

Sławomir Jeżewski\*, Dominik Sankowski\*, Wojciech Dadan\*

## **Koncepcja autonomicznego robota pola walki przeznaczonego do zadań zwiadu i wykrywania min**

### **1. Wstęp**

Pola minowe jako pozostałości po działaniach wojennych są istotnym problemem społecznym, technicznym i ekonomicznym we współczesnym świecie. W działaniach wojennych często stosuje się minowanie zarówno w odniesieniu do terenów kontrolowanych przez siebie, jak i terenów wroga. Skłania ku temu masowa produkcja min i ich niewielka cena niewiele większa niż 1 USD u producentów chińskich. Pola minowe często powstają *ad hoc* w wyniku lokalnych decyzji taktycznych, a po zakończeniu działań wojennych pozostają nieudokumentowane, nierozpoznane i nieoznakowane. Z taką sytuacją można się spotkać we współczesnym Afganistanie nękanym wojnami od ponad dwu dekad. Szacuje się że tereny zagrożone minami pozostawione po działaniach wojennych stanowią ponad 80% powierzchni tego kraju. Szacunki publikowane w mediach wskazują, że rozminowanie Afganistanu to praca dla wszystkich saperów na Ziemi na okres 10 lat. A przecież Afganistan to nie jedyny z krajów trzeciego świata objętych działaniami wojennymi.

Statystyki wskazują, że całkowity koszt umieszczenia miny nie przekracza 2 USD, zaś koszt jej znalezienia i rozbrojenia przez sapersa przekracza 4000 USD. To jedna z przyczyn, dla których obszar permanentnie zaminowany zwiększa się z roku na rok, szczególnie w krajach trzeciego świata. Kraje te zubożałe po odbytej wojnie często nie mają środków finansowych na kontrolę rozległych terenów i usunięcie pozostających tam min. Miny pozostają zagrożeniem przez wiele lat. Jak wskazują rozliczne znaleziska na terenie Polski, ładunki wybuchowe umieszczone pod powierzchnią gruntu są aktywne nawet po 60 latach od daty ich uzbrojenia. Wspomniany wyżej, wysoki nakład finansowy na usunięcie pojedynczej miny wiąże się ze znacznym udziałem pracy ludzkiej w procesie wykrywania i rozbrajania min, dużą ilością fałszywych alarmów przy przeszukiwaniu terenu, wypadkom które nieodmiennie wiążą się z rozbrajaniem min. Koszt ten, w sensie osobowym i finansowym można zmniejszyć poprzez automatyzację pracy – opracowanie urządzenia zdolnego do wykrywania min w sposób ZAUTOMATYZOWANY. Wprowadzenie do eks-

---

\* Katedra Informatyki Stosowanej, Politechnika Łódzka

ploatacji robota mogącego w sposób nie nadzorowany skontrolować duży obszar terenu pod kątem występowania min i niewybuchów przyspieszy proces rozminowania, zmniejszy jego koszt, zmniejszy ryzyko wypadków

Prace nad rozwojem robotów do wykrywania min uzasadnione są również z technicznego punktu widzenia. Rozwój techniki wojskowej w zakresie budowy min skierowany jest na opracowanie inteligentnej miny, mogącej zaakceptować lub odrzucić cel pojawiający się w polu rażenia. Zawarte w nich nowoczesne mechanizmy wyzwiania mogą spowodować, że niedalekiej przyszłości rozminowanie terenu z udziałem człowieka będzie zbyt ryzykowne lub wprost niemożliwe. Do wykrywania min autorzy niniejszej publikacji proponują opracowanie lekkiego robota mobilnego wyposażonego w system nawigacji i podejmowania decyzji. Powinien być wyposażony w urządzenia pomiarowe i zaawansowane algorytmy interpretacji danych. Powinien w sposób telemetryczny przekazywać informacje o położeniu min obsługującemu go saperowi.

## 2. Przegląd konstrukcji robotów mobilnych

Omawiane w niniejszej publikacji konstrukcje robotów mobilnych określane są w literaturze anglojęzycznej terminem SUGV (*Small Unmanned Ground Vehicle*). Wiodącym producentem tego typu rozwiązań w USA jest Firma Foster Miller. Jest ona producentem rodziny konstrukcji robotycznych o nazwie Talon składają się na nią 4 rodziny wyrobów robotycznych różniących się wielkością i przeznaczeniem [16]:

- 1) Dragon Runner (15–50 lb),
- 2) Talon(R) (80–180 lb),
- 3) MAARS (300–400 lb),
- 4) TAGS-CX (5000–6000 lb).

