

Wojciech MOCZULSKI*, **Wojciech SKARKA***, **Marek ADAMCZYK***,
Marcin JANUSZKA*, **Tomasz GIESKO****, **Jordan MEŻYK****,
Wojciech MIZAK**, **Daniel PAJĄK***, **Wawrzyniec PANFIL***,
Piotr PRZYSTAŁKA*, **Mirosław TARGOSZ***,
Rafał WIGLENDĄ*, **Marek WYLEŻOŁ***

* Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Politechnika Śląska, Gliwice

** Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom

PROJEKT GRUPY WIELOZADANIOWYCH ROBOTÓW MOBILNYCH WYKORZYSTUJĄCYCH ZAAWANSOWANE TECHNOLOGIE

Słowa kluczowe

Robotyka mobilna, grupa robotów, mechatronika, inspekcja.

Streszczenie

Niniejszy artykuł prezentuje wyniki prac dotyczących grupy wielozadaniowych robotów mobilnych wykorzystujących zaawansowane technologie. Opracowane roboty pozwalają wspomagać człowieka w realizacji zadań w środowisku mogącym stwarzać zagrożenie. Grupa składa się ze zdalnie sterowanych robotów: robota transportowego, robota eksploracyjnego oraz małych robotów monitorujących. Grupa robotów umożliwia m.in. monitorowanie oraz dokonywanie pomiarów wybranych wielkości fizycznych na terenie dowolnego obiektu, a następnie zdalne przesyłanie danych do użytkownika.

Wprowadzenie

Roboty mobilne znajdują coraz szersze zastosowanie zarówno w przemyśle, jak i w codziennym życiu. Często stosowane są w miejscach i sytuacjach, gdzie działanie człowieka może być dla niego niebezpieczne, uciążliwe lub wręcz niemożliwe. Roboty takie mogą służyć więc do penetracji obiektów publicznych lub strategicznych, w których może wystąpić zagrożenie dla człowieka (np.: skażenie powietrza, pożar, groźba zaważenia itd.) czy do inspekcji miejsc, gdzie dostęp człowieka jest ograniczony, tj.: kanałów wentylacyjnych lub dymowych, rurociągów itd. [2].

Wykorzystanie robotów inspekcyjnych do monitorowania i kontroli obiektów pozwala zastąpić tradycyjne metody ochrony i kontroli obiektów, tj. patrole straży, monitoring z użyciem stacjonarnych kamer przemysłowych czy kontrole obszarów z wykorzystaniem inteligentnych czujników [3]. Wykorzystanie robotów w zadaniach obrony przed zagrożeniem i ratowniczych może również znacznie ułatwić pracę człowiekowi (służbom obrony, ratownikom). W takim przypadku roboty mogą znacznie usprawnić i przyspieszyć procesy decyzyjne, umożliwiając kontrolę i wgląd w obszar objęty zagrożeniem [5].

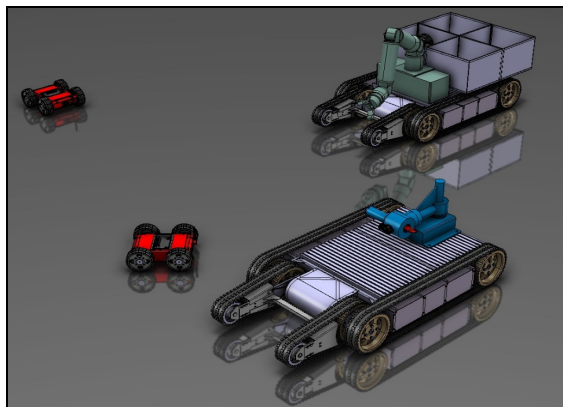
Na świecie podejmowane są liczne próby opracowania robotów mobilnych wspomagających człowieka w realizacji niebezpiecznych zadań. W kraju największym producentem robotów mobilnych jest Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, w którym wytwarzane są m.in.: komercyjne roboty pirotechniczne Inspector i Expert, rozpoznawcze Scout oraz pirotechniczno-rozpoznawcze IBIS [6]. Na świecie jednym z wiążących producentów robotów mobilnych jest firma Remotec, wytwarzająca m.in. małego robota inspekcyjnego MiniAndros oraz dużego robota Wheelbarrow [6]. Na rynku europejskim dostępne są również komercyjne wersje robotów [6]: firmy Cybernetix, m.in. roboty interwencyjne RM35 i Castor, firmy PW Allen-Vanguard, m.in. sześciokołowe roboty HOBO i Defender, firmy ABP m.in. roboty Bison i Cyclops.

