

GRANT REKTORSKI

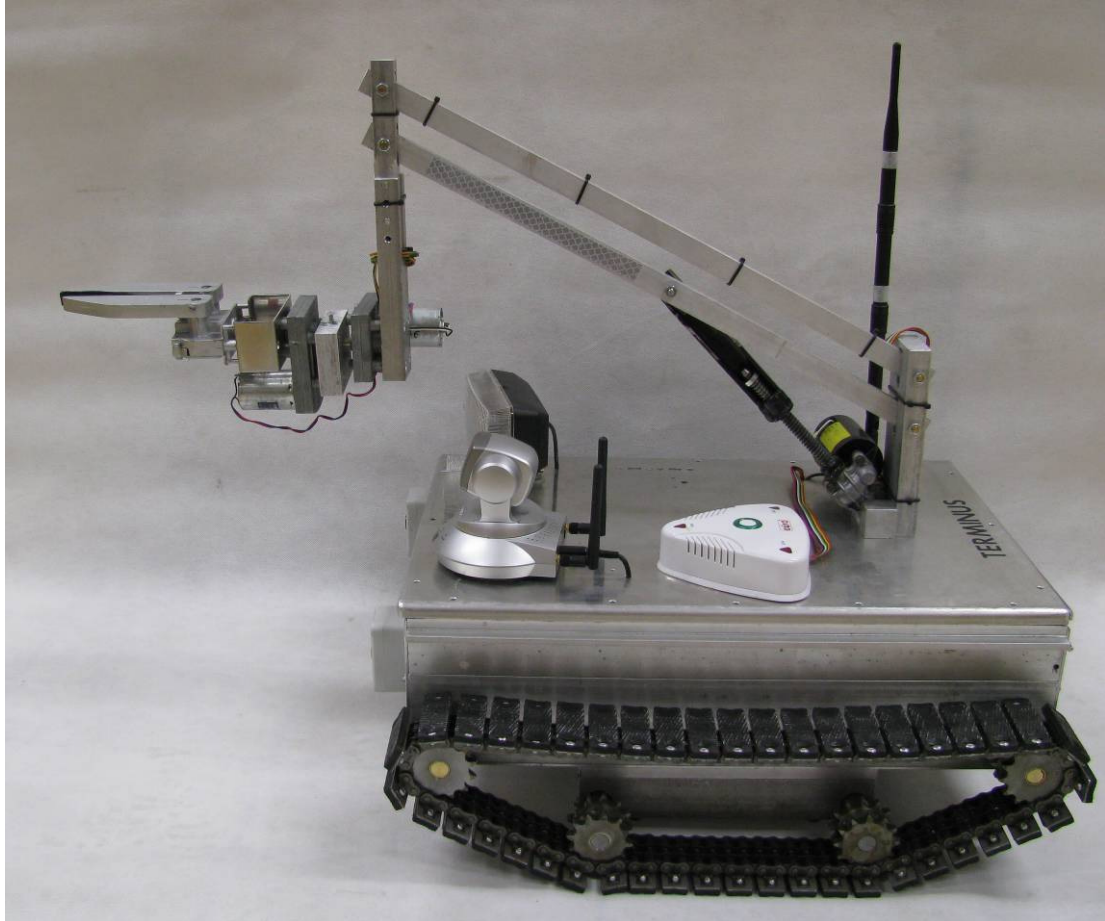
**DLA
STUDENCKIEGO KOŁA NAUKOWEGO
ELEKTROTECHNIKI W SYSTEMACH TRANSPORTOWYCH
KNEST**

TEMAT:

**MODERNIZACJA ZDALNIE STEROWANEGO
GĄSIENICOWEGO POJAZDU POMIAROWEGO
„TERMINUS”**

Opiekun:
dr inż. Piotr Tomczuk
Dane kontaktowe:
Wydział Transportu Politechniki
Warszawskiej
Gmach Nowej Kreślarni, p.220,
tel.234 -77- 52,
e-mail: ptomczuk@it.pw.edu.pl

Studenci SKN KNEST
Koordynatorzy projektu:
1. Wojciech Stępień
2. Krzysztof Pieńkowski
3. Piotr Krawcow



Sprawozdanie z realizacji Grantu Rektorskiego

**MODERNIZACJA ZDALNIE STEROWANEGO
GĄSIENICOWEGO POJAZDU POMIAROWEGO
„TERMINUS”**

**Studenci SKN KNEST
www.knest.it.pw.edu**

Warszawa 2010

Streszczenie

Jednym z najistotniejszych elementów nowoczesnych systemów transportowych jest bezpieczeństwo pracowników. Rozwiązania techniczne, które mogą pomóc w osiągnięciu tego celu to roboty mobilne, które zminimalizują bezpośredni udział człowieka, między innymi, w kontaktach z substancjami niebezpiecznymi.

W pracy omówiono zagadnienia transportu i przechowywania ładunków niebezpiecznych oraz przeprowadzono przegląd rozwiązań technicznych stosowanych do nadzoru transportu. Teoretyczna analiza możliwości wykorzystania robota mobilnego, pomocnego w nadzorze składowania materiałów szkodliwych stworzyła podstawę do skonstruowania modelu wielozadaniowego pojazdu, który realizuje założone zadania. W pracy przedstawiono przykładowy projekt oraz rzeczywisty model zdalnie sterowanego pojazdu obserwacyjno-pomiarowego wraz z oprogramowaniem służącym do jego obsługi, który może być wykorzystany w obiektach transportu ładowego.

Summary

One of the most crucial elements of modern shipping systems is employee safety. Technical solutions which could help achieve this goal include mobile robots used for assignments, which minimize direct human participation in e.g. contact with dangerous substances.

This thesis discusses the issues of transport and dangerous cargo storage and presents the results of research on technical solutions used in transport supervision. A theoretical analysis of the applications of a mobile robot used for storing harmful materials has created a basis for building a model of a multirange vehicle, which fulfills the assumed tasks. The thesis also presents a hypothetical project of and practical solutions used in a remote controlled, observation and measurement vehicle with software for operating it, which could be used in land transport facilities.

1. WSTĘP

Niniejsza praca prezentuje przykładowy sposób wspomagania systemów nadzoru transportu lądowego poprzez wykorzystanie automatycznych mikropojazdów zwanych dalej również robotami mobilnym.

W szczególności zwrócono uwagę na projekt przykładowego pojazdu wielozadaniowego. Rozwiązanie przedstawione w pracy jest podejściem uniwersalnym i zrealizowanym w ramach działalności Koła Naukowego Elektrotechniki w Systemach Transportowych.

Celem pracy jest przedstawienie projektu zdalnie sterowanego pojazdu obserwacyjno-pomiarowego, który mógłby pozwolić na automatyczne pomiary warunków środowiskowych i obserwację otoczenia w nadzorowanym obiekcie transportowym lub dowolnym obiekcie przemysłowym. Podstawą do wykonania projektu jest teoretyczna analiza możliwości wykorzystania pojazdu tego typu w nadzorze obiektów o szczególnym charakterze wymagań.

Praca składa się z siedmiu rozdziałów. Rozdział pierwszy zawiera wstęp. W rozdziale drugim poruszony został problem transportu i magazynowania substancji niebezpiecznych. Rozdział trzeci prezentuje przegląd stosowanych technologii służących do nadzoru transportu. Jako że tematyka pracy dotyczy automatycznych mikropojazdów, w rozdziale czwartym zostało przybliżone zagadnienie robotyki mobilnej. W rozdziale piątym przeprowadzono teoretyczną analizę możliwości wykorzystania pojazdu obserwacyjno-pomiarowego do nadzoru w obiektach transportu lądowego. Rozdział szósty przedstawia przykładowy projekt pojazdu pomiarowego wraz z opisem aplikacji potrzebnych do sterowania oraz dokonywania obserwacji otoczenia. W rozdziale siódmym przedstawiono uwagi i wnioski dotyczące realizowanego zadania. Ponadto do pracy dołączono załączniki, w których zawarto kody programu do sterowania pojazdem oraz programu mikrokontrolera.

2. TRANSPORT I INFRASTRUKTURA MAGAZYNOWA

W obecnych czasach istotną rolę w transporcie spełnia infrastruktura magazynowa, która jest niezbędnym elementem nowoczesnych systemów transportowych. Główną częścią infrastruktury magazynowej jest magazyn, czyli obiekt budowlany przystosowany do składowania i przemieszczania zapasów na wyodrębnionej przestrzeni, która może zajmować plac nieosłonięty (składowisko), plac półosłonięty (wiata), część budowli, całą budowlę lub kilka budowli magazynowych.

W dobie rozwoju technologii występuje konieczność magazynowania wynikająca m.in. z faktu, że czas produkcji poszczególnych dóbr nie pokrywa się z czasem ich konsumpcji. Różnice te są łagodzone przez gromadzenie zapasów w odpowiednich magazynach, w których oprócz składowania towarów wykonywane są również inne zadania, jak np.: ewidencjonowanie, kompletacja, komisjonowanie asortymentów, paczkowanie czy też porcjowanie.

W ujęciu funkcjonalnym można podzielić je na magazyny:

- surowców i półproduktów przeznaczonych do dalszego przetwórstwa
- wyrobów gotowych uzyskiwanych w wyniku procesów przetwórczych
- narzędzi i innych materiałów wykorzystywanych do utrzymania ruchu

Warto dodać, że często istnieje potrzeba składowania materiałów niebezpiecznych, w związku z czym w infrastrukturze magazynowej obecne są również obiekty takiego przeznaczenia.

W poniższej pracy głównym przedmiotem zainteresowania będzie rozwiązanie (robot mobilny), które będzie mogło wspierać systemy służące do nadzoru i kontroli składowanych materiałów niebezpiecznych. Aby zająć się tym tematem dogłębnie, istotne jest zapoznanie się z ogólnymi zasadami transportu i magazynowania materiałów niebezpiecznych. Wcześniej jednak warto wspomnieć o aktach prawnych, które regulują te zasady.

Problematyka operacji transportowych, w tym magazynowania i przepakowywania dla środków chemicznych spełniających definicje towarów niebezpiecznych jest unormowana w następujących aktach prawnych[5]:

- DYREKTYWA RADY z dnia 12 czerwca 1989 r. w sprawie wprowadzenia środków w celu poprawy bezpieczeństwa i zdrowia pracowników w miejscu pracy (89/391/EWG)

- DYREKTYWA RADY 98/24/WE z dnia 7 kwietnia 1998 r. w sprawie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa pracowników przed ryzykiem związanym ze środkami chemicznymi w miejscu pracy (czternasta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/931/EWG)
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA PRACY I POLITYKI SOCJALNEJ z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. (tekst pierwotny: Dz. U. 1997 r. Nr 129 poz. 844; tekst jednolity: Dz. U. z 2003 r. Nr 169, poz. 1650)
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA z dnia 30 grudnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy związanej z występowaniem w miejscu pracy czynników chemicznych. (Dz. U. z 2005 r. Nr 11, poz. 86)
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA z dnia 1 grudnia 2004 r. w sprawie substancji, preparatów, czynników lub procesów technologicznych o działaniu rakotwórczym lub mutagennym w środowisku pracy. (Dz. U. z 2004 r. Nr 280, poz. 2771)
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA GOSPODARKI, PRACY I POLITYKI SPOŁECZNEJ z dnia 29 maja 2003 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa. (Dz. U. z 2003 r. Nr 107, poz. 1004)
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA PRACY I POLITYKI SOCJALNEJ z dnia 28 maja 1996 r. w sprawie rodzajów prac, które powinny być wykonywane przez co najmniej dwie osoby. (Dz. U. z 1996 r. Nr 62, poz. 288)
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA PRACY I POLITYKI SOCJALNEJ z dnia 28 maja 1996 r. w sprawie rodzajów prac wymagających szczególnej sprawności psychofizycznej. (Dz. U. z 1996 r. Nr 62, poz. 287)
- ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW dnia 10 września 1996 r. w sprawie wykazu prac szczególnie uciążliwych lub szkodliwych dla zdrowia kobiet. (Dz. U. z 1996 r. Nr 114, poz. 545 ze zmianami)
- ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW z dnia 24 sierpnia 2004 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac. (Dz. U. z 2004 r. Nr 200, poz. 2047 ze zmianami)

- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA PRACY I POLITYKI SPOŁECZNEJ dnia 14 marca 2000 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy ręcznych pracach transportowych. (Dz. U. z 2000 r. Nr 26, poz. 313 ze zmianami)
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ROLNICTWA I ROZWOJU WSI z dnia 24 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu i magazynowaniu środków ochrony roślin oraz nawozów mineralnych i organiczno - mineralnych. (Dz. U. z 2002 r. Nr 99, poz. 896 ze zmianami)
- Ustawa z dnia 29 sierpnia 1997 r. o zmianie ustawy o ochronie i kształtowaniu środowiska oraz o zmianie niektórych ustaw. Dz. U. nr 133, poz. 855. oraz Ustawa z dnia 31 stycznia 1980 r. o ochronie i kształtowaniu środowiska. Tekst jednolity: Dz. U. 1994, nr 49, poz. 196, zm.:1995, nr 90, poz. 446.
- Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej. (Dz. U. z 2002 r. Nr 147, poz. 1229)
- Umowa ADR w brzmieniu obowiązującym w roku 2005. (Dz. U. z 2002 r. Nr 194, poz. 1629 ze zmianami).

2.1 Przewóz towarów niebezpiecznych

Z towarami niebezpiecznymi, czyli substancjami stwarzającymi niebezpieczeństwo dla życia ludzi, zwierząt czy środowiska można się spotkać w zasadzie wszędzie:

- w domu (farby, kleje, kosmetyki)
- w budownictwie (smoły, lepiki, środki czyszczące)
- w rolnictwie (nawozy, środki ochrony roślin)
- w rozrywce (sztuczne ognie, fajerwerki)
- telekomunikacji (baterie litowe w telefonach komórkowych)

Podczas przewozu tego typu towarów obowiązują precyzyjne przepisy i zasady postępowania. Istnieją substancje szczególnie niebezpieczne, stwarzające zagrożenie większe od pozostałych. Należą do nich przede wszystkim towary promieniotwórcze, których transport podlega przepisom nadzorowanym przez Państwową Agencję Atomistyki oraz materiały wybuchowe. Ich przewóz wymaga stosowania specjalnych pojazdów o odpowiedniej konstrukcji. Pojazdy takie muszą posiadać świadectwo

dopuszczenia do przewozu niektórych towarów niebezpiecznych oraz dodatkowe badania techniczne.

Najważniejszym dokumentem, który reguluje zasady przewozu (transport drogowy) materiałów niebezpiecznych jest umowa ADR.

ADR (fr. L' Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route) to międzynarodowa konwencja dotycząca drogowego przewozu towarów i ładunków niebezpiecznych, sporządzona w Genewie dnia 30 września 1957 r. Została ratyfikowana przez Polskę w 1975 r. Przepisy umowy ADR są nowelizowane w cyklu dwuletnim. Umowa obowiązuje obecnie w 44 krajach.

Od 2003 roku każde przedsiębiorstwo związane z transportem drogowym towarów niebezpiecznych (przewoźnik, firma odbierająca i wysyłająca towary niebezpieczne) zobowiązane jest do współpracy z doradcą ds. bezpieczeństwa (Doradca ADR), którego zadaniem jest pomoc w realizacji wymagań nałożonych przez konwencję, sporządzanie obowiązkowych sprawozdań rocznych do wojewody oraz wprowadzanie odpowiednich procedur i instrukcji bezpieczeństwa.

ADR składa się z umowy właściwej oraz z załączników A i B, będących jej integralną częścią. Umowa właściwa określa stosunki prawne między uczestniczącymi państwami, natomiast załączniki zawierają przepisy regulujące w szerokim zakresie warunki przewozu poszczególnych materiałów niebezpiecznych w międzynarodowym transporcie samochodowym.

Załącznik A obejmuje podział wszystkich produkowanych na świecie materiałów niebezpiecznych na 13 klas zagrożeń oraz zawiera szczegółową klasyfikację tych materiałów w poszczególnych klasach:

- **1** - Materiały i przedmioty wybuchowe
- **2** - Gazy
- **3** - Materiały ciekłe zapalne
- **4.1** - Materiały stałe zapalne
- **4.2** - Materiały samozapalne
- **4.3** - Materiały wytwarzające w zetknięciu z wodą gazy zapalne
- **5.1** - Materiały utleniające
- **5.2** - Nadtlenki organiczne
- **6.1** - Materiały trujące
- **6.2** - Materiały zakaźne

- 7 - Materiały promieniotwórcze
- 8 - Materiały żrące
- 9 - Różne materiały i przedmioty niebezpieczne

Ponadto w tym załączniku określone zostały ogólne i szczegółowe warunki opakowania pojedynczych materiałów, wymagania w zakresie oznakowania materiałów oraz warunki badań i znakowania tych materiałów. Symbole ładunków niebezpiecznych zostały przedstawione na rys 2.1.



Rys. 2.1. Symbole ładunków niebezpiecznych zgodnie z umową ADR

W załączniku B określone są:

- warunki przewozu poszczególnych materiałów niebezpiecznych
- warunki techniczne pojazdów samochodowych
- warunki techniczne przyczep (naczep), cystern i kontenerów - cystern
- warunki oznakowania pojazdów i dodatkowego ich wyposażenia
- warunki załadunku i wyładunku poszczególnych materiałów

- zakazy ładowania ładunku razem w jednym pojeździe
- wymagania dotyczące osób uczestniczących w przewozie
- niezbędna dokumentacja przy tych przewozach

Przewóz materiałów niebezpiecznych jest złożonym procesem wymagającym specjalistycznej wiedzy. Organizacja transportu zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami w zakresie bezpieczeństwa, gwarantuje nie tylko minimalizację zagrożeń wynikających z przewozu materiałów niebezpiecznych, ale i jego pełną efektywność. Możliwość doboru rodzaju opakowania lub środka transportu w zależności od zagrożeń stwarzanych przez konkretny towar niebezpieczny bez pogarszania bezpieczeństwa w przewozie - jest wiedzą wartą poznania i stosowania, gdyż głównym czynnikiem efektywnego biznesu jest stałe ograniczanie zbędnych kosztów.

2.2 Magazynowanie materiałów niebezpiecznych

Często zdarza się, że procesy produkcyjne wymuszają na logistyce wewnątrzzakładowej zarówno magazynowanie, jak i transportowanie materiałów niebezpiecznych i niestandardowych. Konieczne okazuje się w takich przypadkach spełnianie przez magazyn dodatkowych wymagań. Niezależnie od tego czy jest to nowy obiekt, czy też konieczne jest adaptowanie już istniejących pomieszczeń, kluczową kwestię stanowi uwzględnienie wcześniej wspomnianych wymagań prawnych. W Polskim systemie prawnym przyjmuje się definicję materiałów niebezpiecznych ujętą w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. W myśl tego dokumentu za materiały niebezpieczne uznaje się w szczególności substancje i preparaty chemiczne zaliczone do niebezpiecznych, zgodnie z przepisami w sprawie substancji chemicznych stwarzających zagrożenia dla zdrowia lub życia.

Aby zapewnić bezpieczeństwo towarów, pracowników obiektu, w których składowane są różne materiały, obiekty infrastruktury magazynowej powinny spełniać określone ogólne wymagania [1]:

- rodzaj przestrzeni magazynowej, która może być:
 - zamknięta (budynki magazynowe, zbiorniki zamknięte, silosy zamknięte), w której składowane będą wyroby nieodporne na zewnętrzne warunki atmosferyczne (opady deszczu, śniegu, energii promienistej, czyli słonecznej), a także wymagające odpowiedniej temperatury, wilgotności powietrza oraz jego czystości

- półotwarta (wiaty magazynowe), w której składowane będą wyroby odporne na zewnętrzne warunki atmosferyczne w zakresie temperatury, wilgotności i czystości powietrza, natomiast nieodporne na opady deszczu, śniegu i energii promienistej (słonecznej)
- otwarte (składowiska, place składowe, doły, w której składowane będą wyroby odporne na zewnętrzne warunki atmosferyczne oraz opady deszczu, śniegu i energię promienistą
- wymagania konstrukcyjno-budowlane i instalacyjne dotyczące budowli magazynowej, które wynikają z właściwości fizykochemicznych i biologicznych wyrobów takich jak:
 - materiały agresywne (np.: substancje i materiały palne, wybuchowe, promieniotwórcze itp.), które muszą być składowane w magazynach specjalnych
 - artykuły spożywcze (np.: mięso, mrożonki, ryby itp.), które muszą być składowane w chłodniach i zamrażalnicach
 - leki, środki opatrunkowe itp., które muszą być składowane obiektach czy pomieszczeniach magazynowych spełniających wymagania higieniczne, sanitarne i epidemiologiczne
- warunki klimatyczne w magazynie w zakresie temperatury, wilgotności względnej, stopnia zanieczyszczenia powietrza oraz ilości wymiany powietrza;
- wymagany rodzaj instalacji w budynku magazynowym: grzewcza, wentylacyjna, oświetleniowa, osuszająca, nawilżająca, itp.
- sposób składowania wyrobów - składowanie bez urządzeń: w stosach, pryzmach, zwałach, składowanie w urządzeniach: regałach, stojakach, wieszakach itp.
- sposób rozmieszczenia wyrobów w strefie składowania - możliwość składowania z innymi wyrobami lub konieczność składowania w pomieszczeniu wydzielonym, odległości stosów od urządzeń grzejnych, ścian, okien, bram, ochrona przed promieniowaniem słonecznym
- warunki kontroli wyrobów w czasie przechowywania - określenie rodzaju kontrolowanych parametrów (cech), granicznych wartości tych parametrów (temperatury i wilgotności), a także ognisk korozji, pleśni, śladów gryzoni itp.
- warunki konserwacji wyrobów w czasie przechowywania poprzez określenie sposobów i okresów ich prowadzenia

- dopuszczalne okresy przechowywania wyrobów (okresy przydatności do spożycia, okresy trwałości itp.)
- rodzaje ochron osobistych dla pracowników magazynowych spełniające wymagania np. higieniczno-sanitarne, zabezpieczenia przed substancjami żrącymi itp.
- procedury, urządzenia i środki, które należy zastosować w sytuacjach awaryjnego uwolnienia się substancji lub materiału (wycieku, ulatniania, rozpylania), a także dla jej neutralizacji

Towary niebezpieczne należy przechowywać w miejscach i opakowaniach przeznaczonych do tego celu i odpowiednio oznakowanych. W czasie transportu, składowania i stosowania materiałów niebezpiecznych należy stosować odpowiednie środki ochrony zbiorowej i indywidualnej - chroniące pracowników przed szkodliwym lub niebezpiecznym działaniem tych materiałów. Zbiorniki, naczynia i inne opakowania służące do przechowywania materiałów niebezpiecznych powinny być[4]:

- oznakowane w sposób określony w odrębnych przepisach
- wykonane z materiału niepowodującego niebezpiecznych reakcji chemicznych z ich zawartością i nieulegającego uszkodzeniu w wyniku działania znajdującego się w nich materiału niebezpiecznego
- wytrzymałe i zabezpieczone przed uszkodzeniem z zewnątrz odpowiednio do warunków ich stosowania
- odpowiednio szczelne i zabezpieczone przed wydostawaniem się z nich niebezpiecznej zawartości lub dostaniem się do ich wnętrza innych substancji, które w kontakcie z ich zawartością mogą stworzyć stan zagrożenia
- wypełnione w sposób zapewniający wolną przestrzeń odpowiednio do możliwości termicznego rozszerzania się cieczy w warunkach przechowywania, transportu i stosowania

Opróżnione pojemniki po materiałach niebezpiecznych przeznaczone do wielokrotnego użycia powinny spełniać wymagania jak dla opakowań pełnych. Przechowywanie materiałów niebezpiecznych w pojemnikach i opakowaniach służących do środków spożywczych jest niedopuszczalne.

Nad pomieszczeniami, w których znajdują się stałe zbiorniki z gazami sprężonymi, skroplonymi lub rozpuszczonym pod ciśnieniem nie mogą być organizowane stanowiska pracy. Sposób składowania i stosowania materiałów niebezpiecznych

powinien zapewniać:

- zachowanie temperatur, wilgotności i ochronę przed nasłonecznieniem stosownie do rodzaju materiałów niebezpiecznych i ich właściwości
- przestrzeganie ograniczeń dotyczących wspólnego składowania i stosowania materiałów
- ograniczenie ilości jednocześnie składowanych materiałów do ilości dopuszczalnej dla danego materiału i danego pomieszczenia
- przestrzeganie zasad rotacji z zachowaniem dopuszczalnego czasu składowania poszczególnych materiałów
- zachowanie dodatkowych wymagań specyficznych dla składowania materiałów i ich stosowania
- rozmieszczenie materiałów w sposób umożliwiający prowadzenie kontroli składowania i składowanych materiałów

Pakowanie, składowanie, załadunek i transport materiałów niebezpiecznych z innymi materiałami stwarzającymi dodatkowe zagrożenie na skutek wzajemnego oddziaływania tych materiałów w przypadku uszkodzenia opakowania jest niedopuszczalne. Przeładunek materiałów niebezpiecznych powinien odbywać się w miejscu do tego przystosowanym, przy wykorzystaniu odpowiednich do tego celu urządzeń oraz środków ochrony zbiorowej i indywidualnej chroniących przed zagrożeniami i skutkami zagrożeń, szczególnie pochodzących od elektryczności statycznej oraz występujących przy przelewaniu cieczy. W miejscu przeładunku materiałów niebezpiecznych nie mogą przebywać osoby niezatrudnione przy tych pracach.

Pomieszczenia przeznaczone do składowania lub stosowania materiałów niebezpiecznych pod względem pożarowym lub wybuchowym oraz w których istnieje niebezpieczeństwo wydzielania się substancji trujących albo tworzących z powietrzem mieszaniny wybuchowe, powinny być wyposażone w:

- urządzenia zapewniające sygnalizację o zagrożeniach
- odpowiedni sprzęt i środki gaśnicze, środki neutralizujące, apteczki oraz odpowiednie środki ochrony zbiorowej i indywidualnej, stosownie do występujących zagrożeń

Pracownicy zatrudnieni w pomieszczeniach zagrożonych powstaniem atmosfery wybuchowej powinni mieć zapewniony stały dostęp do środków łączności na wypadek awarii, wybuchu lub pożaru.