### **Automatika Inc. (Dragon Runner)**

Jedną z najmniejszych konstrukcji z tej rodziny jest robot Dragon Runner (rys. 1), który został opracowany dla U.S. Marines przez Automatika Inc. ma wymiary 31×42,1×15,2 cm, Wyposażony jest w zespół kamer obserwacyjnych, czujników o charakterze zwiadowczym. Podstawowa wersja „Dragon Runner” pozwala użytkownikowi na inspekcje terenu w środowisku zurbanizowanym *see around corners*. System sterowania tego robota podobnie jak pozostałych robotów serii Talon oparty jest o oprogramowanie SURC *Soldier universal robot controller software*. Oprogramowanie to opracowane jest przez firmę Applied Perception będącą częścią North America Technology Solutions Group i jest zgodne ze standardem JAUS (Joint Architecture for Unmanned Vehicles) oraz pośrednio z wprowadzonym w 2002 standardem NATO STANAG 4586 definiującym standardy komunikacji z pojazdami UAV [7]. Oprogramowanie to jest próbą przełamania podstawowego problemu robotyki wojskowej jakim jest nadmierne koncentrowanie uwagi operatora na robocie. Dzięki zaawansowanym funkcjom alarmów oraz przywoływania uwagi operatora pozwala

sterującemu robotem żołnierzowi na skupienie się na misji a nie na detalach sterowania robotem. Oprogramowanie to zbliża roboty serii Talon do konstrukcji typu *unmanned vehicle*. Konsola operatora DCU pozwala na kontrolowanie jednego lub kilku robotów jednocześnie, przy minimalnym udziale operatora. Z końcem roku firma Applied Perception udostępni pakiet oprogramowania Symphony pozwalający niezależnym producentom na efektywne korzystanie z systemu sterowania robotem i przystosowywania go do swoich własnych zadań (tzw software API Symphony). Inną koncepcję tworzenia robotów na potrzeby wojska przedstawia TAGS-CX opracowywany w kooperacji z U.S. Army's Tank Automotive Research, Development and Engineering Center (TARDEC). Jest to platforma robotyczna opracowywana z założeniami modularności. W założeniach jej twórców ma być „komponentem z półki” wykorzystywanym do tworzenia bardziej zaawansowanych konstrukcji UGV (*Unmanned Ground Vehicle*). Jej konstrukcja mechaniczna, elektroniczna i informatyczna pozwala na podłączanie wielu urządzeń na zasadzie *plug and play*. W ten sposób TAGS-CX może być łatwo przystosowany do wielu misji o różnorodnym charakterze. Również ten robot posiada system sterowania zgodny ze standardami JAUS [7]. TARDEC podkreśla, że modułowy system sterowania zgodny ze standardami JAUS oraz standaryzacja połączeń mechanicznych, elektronicznych i softwarowych jest kluczem przyszłego sukcesu ich konstrukcji. Trudno nie zgodzić się z taką oceną, biorąc pod uwagę, jak przebiegł rozwój Internetu, technologii sieciowych i jaką rolę odegrała w niej standaryzacja przeprowadzana przez amerykańskie DoD. System sterowania robota oraz zaawansowane możliwości sterowania dostępne z DCU powodują, że roboty z rodziny Talon w ocenie autorów publikacji są najbardziej zaawansowane spośród robotów przedstawionych w tym przeglądzie.



Rys. 1. Dragon Runner

### **Firma IRT Inc. (BomBot)**

Firma IRT Inc. jest producentem małego i taniego robota (\$5000) BomBot (rys. 2) wykorzystywanego przez armię amerykańską [17]. BomBot to prosty robot najczęściej wykorzystywany do likwidacji improwizowanych ładunków wybuchowych. Likwidacja ładunków wybuchowych polega na dowiezieniu w zadane miejsce kontrładunku i jego detonacji. Robot w założeniach konstrukcyjnych ma być ultra tani i łatwy w obsłudze. Operator

steruje robotem używając obrazu dostarczanego przez zamontowaną kamerę video standardowej rozdzielczości. Robot nie posiada układów mikroprocesorowych odpowiadających za analizę otoczenia, jest w istocie prostym zdalnym manipulatorem. Nie posiada żyroskopów ani systemów kontroli trakcji. Nie jest w stanie utrzymać prostoliniowego kierunku jazdy bez ciągłych interwencji operatora. Sposobem sterowania przypomina rozwiązania amatorskie, mimo to konstrukcja trafia w swoją niszę zastosowań bowiem armia amerykańska zamówiła już 2300 robotów tego typu.