Niniejszy artykuł prezentuje efekty prac prowadzonych przez grupę badawczą z Katedry Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Śląskiej w Gliwicach oraz Instytutu Technologii Eksploatacji Państwowego Instytutu Badawczego w Radomiu. Prace te realizowane są w ramach projektu badawczego „Wielozadaniowe mobilne roboty wykorzystujące zaawansowane technologie” rozpoczętego w 2010 roku.

2. Zastosowanie grupy robotów

Celem realizacji projektu jest wykonanie grupy wielozadaniowych mobilnych robotów w niekomercyjnych wersjach prototypowych. Grupa ta składa się z jednego robota transportowego (Transporter), jednego robota eksploracyjnego (Explorer) oraz dwóch małych robotów monitorujących (Pathfinder) (rys. 1).

Robot Transporter przeznaczony jest do pobierania i transportu robotów typu Pathfinder oraz pobierania przedmiotów niebezpiecznych do specjalnego kosza na robocie i ich transportu do wskazanego miejsca docelowego. Robot typu Explorer dokonuje inspekcji wizyjnej obiektów z możliwością pobierania próbek gleby, detekcji różnego rodzaju zagrożeń, jak np.: nadmierne stężenie CO₂, CO w powietrzu, zagrożenia pożarowe (wykrywanie żaru lub/i płomieni). Robot typu Pathfinder jest natomiast stosowany do: lokalizacji za pomocą kamery lub czujnika ruchu osób i przedmiotów, kontaktu głosowego z osobami zagrożonymi, odtwarzania drogi dojścia do poszukiwanego obiektu, monitorowania wydzielonej przestrzeni w terenie otwartym (strumień wizyjny, pomiar temperatury, detekcja ruchu), monitorowania pomieszczeń (strumień wizyjny, pomiar temperatury, detekcja ruchu). Dodatkową funkcjonalność poszczególnych robotów przedstawiono w tab. 1.



Rys. 1. Grupa wielozadaniowych robotów mobilnych

Współdziałanie grupy umożliwia otrzymywanie informacji o charakterze ilościowym i jakościowym o obiekcie podlegającym monitorowaniu/inspekcji. Wszystkie roboty posiadają autonomiczne układy zasilania oraz mogą być sterowane poprzez operatora w sposób bezprzewodowy. Czas pracy robotów na akumulatorach w warunkach realizacji misji przekracza 1 h.

Na podstawie rozmów z potencjalnymi użytkownikami robotów (jednostki ratownictwa górniczego, ratowniczo-gaśnicze, policyjne) zespół projektowy opracował scenariusze misji dla robotów. Przewidywany obszar zastosowania wielozadaniowych robotów mobilnych obejmuje: przewóz ładunków niebezpiecznych, pobranie próbek na skażonym terenie, detekcję i lokalizację wycieków instalacji chemicznych oraz zagrożenia pożarowego, lokalizację osób poszkodowanych na terenie gruzowiska, pogorzelniska, monitorowanie pomieszczeń i przestrzeni otwartych, wizualną ocenę stanu otoczenia [1].

Tabela 1. Funkcjonalność robotów Transporter i Explorer oraz Pathfinder

Warunki pracy
<ul style="list-style-type: none"> • warunki terenowe: zalegający śnieg, błoto, piasek, tereny leśne, podłoże trawiaste, podłoże kamieniste lub inne utwardzone, obszary różnorodnie ukształtowane, • praca w terenie otwartym w dzień i noc, • praca w pomieszczeniach o różnym stopniu oświetlenia/widoczności, • temperatura otoczenia: od -5 do 40°C, • warunki atmosferyczne: opad śniegu lub deszczu, wiatr, mgła, • poruszanie się w budynkach (pokonywanie otwartych drzwi, a także możliwość pokonywania schodów – z wyłączeniem robotów Pathfinder), • typowe przeszkody w terenie otwartym i w budynkach (z wyłączeniem robotów Pathfinder).
Zasilanie
<ul style="list-style-type: none"> • możliwość łatwej wymiany akumulatorów, • akumulatory doładowywane na robocie z zewnętrznego źródła zasilania, • zasilanie awaryjne z pominięciem akumulatorów, • monitorowanie stanu akumulatorów, • możliwość ładowania agregatem prądotwórczym zamontowanym na robocie (dla robotów Transporter oraz Explorer).
Tryby sterowania
<ul style="list-style-type: none"> • sterowanie manualne za pomocą panelu operatora z możliwością podłączenia kontrolera typu <i>gamepad</i>, • sterowanie autonomiczne proste – odnajdywanie pozycji umożliwiającej komunikację z operatorem.
Komunikacja
<ul style="list-style-type: none"> • sposób komunikacji: bezprzewodowy, • zasięg robot-operator: 500 m w terenie otwartym (200 m dla robotów Pathfinder), 50 m w typowym budynku, • szybkość transmisji umożliwiająca płynne przesyłanie w czasie rzeczywistym rozkazów sterujących od operatora do robota, odczytów sensorów otoczenia, sensorów specjalistycznych i stanu robota do operatora, strumienia wideo z robota do operatora, • odporność na zakłócenia, których źródłem w szczególności mogą być układy wykonawcze i pomiarowe robota, urządzenia pracujące w otoczeniu robota oraz w otoczeniu operatora.