Podsumowując, kiedy surowce, materiały, półfabrykaty oraz wyroby gotowe przebywają w magazynie — zachodzą procesy, które wpływają na ich zmiany ilościowe, jakościowe i użytkowe, a także mogą powodować zagrożenia bezpieczeństwa dla ludzi, obiektu i środowiska. Jeżeli w magazynie zapewnione zostały właściwe, wymagane przez składowane wyroby warunki przechowywania - wtedy procesy te przebiegają zgodnie z przyjętymi normami i z zachowaniem ustalonych dla nich parametrów. W sytuacji gdy składowane są materiały o właściwościach naturalnych - rozkład, korozja, zawilgocenie, zapleśnienie, utlenianie, spowodowane nieodpowiednimi warunkami przechowywania, brakiem konserwacji czy przekroczeniem terminów przydatności do spożycia, stanowią główne przyczyny zmian ich jakości, ilości i cech użytkowych oraz straty finansowe przedsiębiorstwa. W przypadku składowania niebezpiecznych substancji chemicznych (np. cieczy palnych), przekroczenie temperatury powietrza w pomieszczeniu magazynowym może spowodować niekontrolowany wzrost ciśnienia wewnątrznych opakowań, ich rozszczelnienie, ulatnianie palnych lub wybuchowych gazów oraz niebezpieczne zagrożenie pożarem lub wybuchem, zagrożenia takie mogą występować także w przypadku składowania w jednym pomieszczeniu różnych substancji, które w sposób agresywny reagują ze sobą, powodując zagrożenie palne czy wybuchowe. Jednocześnie nieprzestrzeżenie stosowania wymaganych ochron osobistych oraz ustalonych procedur postępowania przy kontakcie z tymi substancjami - może spowodować zagrożenie zdrowia lub życia pracowników magazynowych, zagrożenie dla magazynu, a także dla otoczenia i środowiska naturalnego.

W magazynie kontrolowanym w sposób prawidłowy nie powinno nigdy dochodzić do sytuacji, gdy dopiero przykry zapach, zmiana konsystencji, barwy, objętości, stanowi dla magazyniera sygnał, że należy podjąć kroki zapobiegawcze. Ponieważ cechy fizykochemiczne i biologiczne składowanych materiałów są bardzo różne, każdy materiał wymaga indywidualnej i częstej kontroli parametrów i procedur wynikających z ustalonych w odpowiednich normach i przepisach warunków przechowywania.

3. PRZEGLĄD I ANALIZA ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH STOSOWANYCH DO NADZORU OBIEKTÓW TRANSPORTU LĄDOWEGO

Do nadzoru obiektów transportu lądowego (pojazdów, infrastruktury magazynowej) stosowane są rozwiązania techniczne, które można spotkać w innych gałęziach gospodarki. Często rozwiązania dedykowane dla transportu stanowią kompilację różnych znanych powszechnie technologii.

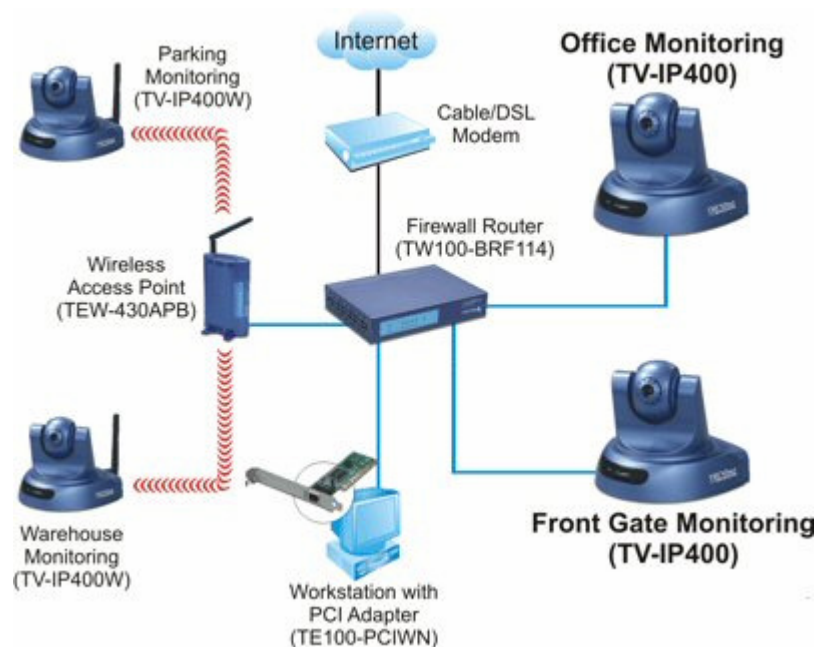
3.1 Telewizja przemysłowa CCTV

Na wstępie warto wspomnieć o klasycznych rozwiązaniach przeznaczonych do monitoringu obiektów. Telewizja przemysłowa, a inaczej CCTV to zespoły telewizyjnych środków technicznych przeznaczone do obserwacji, rejestrowania oraz sygnalizowania warunków wskazujących na istnienie niebezpieczeństwa powstania szkód lub zagrożenia osób i mienia. Dozór telewizyjny pełni istotną rolę we współczesnej ochronie obiektów i ludzi. Typowe zabezpieczenia wykrywają i sygnalizują zagrożenie, natomiast odpowiednio usytuowana kamera w połączeniu z monitorem pozwala rozpoznać rodzaj zagrożenia i śledzić rozwój sytuacji. Systemy dozoru stały się popularne przez[6]:

- wzrost liczby zagrożeń
- spadek cen urządzeń elektronicznych, w tym kamer, monitorów, rejestratorów cyfrowych
- rozwój i coraz lepsze rozwiązania techniczne systemów telewizji użytkowej
- możliwość integracji z innymi systemami i urządzeniami budynkowymi
- ciągle rosnącą przepustowość mediów, takich jak Internet, GSM, łącza radiowe i satelitarne
- coraz bardziej przyjazne interfejsy użytkownika, za pomocą których obsługuje się systemy bezpieczeństwa
- świadomość społeczną
- Jako że głównym tematem zainteresowania jest transport, nietrudno podać tu przykłady obszarów, w których wykorzystywane są telewizyjne systemy dozoru:
 - przemysł i handel: monitorowanie produkcji, ochrona towarów, magazynowanie

- porty morskie i lotnicze: terminale pasażerskie, płyty lotnisk, miejsca przeładunku towarów
- drogi i miasta: monitorowanie terenów i skrzyżowań, pomiar liczby i prędkości poruszających się pojazdów, sterowanie ruchem.

We wszystkich współczesnych instalacjach telewizji przemysłowej dąży się głównie do minimalizacji połączeń między elementami składowymi systemu CCTV. Zmniejszenie liczby połączeń pomiędzy elementami systemu zdecydowanie zwiększa niezawodność takiej instalacji, ponieważ istnieje mniej miejsc gdzie może dojść do awarii. Minimalizację połączeń można osiągnąć poprzez stosowanie rozwiązań zgodnych ze standardem 802.11, zwłaszcza wersji 802.11g. Przykładowy schemat systemu CCTV z wykorzystaniem sieci IP przedstawiono na rysunku 3.1



Rys 3.1. przykład systemu CCTV IP

3.2 GPS oraz GSM/GPRS

Kolejnym istotnym i powszechnie znanym rozwiązaniem technicznym jest system GPS. Jest to satelitarny system przeznaczony do szybkiego i dokładnego wyznaczania współrzędnych geograficznych określających pozycję anteny odbiornika w przestrzeni. [19] Sygnały odbierane przez dowolny odbiornik GPS dostępne są

w sposób ciągły, niezależnie od warunków pogodowych, w dowolnym czasie i miejscu (z wyjątkiem tych, które uniemożliwiają odbiór sygnału np. tunel). Odbiorniki GPS obecnie stanowią standardowe wyposażenie jachtów, statków, samolotów i samochodów, zarówno ciężarowych jak i osobowych.

Zastosowanie systemu GPS pierwotnie spełniało rolę nawigacji, jednak wraz z rozwojem technologii i techniki telekomunikacyjnej jego zastosowanie znacznie się rozszerzyło i obecnie za jego pośrednictwem można stwierdzić nie tylko pozycję pojazdu, lecz także wszelkie jego cechy i parametry fizyczne.

System GPS wraz z systemem GSM/GPRS ma największe zastosowanie w pozycjonowaniu pojazdów, co może posłużyć do monitorowania jego aktualnego położenia i stanu technicznego. Pozycjonowanie pojazdu polega na odczytaniu aktualnej pozycji przez odbiornik GPS (pozycjoner) zainstalowany w pojeździe oraz przekazanie tej informacji w odpowiednie miejsce (do właściciela pojazdu, stacji monitorującej). Do tej czynności najczęściej wykorzystywany jest system GSM i krótkie wiadomości tekstowe (sms). Innowacyjną metodą przekazywania danych z pozycjonera jest przekazywanie danych przez telefon GSM w technologii GPRS - (General Packet Radio Service - radiowa pakietowa transmisja danych).

Do podstawowych zalet definiowanych w standardzie GPRS należą:

- wprowadzenie przez sieci GSM przełączanej transmisji pakietowej na całej trasie komunikacji end-to-end między abonentami sieci komórkowej
- uzyskanie większej szybkości transmisji dzięki technologii przełączania pakietów z danymi, większej niż osiągnięta w tradycyjnych sieciach cyfrowych GSM
- wdrożenie przełączania pakietowego end-to-end opartego na zasadzie tunelowania przez sieci

Urządzenia pojazdowe obecnie dostępne na rynku budowane są, jako zintegrowane układy, wyposażone w pozycjoner GPS, układ nadawczo-odbiorczy GSM, pamięć oraz mikroprocesorowy układ sterowania. Dodatkowo część z nich umożliwia podłączenie niezależnych czujników (np. otwarcia drzwi kabiny, naruszenia przestrzeni ładunkowej, itp.) oraz modułu terminala, współpracy z systemem alarmowym, komputera, itp. Tak zbudowany system pojazdowy umożliwia jego zdalne sterowanie za pomocą informacji przesyłanych przez telefon GSM (sms lub GPRS). Dzięki wysyłaniu odpowiednich komend do układu samochodowego istnieje możliwość sterowania

zarówno systemem, jak i pojazdem - do zatrzymania pojazdu włącznie. Szeroka gama możliwości systemu monitorowania pojazdów stanowi obecnie olbrzymie narzędzie, które w sposób natychmiastowy przekazuje wszelkie dane o pojeździe, umożliwiając w ten sposób pełną kontrolę nad transportem, pojazdem, kierowcą i ładunkiem.

3.3 System do monitorowania warunków środowiskowych w magazynie.

[1]Poza wyżej opisanymi rozwiązaniami technicznymi służącymi nadzorowi obiektów transportu lądowego warto wspomnieć o systemach wspomagających (poza monitoringiem CCTV) nadzór nad towarami składowanymi w magazynach. Aby spełnić obowiązujące procedury zapewnienia wymaganych przez składowane wyroby właściwych warunków przechowywania - w nowoczesnych magazynach wprowadzane są systemy pomiarowe dla monitoringu parametrów mikroklimatu i przestrzeni magazynowej oraz sterowania urządzeniami klimatyzacyjnymi, które utrzymują te parametry. Obecnie powszechnie wprowadzane są systemy elektroniczne oparte na uniwersalnych rejestratorach elektronicznych oraz urządzeniach pomiarowych dla szerokiego zakresu temperatury, a także innych parametrów. Systemy elektroniczne prowadzą ciągły pomiar i rejestrację parametrów mikroklimatu przestrzeni magazynowej za pomocą przetworników (mierników) ustawionych w krytycznych punktach magazynu (bramy, drzwi, otwory technologiczne w ścianach magazynu itp.). Dane pomiarowe dostarczane są do miernika rejestrującego, który został zaprogramowany na odpowiednie zakresy mierzonych parametrów. Po przekroczeniu poziomu jakiegokolwiek parametru uruchamiany jest alarm, przy jednoczesnym przekazaniu impulsów do sterowników urządzeń klimatyzacyjnych w celu ich włączenia dla wyrównania poziomu przekroczonego parametru. Systemy elektroniczne stanowią skuteczne rozwiązanie kontroli i monitoringu przechowywania produktów, a także pozwalają sprostać wymaganiom przepisów prawnych w zakresie realizacji wprowadzonych do magazynu procedur i prowadzenia dokumentacji dla ich ewidencjonowania.

3.4 Satelitarne systemy monitorowania i lokalizacji pojazdów samochodowych

Dokonując analizy i przeglądu rozwiązań technicznych do nadzoru transportu, nie można pominąć systemów telematycznych, takich jak satelitarne systemy

monitorowania i lokalizacji pojazdów samochodowych. Poniżej przedstawione zostaną informacje o dwóch systemach, które korzystają z satelitów geostacjonarnych ($h = 36\,000\text{ km}$). Przedstawia one zarys filozofii działania systemów tego typu.

Jednym z pierwszych systemów tego rodzaju, ale nie dedykowanym tylko dla transportu lądowego, był system o nazwie Inmarsat.

Inmarsat (ang. International Mobile Satellite Organization) to międzynarodowa organizacja utworzona w celu zbudowania satelitarnego systemu łączności morskiej o charakterze światowym.

System Inmarsat występuje w następujących odmianach:

- Inmarsat-A - łączność telefoniczna i teleksowa
- Inmarsat-B - połączenia telefoniczne, faksowe, teleksowe oraz transmisja danych (cyfrowa wersja Inmarsat-B)
- Inmarsat-C – dwukierunkowa transmisja simplex (e-mail, SMS)
- Inmarsat-M i Inmarsat mini-M - dla jednostek morskich – połączenia telefoniczne, teleks, transmisja danych, faks, usługi przywoławcze

Telefony satelitarne służyły początkowo do łączności ze statkami morskimi, obecnie można kupić komercyjne aparaty, które są jednak znacznie większe od aparatów nie-geostacjonarnych, o telefonach komórkowych nie wspominając. Stosuje się również modemy służące do transmisji danych.

Zastosowania systemu Inmarsat są następujące:

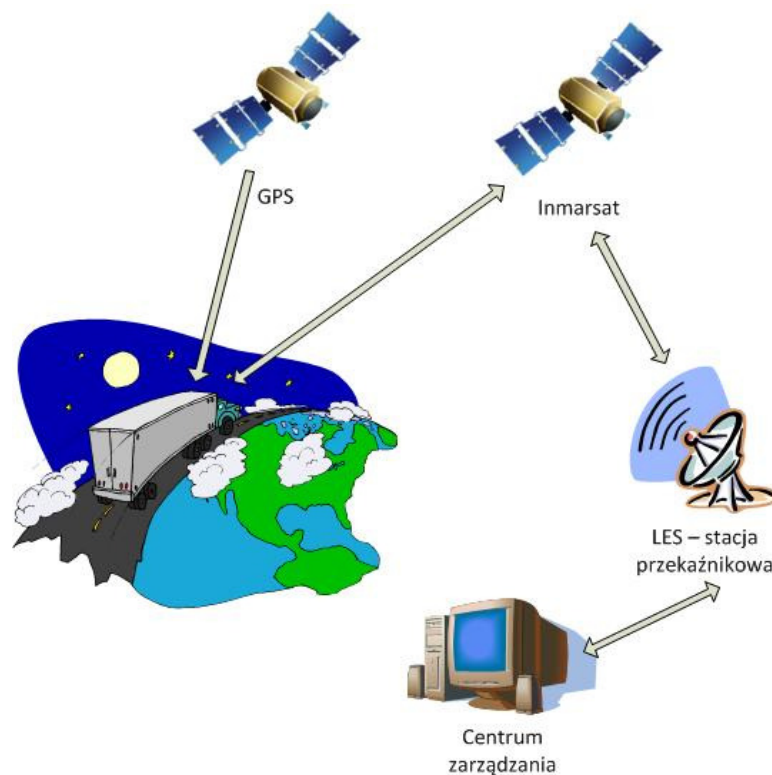
- przekazywanie informacji o lokalizacji statku, pojazdu lub monitorowanego ładunku
- komunikacja załóg statków przebywających na dalekich morzach
- zastosowania telemetryczne
- łączność wojskowa

W Polsce system Inmarsat pojawił się pod koniec lat 80-tych. W Psarach k. Kielc zbudowano Centrum usług satelitarnych, będące obecnie w gestii TP S.A.

Do zastosowań w transporcie lądowym wykorzystuje się system Inmarsat-C/GPS. Poniżej krótka charakterystyka tego systemu:

- satelity geostacjonarne umieszczone na wysokości 36 000 km.
- Europa pokryta jest zasięgiem satelitów umieszczonych nad Oceanem Atlantyckim i Indyjskim
- dwukierunkowy transfer danych
- małe terminale ruchome na pojazdach i anteny dookolne
- naziemne stacje przekaźnikowe (Land Earth Station – LES)
- do lokalizacji 24 + 3 satelity GPS, 2 obroty na dobę, 6 orbit 55° do równika

Na rysunku 3.2 przedstawiono schematycznie zasadę działania systemu Inmarsat – C/GPS



Rys. 3.2. Architektura systemu Inmarsat – C/GPS

[3] Kolejnym systemem, który zostanie przybliżony, jest system satelitarnego monitorowania pojazdów **EutelTRACS**, który jest satelitarnym systemem komunikacji wykorzystywanym wyłącznie na potrzeby branży transportowej. Został on uruchomiony w 1992 roku. Twórcami tego systemu są firmy Alcatel, Qualcomm oraz Eutelsat (*European Telecommunication Satellite Organization*). Podstawowym jego zadaniem

jest wymiana informacji pomiędzy użytkownikami oraz pozycjonowanie terminali. Pozwala on na zarządzanie flotami pojazdów, co w rezultacie zwiększa efektywność funkcjonowania firm transportowych. Dostęp do tego systemu odbywa się poprzez specjalne terminale, wyposażone w odpowiednie oprogramowanie. Może być ono dostosowane do różnych zadań zarządzania w firmie transportowej przy zapewnieniu pełnej integracji z istniejącym wcześniej firmowym systemem informatycznym, w tym integrację z jego bazą danych. Efektem tego jest optymalizacja przepływu informacji, a co się z tym wiąże, także zwiększenie jakości oferowanych usług i produktywności firmy transportowej. System Euteltracs zapewnia obsługę obszaru Europy, północnej Afryki i wschodniej części Azji (aż po Ural). Realizuje on dwa zadania: zapewnia pozycjonowanie pojazdów oraz dwustronną transmisję danych pomiędzy centrum dyspozytorskim a kierowcami pojazdów. W dowolnej chwili jest możliwy dostęp do informacji dotyczącej aktualnego stanu technicznego pojazdu oraz położenia z dokładnością do 100 m. Pozwala to na ochronę ładunków o większej wartości, produktów nietrwałych oraz materiałów niebezpiecznych.

Euteltracs dopuszcza pozycjonowanie terminali przy użyciu następujących metod:

- ASPR (Automatic Satellite Position Reporting),
- LORAN-C,
- GPS.

W praktyce jest wykorzystywana jednak metoda ASPR oraz opcjonalnie system GPS.

System Euteltracs zapewnia:

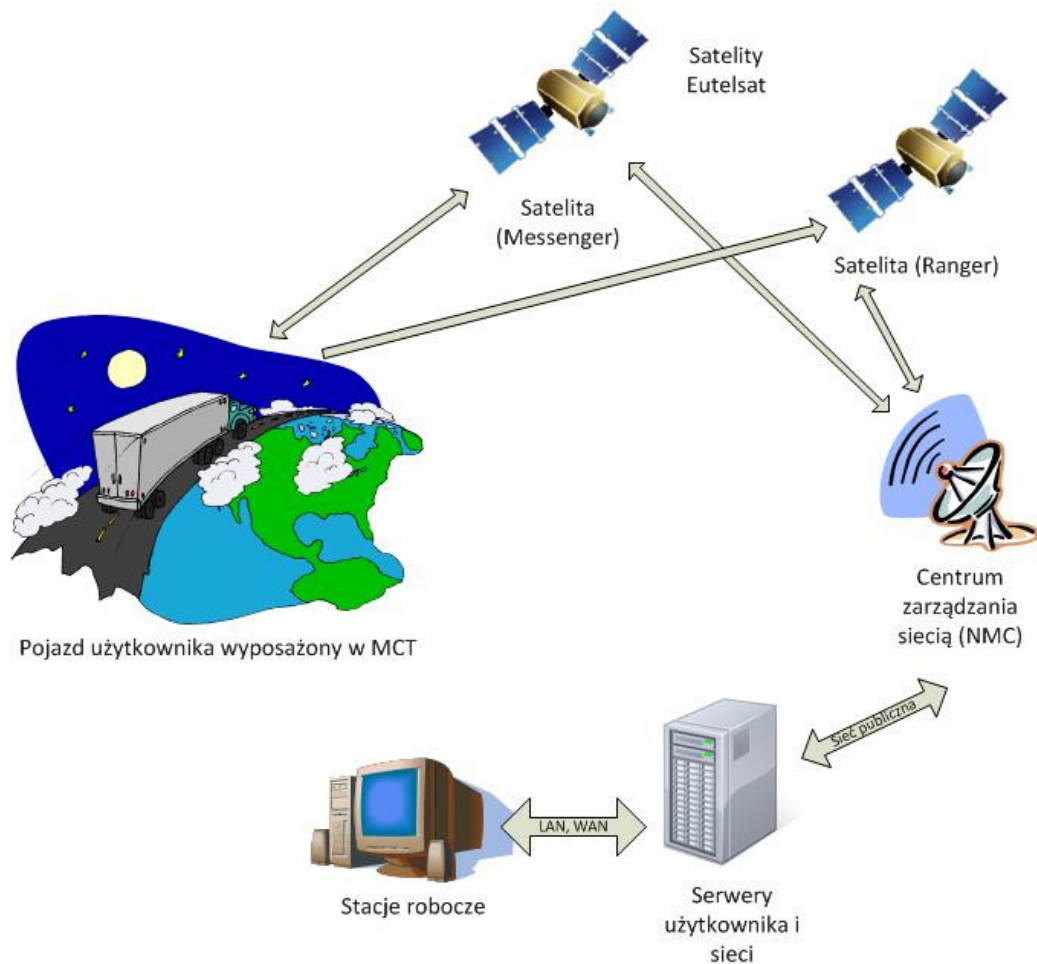
- całodobową, automatyczną lokalizację terminali
- możliwość automatycznego uaktualniania takich danych jak: definicje grup, makrodefinicje, parametry systemu
- dwukierunkową transmisję pakietów danych
- możliwość konfiguracji następujących parametrów: częstotliwości, właściwości terminalu MCT, priorytetów wiadomości, itp.

W skład systemu (przedstawiony na rysunku 3.3) Euteltracs wchodzi następujące elementy składowe:

- centrum dyspozytorskie (zainstalowane w firmie transportowej)
- naziemna stacja centralnej NMC (*Network Management Center*) wyposażona w dwie

odrębne anteny satelitarne

- dwa satelity Eutelsat umieszczone na orbicie geostacjonarnej
- terminal ruchomy MCT (*Mobile Communication Terminal*).



Rys 3.3. Architektura systemu EutelTracs

Systemy i rozwiązania, które zostały opisane w tym rozdziale składają się bez wątpienia na tzw. Inteligentne Systemy Transportowe (ITS). Nazwa **Inteligentne Systemy Transportowe** została zaakceptowana na pierwszym światowym kongresie w Paryżu w 1994 [9] i oznacza systemy, które stanowią szeroki zbiór różnorodnych technologii (telekomunikacyjnych, informatycznych, automatycznych i pomiarowych) oraz technik zarządzania stosowanych w transporcie w celu ochrony życia uczestników ruchu, zwiększenia efektywności systemu transportowego oraz ochrony zasobów środowiska naturalnego.

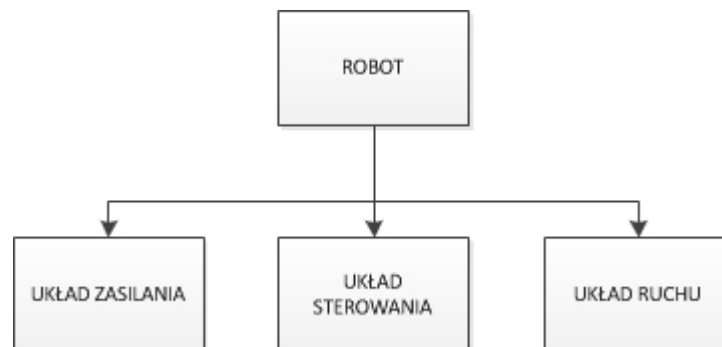
4. ROBOTYKA MOBILNA

Robotyka jest dziedziną nauki, która łączy różne tradycyjne gałęzie nauk technicznych. Zrozumienie złożoności budowy robotów i ich zastosowań wymaga znajomości zagadnień elektrycznych, mechanicznych, inżynierii przemysłowej, informatyki, ekonomii, matematyki. W dzisiejszych czasach roboty znalazły zastosowanie w transporcie, medycynie, produkcji przemysłowej, budownictwie oraz środowiskach nieprzyjaznych człowiekowi, czyli w kosmosie i głębinach morskich. Podstawową cechą robotów jest ich programowalność, co pozwala bez problemu przystosować robota do zmiennych wymagań i środowisk pracy.

Początkowo roboty były projektowane do wykonywania różnych czynności związanych z przenoszeniem materiałów. Program pracy zawierał zamkniętą sekwencję ruchów z punktu A, zamknięcie chwytaka (uchwycenie przenoszonego przedmiotu), ruch do punktu B, otwarcie chwytaka (odłożenie przenoszonego przedmiotu). Roboty te nie były wyposażone w żadne zewnętrzne czujniki. Dopiero zastosowanie robotów do bardziej skomplikowanych czynności jak spawanie, stępanie krawędzi czy montaż zmusiło konstruktorów do stworzenia robotów posiadających możliwość wykonywania bardziej skomplikowanych ruchów i wyposażenie ich w czujniki pozwalające im na większą interakcję z otoczeniem.

Warto na początku wyjaśnić kilka podstawowych pojęć[10]:

Robot - jest to urządzenie techniczne przeznaczone do realizacji niektórych funkcji manipulacyjnych i lokomocyjnych człowieka, posiadające określony poziom energetyczny, informacyjny i inteligencji maszynowej. Inteligencja maszynowa to autonomia działania w pewnym środowisku. Podstawowy schemat blokowy robota został przedstawiony na rys.4.1.



Rys 4.1 Podstawowe elementy robota

Poza przedstawionymi wyżej podstawowymi elementami robota, takie urządzenie może być wyposażone również w inne elementy :

- elementy pomiarowe (czujniki, dalmierze)
- układy do komunikacji bezprzewodowej
- układy wizyjne (obserwacja otoczenia)
- manipulatory

Robot mobilny - to taki robot, który może dowolnie zmieniać swoje położenie w przestrzeni. Roboty tego rodzaju mogą pływać, latać lub jeździć.

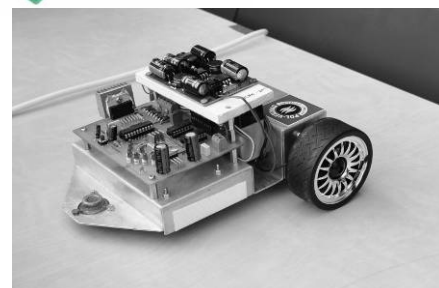
Roboty mobilne można podzielić ze względu na[2]:

- konstrukcję robota (kołowy, gąsienicowy, latający, kroczący, pełzający, itd.)
- przeznaczenia robota (obszar zastosowań)
- możliwości praktycznego zastosowania (przemysłowe, domowe)

Ze względu na obszar zastosowań można dokonać podziału na roboty :

- bojowe
- interwencyjno-inspekcyjne (np. przeciwpożarowe, patrolujące)
- transportowe (np. transport wewnątrzzakładowy)
- osobiste i usługowe
- medyczne

Przykłady robotów mobilnych przedstawiono na rys. 4.2.