Rys. 2. BomBot

### **Carnegie Mellon University (Dragon)**

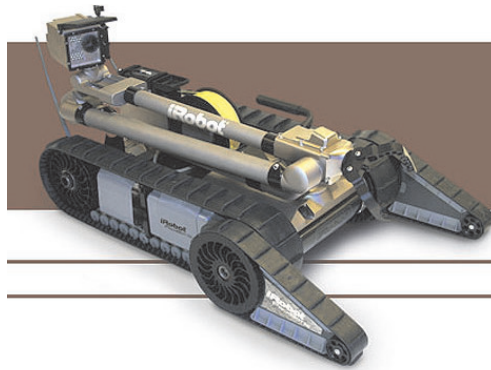
Najbardziej interesującą konstrukcją jest mikro robot opracowany na Carnegie Mellon Univeristy we współpracy z Marine Warfighting Laboratory [18]. Jest to niewielki robot (rys. 3), ważący zaledwie około 4,5 kg. Oparty jest na idei granatu obserwacyjnego, który żołnierz może wrzucić np. przez okno na pierwsze piętro budynku, by za pomocą zainstalowanej na nim kamery sprawdzić, co się dzieje w pomieszczeniu. Robot jest niewrażliwy na duże przyspieszenia i upadki ze stosunkowo dużych wysokości (do 10 m) może być wyrzucony z pojazdu jadącego z prędkością 70 km/h. Podobnie jak pozostałe roboty sterowany jest w sposób radiowy, na zasadzie zdalnego sterowania z konsoli przypominającej konsolę do popularnych gier elektronicznych.



Rys. 3. Dragon

### **iRobot Inc. (PackBot 510)**

Robot (rys. 4) ten został wprowadzony do praktyki wojskowej i jest wykorzystywany w Afganistanie [19]. Posiada prostą konstrukcję, odporność na warunki atmosferyczne, porusza się z prędkością do 9,3 km/h po dowolnym terenie (śnieg, błoto). Odporna konstrukcja robota pozwala na upadek z wysokości 1,8 m. (np. rzucenie go przez żołnierza z ciężarówki). System kamer pozwala na przekazywanie obrazu 2D lub 3D do operatora. Niewielka masa 13,6 kg pozwala na przenoszenie robota w rękach lub plecaku żołnierza (stąd nazwa PackBot). Robot posiada głowicę obserwacyjną na dwuprzegubowym ramieniu. Sterowany jest z konsoli przypominającej konsolę do gry. Wykonuje podstawowe polecenia lecz nie jest zdolny do samodzielnego podejmowania decyzji nawigacyjnych. Wedle doniesień producenta jest w stanie wytyczać drogę przez pola minowe mimo, że nie posiada zaawansowanego systemu nawigacyjnego. Robota cechują również: odporność na uderzenia i upadki z dużej wysokości, rozbudowany system kamer z układem kanonicznej stereowizji pozwalający operatorowi na intuicyjną ocenę odległości operowanie na polach minowych, wytyczanie bezpiecznej drogi dla przejścia ludzi. Producent deklaruje sprzedaż 1500 sztuk na potrzeby wojska i zadań bezpieczeństwa.



Rys. 4. PackBot

### **Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów (IBIS)**

Najbardziej zaawansowaną konstrukcją robota w Polsce jest obecnie robot IBIS (rys. 5) wykorzystywany głównie w zadaniach inżynierskich i inspekcji granicznej [20]. Posiada masę 290 kg, przez co plasuje się poza granicami kategorii SUGV, jest robotem ciężkim. Sama konsola operatora robota IBIS waży około 22 kg. Duża masa robota jest pochodną zastosowania ramienia operacyjnego o dużym zasięgu znanego z robotów przemysłowych. Jego obecność i dominacja w konstrukcji robota wskazuje, że intencją projektantów była realizacja robota inżynierskiego. Ramię operacyjne przeznaczone jest do unieszkodliwiania ładunków wybuchowych, bądź operowania z niebezpiecznymi ładunkami.