Obiektem podlegającym monitorowaniu i inspekcji może być strefa dowolnego obiektu technicznego o ograniczonej dostępności (np. ze względu na występujące zagrożenia dla zdrowia lub życia ludzkiego). Obiektami mogą być w szczególności: obiekty wojskowe, lotniska, porty, stacje i węzły kolejowe, elektrownie, kopalnie, składy paliw oraz magazyny, których zawartość stwarza zagrożenie chemiczne, wybuchowe lub pożarowe [4]. Istnienie zapotrzebowania na tego typu urządzenia potwierdzają firmy specjalistyczne, zajmujące się m.in. zabezpieczaniem oraz ochroną w obiektach strategicznych, a także jednostki ratownicze (m.in. w górnictwie) lub ratowniczo-gaśnicze.

2. Sterowanie, komunikacja oraz monitorowanie otoczenia

W wyniku prowadzonych prac badawczych dla poszczególnych robotów oraz całej grupy opracowano koncepcje i projekty systemów sterowania, komunikacji, monitorowania. W niniejszej publikacji autorzy prezentują wyłącznie ogólne informacje dotyczące wymienionych systemów. Wyniki badań mające na celu opracowanie poszczególnych systemów ze względu na ich złożoność szczegółowo zaprezentowane zostaną przez autorów w kolejnych publikacjach.

2.1. System sterowania i komunikacji

Każdy z robotów (Pathfinder, Explorer, Transporter) obsługiwany jest przez niezależnych operatorów z wykorzystaniem odpowiednich paneli operatorów. System sterowania grupy robotów jest systemem rozproszonym w sensie sprzętowym oraz programowym, opartym o komunikację bezprzewodową. Komunikacja pomiędzy węzłami sieci (robotami, komputerami operatorów) realizowana jest z wykorzystaniem standardu Wi-Fi 802.11 b/g/n. Do przesyłania danych pomiędzy węzłami sieci służy protokół TCP/IP, na którym bazuje wykorzystywane środowisko programistyczne Microsoft® Robotics Developer Studio (MRDS). Każdemu z urządzeń sieciowych systemu przypisany jest predefiniowany adres IP, co pozwala na łatwe oraz szybkie wyszukiwanie urządzeń w sieci.

Każdy z robotów może działać indywidualnie oraz w grupie. W momencie startu misji grupy robotów system sterowania każdego z robotów działa niezależnie. Po uruchomieniu systemu sterowania danego robota każdy z robotów może zostać włączony do systemu sterowania grupą robotów.

Architektura systemu sterowania wysokiego poziomu każdego z robotów została podzielona na trzy warstwy: *warstwę użytkownika* (zawiera panele operatorów, komunikuje się z urządzeniami peryferyjnymi operatora oraz z warstwą logiki aplikacji), *warstwę logiki aplikacji* (zawiera serwisy MRDS odpowiedzialne za logikę działania systemu sterowania robota, np. sterowanie ruchem robota, przekazywanie/zapis strumienia wideo, obsługę podukładów robotów i inne; komunikuje się z warstwą użytkownika i warstwą pośrednią), *warstwę pośrednią* (komunikuje się z warstwą logiki aplikacji oraz z podstawowymi urządzeniami robotów, jak kamery, czujniki stanu robota, czujniki otoczenia, oświetlenie, napędy i in. poprzez ich interfejsy; zawarte w niej są głównie serwisy odpowiedzialne za bezpośrednie sterowanie urządzeniami robotów).

Warstwa użytkownika oraz warstwa logiki aplikacji każdego systemu sterowania robota uruchamiana jest na komputerze operatora. Z kolei warstwa pośrednia w przypadku robota Pathfinder uruchamiana jest na komputerze operatora tego robota, zaś w przypadku robotów Transporter oraz Explorer – odpowiednio na komputerze na robocie Transporter oraz Explorer.