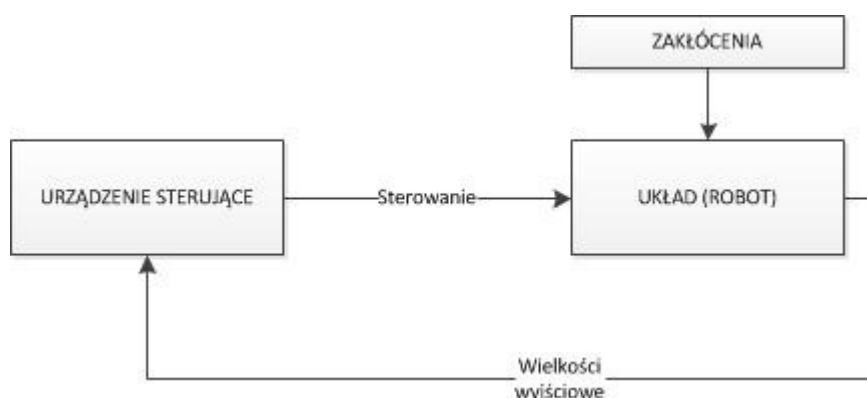


Rys. 4.2. Przykłady robotów mobilnych

Manipulator - jest to mechanizm przeznaczony do realizacji niektórych funkcji kończyny górnej człowieka. Należy wyróżnić dwa rodzaje funkcji manipulatora: manipulacyjną, wykonywaną przez chwytak i wysięgnikową, realizowaną przez ramię

Otoczenie robota - jest to przestrzeń, w której robot jest usytuowany. Dla robotów stacjonarnych otoczenie ogranicza się do przestrzeni roboczej.

Układ sterowania - zgodnie z teorią sterowania zadaniem układu sterowania jest określenie sygnału sterowania, który należy podjąć wobec systemu (robota), aby otrzymać z góry założone właściwości. Sygnał sterujący zostaje wygenerowany na podstawie posiadanych danych o tym systemie. W przypadku robota zadaniem układu sterowania jest także generowanie sygnałów sterujących, aby układ osiągnął żądaną pozycję i orientację w przestrzeni, uwzględniając omijanie przeszkód, kontrolując przy tym podstawowe parametry kinematyczne i dynamiczne. Ogólny schemat układu sterowania przedstawiono na rys.4.3.

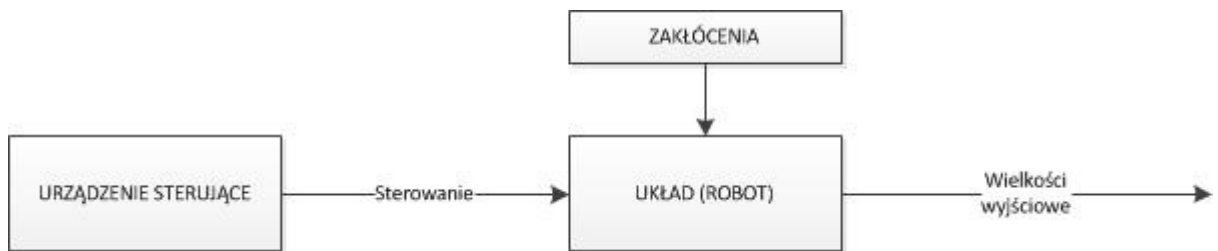


Rys. 4.3. Ogólny Schemat układu sterowania

Bardzo częstym określeniem związanym z robotami jest pojęcie generacji robotów,. Można wyróżnić III generacje robotów. Opisując poszczególne generacje robotów, należy skupić się na ich układzie sterowania oraz sensoryce.

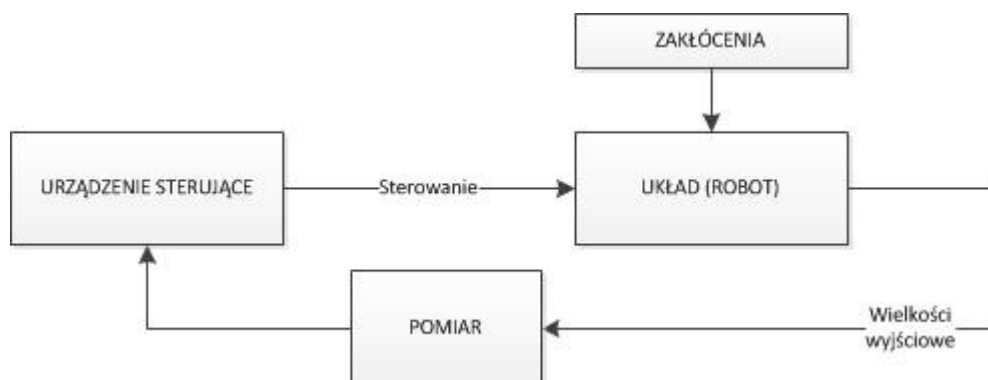
Roboty I generacji to roboty zaprogramowane najczęściej na określoną sekwencję czynności (istnieje możliwość ich przeprogramowania). W robotach tej generacji stosowano przeważnie otwarty układ sterowania, tak więc robot charakteryzuje się

całkowitym brakiem sprzężenia zwrotnego od stanu manipulowanego przedmiotu. Schemat struktury robota I generacji pokazano na rys.4.4.



Rys.4.4 Schemat otwartego układu sterowania dla I generacji robotów

Roboty II generacji to roboty wyposażone w zamknięty układ sterowania oraz czujniki pozwalające dokonywać pomiarów podstawowych parametrów stanu robota i otoczenia. Roboty II generacji powinny spełniać warunek takiej taktyki przy kontakcie ze światem zewnętrznym, aby uzyskać optymalny efekt działania. Robot powinien rozpoznawać żądany obiekt nawet wówczas, gdy przemieszcza się z innymi obiektami, następnie rozpoznać ten obiekt bez względu na jego położenie i kształt geometryczny. Takie roboty realizują te wymagania za pomocą zespołu czujników. Schemat blokowy robota II generacji przedstawiono na rys.4.5.



Rys.4.5 Schemat zamkniętego układu sterowania

Roboty III generacji to roboty wyposażone w zamknięty układ sterowania oraz czujniki pozwalające dokonywać złożonych pomiarów parametrów stanu robota i otoczenia. Tak więc roboty te są wyposażone w zdolności rozpoznawania złożonych kształtów i klasyfikacji złożonych sytuacji, a ich system sterowania powinien posiadać

zdolności adaptacyjne. Schemat układu sterowania dla robotów III generacji jest taki sam jak dla robotów II generacji.

Głównym obiektem zainteresowania w pracy są roboty mobilne jeżdżące dlatego warto je przedstawić dokładniej[poz. elementy robotyki mobilnej]. Podstawowym kryterium klasyfikacji robotów kołowych jest liczba kół napędzanych i kierowanych.

Roboty mobilne jeżdżące osiowe można podzielić na:

- trzykołowe
- czterokołowe
- wieloosiowe

Roboty **trzykołowe** mogą występować w dwóch rodzajach:

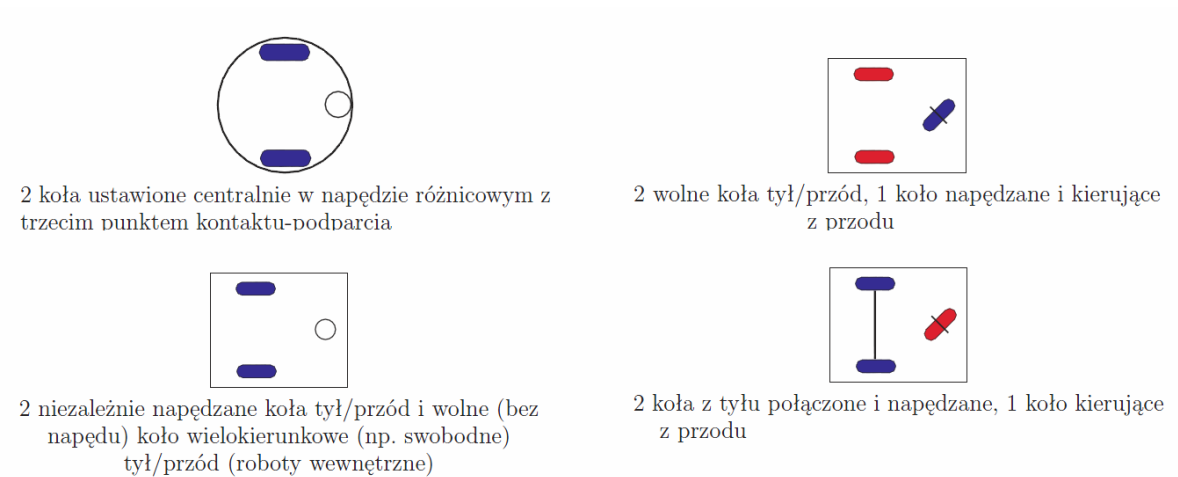
1. z biernym trzecim kołem:

- silniki napędzają tylko dwa koła będące na jednej osi
- każde koło napędzane jest własnym silnikiem
- ich zadanie to jazda w przód i wykonywanie skrętów
- preferowany system skrętu to system czołgowy
- trzecie koło stanowi podpórkę stabilizacyjną(zazwyczaj z tyłu pojazdu)
- trzecie koło nie ma wpływu na kierunek jazdy

2. z aktywnym trzecim kołem:

- trzecie koło może być umieszczone z tyłu lub z przodu
- koła umieszczone osiowo są napędzane zazwyczaj przez ten sam silnik
- koło trzecie odpowiada za zmianę kierunku poruszania się
- za zmianę kierunku jazdy odpowiada silnik powodujący skręty trzeciego koła

Czasami można spotkać taki układ, że napędzane jest tylko przednie koło, a koła tylne pozostawiane są w stanie pasywnym. Schematyczny zarys i opisy robotów trzykołowych przedstawione są na rysunku 4.6.

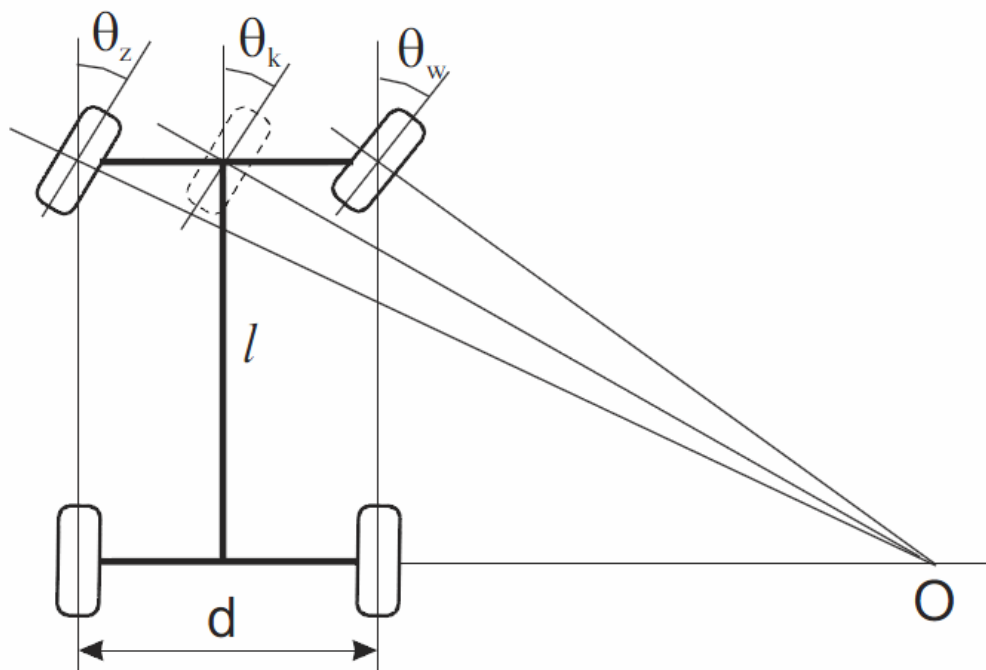


Rys 4.6. Przykłady rozwiązań napędu robotów trzykołowych.

Roboty **czterokołowe** można podzielić ze względu na sposób napędzania kół i sposób ich kierowania. Najprostszą metodą poruszania jest napędzanie konkretnych osi jezdnych systemem napędu na oś przednią lub oś tylną. W tej sytuacji najlepszym sposobem skrętu jest system Ackermana.

Warto dokonać krótkiej charakterystyki trzech systemów wykorzystywanych do napędu do i skręcania w robotach mobilnych jeżdżących[8].

System Ackermana – jest to powszechnie używany system w przemyśle samochodowym. Polega on na zróżnicowaniu kąta obrotu w obydwu skręcanych kołach. Do skrętu używane jest wyimaginowane trzecie koło umieszczone pomiędzy przednimi kołami skręcającymi. Odbyna się to w taki sposób, że koło wewnętrzne wykonuje większy skręt niż koło zewnętrzne. Wartość różnicy kątów pomiędzy kołem zewnętrznym, a wyimaginowanym oraz wewnętrznym i wyimaginowanym jest równa. Schematyczny opis zasady działania systemu Ackermana przedstawiony jest na rysunku 4.7.



$$\begin{aligned} \operatorname{ctg} \theta_z - \operatorname{ctg} \theta_w &= \frac{d}{l} \\ \operatorname{ctg} \theta_k &= \operatorname{ctg} \theta_w + \frac{d}{2l} & \operatorname{ctg} \theta_k &= \operatorname{ctg} \theta_z - \frac{d}{2l} \end{aligned}$$

Rys. 4.7. System Ackermana

System czołgowy – polega na napędzaniu kół położonych po jednej stronie pojazdu przez wspólny silnik. Jazda do przodu i do tyłu odbywa się poprzez napędzanie kół w jednym kierunku. Skrety odbywają się w następujący sposób: w lewo – prawa strona napędzona jest w przód a lewa strona w tył, skręt w prawo – prawa strona kieruje się w tył a lewa strona w przód.

Synchro-Drive – jest to przykład systemu sterowania bezosiowym robotem kołowym o liczbie kół od trzech do teoretycznej nieskończoności. Ograniczenia skrętów nie występują, ponieważ koła są osadzone na własnych ośkach połączonych pasem sterującym. Pas ten skręca wszystkimi kołami naraz (synchronicznie). Istnieje możliwość użycia drugiego pasa powodującego równy napęd na wszystkie koła.

Istnieje wiele sposobów sterowania robotami mobilnymi. Wybór odpowiedniego sposobu uzależniony jest od terenu, w jakim dany pojazd ma się poruszać, liczby kół

oraz jego przeznaczenie. Jeśli chodzi o pojazdy gaśnicowe, najczęściej wykorzystują one system czołgowy, chociaż zdarzają się kombinacje z innymi systemami.

W robotyce bardzo istotną rolę odgrywają różnego rodzaju czujniki, które warto scharakteryzować. Klasyfikacji czujników można dokonać ze względu na [11]:

- mierzone wielkości :
 - czujniki do pomiaru stanu wewnętrznego robota – proprioceptywne lub proprioreceptory. Mierzą wielkości wewnętrzne systemu (robota), np.: kąt obrotu, prędkość obrotową silnika, przegubu, napięcie zasilania
 - czujniki do pomiaru stanu zewnętrznego (otoczenia) – eksteroceptywne lub eksteroreceptory. Służą do pomiaru takich wielkości: odległość, natężenie światła, amplituda dźwięku
- wpływ na otoczenie:
 - czujniki bierne (pasywne) – biernie odbierają energię z otoczenia, np.: czujniki temperatury, kamery CCD lub CMOS, mikrofony
 - czujniki aktywne – emitują energię do otoczenia lub modyfikują otoczenie, np.: enkodery optyczne, dalmierze laserowe, sonary ultradźwiękowe
- typ kontaktu z otoczeniem:
 - czujniki kontaktowe – bezpośredni kontakt z otoczeniem
 - czujniki bezkontaktowe – nie ma bezpośredniego kontaktu z otoczeniem

Można wyróżnić również podstawowe rodzaje czujników:

- czujniki odległości (zakresu) – pomiar odległości między czujnikiem, a obiektami
- czujniki położenia bezwzględnego – pomiar położenia robota (lub wybranych składowych wektora położenia) w wartościach bezwzględnych (np. długość i szerokość geograficzna)
- czujniki kierunku – pomiar orientacji, np. względem biegunów pola magnetycznego
- czujniki środowiska – pomiar pewnych własności środowiska np. temperatury, wilgotności, itp.
- czujniki inercyjne – mierzą drugą pochodną położenia robota (tj. przyspieszenie)

Poniżej przedstawiono podstawowe własności czujników:

- szybkość działania – pasmo, częstotliwość, czas pomiaru dla pomiarów ciągłych, okres próbkowania dla pomiarów dyskretnych
- błąd pomiaru - błąd bezwzględny, względny, średni, maksymalny, itp.
- odporność – w jakim zakresie może pracować czujnik w stosunku do warunków idealnych
- odporność na różne zakłócenia
- wymagania obliczeniowe - proste czujniki, np. dotykowe nie wymagają żadnych nakładów obliczeniowych dla uzyskania wyniku, podczas gdy przetworzenie obrazu z kamery może wymagać bardzo dużych nakładów obliczeniowych
- wymagania na moc, wagę i wymiary
- koszt

Należy pamiętać , że w rzeczywistości czujniki nie są idealne. Jak w każdym obiekcie rzeczywistym również dla czujników występują zakłócenia i szумы pomiarowe, w związku z czym dostarczone informacje o otoczeniu mogą być niepełne, a co za tym idzie, nie dają się w pełni modelować.

5. ANALIZA TEORETYCZNA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA MIKROPOJAZDÓW W TRANSPORCIE

W ostatnich latach coraz bardziej popularne stają się badania nad robotami mobilnymi. Taka sytuacja spowodowana jest ukierunkowaniem prac badawczych w dziedzinie robotyki na roboty usługowe, wojskowe oraz do zadań specjalnych. Jak wiadomo, roboty mobilne mają zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu. Powszechnie roboty mobilne wykorzystywane są do wykonywania zadań, które są dla człowieka:

- zbyt niebezpieczne (np. transport ładunków wybuchowych)
- żmudne (np. transport ładunków ciężkich)
- tam, gdzie wymagana jest duża precyzja oraz powtarzalność

Ponadto roboty mobilne mogą być wykorzystywane do badań nad algorytmami sterowania i nawigacji, które wykonywane są w placówkach naukowych.

Generalnie roboty mają potencjalnie zastosowanie wszędzie tam, gdzie takie pojazdy lub zautomatyzowane systemy mechaniczne mogą istnieć. Oto przykłady potencjalnych obszarów zastosowania [7]:

- wsparcie dla usług medycznych, np.:
 - przewóz pożywienia, leków
 - badania medyczne
 - automatyzacja usług farmaceutycznych
- automatyczne sprzątanie (dużych) powierzchni, np.:
 - supermarkety, lotniska, tereny przemysłowe
 - domowy „odkurzacz”
- wsparcie obsługi klientów, np.:
 - prowadzenie wycieczek w muzeach, na wystawach
- rolnictwo, np.:
 - pakowanie owoców i warzyw
 - sadzenie nasion
- ochrona środowiska, np.:
 - inspekcja terenów zagrożonych klęskami żywiołowymi
 - inspekcja wulkanów
 - inspekcja elektrowni atomowych

- eksploracja kosmosu
- wojsko, np.:
 - pojazdy monitorujące
- cywilny transport, np.:
 - inspekcja w samolotach , pociągach
- rozrywka, np.:
 - roboty imitujące zwierzęta,
- itd.

Jednymi z najbardziej popularnych robotów są roboty kołowe. Są one stosunkowo łatwe w wykonaniu, ale często nie mają wystarczająco dobrych właściwości jezdnych w zróżnicowanym terenie. Natomiast konstrukcje robotów gąsienicowych, mimo że mają lepsze własności jezdne, mogą wykazywać wady, jak np.: ograniczona trwałość gąsienic w przypadku poruszania się po twardym podłożu lub stosunkowo niska sprawność trakcji. Prowadzone są też prace z zakresu tzw. terramechaniki, polegające na dokładniejszym uwzględnieniu oddziaływania podłoża, po którym porusza się robot. Ma to szczególnie duże znaczenie w przypadku poruszania się robota w terenie piaszczystym (pustynie), żwirowatym, błotnistym, po śniegu, ruinach, zgliszczach, itp. Coraz częściej powstają konstrukcje mikrorobotów i nanorobotów. Mikroroboty mogą być zastosowane do poruszania się w bardzo małych przestrzeniach oraz do obserwacji w ukryciu. Z kolei nanoroboty mogą w przyszłości znaleźć szerokie zastosowanie w medycynie.

Głównym tematem rozdziału jest zastosowanie robotów mobilnych w transporcie, dlatego warto przeanalizować dokładniej to zagadnienie.

Dzięki zaletom takim jak:

- mobilność
- małe gabaryty
- niskie koszty eksploatacji
- praca bez czynnego udziału człowieka
- dowolność oprogramowania
- dowolność algorytmów sterowania
- praca w warunkach niebezpiecznych dla człowieka
- ciągła kontrola nad aktualną wartością mierzonych parametrów

zastosowanie robotów mobilnych w transporcie może być szerokie.

Oto przykłady możliwości wykorzystania mobilnych robotów w transporcie:

- transport ładunków niebezpiecznych
- transport ładunków ciężkich
- ewidencjonowanie towarów
- monitorowanie ładunków niebezpiecznych
- monitorowanie placów składowych
- pomiar warunków środowiskowych w magazynach , chłodniach (temperatura, wilgotność, natężenie światła, stężenie gazów)
- przeprowadzanie systematycznych badań umożliwiających wyeliminowanie w sposób natychmiastowy ewentualnych odchyłek od przyjętych norm lub przepisów bezpieczeństwa

Wybór obszaru zastosowania automatycznych mikropojazdów w transporcie zależy przede wszystkim od :

- wykorzystanej technologii
- nakładów finansowych
- skomplikowania algorytmów sterowania
- gabarytów robota mobilnego
- użytych urządzeń do badania otoczenia

Transport ładunków niebezpiecznych przez roboty mobilne to odpowiedzialna czynność wykonywana najczęściej przez specjalistycznie przygotowane roboty, które są zdalnie sterowane i wyposażone w wielofunkcyjne manipulatory pozwalające na interwencje, np. przy rozbijaniu czy przenoszeniu ładunków wybuchowych. W Polsce głównym producentem robotów specjalistycznych jest Polski Instytut Automatyki Przemysłowej. Takie obiekty mają zastosowanie również w środkach transportu jak autobusy lub pociągi.

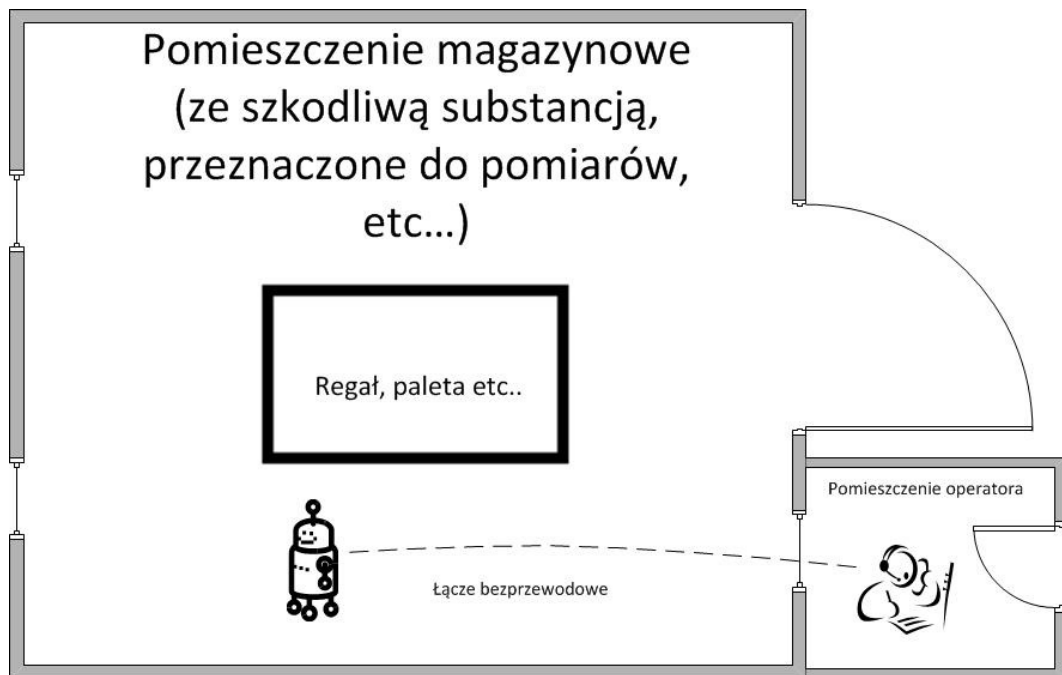
Aby możliwy był transport ładunków ciężkich przez robota mobilnego, musiałby on mieć odpowiednie gabaryty oraz bardzo wytrzymałą konstrukcję. Przeniesienie ciężkiego ładunku wiąże się z potrzebą osiągnięcia dużego momentu napędowego i posiadania wydajnego układu zasilania.

Monitorowanie ładunków niebezpiecznych lub placów składowych można zrealizować na kilka sposobów. Ponadto monitorowanie ładunków niebezpiecznych można rozbudować o pomiar warunków środowiskowych w magazynach czy chłodniach. Realizacja takiego zadania mogłaby się opierać na dwóch rozwiązaniach:

- zdalnie sterowany pojazd monitorujący,
- autonomiczny pojazd monitorujący.

Możliwe jest skonstruowanie i zastosowanie pojazdu, który będzie posiadał obydwie funkcjonalności.

Praca zdalnie sterownego robota mogłaby polegać na monitorowaniu stanu ładunku, pomieszczenia lub terenu, na którym ładunek jest przechowywany tylko w sytuacji, kiedy zaistnieje taka potrzeba. Obiekty magazynowe, w których przechowywane są materiały niebezpieczne powinny być wyposażone w odpowiedni sprzęt stacjonarny służący do monitoringu ładunków. Takie zadanie może spełniać, np. instalacja CCTV uzupełniona o stacjonarne układy do pomiaru warunków środowiskowych (np. temperatura) i sterowniki klimatyzacji. Użycie robota mobilnego mogłoby mieć miejsce w sytuacji, kiedy któryś z parametrów odbiegałby od normy albo w celu dodatkowej kontroli. Jako że ładunki niebezpieczne zazwyczaj mają niekorzystny wpływ na człowieka, taki robot mobilny minimalizowałby potrzebę bliskiego kontaktu z ładunkiem. Wyposażony w kamerę i dodatkowe czujniki mógłby być skierowany przez operatora do pomieszczenia z ładunkiem w celu dodatkowej oceny jego stanu. Małe gabaryty mogłyby pozwolić na kontrolę nawet spodu kontenera, gdyby ustawiony był na odpowiedniej podstawie. Dodatkowo robot mobilny wyposażony w odpowiednie czujniki, np. natężenia światła mógłby posłużyć do kontroli równomierności natężenia światła w badanym obiekcie, np. w hali magazynowej lub hali produkcyjnej w zakładzie, gdzie takie równomierne natężenie światła jest wymagane. Ponadto można by dokonywać pomiarów punktowych pewnych parametrów. Wszystko zależałoby od użytych czujników. Zbierane informacje mogłyby być przesyłane bezpośrednio do operatora lub gromadzone w zasobach pamięci pojazdu w celu późniejszej analizy. Schemat pracy robota z takim rozwiązaniem przedstawiono na rysunku 5.1.