mi. Konsola robota pozwala na wydawanie najprostszych rozkazów i wymaga dużego skupienia od operatora. Nie zdecydowano się na zastosowanie bardziej zaawansowanych systemów mikroprocesorowych pozwalających robotowi na samodzielne podejmowanie decyzji. W ten sposób robot IBIS może być zaliczony do kategorii porównawczej razem ze zdalnie sterowanymi konstrukcjami takimi jak BomBot czy Dragon. Do takich robotów nie mają zastosowania standardy interoperacyjności i kompatybilności określone wspomnianymi normami NATO. Konkurencyjna w stosunku do PIAP firma Foster-Miller podkreśla, iż właśnie **interoperacyjność, a więc zaawansowany system operacyjny** jest najważniejszy dla przyszłego rynku sprzedaży wojskowej.



Rys. 5. IBIS

### Podsumowanie przeglądu

Podsumowując przegląd osiągnięć światowych oraz osiągnięć polskich w zakresie robotyki mobilnej, należy stwierdzić, że wolumen sprzedaży robotów typu SUGV na potrzeby wojskowe w Stanach Zjednoczonych jest zauważalny. Powodzeniem cieszą się rozwiązania lekkie. Część robotów realizuje regularne zadania taktyczne i jest uzbrojona. Większa część robotów wykonuje zadania zwiadowcze i rozpoznawcze. Większość konstruowanych robotów nadal jest zdalnie sterowanymi pojazdami wykonującymi ograniczony zestaw rozkazów, nie posiadają one zaawansowanych systemów nawigacyjnych. Bardziej zaawansowane technicznie roboty podejmują niektóre decyzje samodzielnie zwalniając operatora z konieczności ustawicznego ich nadzorowania. Publikacje i uchwalane standardy wskazują, że bardzo zaawansowani w tej dziedzinie Amerykanie stawiają na standaryzację i współdziałanie wielu producentów na rynku robotyki wojskowej. Opracowanie systemu sterowania dla autonomicznego pojazdu robotycznego na polu walki w mniemaniu amerykańskich komisji standaryzacyjnych nadal przekracza możliwości pojedynczego ośrodka naukowego czy przemysłowego. Opracowują więc standardy wymuszające modułową, hierarchiczną budowę konstrukcji robotycznych i dające podstawę do współpracy różnych producentów.

### 3. Koncepcja systemu sterowania robota mobilnego

Konstruowany na Politechnice Łódzkiej robot mobilny przeznaczony jest do zadań zwiadu i wykrywania min. Naszym celem jest również opracowanie modułowego, hierarchicznego systemu sterowania robotem mobilnym i zastosowania go w konkretnych sprawdzalnych działaniach. Publikacje [8–11] przedstawiają szczegółowe problemy rozwiązywane w ramach prac projektowych. Planowany zrobotyzowany system to 6-kołowa bezzałogowa, autonomiczna platforma jezdna wyposażona w system kamer światła widzialnego, systemy noktowizji biernej, mikrofony kierunkowe, czujniki optyczne, czujniki laserowe, czujniki ultradźwiękowe oraz rozbudowane mikroprocesorowe systemy analizy danych pozwalające na autonomiczne lub pół-autonomiczne poruszanie się w terenie miejskim i pozamiejskim. Robot będący przedmiotem projektu należy do kategorii pojazdów lekkich takich jak Talon, Sword, BomBot. Przewidywana masa pojazdu w zależności od dołączonych modułów wyposażenia dodatkowego powinna zawierać się w zakresie 12–25 kg. Oprócz platformy planowane jest opracowanie:

- konsoli sterowania robotem,
- modułów wyposażenia opcjonalnego dołączanych do platformy jezdnej w sposób beznarzędziowy:
  - moduł wykrywania min,
  - moduł z czujnikami zwiadowczymi,
  - moduł przewożenia i pozycjonowania ładunków detonujących (do celów unieszkodliwiania niewypałów, podejrzanych pakunków, itp),
  - modułu rozpoznania chemicznego.

Jednym z najważniejszych komponentów robota jest modułowy, hierarchiczny system sterowania – system operacyjny robota mobilnego. Prace dotyczące takich systemów można znaleźć w licznych publikacjach krajowych i zagranicznych [1–4, 6, 12–15]. Większość autorów podkreśla, że budowa systemu operacyjnego robota mobilnego powinna być oparta na architekturze warstwowej [5, 6], niektórzy proponują konkretne trójwarstwowe rozwiązania [6, 12]. Autorzy publikacji przyjęli na potrzeby projektowanego przez siebie robota architekturę 7-warstwową, w której układy mikroprocesorowe i oprogramowanie są podzielone zadaniowo i znaczeniowo.