2.2. Struktury sprzętowe systemów monitorowania

W ramach prowadzonych badań dokonano szczegółowego przeglądu i doboru sensorów pozwalających na osiągnięcie zakładanej funkcjonalności grupy robotów. Dobrano czujniki stanu robotów Pathfinder, Transporter i Explorer oraz czujniki służące do monitorowania ich otoczenia. Czujniki te umożliwiają, w zależności od rodzaju robota, monitorowanie takich parametrów stanu wewnętrznego jak: stan akumulatora, temperatura wewnątrz robota, orientacja robota, obciążenie procesora jednostki obliczeniowej, dostępność wolnej pamięci operacyjnej i przestrzeni dysku Flash jednostki obliczeniowej, siła sygnału komunikacji, prędkości obrotowe układów napędowych gąsienic podstawowych i pomocniczych, pozycje krańcowych gąsienic pomocniczych, natężenia prądu pobieranego przez układy napędowe robota. Ponadto dobrane sensory umożliwiają monitorowanie stanu otoczenia robota poprzez pomiar temperatury obiektów, rejestrację strumienia obrazu i dźwięku, pomiar dystansu, jaki dzieli robota od przeszkody i in.

Podsumowanie i wnioski

Niniejszy artykuł prezentuje wyniki prac dotyczących grupy wielozadaniowych robotów mobilnych wykorzystujących zaawansowane technologie. Opracowane roboty pozwalają wspomagać człowieka w realizacji zadań w środowisku mogąącym stwarzać zagrożenie.

Opracowana grupa robotów ma zalety w stosunku do innych znanych rozwiązań: możliwość grupowego współdziałania robotów, autonomiczne działanie w przypadku utraty komunikacji z robotami, niski koszt wytworzenia spowodowany prostotą konstrukcji przy zachowaniu wymaganej funkcjonalności.

Tego typu roboty mobilne coraz częściej będą znajdować zastosowanie w życiu codziennym. W niedalekiej przyszłości roboty mobilne najprawdopodobniej będą powszechnie stosowane. Z przypuszczenia tego wynika więc nadzieja autorów, że opisywana w niniejszej pracy grupa robotów zostanie wdrożona do produkcji i sprzedaży oraz znajdzie praktyczne zastosowanie.

Praca naukowa wykonana w ramach realizacji Programu Strategicznego pn. „Innowacyjne systemy wspomagania technicznego zrównoważonego rozwoju gospodarki” w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka.

Bibliografia

1. Adamczyk M., Januszka M., Moczulski W., Panfil W., Przyszałka P., Wyleźoł M.: Multi-robot group for inspecting large area objects, Problemy Eksploatacji 3(70), ITeE – PIB, 2008, s. 19–29.

2. Januszka M.: Mechanical carrier of an autonomous mobile robot for inspecting technical objects, *Problemy Eksploatacji* 3(70), ITeE – PIB, 2008, s. 31–38.
3. Januszka M., Adamczyk M., Moczulski W.: Nieholonomiczny autonomiczny robot mobilny do inspekcji obiektów technicznych. *Problemy robotyki*, K. Tchoń i C. Zieliński (red.), Tom 1, z. 166, Warszawa 2008, s. 143–152.
4. Moczulski W., Adamczyk M., Januszka M., Panfil W., Przystałka P., Wyleżoł M.: Team of Specialized Mobile Robots for Group Inspection of Large-area Technical Objects, K.R. Kozłowski (Ed.): *Robot Motion and Control*, LNCIS 396, Springer-Verlag, 2009, s. 411–420.
5. Moczulski W., Adamczyk M., Januszka M., Panfil W., Przystałka P., Wyleżoł M.: Autonomous mobile robots for Inspecting Industrial Objects, Mazurkiewicz A. (Ed.): *Technological Innovations for Sustainable Development*, ITeE – PIB, Polska–Izrael, 2009, s. 215–230.
6. Trojnacki M., Szyrkarczyk P., Andrzejuk A.: Tendencje rozwoju mobilnych robotów lądowych, *PAR*, 6/2008, s. 11–14.

Recenzent:
Tadeusz UHL

Project of a group of multi-purpose mobile robots using advanced technologies

Key words

Mobile robotics, multi-robot group, mechatronics, inspection.

Summary

The paper presents results of the research concerning a group of multitasking mobile robots that use advanced technologies. The developed robots allow aiding humans in accomplishing tasks in an environment that may be dangerous. The group consists of remote controlled robots: a transporting robot, an exploring robot, and small monitoring robots. The group of robots is capable of monitoring and carrying out measurements of selected physical quantities, that can occur within the territory of any object, and then remote transmission of data to the user.