Rys. 5.1. Przykładowy schemat pracy zdalnie sterowanego robota

W przypadku autonomicznego robota mobilnego zakres możliwości byłby podobny jak dla zdalnie sterowanego pojazdu, natomiast czynny udział człowieka byłby niepotrzebny.

Rozwiązania mogłyby być oparte od dosyć prostych algorytmów śledzenia linii aż do technik budowy map, np. w oparciu o sieci neuronowe. Roboty mobilne w zależności od zaawansowania i użytych czujników mają możliwość prawie pełnej autonomii nawigacyjnej.

Zadanie nawigacji jest kombinacją następujących czynności[11]:

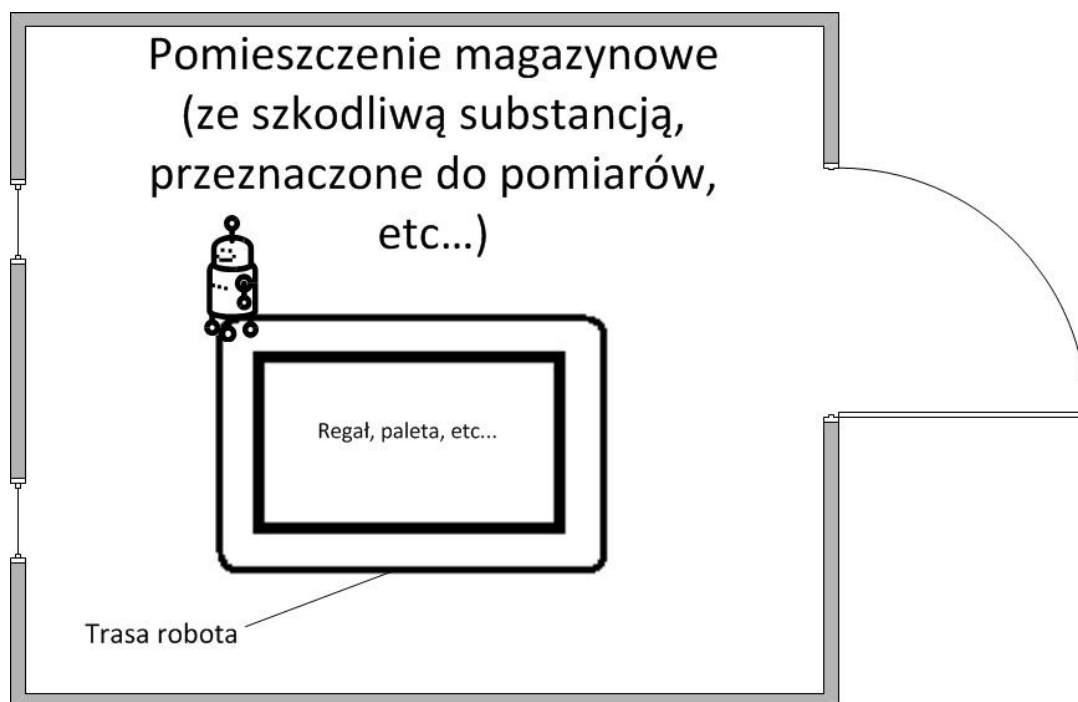
- Percepcji – pomiaru za pomocą różnych czujników stanu środowiska i robota. Wiedza o stanie robota i środowiska jest zazwyczaj częściowa i obciążona niepewnością
- Samolokalizacji robota – określenia pozycji robota w danym układzie odniesienia
- Poznawania (wnioskowania) lub planowania – zdolności podejmowania decyzji, jakie działania są konieczne do osiągnięcia określonego celu w danej sytuacji (w danym stanie robota i środowiska). Decyzje mieszczą się w zakresie od: jaką wybrać ścieżkę, do: którą informację o środowisku wykorzystać:
 - Planowania zadania – określenia sekwencji działań potrzebnych do wykonania zadania

- Planowania ścieżki – wyznaczenia ścieżki przejścia z pozycji aktualnej do zadanej pozycji docelowej

W przypadku robotyki mobilnej wnioskowanie/planowanie ma zazwyczaj charakter geometryczny – jak wybrać bezpieczną ścieżkę lub jaki jest kolejny cel ruchu.

- Budowy mapy środowiska – tworzenie wzajemnie jednoznacznego odwzorowania środowiska w pewną reprezentację wewnętrzną (model)
- Wykrywania i unikania kolizji – lokalnej modyfikacji ścieżek ruchu w celu uniknięcia kolizji z przeszkodami
- Sterowania ruchem – obliczenie wielkości sterujących dla napędów robota
- Źródła niepewności w nawigacji:
 - Niedokładność napędów – polecenia ruchu nie są wykonywane idealnie (poślizgi kół, tolerancje mechaniczne, itp.)
 - Niepewność czujników – niedokładne czujniki mogą tworzyć dane o nieistniejących cechach (np. sonary informują o fikcyjnych przeszkodach)
 - Niepewność w interpretacji danych pomiarowych – nie można rozróżnić na podstawie pomiarów, jaki obiekt wykryto (ściana, zamknięte drzwi, rząd ludzi)
 - Niedokładność map (modeli) środowiska – nieznanne są dokładne wymiary (np. długości ścian korytarza)
 - Niepewność pozycji początkowej robota.
 - Niepewność dynamicznego stanu środowiska – otwarte/zamknięte drzwi, przesuwane krzesła, osoby blokujące wąskie przejścia

Zrealizowanie niezawodnego obiektu, który byłby w pełni autonomiczny jest zadaniem bardzo trudnym. Na potrzeby pracy w części projektowej zostanie przedstawiony sposób realizacji sterowania robotem poruszającym się po dowolnie nakreślonej linii. Schemat przykładowej pracy takiego pojazdu przedstawiono na rysunku 5.2.



Rys. 5.1. Przykładowy schemat pracy robota śledzącego linię.

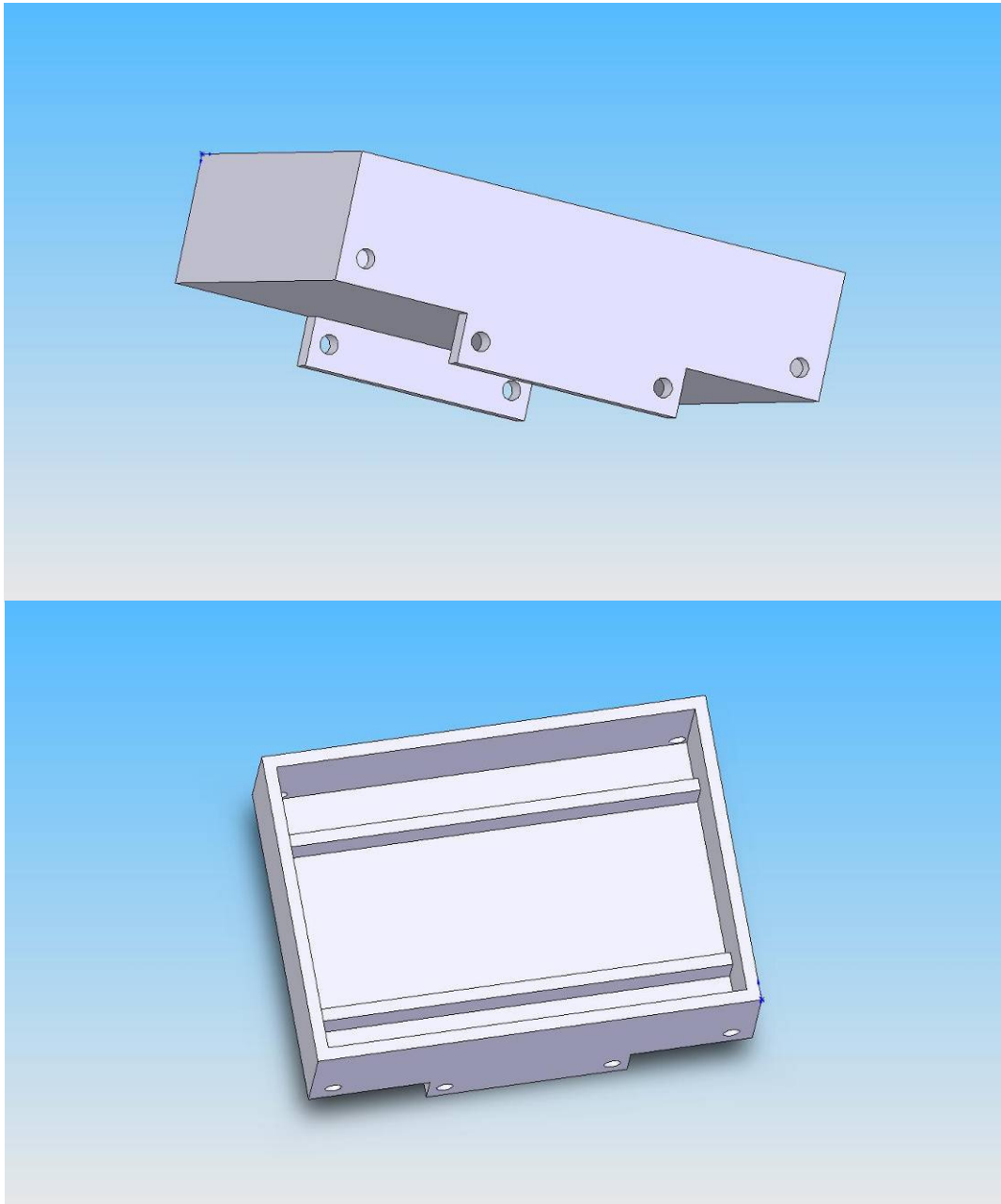
Biorąc pod uwagę możliwości wykorzystania potencjału robotów mobilnych, ich obszar zastosowań wybiega poza gałąź gospodarki, jaką jest transport. Jest jednak szansa, że w transporcie również znajdą szersze zastosowanie niż dotychczas znane przenoszenie ładunków czy ich pakowanie. Rozwój technologii oraz zwracanie większej uwagi na bezpieczeństwo pracowników w ich miejscu pracy daje możliwości do wykorzystania urządzeń, które, będąc pod kontrolą człowieka, wyręczały go z wykonywania niebezpiecznych lub żmudnych czynności.

6. PROJEKT KONSTRUKCJI MIKROPOJAZDU

Projekt pojazdu przedstawiony w pracy będzie oparty w znacznej części o skonstruowany, w ramach grantu rektorskiego przez Koło Naukowe Elektroniki w Systemach Transportowych na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej, zdalnie sterowany pojazd gaśnicowy „Terminus”. Autor pracy jest współtwórcą konstrukcji pojazdu oraz autorem oprogramowania służącego do sterowania pojazdem i komunikacji z nim z dowolnego komputera osobistego. Zadaniem zdalnie sterowanego pojazdu pomiarowego „Terminus” jest pomiar wartości czynników środowiskowych zgodne z wytycznymi pomiarowymi. Pomiary mogą być wykonywane w pomieszczeniach zamkniętych lub w wyznaczonym terenie. Przykładowa wielkość, która jest mierzona przez pojazd to natężenie oświetlenia. Rejestrowany jest także obraz z otoczenia robota za pomocą kamery. Możliwe jest przystosowanie pojazdu do pomiaru innych wielkości istotnych ze względu na charakter pracy wykonywanej w badanym obiekcie. Umieszczenie przyrządów pomiarowych na pojeździe ma tę zaletę nad czujnikami zamocowanymi na stałe, że można dokonać pomiaru praktycznie w każdym punkcie pomieszczenia w sposób systematyczny i powtarzalny. Przeprowadzone systematycznie badanie umożliwi wyeliminowanie w sposób natychmiastowy ewentualnych odchyłek od przyjętych norm lub przepisów bezpieczeństwa oraz ciągłą kontrolę nad aktualną wartością mierzonego parametru. Ponadto pomiary wykonywane w ten sposób eliminują potrzebę korzystania z usług wykwalifikowanego personelu. Pojazd może znaleźć zastosowanie w obiektach przemysłowych, gdzie ciągły nadzór nad pozornie błahymi parametrami byłby zbyt uciążliwy dla personelu technicznego. Kolejną zaletą takiego rozwiązania jest wykonanie pomiarów bez czynnego udziału człowieka w warunkach niebezpiecznych dla jego zdrowia i życia. Ponadto robot został wyposażony w manipulator o 3 stopniach swobody. „Terminus” stanowi platformę, którą z powodzeniem można rozwijać o różne funkcjonalności, których propozycje rozwiązań zostaną przedstawione w niniejszej pracy.

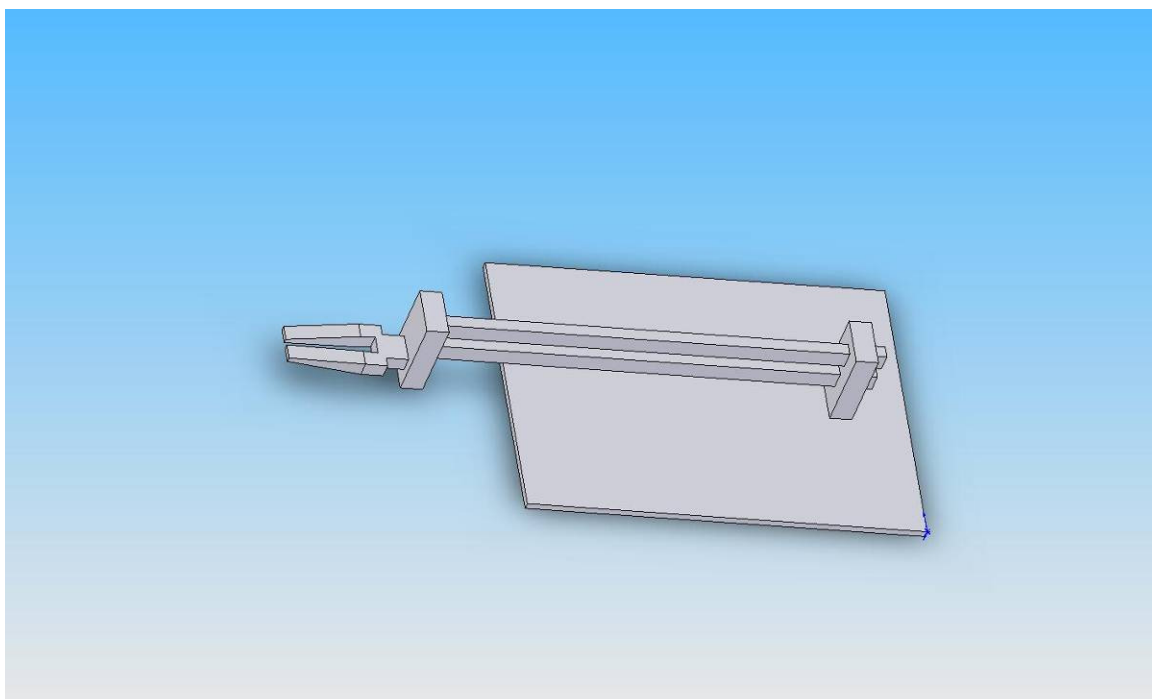
6.1 Konstrukcja mechaniczna

Obudowę pojazdu stanowi aluminiowa konstrukcja, której poglądowy model przedstawia rysunek 6.1.



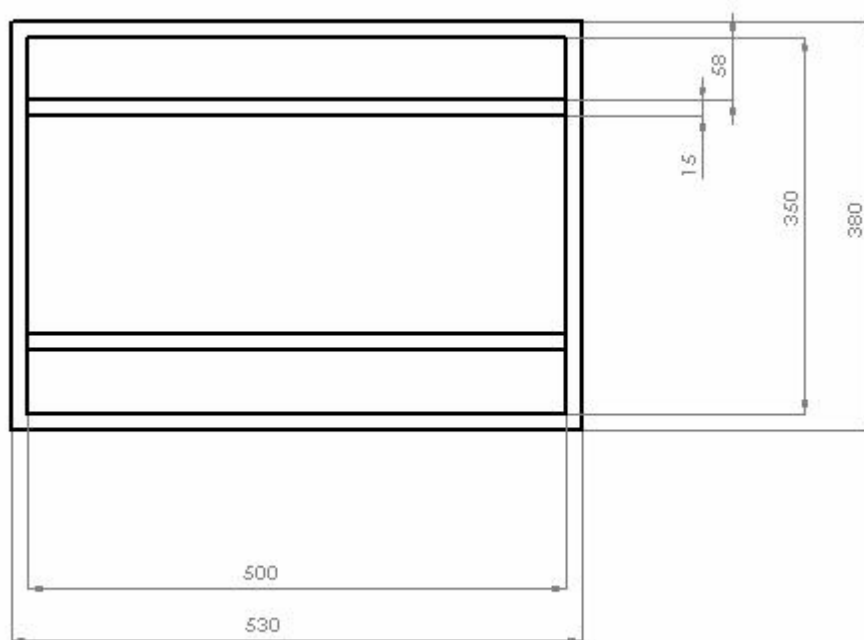
Rys 6.1 Model obudowy pojazdu

Obiekt od góry zamykamy jest przykryciem, na którym zamontowano manipulator posiadający trzy stopnie swobody. Poglądowy model przykrycia przedstawiono na rysunku 6.2.

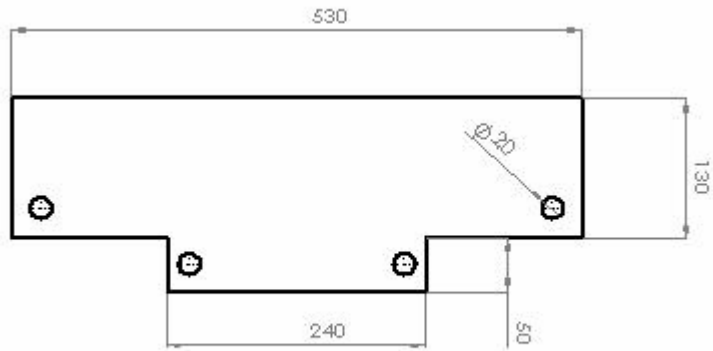


Rys 6.2 Model przykrycia pojazdu wraz z manipulatorem.

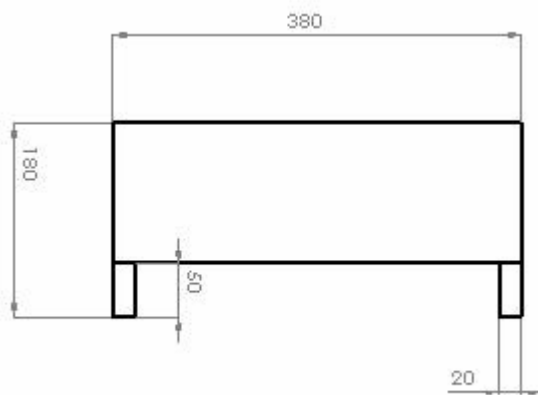
Wymiary obudowy pojazdu przedstawione są na rysunkach 6.3, 6.4 i 6.5.



Rys 6.3 Rzut z góry

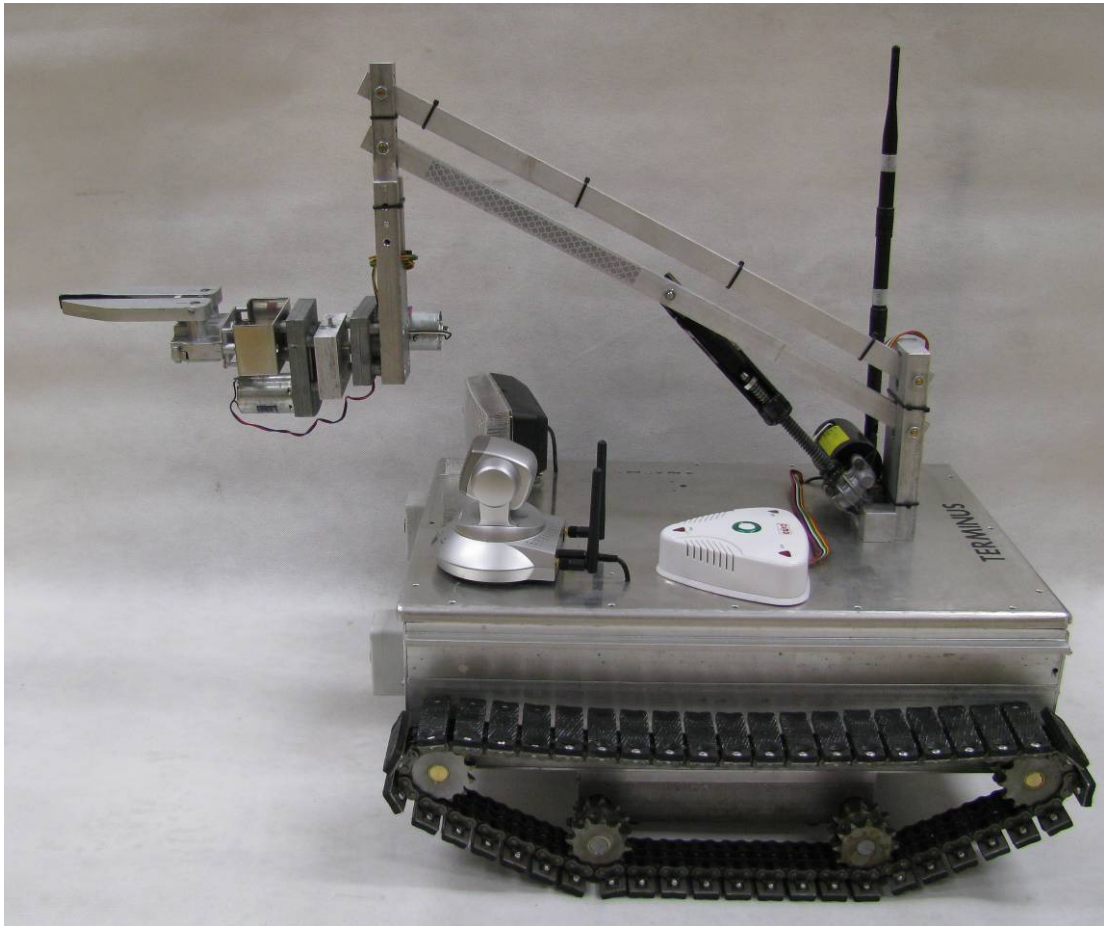


Rys 6.4 Rzut z boku



Rys 6.5 Rzut z tyłu

Rzuty pokrywy z manipulatorem pominięto, ponieważ konstrukcja i wymiary w rzeczywistości odbiegają od założeń modelowych i zostały skonstruowane na podstawie prototypowych konstrukcji spełniających założone wymagania.. Na rysunku 6.6 przedstawiona jest rzeczywista konstrukcja robota mobilnego „Terminus”. W obudowie zamontowane są silniki do napędzania gąsienic i umieszczone układy sterowania oraz zasilania. Każdy z układów zostanie opisany w oddzielnym podrozdziale.

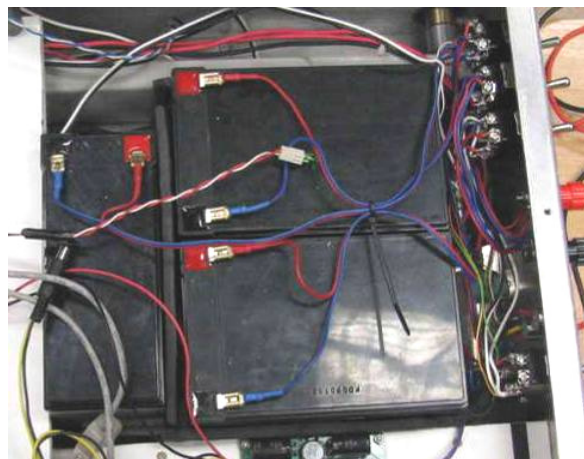


Rys. 6.6. Rzeczywista konstrukcja robota pomiarowego „Terminus”

6.2 Układ zasilania

Do zasilania pojazdu wybrano trzy akumulatory żelowe (rys.6.7):

- 12V 7Ah - do zasilania płyty głównej i kamery WIFI,
- 2 x 12V, 12Ah do zasilania silników

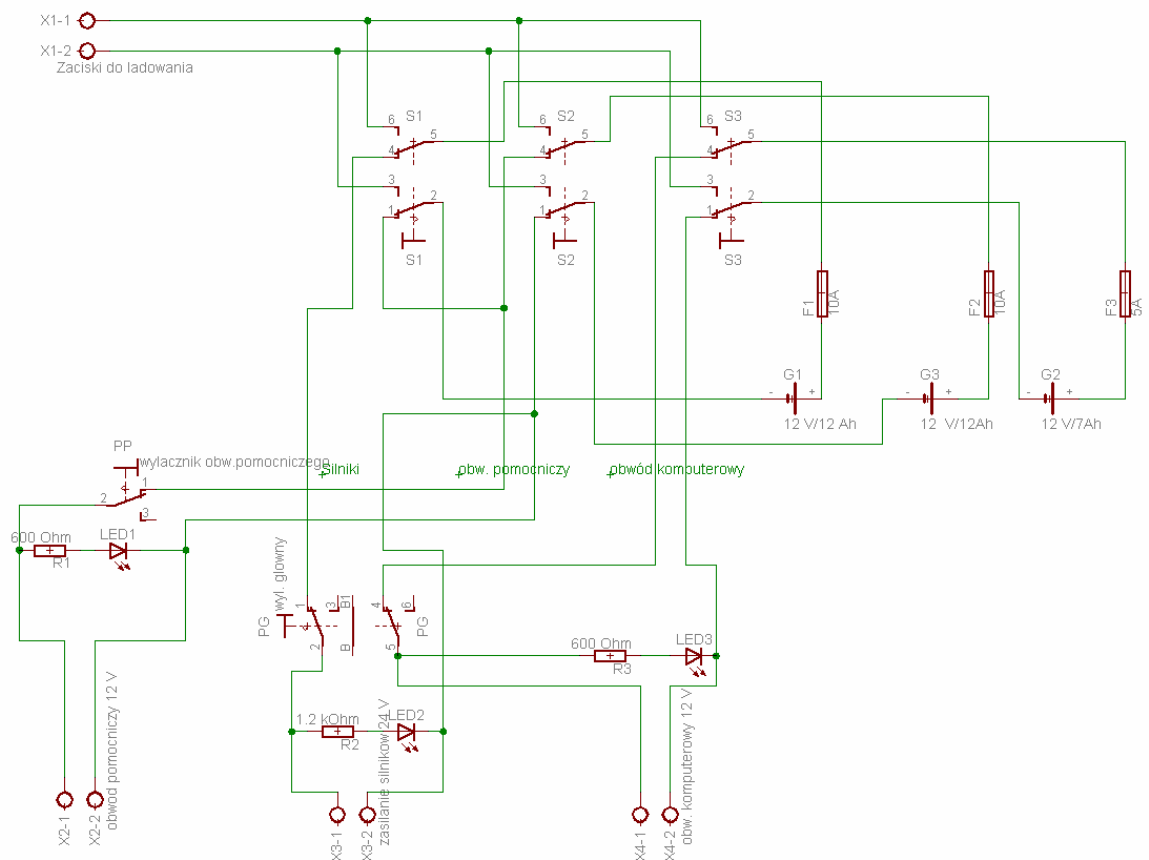


Rys.6.7. Akumulatory zamontowane w pojeździe

Można wyróżnić 3 rodzaje obwodów w układzie zasilania:

- obwód do zasilania silników
- obwód pomocniczy
- obwód komputerowy

Każdy z obwodów sterowany jest przełącznikiem i zabezpieczony odpowiednim bezpiecznikiem. Schemat połączenia przełączników, akumulatorów oraz informujących diod LED przedstawia rysunek 6.8.



