania, jedyne zmiany będzie trzeba wprowadzić w komputerze nadrzędnym. Kolejne etapy rozwoju robota zakładają uzyskanie inteligencji oraz pracy samodzielnie, w przypadku takiego układu sterowania dodawanie kolejnych urządzeń nie stanowi problemu.

Układ sterowania będzie składał się z inteligentnych urządzeń połączonych siecią. Nadrzędny komputer sterujący będzie wydawał polecenia do sterowników urządzeń wyko-

nawczych, a one będą sterowały aktuatorami. Komputer nadrzędny będzie odciążony m.in. z realizowania algorytmów regulacji.

Do sterowników będą podłączone urządzenia wykonawcze oraz sensory zapewniające sprzężenia zwrotne dla układów regulacji. Dla układu sterowania zostanie zapewniony pewien poziom abstrakcji sprzętu tzn. zastosowane sensory będzie można zmieniać w celu dobrania optymalnych. Przykładowo zmiana enkodera absolutnego na potencjometr będzie możliwa i będzie wymagała jedynie zmian w oprogramowaniu sterownika danego urządzenia. Podobna sytuacja będzie miała miejsce w przypadku wymiany silnika z DC na BLDC (silnik bezszczotkowy). Sterowanie silników BLDC jest bardziej skomplikowane od silników prądu stałego. Aplikacja odpowiedzialna za działanie robota nie będzie nawet musiała wiedzieć, jaki aktualnie silnik jest zastosowany. Jedyne, co będzie musiało być niezmiennie, to w tym przypadku interfejs, czyli protokół komunikacji dla sieci CAN. Za sterowanie silnikiem BLDC będzie odpowiedzialny jego sterownik elektroniczny.

Układ sterowania będzie odporny na uszkodzenie poszczególnych urządzeń wykonawczych. Jest to bardzo ważne z punktu widzenia niezawodności. W przypadku awarii któregoś z urządzeń reszta układu nadal będzie działać poprawnie, np. w przypadku awarii sterownika przyspieszenia nadal będziemy mogli zahamować.

**Model warstwowy układu sterowania**

W celu spełnienia wszystkich wymagań stawianych układowi sterowania została opracowana pięciowarstwowa architektura podobna do tej stosowanej w sieciach typu Fieldbus wg modelu odniesienia ISO/OSI. Na układ sterowania składa się pięć warstw, podobnie jak w przypadku sieci dana warstwa może komunikować się tylko z warstwami sąsiadującymi.

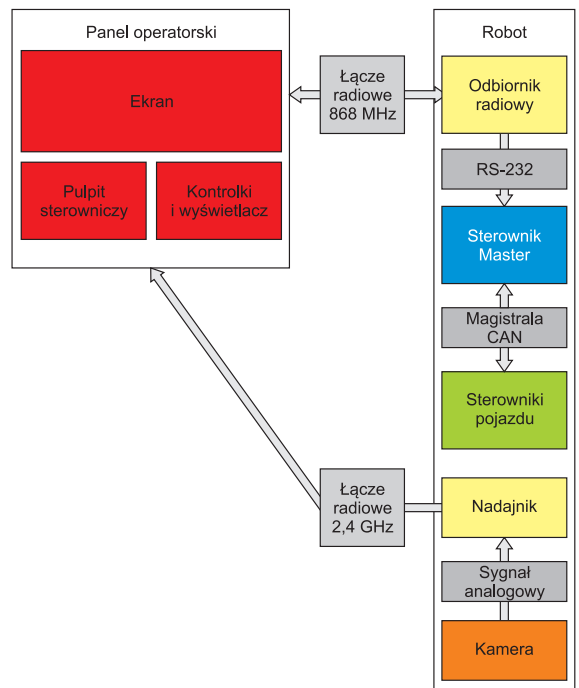
- Warstwa fizyczna to najniższy poziom, zawierający elementy mechaniczne, odpowiedzialne za sterowanie robotem. W tej warstwie zawierają się wszystkie aktuatory, czyli silniki, siłowniki, serwomechanizmy oraz inne elementy mające fizyczny wpływ na pracę układu.
- Warstwa łącza fizycznego zawiera stopnie mocy do silników oraz układy sprzężenia zwrotnego, tj. enkodery, czujniki indukcyjne oraz inne urządzenia dostarczające informacje o aktual-

nym stanie elementów wykonawczych oraz zapewniające sprzężenie zwrotne dla algorytmów regulacji.

