

Tendencje rozwoju mobilnych robotów lądowych (1)

Przegląd robotów mobilnych do zastosowań specjalnych

Maciej Trojnacki
Piotr Szynekarczyk
Adam Andrzejuk

Praca stanowi pierwszą część publikacji „Tendencje rozwoju mobilnych robotów lądowych”. W niniejszej pracy omówiono aktualne tendencje rozwoju robotów mobilnych, koncentrując się przede wszystkim na robotach kołowych i gąsienicowych. Dokonano przeglądu współczesnych konstrukcji takich robotów w kontekście zastosowań specjalnych. Druga część publikacji będzie dotyczyła nowych tendencji w robotyce mobilnej związanych głównie z robotami rzucanymi, natomiast trzecia część będzie omawiać stan wiedzy i aktualne tendencje dotyczące autonomii robotów mobilnych oraz potrzeby i możliwości jej dalszego rozwoju.

Roboty mobilne

W ostatnich latach daje się zauważyć intensyfikację badań nad mobilnymi robotami. Sytuacja ta jest spowodowana ukierunkowaniem prac badawczych w dziedzinie robotyki na roboty osobiste, usługowe, wojskowe oraz do zastosowań specjalnych. Istniejący stan wiedzy w zakresie robotów mobilnych można znaleźć w licznych publikacjach krajowych i zagranicznych.

Roboty mobilne można podzielić w zależności od:

- rodzaju robota mobilnego (kołowy, gąsienicowy, latający, pływający, krocący, pełzający, hybrydowy itd.)
- przeznaczenia robota (obszaru zastosowań)
- oraz możliwości praktycznego zastosowania.

Oddzielną grupę tworzą roboty mobilne autonomiczne, o różnym stopniu autonomii.

Biorąc pod uwagę obszar zastosowań roboty mobilne dzielimy na:

- bojowe
- interwencyjno-inspekcyjne (w tym: roboty antyterrorystyczne, przeciwpożarowe, wartownicze lub patrolowe, do szukania ludzi, którzy ucierpieli w wyniku katastrof budowlanych itp.)
- transportowe (np. transport wewnątrzzakładowy)
- budowlane
- rolnicze
- osobiste i usługowe (np. kosiarki do trawy, odkurzacze, roboty do czyszczenia posadzek lub szyb, przewodnicy dla wycieczek)
- medyczne i wiele innych.

Roboty mobilne są powszechnie wykorzystywane do wykonywania zadań, które są dla człowieka zbyt nie-

bezpieczne (np. transport ładunków wybuchowych), żmudne (np. transport ciężkich ładunków), monotonne (np. odkurzanie dużych powierzchni) lub tam, gdzie wymagana jest duża precyzja oraz powtarzalność itp.

Obecnie najwięcej rozwiązań konstrukcyjnych dotyczy robotów kołowych. Są one stosunkowo łatwe w wykonaniu, ale często nie mają wystarczająco dobrych właściwości jezdnych w zróżnicowanym terenie. Z kolei konstrukcje robotów gąsienicowych, pomimo nieco lepszych właściwości jezdnych, mogą wykazywać wady, jak np. ograniczona trwałość gąsienic w przypadku poruszania się po twardym podłożu lub stosunkowo niska sprawność trakcji. Ostatnio pojawiają się konstrukcje, umożliwiające dostosowanie się układu jezdnego robota do nierówności terenu i jazdę w trudnych warunkach terenowych, czyli roboty o podwyższonej mobilności. Szczególną grupę takich robotów stanowią roboty hybrydowe, które łączą np. wybrane cechy robotów kołowych i kroczących.

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.

Roboty mobilne do zastosowań specjalnych

W Polsce PIAP jest jedynym producentem robotów mobilnych do celów specjalnych. Produkowane jako pierwsze, roboty Inspector (rys. 1), których funkcjonalność

dr inż. Maciej Trojnacki, dr inż. Piotr Szynekarczyk,
mgr inż. Adam Andrzejuk – Przemysłowy Instytut
Automatyki i Pomiarów



Rys. 1. Roboty: Inspector i Expert produkcji PIAP

zyskała uznanie specjalistów, pozostają w dalszym ciągu jedną z najbardziej zaawansowanych technologicznie konstrukcji robotów pirotechnicznych do zastosowań miejsko-terenowych. Roboty Expert (rys. 1) są przeznaczone do wykonywania zadań głównie w samolotach, pociągach, autobusach i w tym obszarze nie ma obecnie na świecie konstrukcji, która mogłaby im dorównać. Prawie 3-metrowy zasięg manipulatora (w tym ramię wysuwne), prędkość ponad 2 km/h, łatwość transportu w typowych pojazdach, małe walizkowe stanowisko operatora, unikatowe rozwiązania elektroniczne i zaawansowana graficzna wizualizacja danych, to tylko niektóre czynniki pokazujące, że robot Expert jest czołową konstrukcją w obszarze urządzeń kompaktowych.