#### Warstwa I

Systemy napędowe – procesory i oprogramowanie dedykowane do niskopoziomowego sterowania systemami napędowymi. Warstwa ta ma za zadanie abstrakcjonować typowe urządzenia wykonawcze i uniezależnić wyższe warstwy systemu operacyjnego od doboru rozwiązań sprzętowych.

#### Warstwa II

Warstwa systemów pomiarowych – procesory i oprogramowanie dedykowane do obsługi urządzeń pomiarowych wykorzystywanych w robotach mobilnych. Warstwa ta ma za

zadanie abstrakcjonować typowe urządzenia pomiarowe i zapewnić skalowalne mechanizmy kierowania strumieniami komunikatów.

#### Warstwa III

Warstwa integracji danych pomiarowych – procesory i oprogramowanie odpowiedzialne za integrację danych z czujników bliskiego zasięgu, zaawansowane filtrowanie danych z użyciem informacji wieloczujnikowej.

#### Warstwa IV

Warstwa akwizycji danych obrazowych – warstwa systemu zajmująca się akwizycją i wstępnej informacji obrazowej. Winna być wyodrębniona spośród urządzeń pomiarowych i traktowana oddzielnie bo do przetwarzania i przesyłu obrazu są potrzebne duże moce obliczeniowe i przez to podlega odrębnym ograniczeniom projektowym.

#### Warstwa V

System rekonstrukcji modelu otoczenia na podstawie danych obrazowych i przestrzennych lidarów. W warstwie tej zawarte są systemy mikroprocesorowe odpowiedzialne za interpretację danych obrazowych. Wynikiem działania algorytmów tej warstwy jest identyfikacja i lokalizacja przeszkód oraz umieszczenie ich na wewnętrznej mapie.

#### Warstwa VI

Systemy nawigacji i wyznaczania trajektorii ruchu – oprogramowanie w tej warstwie podejmuje decyzje nawigacyjne na podstawie modelu otoczenia opracowanego w warstwie 3 i warstwie 5 oraz rozkazów przekazanych z warstwy 7.

#### Warstwa VII

Systemy komunikacyjne robota – mikroprocesory i oprogramowanie odpowiedzialne za komunikację z użytkownikiem oraz translacja rozkazów użytkownika na ciągi rozkazowe do jednostek wykonawczych. Systemy komputerowe tej warstwy oparte powinny być o ogólnie dostępny system operacyjny i możliwości instalowania modułów użytkownika rozszerzających funkcjonalność robota, zmieniających jego zachowanie.

Przedstawiony wyżej hierarchiczny i wielopoziomowy system sterowania wdrażany będzie w ramach projektu badawczego finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2008–2011. Po wdrożeniu, przetestowaniu i ocenie koncepcji systemu stanowić będzie punkt wyjścia do budowy uniwersalnego, skalowalnego systemu sterowania pojazdami, który będzie niezależny od typu i rozmiaru platformy jezdnej oraz rodzaju napędu.

## 4. Podsumowanie

Uczestnictwo Polski w licznych misjach wojskowych i związane z tym zagrożenia dla żołnierzy wymusza doskonalenie techniki wojskowej w tym również w zakresie robotyki.



Przegląd konstrukcji robotycznych krajowych i światowych wskazuje, że istnieje potrzeba opracowania w kraju konstrukcji robotycznej typu SUGV. Winien być to robot, którego możliwości istotnie przekraczają możliwości współczesnych robotów stosowanych przez NATO, tak by w momencie swego wdrożenia nie był przestarzały. W zakresie możliwości operacyjnych projektowany powinien przyjmować złożone polecenia wymagające samodzielnej nawigacji w terenie i samodzielnego wyboru ścieżki ruchu. Aby robot był użyteczny w zadaniach wojskowych polecenia, które się mu wydaje winny mieć charakter „order and forget”. Robot powinien samodzielnie omijać przeszkody i wybierać optymalną drogę do obiektu, a zgłaszać się do operatora jedynie w przypadku, gdy jego wewnętrzne mechanizmy decyzyjne nie będą pozwalały na rozstrzygnięcie problemu. W przypadku gdy kontynuowanie zadania będzie groziło uszkodzeniem lub zniszczeniem robota (kolizje z innymi pojazdami, upadek w przepaść), zadanie powinno zostać zawieszona do momentu potwierdzenia przez operatora. Aby powstająca konstrukcja była uniwersalna, większość zadań w tym zadania wykrywania min powinny być wykonywane w trybie nadzorowanym lub w trybie autonomicznym. Tryb nadzorowany (tryb zdalnego sterowania) jest szczególnie istotny w warunkach zwiadu gdzie robot poprzedza ruch żołnierzy i identyfikuje zagrożenia. W trybie autonomicznym robot przeszukuje zadany obszar i zaznacza wszystkie znalezione miny. Według prognoz sztabowców wojskowych już w 2030 roku na polu walki liczba robotów przewyższy liczbę walczących żołnierzy.