- Warstwa sterująca to mikroprocesorowe sterowniki indywidualne dla każdego z elementów wykonawczych. Sterowniki samodzielnie realizują algorytmy regulacji, przyjmując wartości wejściowe z warstwy łącza logicznego, regulują układ na podstawie informacji z warstwy łącza fizycznego, zwracając wynik regulacji do jednostki nadrzędnej poprzez warstwę łącza logicznego.
- Warstwa łącza logicznego umożliwia wymianę informacji urządzeniom warstwy sterującej oraz dwukierunkową komunikację z warstwą aplikacyjną. Poprzez tę warstwę wydawane są polecenia dla poszczególnych zespołów fizycznych oraz odbierane są informacje o stanie poszczególnych układów.
- Warstwa aplikacyjna odpowiada za realizację logiki sterującej. Może to być układ interakcji maszyny z człowiekiem lub komputer posiadający sztuczną inteligencję. W warstwie tej zawarte są również układy sensoryczne dostarczające informacje dla komputera realizującego zaprogramowany algorytm działania.

**Budowa układu sterowania**

Schemat blokowy układu sterowania został przedstawiony na rysunku 1. Warstwa fizyczna oraz warstwa łącza fizycznego zostały narzucone przez koncepcję mechanicznej realizacji projektu. Dalsze warstwy zostały opracowane w celu spełnienia wymagań stawianych układowi sterowania. Zgodnie z założeniami każdy inteligentny moduł wykonawczy musi mieć własny algo-



Rysunek 3. Schemat blokowy panelu operatorskiego

rytm działania, dlatego proponowanym rozwiązaniem są cztery sterowniki mikroprocesorowe. Każde z urządzeń zawiera własny sterownik realizujący algorytmy regulacji. Sterowniki są połączone magistralą CAN. Magistrala CAN została wybrana ze względu na niezawodność oraz właściwości bardzo dobrze spełniające założone wymagania. Pracą sterowników dołączonych do magistrali CAN zarządza sterownik typu Master. Rolą sterownika Master będzie pełnić mikrokontroler, do którego można podłączyć bezprzewodowe łącze szeregowe lub aparaturę radiową. Na dalszym etapie rozwoju projektu robotem będzie sterował komputer nadrzędny połączony z zaawansowanym układem sensorycznym. Komputer nadrzędny będzie komunikował się ze sterownikiem typu Master w celu sterowania robotem. Komputer nadrzędny będzie komunikował się z Masterem poprzez łącze szeregowe w przypadku, w którym konieczne będzie przesyłanie większej ilości danych, wykorzystany zostanie Ethernet (**rysunek 2**).

Pierwszy etap zakładał przystosowanie pojazdu do pracy zdalnej. Do sterowania robota wykorzystano aparaturę modelarską. System nadrzędny wykorzystujący aparaturę radiową przedstawiony na schemacie. Opisany etap zakończył się sukcesem.

Transmisja radiowa odbywa się tylko w jednym kierunku, operator nie ma żadnych informacji zwrotnych od pojazdu, dlatego niezbędny jest bezpośredni kontakt wzrokowy z robotem. Jest to najprostsza aplikacja umożliwiająca sterowanie robotem i testy układu sterowania. Transmisja radiowa odbywa się z częstotliwością 35 MHz pomiędzy aparaturą obsługiwaną przez operatora a odbiornikiem na robocie. Każdy z przesyłanych kanałów jest reprezentowany przez przebieg o zmiennym wypełnieniu (PWM) i częstotliwości 50 Hz przez odbiornik. Przebiegi są dekodowane przez sterownik master i odpowiednio rozkazy są wysyłane przez magistralę CAN do sterowników układów wykonawczych.

**Drugi etap projektu – w realizacji.** Drugi, obecnie realizowany etap zakłada zbudowanie inteligentnego teleoperatora. Fundusze na realizację projektu zostały pozyskane pod koniec kwietnia. Obecnie zespół kompletuje elementy konieczne do zrealizowania projektu.

System nadrzędny z panelem operatorskim i transmisją obrazu z kamery przedstawia **rysunek 3**.

Opracowany układ umożliwia transmisję w dwóch kierunkach pomiędzy operatorem a robotem. Komunikacja odbywa się bezprzewodowym łączem RS-232 z częstotliwością 868 MHz. Operator steruje robotem za pomocą pulpitu sterowniczego, na kontrolkach oraz wyświetlaczu LCD wizualizowany jest stan pracy robota, stopień naładowania baterii oraz informacja o ewentualnych

błędach. Informacje są przesyłane łączem bezprzewodowym pomiędzy panelem operatorskim a sterownikiem typu master na robocie. Równoległe do transmisji sygnałów sterujących odbywa się transmisja obrazu z kamery. Obraz jest transmitowany drogą radiową z częstotliwością 2,4 GHz. Operator, mając obraz z kamery zamontowanej na robocie oraz informacje zwrotne o stanie układu sterowania, może kierować pracą robota z dużej odległości, bez konieczności kontaktu wzrokowego z robotem. Nadrzędny układ sterowania w tej konfiguracji umożliwia sterowanie robotem pracującym w warunkach niebezpiecznych dla życia i zdrowia operatora, np. w terenie skażonym lub na obszarze prowadzenia działań wojennych. Sterownik Master analizuje dane ze skanerów laserowych i w razie konieczności zatrzymuje pojazd, nawet w momencie, kiedy operator wydaje inne polecenia.