Rys. 6.8 Schemat połączenia przełączników, akumulatorów i diod informujących LED

Obwód pomocniczy zasila takie urządzenia jak:

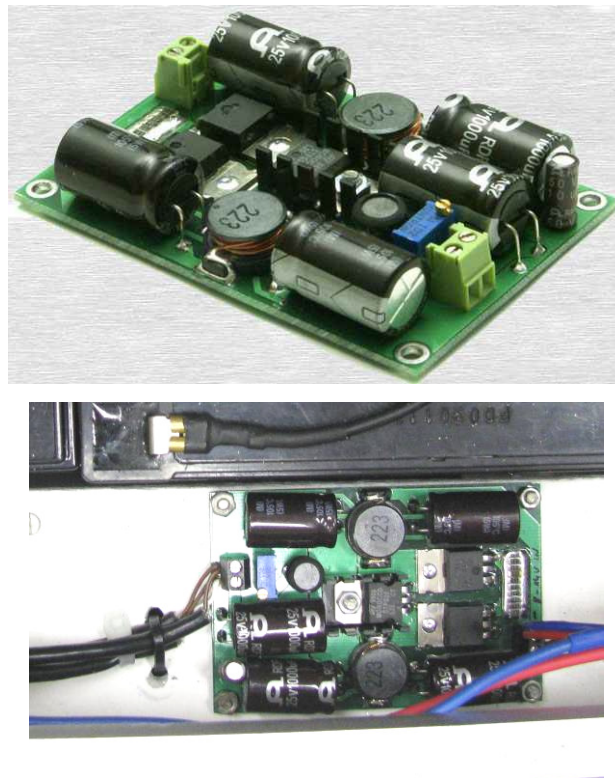
- manipulator
- oświetlenie pojazdu
- układ mikrokontrolera
- czujnik gazu

Obwód do zasilania silników podłączony jest do dwóch układów L298N, które służą do sterowania i zasilania silników lewej i prawej strony pojazdu.

Obwód komputerowy podłączony jest do przetwornicy typu step-up 12 V (rys.6.9), która zasila:

- układ separacji galwanicznej portu LPT
- kamerę Wifi
- płytę główną (poprzez zasilacz PicoPSU)

Przetwornica stabilizuje napięcie zasilania na poziomie 12V, niezależnie od obciążenia.



Rys.6.9. Przetwornica DC/DC 12V

W projekcie zastosowano przetwornicę podwyższającą, dwufazową o bardzo małych szumach i tętnieniach prądu wejściowego i napięcia wyjściowego.

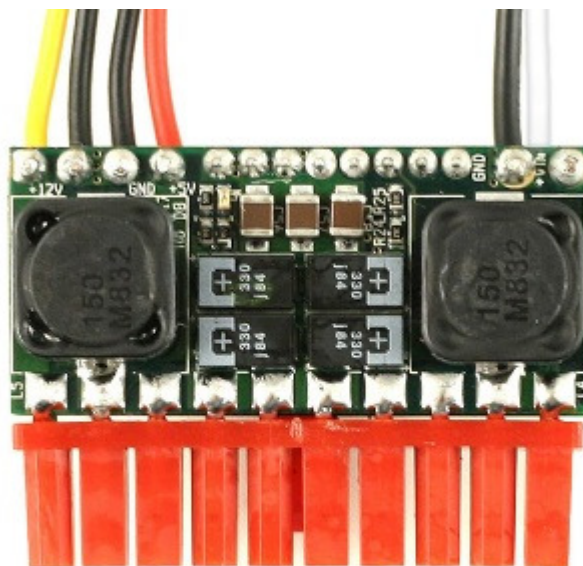
Jest to miniaturowa przetwornica o bardzo dużych możliwościach. Wymiary: 80mm x 53mm x 16mm, co daje ponad 1W/cm³ dla mocy wyjściowej 70W. Dzięki

zastosowaniu dwóch dławików, które pracują w przeciwfazie, natężenie prądu w nich jest o połowę mniejsze niż w konwencjonalnej przetwornicy, a prąd jest pobierany na przemian, co eliminuje duże skoki prądu pobieranego z akumulatora.

Parametry przetwornicy:

- Napięcie wejściowe - 10V do 15V DC
- Napięcie wyjściowe - 12V do ($U_{we} \times 1,8 - 2$)
- Napięcie tętnień - max.20mVpp
- Sprawność maksymalna - 88%
- Moc wyjściowa maksymalna dla 12V, $P_{max} = 66W$
- Prąd wyjściowy ciągły dla $U_{we}=12$, $I_{max} = 3,5-4A$
- Zabezpieczenie przeciążeniowe - > 8A prądu wejściowego
- Częstotliwość pracy - 200kHz. Po 100kHz na każdą fazę.

Do zasilania płyty głównej wykorzystano zasilacz picoPSU DC/DC 12-25V 120W. Jest to jeden z najmniejszych zasilaczy na świecie. Rzeczywisty wygląd zasilacza picoPSU przedstawia rysunek 6.10.



Rys 6.10. Zasilacz picoPSU DC/DC 12-25V 120W

Miniaturowy zasilacz picoPSU-120W przeznaczony jest do zasilania płyt miniITX. Dzięki niewielkim rozmiarom nadaje się do zasilania energooszczędnych płyt głównych firmy Intel. Elementem wyróżniającym jest nie tylko wysoka sprawność (94%), ale również niska emisja ciepła i całkowicie bezgłośnie praca (brak wentylatora). PicoPSU należy podłączyć do dowolnego zasilacza z wtykiem 5,5x2,5mm.

Cechy zasilacza picoPSU:

- całkowicie bezgłośnie praca
- nie wymaga chłodzenia
- moc 120W
- sprawność 94%
- zalecany do zasilania płyt mITX
- szeroki zakres napięcia wejściowego(12-25V)
- wysokiej jakości kondensatory
- opatentowana konstrukcja

Parametry techniczne:

- Napięcie wejściowe: 12-25V (minimum 2A)
- Wymiary: 44,5mm x 20mm x 30mm
- Waga całkowita: 70 gramów
- Zabezpieczenie przed przeciążeniem
- Żywotność: 100000 godzin (temp. 55C)
- Gniazdo zasilania: żeńskie (5,5 x 2,5mm x 10mm)

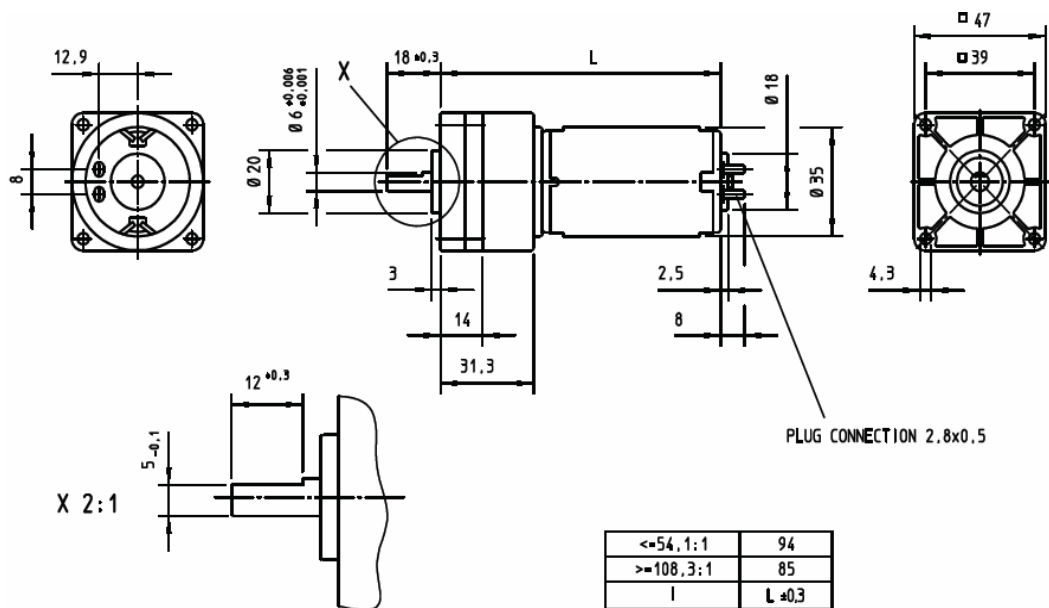
6.3 Układ napędowy

Do napędu wykorzystano cztery komutatorowe silniki prądu stałego 24V typ:1.61.070.324 ze zintegrowaną przekładnią firmy Buhler Motor.

Na rysunku 6.11. zaprezentowano zdjęcie silnika. Rysunek 6.12 prezentuje podstawowe wymiary montażowe.



Rys.6.11 Silnik 1.61.070.324 firmy Buhler Motor



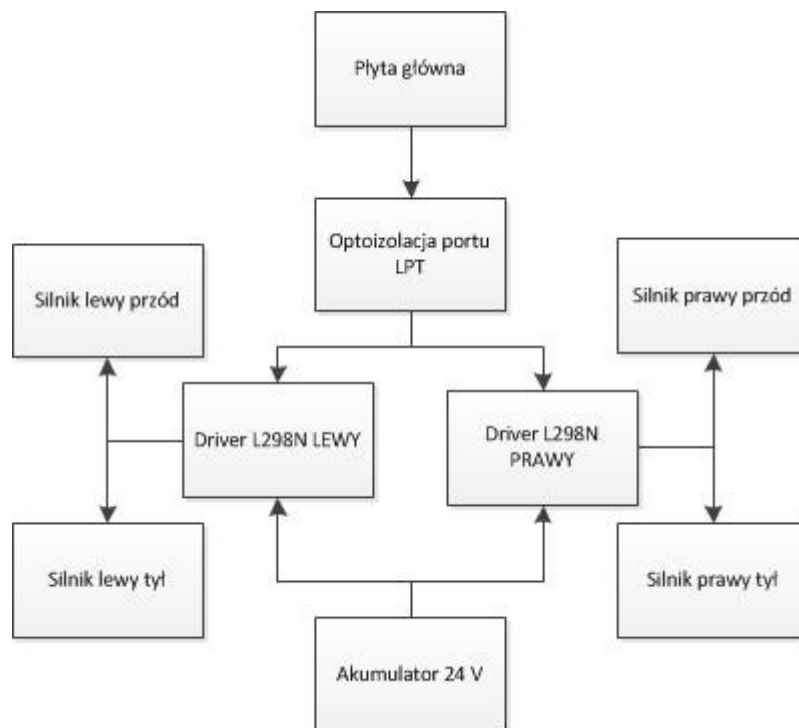
Rys.6.12. Wymiary montażowe silnika 1.61.070.324

Podstawowe parametry silnika 1.61.070.324[17]:

- Napięcie nominalne zasilania 24 V
- Prąd nominalny 0,72A
- Moment nominalny 650 mNm (Max. 910mNm)

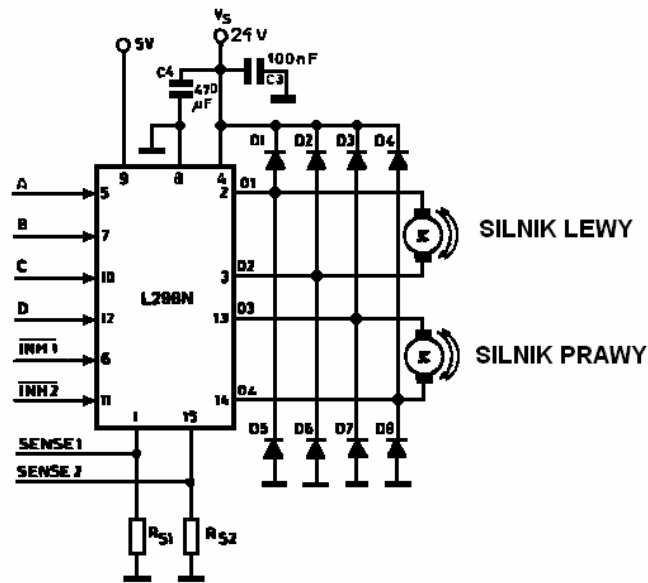
- Prędkość obrotowa nominalna 103 obr/min
- Rezystancja uzwojenia 12 Ω
- Przełożenie przekładni 25,2 : 1
- Przekładnia 2 stopniowa
- Waga 220g
- IP :40

Schemat blokowy układu sterowania silnikami robota przedstawiono na rysunku 6.13. Sygnały sterujące pracą driverów generowane są przez płytę główną poprzez port LPT wyposażony w optoizolację. Silniki zasilane są bezpośrednio poprzez dwa drivery L298N (lewy i prawy) napięciem dwóch akumulatorów 2x12 V.



Rys.6.13. Schemat blokowy układu sterowania czterema silnikami DC

Struktura pełnego mostka H-bridge układu L298N umożliwia sterowanie dwukierunkowe pracą silników za pomocą sygnałów generowanych z komputera PC. Na rysunku 6.14 przedstawiono schemat elektryczny sterowania dwoma silnikami.



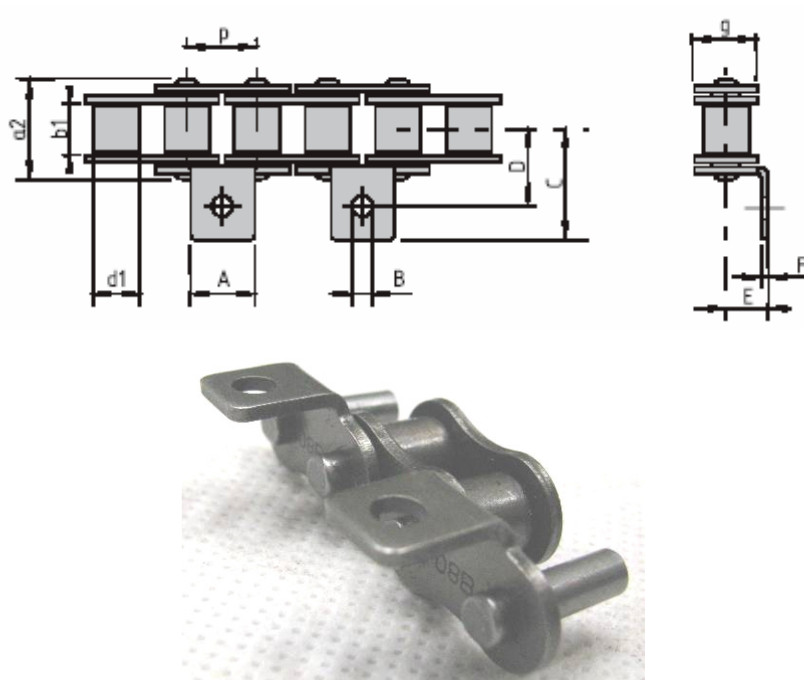
Rys.6.14. Schemat aplikacyjny mostka L298N

Do przeniesienia napędu wykorzystano sprzęgła kłowe (rys.6.15.).



Rys.6.15. Sprzęgła kłowe

Gąsienice wykonano z dwóch przemysłowych łańcuchów rolkowych (rys.6.16), zaopatrzonych w boczne zabieraki.



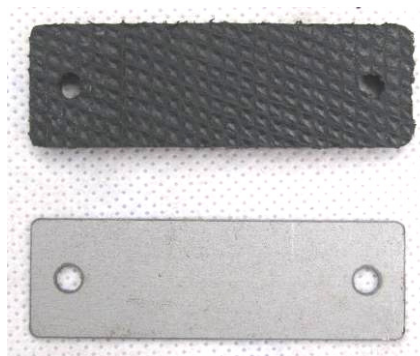
Rys. 6.16. Łańcuchy rolkowe z zabierakami

Do napędu łańcuchów zastosowano koła łańcuchowe dla dwóch pojedynczych łańcuchów rolkowych (rys.6.17).



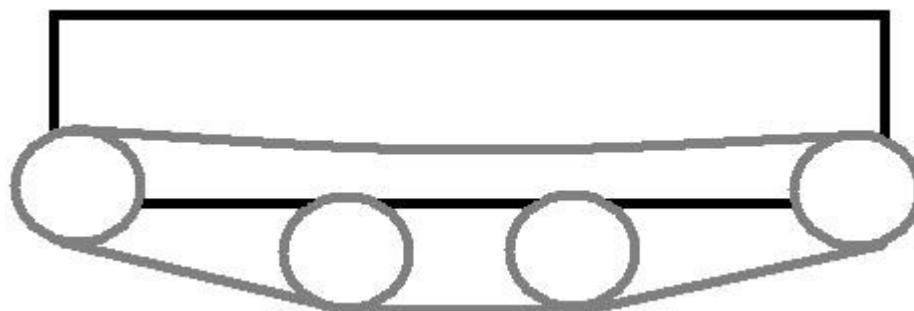
Rys.6.17. Koło napędowe

Łańcuchy zostały przynitowane do wykonanych z metalu i styrogumy poprzecznych płytek gąsienicy (rys.6.18).



Rys.6.18.Elementy gąsienicy pojazdu – widok z góry, widok z boku

W celu osiągnięcia zadowalającej zwrotności całego pojazdu i umożliwienia sprawnej jazdy w warunkach terenowych zamontowano koła napędowe i podporowe na różnych poziomach, aby zmniejszyć opór stwarzany przez podłoże. Koncepcję sposobu prowadzenia napędu pokazano na rysunku 6.19.



Rys. 6.19. Koncepcja napędu pojazdu.

Układ napędowy został wykonany zgodnie z koncepcją projektową i jest przedstawiony na rysunku 6.20.



Rys. 6.20. Rzeczywista realizacja napędu pojazdu „Terminus”

Takie rozwiązanie napędu pozwala na swobodne poruszanie się pojazdu również po nierównym podłożu. W pojeździe „Terminus” do wykonywania zakrętów zastosowano sposób sterowania czołgowego, którego zaletą jest możliwość pełnego obrotu praktycznie w miejscu.

6.4 Układ sterowania i komunikacja

Aby umożliwić sterowanie pojazdem oraz komunikację z nim, należy zapewnić odpowiednie środowisko uruchomieniowe dla oprogramowania oraz zrealizować sieć połączeń, za pomocą których będzie możliwe wykorzystanie wyposażenia dodatkowego pojazdu.

6.4.1 Płyta główna

Głównym sterującym elementem opisywanego pojazdu jest płyta główna wykonana w standardzie Mini-ITX (17.0 cm x17.0 cm) wraz z wyposażeniem dodatkowym. Zastosowana płyta główna to Intel D510MO z wbudowanym dwurdzeniowym procesorem Intel Atom D510 taktowanym z częstotliwością 1,66 GHz. i pamięcią operacyjną 2 GB DDR2. Płyta główna może współpracować bez problemu z systemami z rodziny Microsoft Windows oraz Linux.

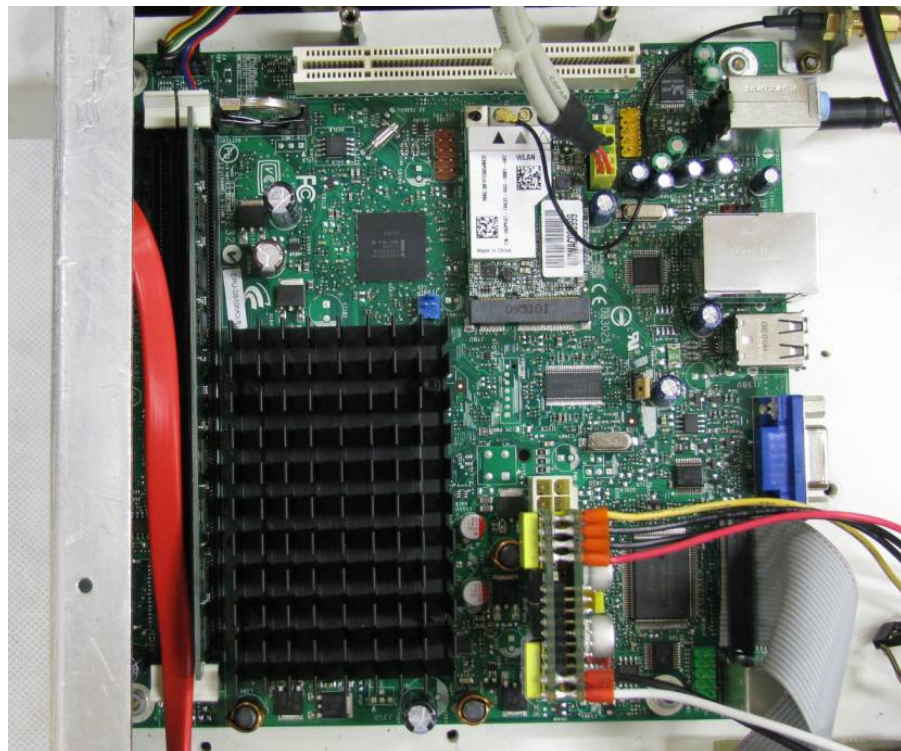
Płyta główna posiada szereg wejść/wyjść umożliwiających współpracę płyty z różnymi urządzeniami peryferyjnymi.

Dane techniczne płyty Intel D510MO [12]:

- standard płyty: Mini-ITX (17.0 cm x17.0 cm)
- gniazdo procesora: Procesor zintegrowany z płytą
- obsługiwane typy procesorów Intel Atom Dual-Core D510
- chipset: Intel NM10
- typ obsługiwanej pamięci :DDR2 667/800 MHz
- dwukanałowa obsługa pamięci
- ilość gniazd pamięci: 2, maks 4 GB
- ilość złączy PCI :
 - 1 x PCI,
 - 1 x Mini PCI Express
- kontroler: 2 x SATA
- zintegrowana karta sieciowa: 10/100/1000 Mbit Realtek 8111DL
- zintegrowana karta dźwiękowa: 6- kanałowa karta dźwiękowa Realtek ALC662
- zintegrowana karta graficzna: Intel Graphics Media Accelerator 3150
- dodatkowe kontrolery:

- 2 x USB 2.0 connector (4 USB),
- 1 x COM,
- 1 x LPT
- porty zewnętrzne:
 - 4 x USB2.0,
 - 2 x PS/2,
 - VGA,
 - RJ-45,
 - Audio

Ze względu na brak elementów mechanicznych (wiatraki, wentylatory itp.) urządzenie jest niezwykle ciche, co znacznie podwyższa komfort pracy. Intel Mini ITX jest idealnym rozwiązaniem w miejscach, gdzie zastosowanie standardowych płyt ATX jest niemożliwe ze względu na rozmiary lub sposób zasilania (samochody, małe pomieszczenia gospodarcze itd.). Z punktu widzenia projektu najistotniejsze są porty USB, port LPT (opisany w rozdziale 6.5) oraz łącze RS232. Zdjęcie płyty głównej zamieszczonej w pojeździe przedstawiono na rysunku 6.21.



Rys 6.21. Płyta główna Intel D510MO zamontowana we wnętrzu robot

6.4.2 Karta Wifi

Aby możliwe było bezprzewodowe sterowanie pojazdem oraz bezprzewodowa transmisja danych pomiarowych, płyta główna powinna być wyposażona w urządzenie pozwalające na bezprzewodową komunikację. W przypadku powyższego projektu jest to karta sieciowa wifi firmy Asus model WL-270N MiniPCI-E.

Dane techniczne karty WL-270N[14]:

Architektura sieci LAN:

- Wireless IEEE 802.11b
- Wireless IEEE 802.11g
- Wireless IEEE 802.11n

Szyfrowanie:

- 64 bit WEP
- 128 bit WEP
- WPA - Wi-Fi Protected Access
- WPA2 (PSK) - WiFi Protected Access 2 (Pre-Shared Keys)
- TKIP, AES

Dostępne prędkości transmisji:

- 1 Mb/s, 2 Mb/s, 5,5 Mb/s, 6 Mb/s, 9 Mb/s, 12 Mb/s, 18 Mb/s, 24 Mb/s, 36 Mb/s, 48 Mb/s, 54 Mb/s, 108 Mb/s, 240 Mb/s, 300 Mb/s

Tryb pracy:

- ad-hoc
- infrastruktury

Częstotliwości:

- 802.11b/g (2412 ~ 2484 MHz)
- 802.11a Mid (5180 ~ 5700 MHz)
- 802.11a Low(4900 ~ 5080 MHz)
- 802.11a HI (5745 ~ 5925 MHz)

Obsługiwane protokoły i standardy:

- IEEE 802.11b - Wireless LAN 11Mbps, 2.4GHz
- IEEE 802.11g - Wireless LAN 54Mbps, 2.4GHz
- IEEE 802.11n - Wireless LAN 300Mbps, 2.4GHz

Czułość:

- -52dBm @270Mbps
- -74dBm @54Mbps
- -87dBm @11Mbps
- -96dBm @ 1Mbps

Szerokość: 29,85 mm

Wysokość: 50,85 mm

Głębokość: 4,5 mm

Masa netto: 6 g.

Rysunek 6.22. przedstawia rzeczywisty wygląd karty wifi.