## Literatura

- [1] Alami R. *et al.*, *An Architecture for Autonomy*. International Journal of Robotics Research, 17(4), April 1998.
- [2] Armstrong D.G., Crane C.D., Waltz W., *Air Force Research Laboratory Modular Architecture Development for Unmanned Vehicles*. Center for Intelligent Machines and Robotics, University of Florida, 1999.
- [3] Armstrong D., Crane C., Novick D., Wit J., English R., Adsit P., Shahady D., *A Modular, Scalable, Architecture For Unmanned Vehicles*. Proceedings of the Association for Unmanned Vehicle Systems International (AUVSI) Unmanned Systems 2000 Conference, Orlando, Florida, July 2000, 1–14.
- [4] Borrelly J. *et al.*, *The ORCCAD Architecture*. International Journal of Robotics Research, 17(4), April 1998.
- [5] Brooks R.A., *A robust layered control system for a mobile robot*. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 2(1), 1986, 14–23.
- [6] Gat E., *On Three-Layer Architectures*. [w:] D. Kortenkamp, R. Bonasso, R. Murphy (Eds), *Artificial Intelligence and Mobile Robots*, Boston, MA, MIT Press, 1998.
- [7] JAUS Working Group, *Joint Architecture for Unmanned Systems (JAUS), Version 3.1, Volume 2, The Joint Architecture for Unmanned Systems*. <http://www.jaug.org>, April 2004.
- [8] Jeżewski S., Wulkiewicz A., *Koncepcja przestrzeni percepcyjnej robota mobilnego*. Automatyka (półrocznik AGH), t. 13, z. 3, 2009, 1321–1327.
- [9] Jeżewski S., Duch P., *Algorytmy segmentacji obrazów barwnych na obrazach satelitarnych i lotniczych*. Automatyka (półrocznik AGH), t. 13, z. 3, 2009, 891–900.
- [10] Jeżewski S., Łaski M., *Przegląd i porównanie środowisk symulacji robotów mobilnych*. Automatyka (półrocznik AGH), t. 13, z. 3, 2009, 1095–1106.

- [11] Jeżewski S., Błaszczyk S., *Porównanie algorytmów wykrywania krawędzi do zadań rekonstrukcji trójwymiarowego kształtu obiektów*. Automatyka (półrocznik AGH), t. 13, z. 3, 2009, 1311–1320.
- [12] Konolige K., Myers K., Ruspini E., Saffiotti A., *The saphira architecture: A design for autonomy*. Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence, 9(1), 1997, 215–235.
- [13] Pardo-Castellote G., Schneider S., Chen V., Wang H., *Controlshell: A software architecture for complex electromechanical systems*. Int'l Journal of Robotics Research, 17(4), April 1988.
- [14] Senior A.J., *Design of a Vehicle Control System for Autonomous or Teleoperated Vehicles*. Master's Thesis, University of Florida, 1998.
- [15] Volpe R. *et.al.*, *The CLARAty architecture for robotic autonomy*. Proc. of IEEE Aerospace Conf., Montana, March 2001.
- [16] <http://www.foster-miller.com/lemming.htm> [10.05.2009].
- [17] <http://www.irt-robotics.com/> [10.05.2009].
- [18] <http://www.carnegiemellontoday.com/article.asp?Aid=134> [10.05.2009].
- [19] <http://www.irobot.com/sp.cfm?pageid=109> [10.05.2009].
- [20] [http://www.piap.pl/oinstytucie\\_nagrody\\_ibis\\_iwis08.php](http://www.piap.pl/oinstytucie_nagrody_ibis_iwis08.php) [10.05.2009].