**Trzeci etap projektu – planowany.** Ostatnim etapem projektu jest stworzenie pojazdu bezzałogowego pracującego autonomicznie. Z kompletem niezbędnego wyposażenia realizacja tego etapu jest projektem typowo software'owym. Na obecnym etapie zapewniono finansowanie projektu oraz rozpoczęto kompletowanie niezbędnych urządzeń. Trwa rekrutacja osób chętnych do realizacji tej części projektu. Już wiadomo, że w ramach projektu będzie prowadzona jedna praca doktorska oraz dwie prace magisterskie. Studenci w kole wykorzystują najnowsze narzędzie wspomagające prace inżynierów. Obecnie istnieje możliwość prowadzenia prac projektowych równoległe. Konstrukcja mechaniczna powstaje równoległe do elektronicznej, a prace nad sztuczną inteligencją mogą być prowadzone jeszcze przed fizycznym zbudowaniem robota. Istnieje możliwość wykorzystania symulatora, do którego zostanie wprowadzony robot wraz z całym systemem sensorycznym. Wirtualne środowisko wiernie odwzorowuje rzeczywistość. Większość wykorzystywanych sensorów, takich jak skanery laserowe, została wprowadzona przez twórców środowisk symulacyjnych.

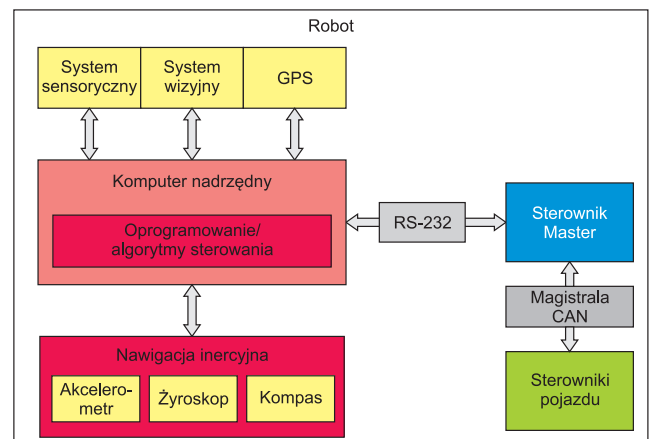
Testując opracowywane algorytmy w wirtualnym świecie, unikamy nieraz kosztownych błędów, a na docelowy system wgrujemy tylko wstępnie przetestowane oprogramowanie. Takie podejście pozwala zaoszczędzić koszty oraz czas i uniknąć ewentualnych uszkodzeń sprzętu.

Układ sterowania zaprojektowany do pracy bez kontroli człowieka został pokazany na **rysunku 4**.

Układ został zaprojektowany tak, aby robot mógł pracować autonomicznie, bez zdalnego sterowania przez człowieka. Ewentualny nadzór robota jest możliwy przez połączenie siecią bezprzewodową komputera nadrzędnego z komputerem operatora. Przy takiej konfiguracji operator może wydawać robotowi polecenia, a robot będzie je wykonywał. Przykładowo operator zleca robotowi dojechanie w pewne miejsce, podając jego współrzędne geograficzne, a robot musi samodzielnie dojechać w wyznaczone miejsce. Algorytmy oraz wyposażenie robota muszą umożliwiać lokalizację, rozpoznawanie otoczenia oraz omijanie przeszkód. Inteligencja robota będzie zawarta w komputerze sterującym. Do lokalizacji pojazdu zostanie wykorzystany odbiornik GPS wspomagany przez nawigację inercyjną (IMU). Percepcja otoczenia będzie się odbywać za pomocą skanera laserowego oraz systemu wizyjnego. Komputer nadrzędny za pomocą łącza szeregowego będzie się komunikował ze sterownikiem Master w celu sterowania pracą robota, komunikacja będzie przebiegać dwukierunkowo, komputer nadrzędny będzie miał informację o stanie robota.

Opisany projekt jest pierwszym tak dużym projektem, realizowanym przez SKN Cyborg++. Dotychczas przyniósł ogromne doświadczenie, dalsze etapy przyczynią się do rozwoju wiedzy na temat samodzielnej pracy robotów w terenie. Na Wydziale Mechatroniki PW powstało wiele robotów mobilnych, jednak żaden nie był wykorzystany w terenie. Wykonany projekt ma również uzasadnienie aplikacyjne. Podobne roboty były już używane w zastosowaniach cywilnych. W 2006 roku roboty mobilne niemieckiej firmy wspomagały pracę ochrony podczas MŚ w Piłce Nożnej. Zbudowany robot doskonale spełnia postawione wymagania. Jest w stanie poruszać się w terenie, działać co najmniej kilka godzin oraz transportować kilkadziesiąt kilogramów dodatkowego wyposażenia.

Filip Jankun  
f.jankun@mchtr.pw.edu.pl



**Rysunek 4. Schemat blokowy układu sterowania projektowanego do pracy bez nadzoru człowieka**