Rys 6.22. Karta wifi ASUS WL-270N

6.4.3 Router

Sterowanie pojazdem oraz obserwacja otoczenia odbywa się za pomocą łącz bezprzewodowych z wykorzystaniem standardu 802.11g oraz routera LINKSYS WRT 54GL (rys.6.23)



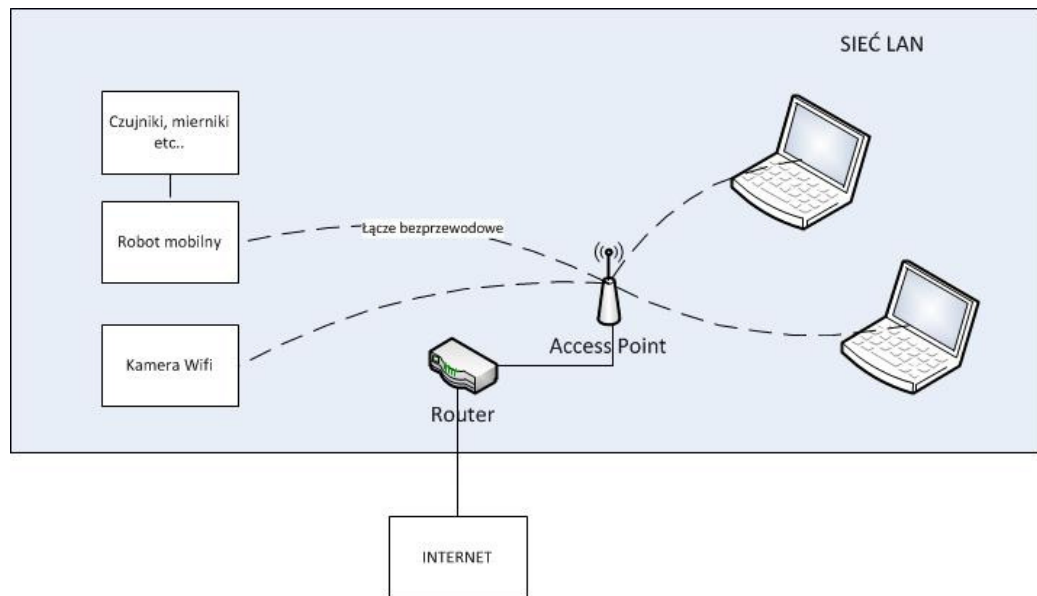
Rys.6.23 Router LINKSYS WRT 54GL

Podstawowe parametry routera LINKSYS WRT 54GL:

- zgodny z 802.11g pracujący z częstotliwością 2.4GHz
- przepustowość do 54 Mbps
- kompatybilność z klientami 802.11b (jednocześnie obsługuje karty Wireless-B z prędkością 11Mbps)
- chipset radiowy: Broadcom BCM2050KML
- procesor: Broadcom BCM5352EKPB
- moc nadajnika: 18 dBm (64mW)
- zapewnia: roaming, wybór najlepszego punktu dostępowego, równoważenie obciążenia (load balancing) oraz filtrowanie ruchu pakietów
- WPA (Wi-Fi Protected Access)
- WPA PSK (Pre-shared key),
- WPA RADIUS,
- 128-bitowe szyfrowanie WEP (Wireless Equivalent Privacy)
- funkcja SES(Secure Easy Setup)
- tablica dostępu / odmowy dostępu definiowana po adresach MAC kart klienckich
- dwie odkręcane anteny ze złączem R-TNC o zysku 2dBi

Całość jest nadzorowana z poziomu komputera PC poprzez zastosowanie dedykowanego dla pojazdu „Terminus” oprogramowania do pracy zdalnej. Wszystkie urządzenia korzystające z łącz bezprzewodowych wykorzystują router Linksys do

nawiązywania połączeń z komputerem w obrębie jednej sieci LAN. Schemat pracy przedstawia rysunek 6.24.



Rys. 6.24. Schemat stanowiska pracy dla zdalnie sterowanego pojazdu pomiarowego.

Powyższe rozwiązania pozwala na bezprzewodową wymianę informacji między wszystkimi urządzeniami sieciowymi w obrębie sieci lokalnej i nie tylko. W przypadku, jeśli dostęp do Internetu zapewniony byłby poprzez urządzenie, które ma publiczny adres IP, istniałaby możliwość nawiązania połączenia z robotem czy z kamerą z dowolnego miejsca z dostępem do sieci Internet. Sam dostęp do Internetu (bez znaczenia czy z użyciem publicznego czy prywatnego adresu IP) pozwala na wysyłanie informacji od urządzenia do dowolnej stacji roboczej podłączonej do sieci Internet.

6.5 Port LPT

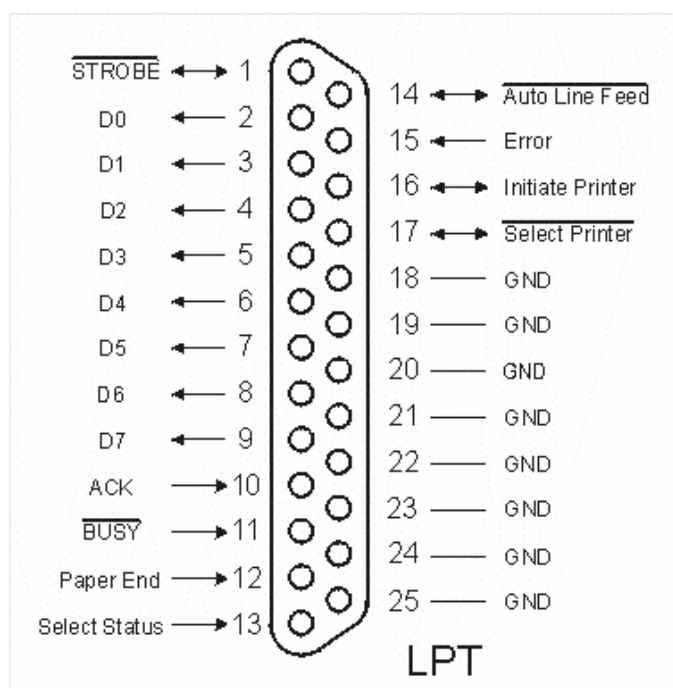
W układzie sterowania bardzo istotną rolę odgrywa port LPT, dlatego warto przedstawić dokładniej zasadę sterowania takim portem przy pomocy języków programowania.

Zapewne większość użytkowników komputerów zna port równoległy - potocznie zwany LPT (rys. 6.25), a specjalistycznie **Interfejs IEEE 1284**. W latach swojej świetności mógł posłużyć do współpracy z drukarkami, skanerami i tego typu urządzeniami biurowymi. Aktualnie zastąpiono go interfejsem USB.

Jednak dla elektroników hobbystów może on posłużyć jako wygodne narzędzie do sterowania układami elektronicznymi, np. do współpracy z mikrokontrolerami, itd. Należy oczywiście pamiętać, że ów port ma ograniczoną wydajność prądową, dlatego najlepiej zabezpieczyć układ wykonawczy za pomocą optycznego układu sprzęgającego, np. opartego o transoptory. W literaturze można znaleźć wiele rozwiązań służących zabezpieczeniu i odizolowaniu portu LPT od układu elektronicznego.

W niniejszym podrozdziale omówiono sposób wysterowania odpowiednich pinów portu LPT przy pomocy języka programowania C++ wraz z użyciem asemblera.

Magistrala interfejsu LPT składa się z: 8 linii danych, 4 linii sterujących i 5 linii statusu. Najistotniejsze jest 8 linii danych.



Rys 6.25. Widok portu LPT

Linie danych dotyczą pinów od 2 do 9, podpisanych odpowiednio D0-D7. Takie nazwy zostaną użyte w dalszej części podrozdziału. Sygnały pojawiające się na pinach D0-D7 odpowiadają poziomom napięć w technologii TTL.

Najczęściej adres bazowy portu LPT to 378_{hex} . Może się jednak zdarzyć, że będzie on dostępny pod innym numerem. Domyślną wartość można, na przykład, zmienić w BIOSie. Tabela 6.1 przedstawia listę standardowych adresów wyrażonych w kodzie szesnastkowym.

Tab. 6.1 Adresowanie portu LPT

Adres (hex)	Znaczenie	Standardowy Adres bazowy (hex)
0040:0008	adres bazowy LPT1	378
0040:000A	adres bazowy LPT2	278
0040:000C	adres bazowy LPT3	3BC
0040:000E	adres bazowy LPT4	2BC

Jak można zauważyć, na port wysyłany jest bajt danych czyli ustawiane jest 8 bitów . Te osiem bitów to właśnie symbolicznie ustawienie logicznych 0 i 1 na pinach od D0 do D7.

Przykładowy bajt danych : 00001111 ustawi piny D0-D3 w stan wysoki, czyli ok. 5V, natomiast piny D4-D7 będą miały poziom napięcia ok. 0 V. Ponieważ w programie używany jest zapis szesnastkowy to wyżej przedstawiony przykład można opisać tak, że na port została wysłana liczba 0x0F.

Przedstawiona poniżej funkcja (C++/assembler) odpowiedzialna jest za ustawienie odpowiedniej wartości portu LPT:

```

void outport(int,int)
{
    asm(".intel_syntax noprefix");           //assembler - INTEL
    asm("mov dx, [ebp + 8]");               //do rej DX podajemy adres portu
    asm("mov al, [ebp + 12]");             // do rej AL podajemy bajt danych
    asm("out dx, al");                     // wysyłanie
    asm(".att_syntax prefix");             //żeby nie było błędu kompilacji.
};

```

Przykład użycia tej funkcji to :

outport(0x378, 0x0F);

Tym sposobem wystawimy bajt danych 00001111 na port o adresie 378_{hex}.

6.6 Wyposażenie dodatkowe

Pojazd pomiarowy „Terminus” dzięki uniwersalności konstrukcji i układu sterowania ma możliwość podłączenia szeregu urządzeń dodatkowych wykorzystujących standardowe złącza, takie jak : USB, RS232, LPT. Ponadto na potrzeby rozwinięcia projektu i realizacji różnych funkcji pojazd wyposażony jest w elementy niezależne od głównego systemu sterowania, takie jak kamera Wi-Fi czy odbiornik GPS.

6.6.1 kamera wifi

Do transmisji obrazu, ze względu na odporność na zakłócenia i możliwy do uzyskania duży zasięg, zdecydowano się na zastosowanie kamery Wi-Fi. Zakładany zasięg kamery - do 100m w terenie otwartym. W terenie zabudowanym i w budynku zasięg będzie ograniczony (realnie około 40-50m) i jest zależny od zastosowanej anteny.

Zastosowano kamerę Edimax 7000 PTh (rys.6.26.):



Rys.6.26. Kamera Edimax IC-7000PTn

Kamera IC-7000PTn wyposażona jest w mechaniczny obiektyw z funkcją obrotu i pochylania o kąty $\pm 355^\circ$ w poziomie i $\pm 120^\circ$ w pionie, sterowany przez przeglądarkę internetową. Pozwala to na ustawienie pola widzenia oraz na śledzenie wnętrza pomieszczeń. Kamera obsługuje dwa tryby wideo: MJPEG i MPEG-4, co pozwala na optymalizację jakości obrazu i przepustowości połączenia internetowego[17].

Kamera Edimax została wyposażona w funkcję wykrywania ruchu, co pozwala użytkownikom na zdefiniowanie do 3 obszarów w polu widzenia i skonfigurowanie kamery do wysyłania zdjęcia zdarzenia pocztą elektroniczną, po wykryciu ruchu w zdefiniowanym obszarze. Ponadto urządzenie posiada wbudowany czytnik kart, który pozwala na zapis zdarzenia lokalnie na karcie SD lub SDHC oraz wyjście audio do podłączenia głośników i wejście do podłączenia mikrofonu, co pozwala na dwukierunkową komunikację z odległych lokalizacji.

Kamera IC-7000PTn obsługuje system logowania w taki sposób, że szereg użytkowników może się jednocześnie zalogować na kamerze i uzyskać podgląd do obrazu z kamery. Funkcja DDNS pozwala użytkownikom na skonfigurowanie indywidualnego adresu sieciowego, pod którym kamera będzie dostępna z Internetu, także przy zmiennym adresie IP. Funkcja UPnP pozwala na dostęp do kamery także bez

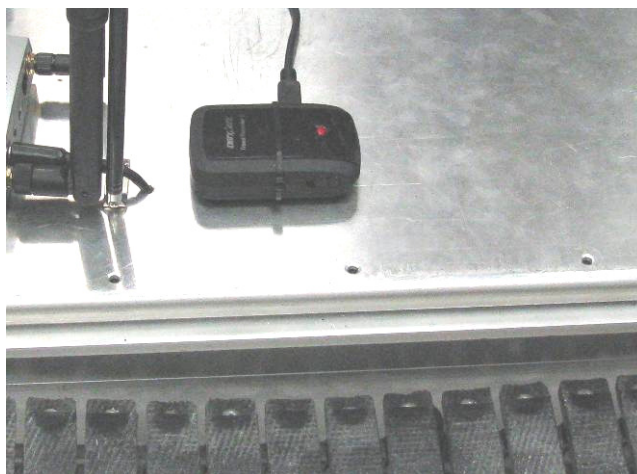
znajomości jej adresu IP. W celu bezpiecznej transmisji wideo kamera IC-7000PTn obsługuje zabezpieczenia sieci bezprzewodowych WEP, WPA oraz WPA2.

Parametry kamery IC-7000PTn:

- Interfejs: LAN RJ45, WLAN
- Obsługiwane protokoły - IEEE802.3 IEEE802.3u
- Typ sensora CMOS
- Czulość 1
- Maks. rozdzielczość 1024x768
- Kompresja Video - Dwukierunkowa transmisja audio
- 2 tryby pracy wideo: MPEG 4 oraz Motion-JPEG
- Format rejestracji – Video (AVI)
- Format zdjęć – Picture (JPEG)
- Kąty widzenia: H355°, V120°
- Focus - Soczewka 5 mm
- Manual Focus, F=2.8
- Funkcje Image Video
- Możliwość ustawienia zdefiniowanej drogi śledzenia obrazu.
- Funkcja aparatu cyfrowego
- Wbudowany mikrofon
- Zarządzanie WWW, program obsługujący do 16 kamer jednocześnie
- Obsługa 4 konta użytkownika i 1 konta administratora
- Zasilanie 12V DC, 1A
- Wymiary (wys x szer x gł) 108mm x 112mm x 108mm

6.6.2 Odbiornik GPS

Do lokalizacji położenia oraz śledzenia pojazdu wykorzystano moduł GPS QSTARZ BT-Q1000P (rys. 6.27.) podłączony do płyty głównej za pomocą złącza USB. Wykorzystanie odbiornika oczywiście ma sens w sytuacji, kiedy pojazd poruszałby się po terenie otwartym.



Rys.6.27. Moduł GPS QSTARZ BT-Q1000P

Parametry GPS QSTARZ BT-Q1000P[20]:

Hardware:

- Chipset MTK o bardzo wysokiej czułości wynoszącej -158dBm oraz możliwości śledzenia 51 źródeł danych telemetrycznych
- Niskie zużycie energii - do 32h pracy podczas zapisów tras
- Autonomiczny logger tras zdolny do zapisania 200,000 punktów drogowych
- Proste przełączanie pomiędzy trybem nawigacji (NAV), a trybem logowania (LOG (Navigation + Log))
- Możliwość pracy w wielu trybach logowania (Vehicle, Bicycle, Jog)
- Możliwość ręcznego zaznaczenia punktu POI w podróży
- Szybki Fix ,zimny start w 36s, ciepły start w 33s, gorący start w 1s
- Funkcja autoúspienia pomagająca w oszczędzaniu energii
- Osobista/przenośna nawigacja GPS (PDA, Smartphone, PC, etc.)

- Wspomaganie systemów różnicowych WAAS+EGNOS+MSAS

Software:

- Podwójne, wielojęzyczne oprogramowanie dołączone do zestawu
- Obsługa Google Maps
- PC Utility V3 pozwala na bardzo szczegółową konfigurację urządzenia
- PC Utility V4 z wbudowaną obsługą Google Maps
- Możliwość edycji zapisanych tras
- Aktywny protokół NMEA z sentencjami VTG / GLL
- Zapis tras w formatach GPX / PLT / CSV / NMEA / Google Earth.
- Możliwość bezpośredniej wizualizacji trasy w programie Google Earth
- Wsparcie dla geotaggingu i łatwego generowania plików KMZ

6.6.3 Czujnik gazów

Pojazd „Terminus” został wyposażony w sygnalizator wykrycia stężenia gazów większego niż dopuszczalne. Sygnalizator GS-590 (rys.6.28) służy do ciągłego monitoringu obecności:

- gazu (ziemny, LPG)
- tlenku węgla CO (czadu)
- dymu

Czujnik ciągle monitoruje stężenie gazów w otaczającym go powietrzu i alarmuje o przekroczeniu maksymalnie bezpiecznego stężenia odpowiedniego gazu (lub dymu). Instaluje się go w pomieszczeniach zamkniętych, w których istnieje prawdopodobieństwo pojawienia się przynajmniej jednego z wyżej wymienionych zagrożeń. Zasilany jest napięciem stałym 12V z zasilacza prądu stałego, będącego na wyposażeniu zestawu. Zastosowano w nim 3 oddzielne zawansowane technologicznie czujniki oraz elektroniczny układ sterujący, pozwalające na osiągnięcie wysokiego wskaźnika wykrywalności przy stosunkowo niskiej cenie urządzenia. Po wykryciu przynajmniej jednego z zagrożeń (czad, gaz, dym) w powietrzu, urządzenie generuje sygnał liniowy proporcjonalny do jego stężenia, a po przekroczeniu niebezpiecznego stężenia tlenku węgla w powietrzu, urządzenie generuje alarm akustyczny i optyczny. Optymalna wysokość instalacji urządzenia nad podłogą wynosi 1,5m.



Rys 6.28. Sygnalizator GS-590

Przykładowe wartości dolnych (LEL)¹ granic wybuchowości niektórych gazów przedstawia tabela 6.2.

Tab. 6.2 dolne granice wybuchowości pospolitych gazów

Gaz	LEL*
Metan	5.00 %
Propan	2.10 %
Butan	1.80 %

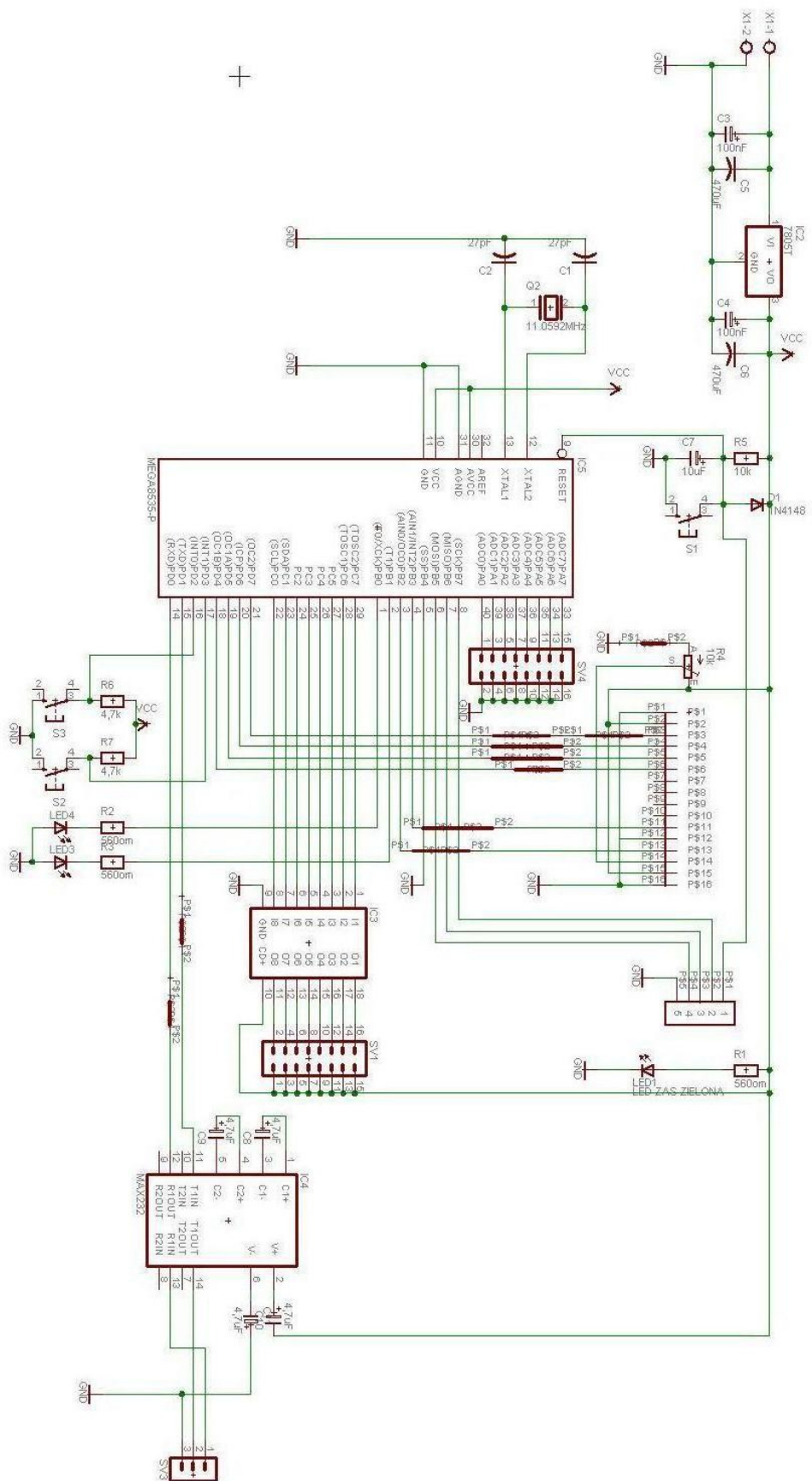
6.6.4 Układ mikroprocesorowy

Na potrzeby pojazdu wykonano i przetestowano mikroprocesorowy układ elektroniczny, który będzie odpowiedzialny za pozyskiwanie dodatkowych informacji z czujników zamontowanych na pojeździe. Układ elektroniczny oparty na mikrokontrolerze ATmega będzie także odpowiedzialny za komunikacje z płytą główną Intel przy pomocy łącza RS232C. Do tego celu mikrokontroler musiał zostać wyposażony w dodatkowy układ jakim jest MAX232. Jest to układ scalony stosowany do konwersji napięć portu RS-232C na standard TTL. Na porcie RS-232C występują

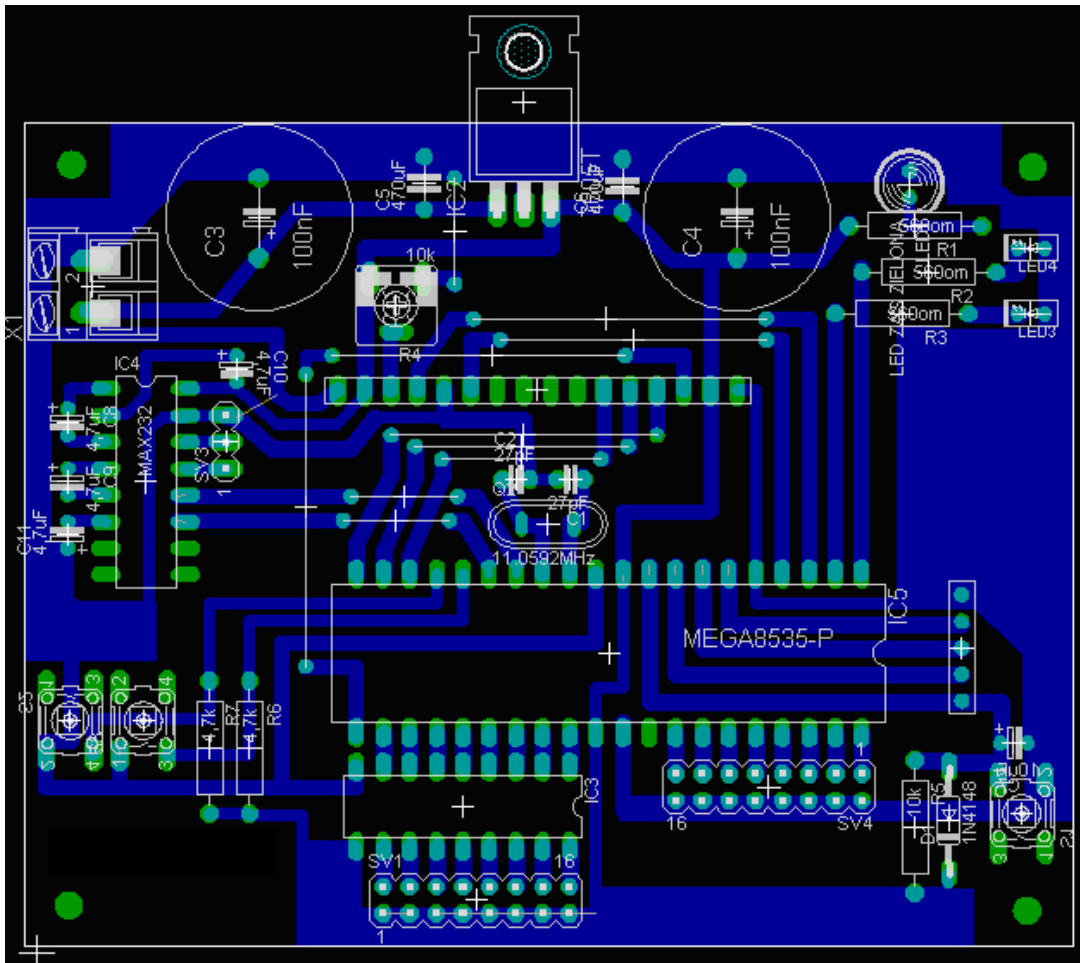
¹LEL (Lower Explosive Limit) dolna granica wybuchowości gazu, wyrażona w procentach stosunku objętości gazu do objętości powietrza.

napięcia +15V i -15V, co uniemożliwia bezpośrednie podłączenie linii portu do urządzeń w standardzie TTL o poziomach napięć 0V i 5V lub CMOS (0V i 1.8V).

Schemat układu nadzorującego komunikację oraz odczyt parametrów pomiarowych pokazano na rysunku 6.29. Zaprojektowany układ jest układem dosyć uniwersalnym, dlatego bez problemu może posłużyć jako podstawa do rozwoju funkcjonalności pojazdu. Na rysunku 6.30 zaprezentowano ułożenie elementów na płycie.



Rys. 6.29. Schemat elektroniczny układu mikroprocesorowego



Rys.6.30. Płytko pomiarowo - komunikacyjna – schemat ułożenia elementów

6.6.5 Miernik natężenia oświetlenia

Do pomiaru natężenia oświetlenia wykorzystany został Fotometr Lx 105 firmy Lutron pokazany na rysunku 6.31.



Rys.6.31. Miernik Lutrom Lx 105

Parametry miernika Luton Lx105[18]:

- Pomiar natężenia światła w szerokim zakresie w luksach i stopokandelach
- Duży, kontrastowy wyświetlacz LCD, ułatwiający odczyt pomiaru
- Czujnik pomiarowy - umieszczony w osobnej głowicy, zbudowany z wysokiej jakości fotodiody i filtra korekcji barwy - spełniający wymogi normy CIE
- Duża dokładność i niezawodność dzięki oparciu konstrukcji na pojedynczym układzie mikroprocesorowym LSI
- Pamięć dowolnego odczytu oraz wartości maksymalnej, minimalnej i średniej danej serii pomiarów
- Przełącznik rodzaju oświetlenia: dzienne, żarowe, fluorescencyjne, rtęciowe
- Pomiar względny natężenia światła (w %)
- Automatyczny wyłącznik zasilania - oszczędność baterii
- Wbudowany interfejs RS-232C
- Wskaźnik stanu baterii zasilającej
- Odporna mechanicznie obudowa o kieszonkowych wymiarach, niewielka masa

Parametry pomiaru zostały przedstawione w tabeli 6.3:

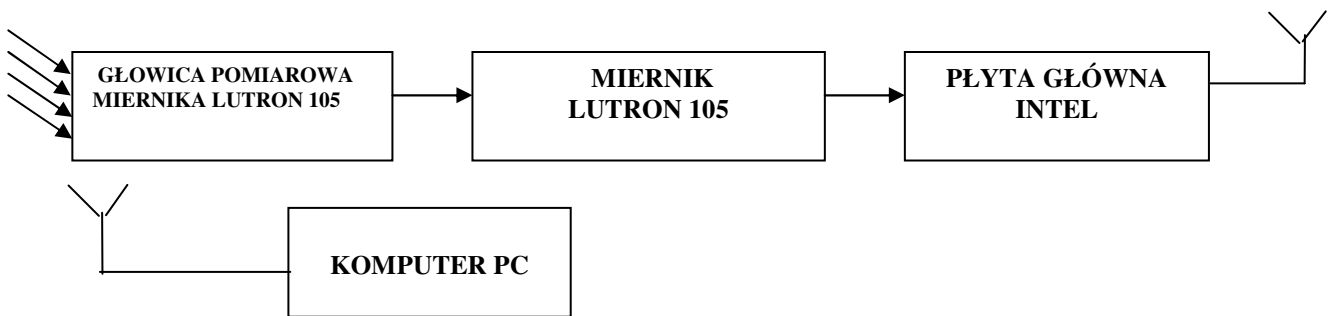
Tab. 6.3. Parametry pomiaru miernika Luton Lx105

Funkcja	Zakres	Dokładność	Rozdzielczość
Luksy (Lx)	0 - 1999 Lx	$\pm(4\%rdg + 2dgt)$	1 Lx
	2000 - 19990 Lx	$\pm(4\%rdg + 2dgt)$	10 Lx
	20000 - 50000 Lx	$\pm(4\%rdg + 2dgt)$	100 Lx
Stopokandele (Fc)	0 - 185,9 Fc	$\pm(4\%rdg + 2dgt)$	0,1 Fc
	200 - 1860 Fc	$\pm(4\%rdg + 2dgt)$	1 Fc
	2000- 5000 Fc	$\pm(4\%rdg + 2dgt)$	10 Fc

- 1) rdg – wartość odczytu
- 2) dgt - wartość najmniej znaczącej cyfry

Sygnal w standardzie TTL jest transmitowany za pomocą portu RS-232C wprost do płyty głównej Intel, gdzie zostanie odczytany i wysłany drogą radiową (Wi-Fi) do komputera sterującego.

Schemat ideowy toru pomiarowego i transmisyjnego pokazano na rysunku 6.32.



Rys.3.32. Schemat blokowy układu pomiaru natężenia oświetlenia

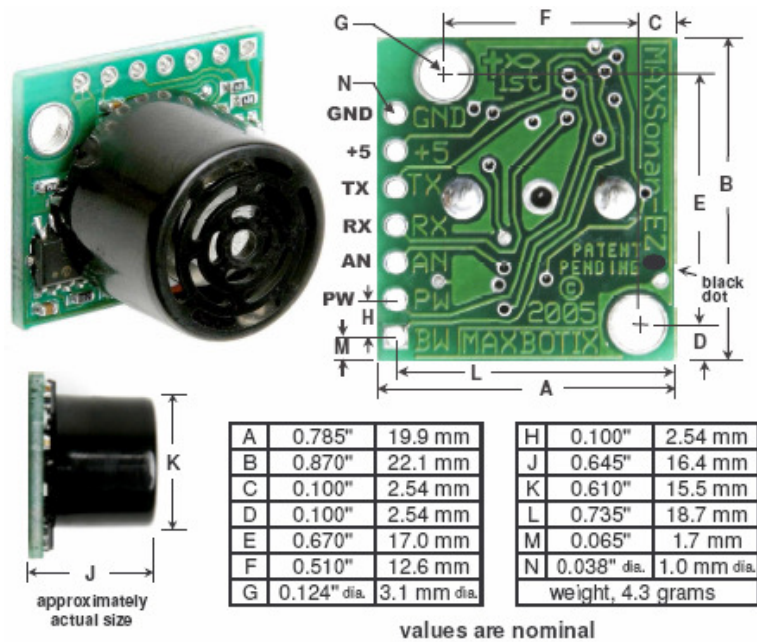
Rysunek 6.33. zamieszczony poniżej przedstawia widok czujnika pomiarowego zainstalowanego na pojeździe:



Rys.6.33. Czujnik natężenia promieniowania zamontowany na pojeździe

6.6.6 Dalmierze ultradźwiękowe

Pojazd może zostać opcjonalnie wyposażony z dwa dalmierze ultradźwiękowe. Zdecydowano się na zastosowanie dalmierzy monolitycznych LV-MaxSonar w wersji EZ1 firmy MaxBotix (rys.6.34.). Szerokość wiązki przedstawia rysunek 6.35.



Rys.6.34. Wygląd i parametry gabarytowe dalmierza ultradźwiękowego

Podstawowe parametry ultradźwiękowego czujnika odległości LV-MaxSonar-EZ1:

- zasięg 0 - 645cm (brak martwej strefy)
- liniowe wzmocnienie sygnału do zmian odległości
- zasilanie 2,5 - 5 V, 2mA
- możliwe odczyty z częstotliwością 20Hz
- trzy metody odczytu: sygnał analogowy, szeregowy 9600baud rate lub pomiar sygnału PWM

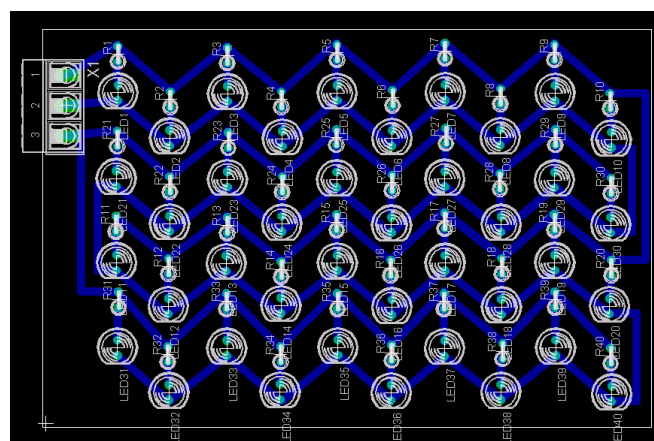
LV-MaxSonar®-EZ beam patterns	EZ0™	EZ1™	EZ2™	EZ3™	EZ4™
Detection pattern to a 1/8 inch diameter dowel.					
Detection pattern to a 1/4 inch diameter dowel.					
Detection pattern to a 1 inch diameter dowel.					
Detection pattern to a 3 1/4 inch diameter dowel.					

-5V
+3.3V
V+ supply voltage.
(Distances overlaid on a 1 foot grid.)

Rys.6.35. Detekcja przeszkód za pomocą wiązki czujnika EZ1

6.6.7 Oświetlacz kamery

Ze względu na możliwość pracy pojazdu w trudnych warunkach oświetleniowych zdecydowano się wykonać oświetlacz w technologii LED. Schemat ułożenia diod LED pokazano na rysunku 6.36. Rysunek 6.37 natomiast pokazuje lampę oświetlacza zamontowaną na pojeździe.



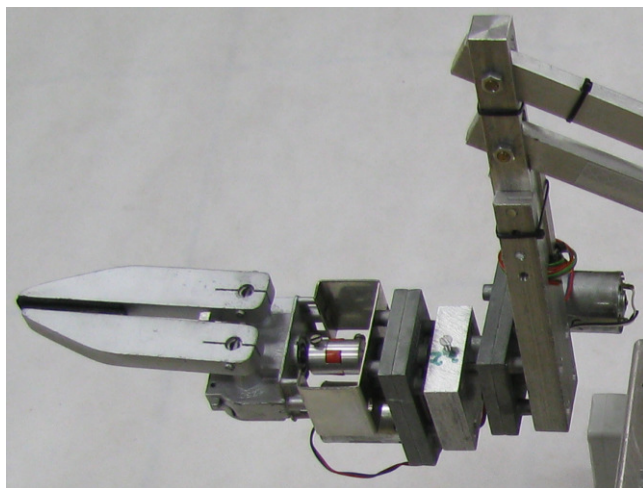
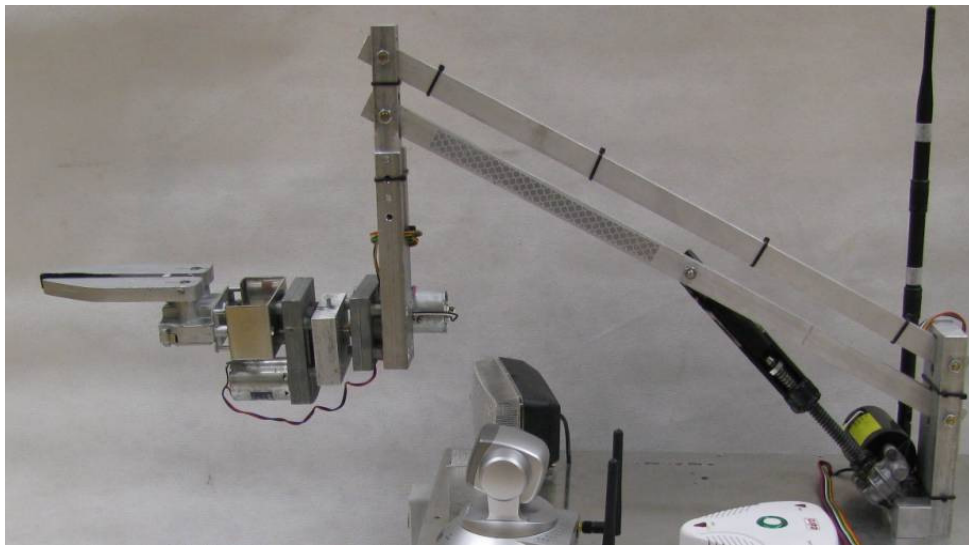
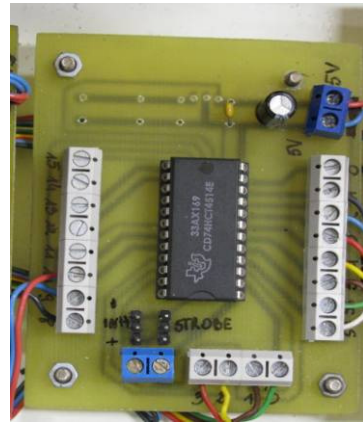
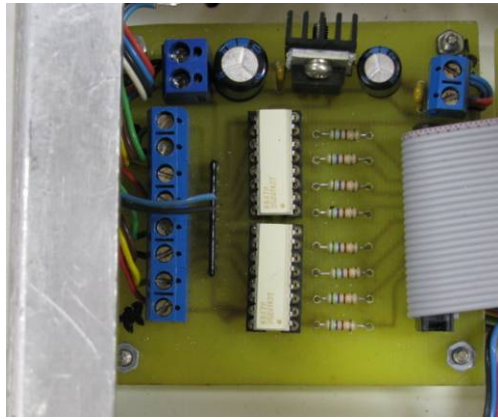
Rys.6.36. Ułożenie diod LED oświetlacza



Rys. 6.37. Oświetlacz zamocowany na pojeździe

6.6.8 Manipulator

Pojazd „Terminus” wyposażony został w manipulator (posiadający trzy stopnie swobody) służący do chwytania niewielkich przedmiotów o ograniczonej masie w celu ich przemieszczenia. Ramię posiada możliwość poruszania się w pionie. Manipulator może się okręcać wokół własnej osi oraz istnieje możliwość regulacji rozwarcia manipulatora. Ramię wraz z manipulatorem jest na etapie prototypowania i testowania jego możliwości. Sterowanie ramieniem odbywa się za pomocą czterech pinów portu LPT oraz dekodera 1 z 16. Dzięki temu możliwe jest wysterowanie silników sterujących manipulatorem przy pomocy mostków L298N. Na rysunku 6.38 przedstawiono układy separacji galwanicznej portu LPT i dekodera (schematy przedstawione w załączniku) wraz z wyglądem rzeczywistym ramienia z manipulatorem.



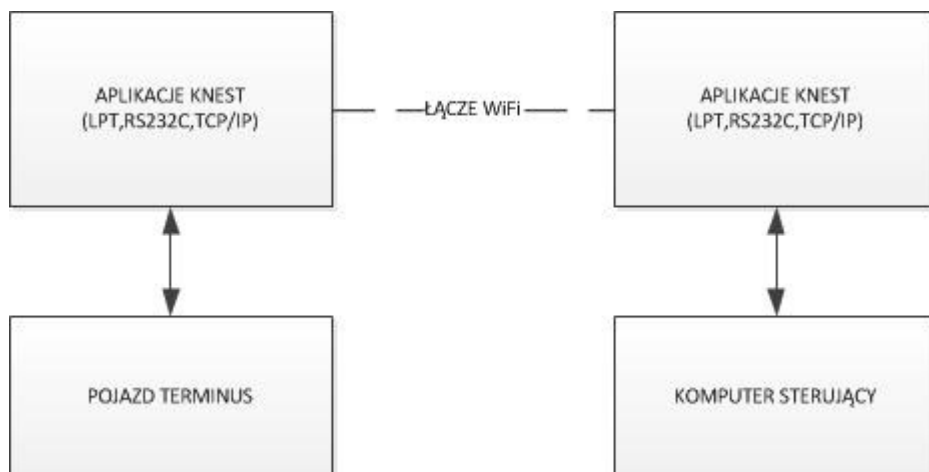
6.38. Układ separacji galwanicznej portu LPT i dekoder oraz manipulator w rzeczywistości.

6.7 Oprogramowanie

Oprogramowanie do zdalnego sterowania pojazdem oraz manipulatorem zostało w całości stworzone przez autora pracy. Wykorzystane środowiska programistyczne to Borland Delphi 2005 oraz Bascom AVR. Aplikacja może działać w systemach Microsoft Windows. Oprócz aplikacji przeznaczonej do sterowania pojazdem, manipulatorem oraz pomiarami, Wykorzystane zostało również oprogramowanie dostarczone wraz z kamerą wifi oraz odbiornikiem GPS.

6.7.1 Zasada komunikowania się pojazdu i aplikacji służących do jego obsługi.

Aplikacja sterująca przystosowana jest do pracy w środowisku Windows. Do poprawnego działania wymagany jest plik wykonywalny oraz konfiguracyjny INI (o nazwie takiej samej jak plik wykonywalny). Program do sterowania pojazdem, manipulatorem oraz pomiarami działa w oparciu o komunikację za pomocą protokołu TCP/IP , sterowanie portem LPT i wymianę danych za pomocą łącza RS232C. Aplikacja Knest.exe może działać w trybie serwera lub klienta. Po wpisaniu numeru IP serwera, klient jest podłączany i możliwa staje się dwukierunkowa komunikacja. Schemat działania programu przedstawiony jest na rysunku 6.39.



Rys. 6.39. Schemat działania aplikacji KNEST.

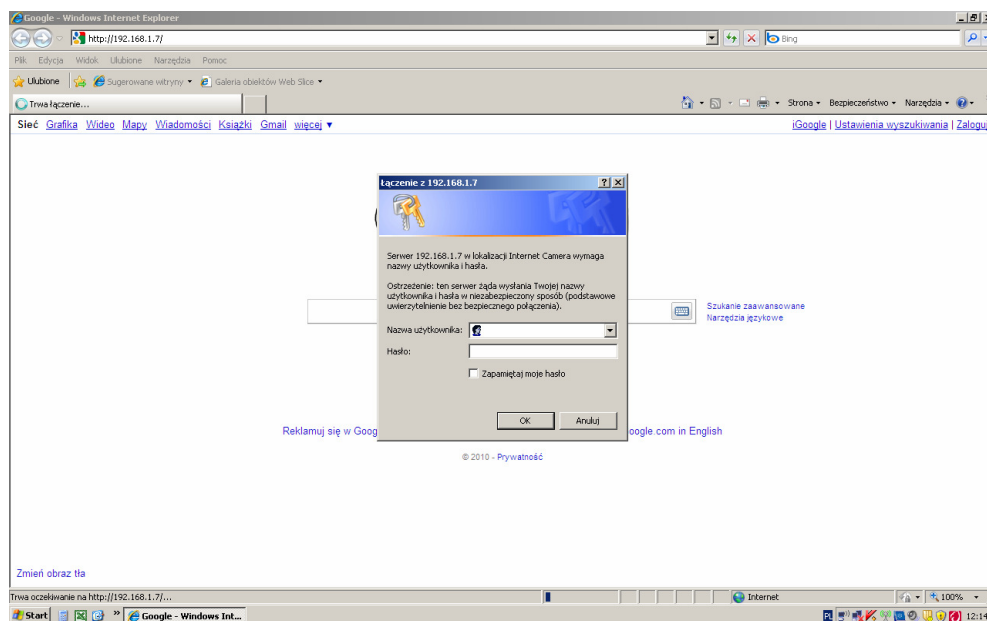
Takie rozwiązanie pozwala na uzyskanie swobodnego dostępu do zasobów pojazdu „Terminus”. Sposób połączenia za pomocą protokołu TCP/IP pozwala na

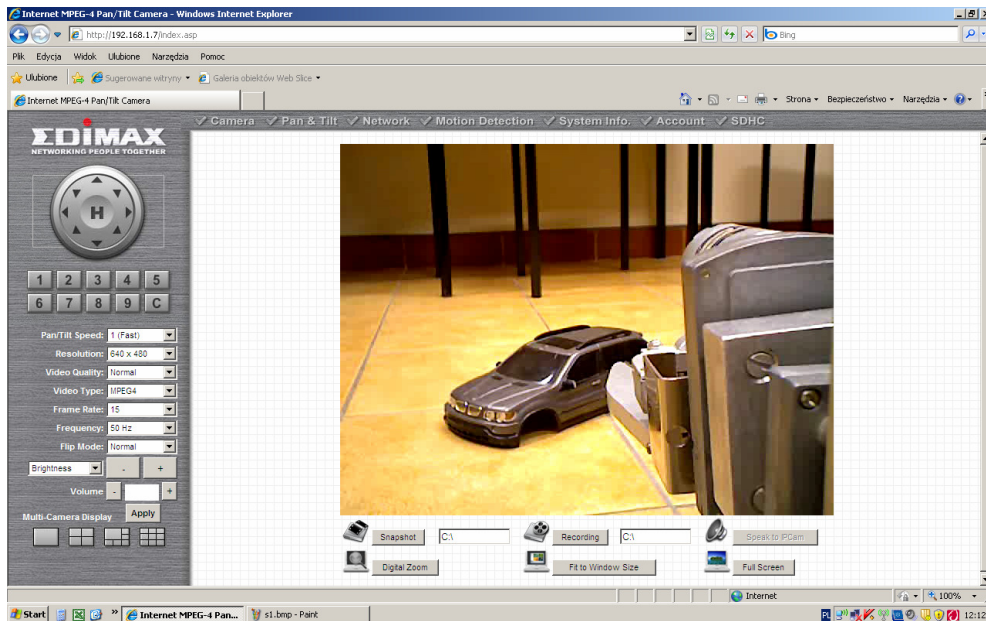
wykorzystanie uniwersalnych rozwiązań i zapewnia niezawodny transfer danych. W czasie prac projektowych testowane było również rozwiązanie oparte o transmisję danych za pomocą radiomodemów działających w częstotliwości 433 Mhz i wymieniających sygnały sterujące w standardzie RS232. Niestety, to rozwiązanie się nie sprawdziło z powodu ograniczeń zasięgu oraz błędów transmisji.

Każde urządzenie wykorzystywane w pojeździe , które umożliwia zdalny dostęp, identyfikuje jego numer IP. W przypadku powyższego projektu obsługiwane są następujące urządzenia:

- płyta główna pojazdu wyposażona w kartę sieciową WiFi oraz system operacyjny
- kamera WiFi

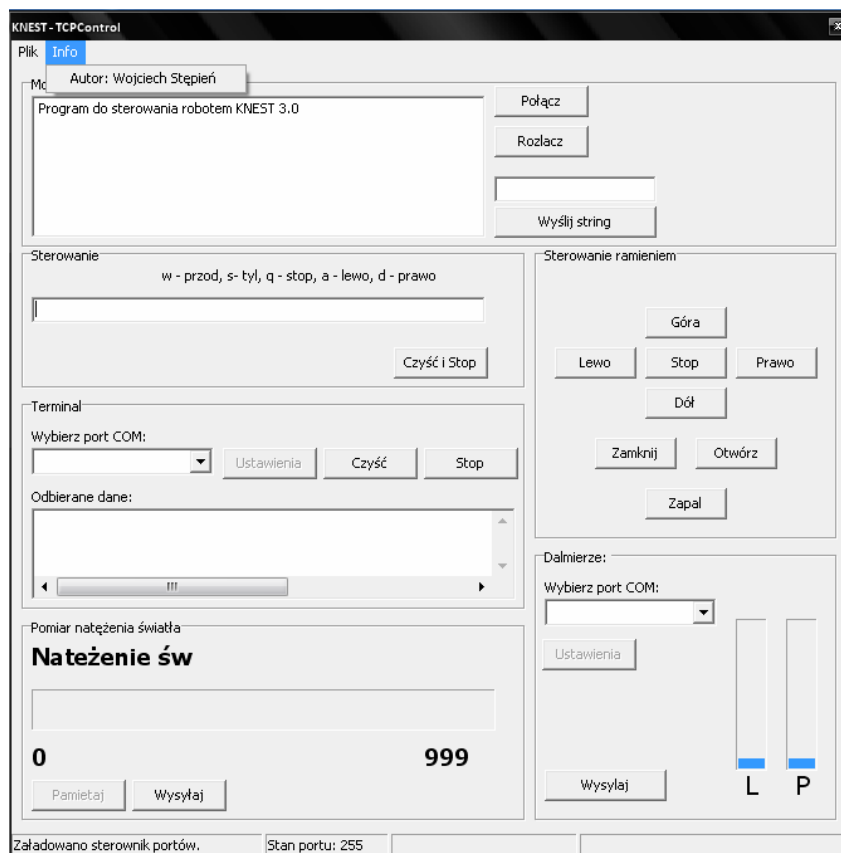
Do obsługi kamery wifii wykorzystywana jest aplikacja dostarczona przez producenta kamery, która działa w przeglądarce internetowej i pozwala na ustawienie położenia kamery , rozdzielczości obrazu oraz dodatkowych parametrów. Schemat działania jest podobny do przedstawionego na rysunku 6.39 z tą różnicą, że po stronie klienta potrzebna jest przeglądarka internetowa. Wygląd aplikacji wraz z poprzedzającym ją oknem logowania przedstawiony jest na rysunku 6.40.





Rys. 6.40. Aplikacja do obsługi kamery wifi.

Główne okno aplikacji sterującej opisaney na początku podrozdziału przedstawione jest na rysunku 6.41.



Rys. 6.41. Główne okno aplikacji KNEST.

6.7.2 Moduły aplikacji KNEST

Aplikacja KNEST zbudowana jest z kilku modułów, które spełniają określone zadania. Poniżej przedstawiono krótko każdy z nich:

- Moduł informacyjny

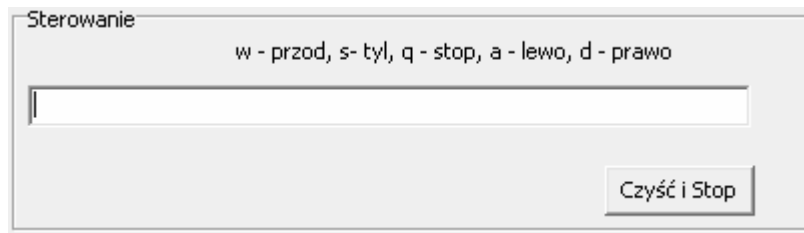
Na rysunku 6.42. przedstawiono wygląd modułu informacyjnego. W tym miejscu logowane są wszelkie komunikaty aplikacji (dodatkowo zapisywane są również do pliku). Za pomocą tej części aplikacji nawiązywane jest połączenie z pojazdem za pomocą przycisku „Połącz”. Adres IP stacji docelowej zapisany jest w pliku konfiguracyjnym INI. Ponadto istnieje możliwość wysłania dowolnego łańcucha znaków jako wiadomości.



Rys. 6.42. Moduł informacyjny

- Moduł sterowania pojazdem

Na rysunku 6.43. przedstawiono wygląd modułu sterowania pojazdem. W celu sterowania pojazdem należy użyć klawiszy w, s, a, d, i q, które są odpowiednio opisane na rysunku. Istnieje również możliwość zatrzymania pojazdu za pomocą przycisku „Czyść i Stop”. Filozofia pracy polega na wystawianiu odpowiedniej liczby na port LPT. Serwer po otrzymaniu odpowiedniego komunikatu tekstowego interpretuje go i wystawia żadaną wartość na port LPT. Tym sposobem sterowane są silniki (lewe lub prawe lub, obydwie strony) i nadawany jest kierunek jazdy.



Rys. 6.43. Moduł sterowania pojazdem

- Moduł sterowania ramieniem i manipulatorem

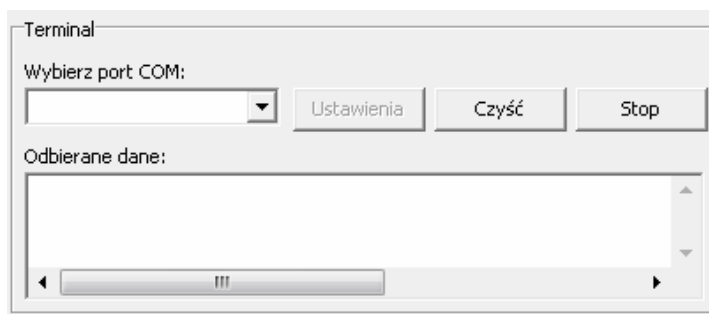
Na rysunku 6.44. przedstawiono wygląd modułu sterowania ramieniem.. W celu wykonania ruchu manipulatorem należy użyć dowolnego przycisku z dostępnych zgodnie z jego opisem. Zakres podnoszenia, obrotu czy rozwarcia chwytaka manipulatora regulujemy poprzez zatrzymanie ruchu w odpowiednim momencie przyciskiem „stop”.



Rys. 6.44. Moduł sterowania ramieniem i manipulatorem.

- Terminal

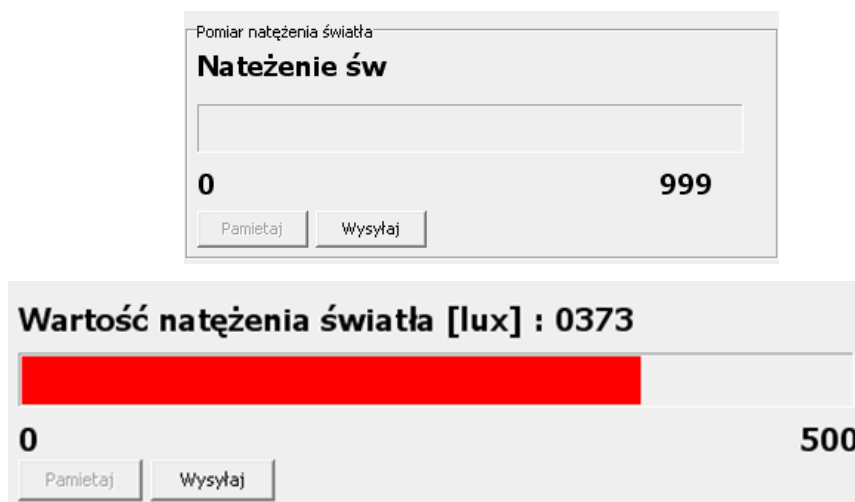
Na rysunku 6.45. przedstawiono wygląd modułu terminala. Po wybraniu odpowiedniego portu COM przedstawione są aktualnie odbierane dane przez port RS232C. Po kliknięciu na przycisk „Ustawienia” można ustawić podstawowe parametry transmisji (prędkość, bit stopu itd.).



Rys. 6.45. Moduł terminala

- Pomiar natężenia oświetlenia

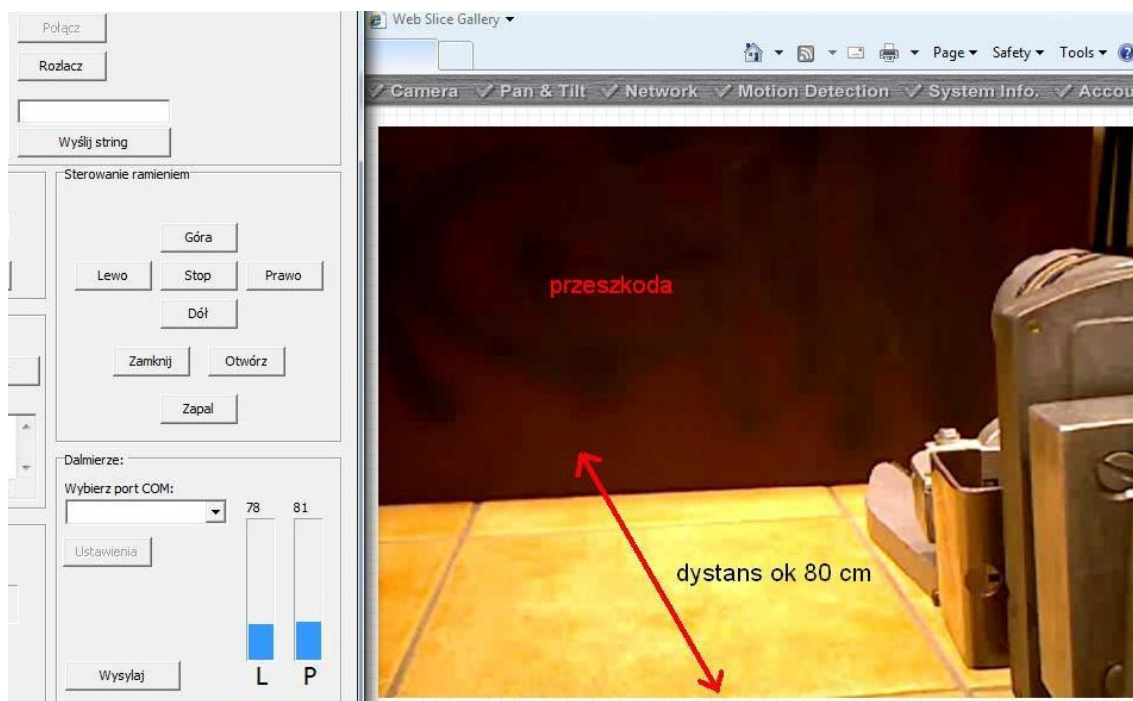
W tej części aplikacji, możliwa jest obserwacja wartości chwilowej natężenia oświetlenia w badanym obiekcie. Lokalna wizualizacja jest możliwa do ustawienia w pliku INI. Jeśli wartości mają być wysyłane do komputera operatora, należy uruchomić opcję „Wysyłaj”. Na rysunku 6.46 przedstawiono wygląd tego modułu i przykładowy pomiar.



Rys. 6.46. Moduł wizualizujący pomiar natężenia światła i przykładowy pomiar.

- Dalmierze

Aplikacja KNEST pozwala również na obserwację chwilowych wartości odczytanych z dalmierzy zamontowanych na przedzie pojazdu. Aby tego dokonać, należy wybrać odpowiedni port COM (możliwe jest też dostosowanie ustawień transmisji). Zasada prezentacji oraz wysyłania danych do operatora jest taka sama jak w przypadku natężenia światła. Na rysunku 6.47 przedstawiono przykładowy pomiar i zestawiono z obrazem z kamery. Jak widać zastosowane dalmierze ultradźwiękowe dokładnie określiły pozycję pojazdu, który był oddalony od przeszkody w postaci drewnianej ściany o około 80 cm.



Rys 6.47. Moduł wizualizacji danych z dalmierzy wraz z przykładowym pomiarem i widokiem z kamery.

6.8 Możliwości rozbudowy pojazdu

Poza podejściem przedstawionym w niniejszej pracy dotyczącym konstrukcji robotów mobilnych istnieje wiele innych rozwiązań, które mogłyby mieć zastosowanie

w transporcie, ale nie tylko. Począwszy od bardziej rozbudowanych systemów wizyjnych, gdzie analizowany byłby obraz z kamery, a skończywszy na w pełni autonomicznych² pojazdach, można dojść do wniosku, że możliwości rozwoju są wręcz nieograniczone. Szerokie pole popisu w tej dziedzinie mają różnego rodzaju sieci neuronowe. Sztuczne sieci neuronowe³ znajdują zastosowanie w rozpoznawaniu i klasyfikacji wzorców (przydzielaniu wzorcom kategorii), predykcji szeregów czasowych, analizie danych statystycznych, odszumianiu i kompresji obrazu i dźwięku oraz w zagadnieniach sterowania i automatyzacji. Należy pamiętać jednak, że implementacja „inteligencji” w pojazdach tego typu jest zadaniem skomplikowanym. W poniższym podrozdziale przedstawiono rozwiązanie, które może stanowić namiastkę autonomiczności i polega na samodzielnym odszukiwaniu przez robota mobilnego specjalnie przygotowanej trasy i podążania nią.

Śledzenie linii (Follow The Line)

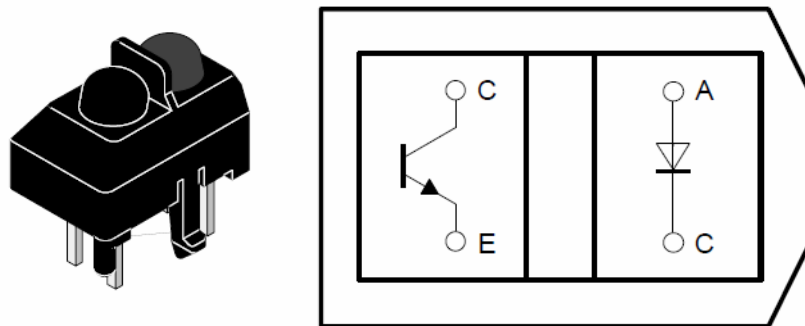
Zadaniem robotów typu Line Follower jest pokonanie trasy wyznaczonej przez czarną linię umieszczoną na jasnej powierzchni (lub odwrotnie). Wykorzystując odpowiednie sensory i działając według zaimplementowanego algorytmu, nie mogą one z niej zjechać.

W przypadku konstrukcji pojazdu „Terminus” można by zaimplementować takie rozwiązanie, np. przy użyciu układu mikroprocesorowego i czujników służących do wykrywania linii. W niniejszym podrozdziale przedstawiony zostanie projekt, który został zrealizowany w rzeczywistości przez Koło Naukowe Elektrotechniki w Systemach Transportowych, a autor pracy jest autorem programu mikrokontrolera.

Projekt został wykonany w oparciu o mikrokontroler AVR ATTiny2313 i czujniki TCRT5000(L) służące do wykrywania linii. Czujnik TCRT to optyczny czujnik odbiciowy, czyli w praktyce jest diodą IR i fototranzystorem zamkniętymi w jednej obudowie. Na rysunku 6.48 przedstawiono wygląd czujników TCRT5000(L)[13].

² urządzenie autonomiczne (wg, encyklopedii powszechnej PWN) posiada zdolność do samorzutnego przystosowania się do niespotykanych wcześniej sytuacji środowiskowej, tak by skutecznie osiągnąć zadany cel.

³ [15] ogólna nazwa struktur matematycznych i ich programowych lub sprzętowych modeli, realizujących obliczenia lub przetwarzanie sygnałów poprzez rzędy elementów wykonujących pewną podstawową operację na swoim wejściu, zwanych neuronami. Oryginalną inspiracją takiej struktury była budowa naturalnych układów nerwowych, w szczególności mózgu.

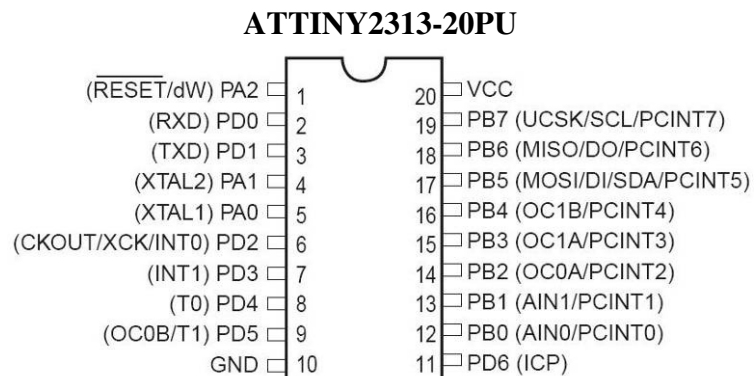


Rys. 6.48. Czujniki TCRT5000(L)

Mikrokontroler ATTiny2313 charakteryzuje się on następującymi parametrami:

- 2kB wewnętrznej pamięci programu typu Flash EEPROM
- 128b wewnętrznej pamięci danych typu EEPROM z możliwością programowania pamięci w systemie
- 128 bajtów pamięci danych typu RAM
- częstotliwość zegara od 0 Hz (możliwość pracy statycznej) do 20 MHz
- 18 programowalnych linii wejścia/wyjścia
- rozbudowany układ transmisji szeregowej
- dodatkowy układ transmisji szeregowej typu SPI (służy też do programowania pamięci programu)
- programowalny układ nadzorujący prace procesora (watchdog)

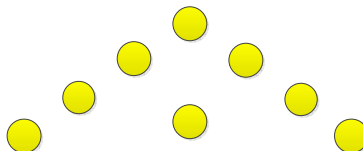
Układ wejść/wyjść procesora w obudowie DIL20 przedstawiono na rysunku 6.49.



Rys. 6.49. Mikrokontroler Atmel ATTiny2313

. Mikroprocesor ATTiny 2313 umożliwia stosunkowo łatwe programowanie wewnętrznej pamięci flash w trybie szeregowym SPI (Serial Programming Interface). Można do tego wykorzystać port równoległy LPT dowolnego komputera klasy PC. Najistotniejszym argumentem dla zastosowania tego typu mikroprocesora w konstrukcji sterownika robota był sposób jego programowania. Dzięki niemu uzyskujemy możliwość zmiany oprogramowania bez konieczności korzystania z programowarki pamięci Eprom. Mikroprocesor jest programowany bezpośrednio ze złącza drukarkowego LPT komputera na którym zainstalowane jest środowisko MCS BascomAVR DEMO. Ten sposób programowania nie wymaga wyjmowania mikroprocesora z układu sterownika. Mikroprocesor jest programowany bezpośrednio w gotowym do pracy sterowniku. Fakt ten przyczynia się do skrócenia czasu potrzebnego na przygotowanie i testowanie oprogramowania w warunkach laboratoryjnych oraz umożliwia wprowadzanie poprawek kodu w warunkach terenowych. Ułatwia to sprawdzenie poprawności napisanego programu i pozwala na dokonywanie zmian w trakcie testowania działania układu oraz przyczynia się do szybszej analizy pracy robota. Po zaprogramowaniu mikroprocesora sterownik robota staje się integralnym urządzeniem i nie potrzebuje do pracy obecności komputera PC.

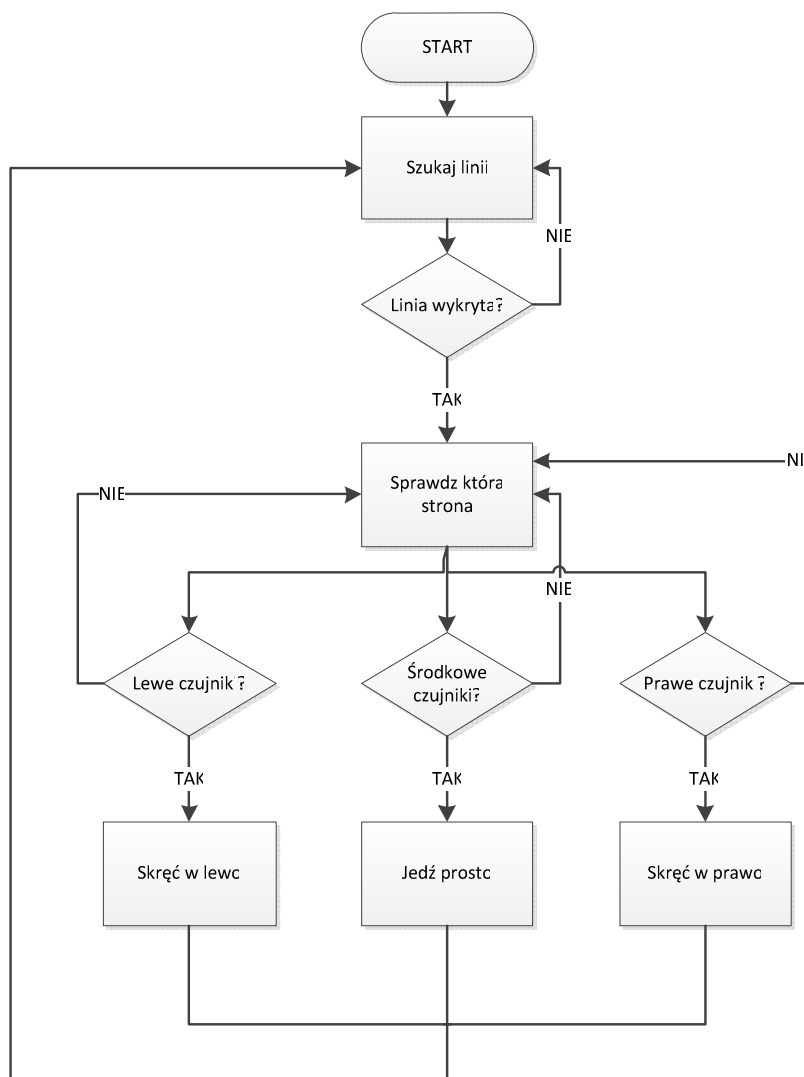
Sygnaly sterujące pracą L298N generowane są przez układ mikrokontrolera na podstawie sygnału z sensorów optycznych otrzymywanego z czujników podczerwieni zamontowanych na przedniej części pojazdu. Czujniki generują sygnały detekcji linii poprzez układ komparatora, który umożliwia ustawienie czułości. Regulacja czułości sensorów odbywa się za pomocą rezystora wpiętego w sprzężenie zwrotne wzmacniaczy operacyjnych. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe jest ustalenie progu zadziałania czujników na różnych podłożach. Silniki (lewa i prawa strona jest obsługiwana indywidualnie) sterowane są poprzez sygnał PWM⁴ o odpowiednim poziomie (0-255) w zależności od sytuacji. Ułożenie sensorów przedstawiono na rysunku 6.50.



Rys. 6.50. Ułożenie czujników IR.

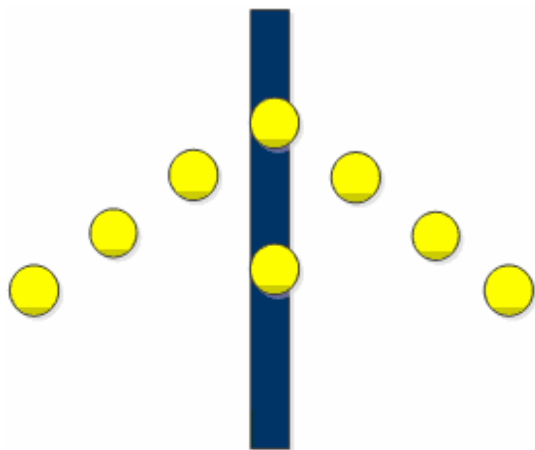
⁴ PWM - metoda regulacji sygnału prądowego lub napięciowego, polegająca na zmianie szerokości impulsu o stałej amplitudzie

Ogólny algorytm działania programu do wykrywania linii jest dosyć intuicyjny i został przedstawiony na rysunku 6.51. Zadaniem pojazdu jest znalezienie linii i podjęcie decyzji, w którą stronę skrócić na podstawie tego, który czujnik wykrył linię. Przykładowy kod programu przedstawiono w załączniku nr 2.

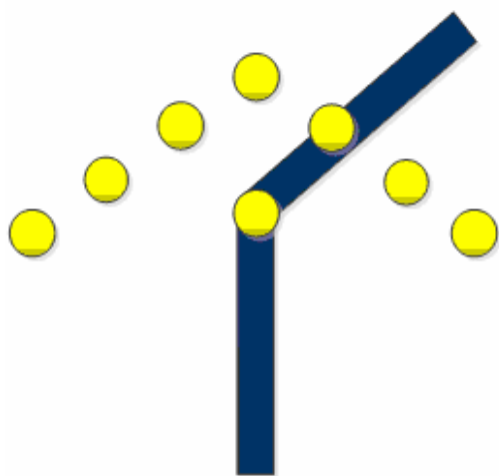


Rys. 6.51. Ogólny algorytm sterowania przy śledzeniu linii.

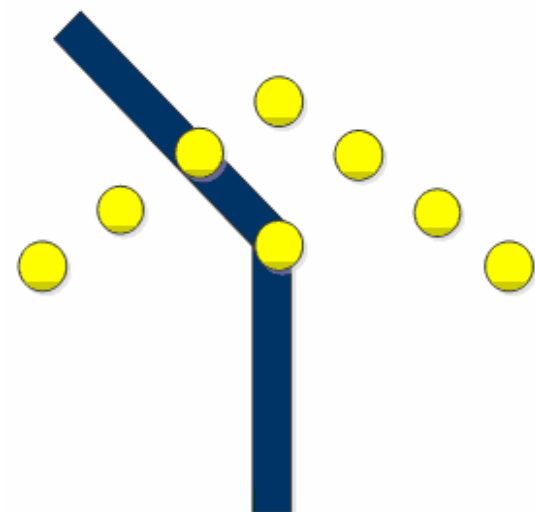
Na rysunku 6.52. przedstawiono zachowania mechanizmu do śledzenia linii w kilku przykładowych sytuacjach. Od tego, który czujnik wykryje linię, zależy wielkość różnicy w prędkości silników.



Jazda po linii prostej:
 Jeżeli środkowy czujnik wykryje obecność linii-
 jedź prosto:
 ($V \text{ prawego silnika} = V \text{ lewego silnika}$)



Skręt w prawo:
 Jeżeli któryś z prawych czujników wykryje
 obecność linii- skręć w prawo:
 ($V \text{ prawego silnika} < V \text{ lewego silnika}$)



Skręt w lewo:
 Jeżeli któryś z lewych czujników wykryje
 obecność linii- skręć w lewo:
 ($V \text{ prawego silnika} > V \text{ lewego silnika}$)

Rys 6.52. Przykładowe zachowania mechanizmu śledzenia linii.

6.9 Procedura uruchamiania robota i jego obsługi.

Aby możliwa była poprawna obsługa zdalnie sterowanego pojazdu „Terminus”, powinny być spełnione następujące wymagania:

- Komputer klasy PC lub notebook z systemem operacyjnym z rodziny Windows i bezprzewodową kartą sieciową działającą zgodnie z protokołem 802.11 b/g/n
- Aplikacje: KNEST, przeglądarka internetowa, UltraVNC/RealVNC
- Router wifi
- Znajomość numerów IP pojazdu i kamery
- Zalecany: zasilacz laboratoryjny do ładowania akumulatorów

6.9.1 Konfiguracja

Konfiguracja środowiska pracy dla pojazdu „Terminus” polega na ustaleniu stałych adresów IP dla kamery i płyty głównej robota oraz ustawienia automatycznego łączenia się do żądanej sieci bezprzewodowej, którą tworzy router z wbudowanym access pointem. Najłatwiej zrobić to bezpośrednio w konfiguracji kamery oraz, przez program UltraVNC, dokonać zmian w systemie operacyjnym pojazdu. Ponadto plik konfiguracyjny knest.ini

w katalogu z aplikacją KNEST powinien zawierać informację o adresie IP robota. W pliku konfiguracyjny zdefiniowane są również wartości dziesiętne, jakie zostają wystawiane na port LPT w celu jego wysterowania. Przykładowa zawartość pliku konfiguracyjnego przedstawia się następująco:

[CONF] – nazwa sekcji

SELF_IP=192.168.1.62 – IP stacji roboczej

HOST_IP=192.168.1.11 – IP robota

NICK=KNEST_TEST – nazwa stacji roboczej

CAMERA=0 - nieużywane

LPT_PRZOD=10 - wartość dziesiętna liczby wysyłanej na port LPT

LPT_LEWO=6 – jw.

LPT_PRAWO=9 – jw.
LPT_TYL=5 – jw.
LPT_STOP=0 – jw.
LPT_R_UP=16 – jw. (dotyczy ramienia)
LPT_R_DOWN=32 – jw. (dotyczy ramienia)
LPT_R_CLOSE=48 – jw. (dotyczy ramienia)
LPT_R_OPEN=64 – jw. (dotyczy ramienia)
LPT_R_LEFT=80 – jw. (dotyczy ramienia)
LPT_R_RIGHT=96 – jw. (dotyczy ramienia)
LPT_LED_ON=128 - włącznik oświetlenia
SOUND=0 – parametr włączający/wyłączający dźwięki.
DELAY=500 – opóźnienie
FREQ_S=2000 – częstotliwość dźwięku przy uruchomieniu
FREQ_Q=4000 – częstotliwość dźwięku przy zamykaniu
LUX_MAX=999 – maksymalny zakres przy pomiarze natężenia światła
LUX_GRANICA=300 – granica przy której zmienia się kolor paska
SHOW_LOCAL=0 – wizualizacja lokalna pomiaru natężenia światła
SHOW_LOCAL2=1 – wizualizacja lokalna pomiaru odległości

6.9.2 Uruchomienie pojazdu

1. W celu uruchomienia pojazdu należy wszystkie przełączniki z tyłu pojazdu ustawić w pozycji górnej. Na rysunku 6.53 przedstawiono panel z przełącznikami.



Rys. 6.53. Tylny panel z przełącznikami.

Kolejno od lewej na rys 6.53:

- włącznik obwodów pomocniczych - tj. zasilanie ramienia, mikrokontrolera oraz dekodera - dioda czerwona pod włącznikiem - zasilanie obwodu pomocniczego
- przycisk „reset” płyty głównej
- czerwony przycisk "on/off" włączenie płyty głównej
- diody informujące o pracy płyty głównej, mała czerwona - zasilanie, mała dysk
- główny włącznik zasilania obwodów płyty głównej i silników,
- diody informujące o pracy układu zasilania, duża czerwona - zasilanie 12V, duża zielona zasilanie 24V
- zaciski do ładowania akumulatorów, CZERWONY + CZARNY -
- przełączniki sekcji ładowania akumulatorów

2. Po włączeniu zasilania należy poczekać do usłyszenia charakterystycznego dźwięku, który oznacza, że aplikacja KNEST została uruchomiona. Od tej pory możliwe jest sterowanie pojazdem. Aby tego dokonać, należy uruchomić aplikację KNEST na stacji roboczej i nacisnąć przycisk „Połącz”. Od tego momentu, zgodnie z opisem zamieszczonym w podrozdziale 6.7.2, można sterować pojazdem „Terminus” i/lub dokonywać obserwacji otoczenia poprzez przeglądarkę internetową. W celu przesyłania danych pomiarowych, należy podłączyć się przez VNC do robota i w aplikacji KNEST wybrać odpowiednie porty COM, a następnie wcisnąć przycisk „wysyłaj”.

3. Aby zakończyć pracę z pojazdem „Terminus”, należy nacisnąć przycisk „Rozłącz” na stacji roboczej, a następnie połączyć się z robotem przez VNC i w programie KNEST również nacisnąć przycisk „Rozłącz”, po czym wyłączyć system operacyjny.

LITERATURA

pozycje książkowe lub artykuły:

1. Andrzej Korzeniowski – „Magazynowanie towarów niebezpiecznych, przemysłowych i spożywczych”, Poznań 2006
2. Andrzejuk A., Trojnacki M., Szykarczyk P. - Tendencje rozwoju mobilnych robotów lądowych, *Pomiary Automatyka Robotyka* , 6/2008.
3. Buhennic P – „*Euteltracs - satelitarny system łączności ruchomej*”, 1998.
4. Damian Żabicki – „Magazynowanie materiałów niebezpiecznych i niestandardowych”, 20.12.2009, www.utrzymanieruchu.pl
5. Marek Różycki – „Magazynowanie substancji chemicznych”, *Towary Niebezpieczne*, 1/2006
6. Paweł Kałużny – „Telewizyjne systemy dozоровe”, WKŁ Warszawa 2008
7. Pedro Lima, Maria Isabel Riberio – „Mobile robotics”, 2002
8. Piotr Ciesielski, Jacek Sawaniowicz, Adam Szmigielski – “Elementy robotyki mobilnej” , PJWSTK 2004
9. Telematyka Transportu, <http://www.it.pw.edu.pl/twt/loader.php?page=telematyka>, 24 marzec 2008.
10. Tomasz Buratowski – „Teoria robotyki” , www.robotyka.com
11. Wojciech Szymkiewicz – „Wstęp do robotyki”, 2006

dokumentacje w postaci plików PDF:

12. dokumentacja w postaci pliku pdf: D510MO_ProductGuide01_English
13. dokumentacja w postaci pliku pdf: tcr5000L.pdf
14. dokumentacja w postaci pliki pdf: wl-270n.pdf

strony internetowe:

15. www.asimo.pl/teoria/siecneuronowa.php
16. www.buehlermotor.com – dokumentacja silników.
17. www.edimax.pl – dokumentacja kamery Wi-Fi.
18. www.lutron.com – producent sprzętu pomiarowego.
19. <http://www.psm.pl/> - serwis o transporcie i spedycji
20. www.qstarz.com – dokumentacja modułu GPS.