Innym robotem produkowanym przez PIAP jest Scout (rys. 2). Robot ten charakteryzuje się małymi gabarytami, niewielką masą i dużą prędkością oraz ma możliwość dołączania urządzeń takich jak manipulator z chwytakiem lub dodatkowe kamery, czy też różnego rodzaju czujniki lub uzbrojenie. Główną częścią robota jest baza mobilna, na którą składają się podwozie oraz umieszczone na nim dwie kamery: przednia (obrotowa) oraz tylna. Obie kamery wyposażone są we własne oświetlacze podczerwone. Przyjęte rozwiązanie zapewnia niewielkie wymiary i mały ciężar robota, dzięki czemu robot Scout może być transportowany w typowym plecaku wojskowym. Połączenie dużej prędkości ruchu robota wraz z możliwością przemieszczania się w ograniczonej przestrzeni pozwala na szybkie i zdalne rozpoznanie terenu akcji. Za jego pomocą można sprawdzić podwozie podejrzanego samochodu, ciasne pomieszczenie lub szyb wentylacyjny. Ze stanowiska operatorskiego możliwe jest sterowanie zarówno robotem, jak i, za pomocą światłowodu, małym manipulatorem. Na robocie możliwe jest zamontowanie silnych oświetlaczy halogenowych, kamery termowizyjnej, kamery na podczerwień. Robot Scout jest przystosowany

do rwania linek od min-pułapek oraz do podkładania ładunków pośrednich. Za pomocą manipulatora robot może transportować małe pakunki.

Najnowszym produktem PIAP, jest robot pirotechniczno-rozpoznawczy IBIS (rys. 3). Jest zdalnie sterowanym urządzeniem przeznaczonym nie tylko do inspekcji i neutralizacji improwizowanych ładunków wybuchowych, ale również do realizacji zadań zwiadowczych i czynnego wsparcia działań bojowych. Robot, poruszając się na sześciu niezależnie napędzanych kołach, sprawnie pokonuje trudne przeszkody terenowe.

Manipulator wraz z chwytakiem zapewnia robotowi zasięg przekraczający 3 m oraz dużą przestrzeń widoczną wokół robota. Prawdziwy potencjał robota widoczny jest podczas współpracy z szeroką gamą wyposażenia dodatkowego, tj. z urządzeniem rentgenowskim wyposażonym w system zobrazowania, czujnikiem skażeń chemicznych, wyrzutnikiem pirotechnicznym, urządzeniem do cięcia drutu ostrzowego, urządzeniem do wybijania szyb i wieloma innymi.

Urządzenie zostało zbudowane z wykorzystaniem najnowszych technologii, co pozwoliło na uzyskanie niewielkiej masy, dużej niezawodności, dużej funkcjonalności i długiego czasu pracy przy zasilaniu z akumulatorów.

Poza PIAP na rynku europejskim od wielu lat produkowane są roboty mobilne do zastosowań specjalnych. Znakomita część tych konstrukcji ma zastosowania policyjne i militarne, chociaż coraz częściej dostrzegane są również cywilne potrzeby ich wykorzystania.

Firma Remotec jest producentem robota Mini Andros (rys. 4a), który jest małym robotem o masie 64 kg i maksymalnym udźwigu 18 kg. Cechą charakterystyczną tego robota, są uchylnie gąsienice przednie i tylne, zwiększające możliwości mobilne urządzenia. Producent podaje, że na świecie pracuje już 600 tego typu urządzeń.



Rys. 2. Robot Scout produkcji PIAP



Rys. 3. Robot IBIS produkcji PIAP



Robot Wheelbarrow, również produkcji Remoteka, jest dużym robotem o masie 315 kg, przeznaczonym głównie do działań na zewnątrz pomieszczeń, chociaż jego napęd gąsienicowy o zmiennej geometrii dobrze radzi sobie również na schodach. Gorzej wypada stabilność robota przy przechyłach bocznych. Na uwagę zasługuje bardzo duży zasięg manipulatora, wynoszący 3,75 m. Remotec jest firmą amerykańską, jednak poprzez wykupienie producenta robotów Wheelbarrow, stała się aktywnym graczem na rynku europejskim.

Rodzinę robotów pirotechnicznych wytwarza francuska firma Cybernetix. Najmniejszym robotem jest Castor o masie 45 kg. Robot ten ma manipulator o dwóch stopniach swobody oraz chwytak, którego konstrukcja pozwala na rozwarcie szczęk na szerokość 250 mm. Udźwig urządzenia wynosi maksymalnie 10 kg. W wersji podstawowej robot jest wyposażony w napęd czterośladowy. W przypadku konieczności pracy w trudnych warunkach terenowych, możliwe jest poszerzenie robota dzięki zamontowaniu na osiach kół standardowych - dodatkowych czterech kół. Istnieje również możliwość nałożenia gąsienic



Rys. 4. Roboty: Mini Andros firmy Remotec (a) i RM35 firmy Cybernetix (b)



gumowych na standardowe koła robota. Większym robotem z rodziny Cybernetix jest robot interwencyjny RM35 (rys. 4b) o masie 75 kg i udźwigu maksymalnym 14 kg. Kinematyka manipulatora, rozwiązanie napędu bazy mobilnej i sterowanie są analogiczne jak w przypadku robota Castor. Zwiększono natomiast możliwość współpracy robota z osprzętem dodatkowym. Robot Castor może obsługiwać urządzenie do prześwietlania ładunków niebezpiecznych oraz dokonywać ich neutralizacji za pomocą działka wodnego, podczas gdy RM35 dodatkowo może wykorzystywać strzelbę oraz system HPE (neutralizacja za pomocą ładunków pośrednich).

Irlandzka firma Kentree została niedawno sprzedana firmie PW Allen-Vanguard. Pod nowym szyldem produkuje ona znanego od wielu lat robota HOB0 (rys. 5a). Mimo niezmienionego wyglądu zewnętrznego, całkowicie zmieniono elektroniczne układy sterowania robota i stanowisko operatorskie, które w obecnej wersji mieści się w małej walizce. Robot, o masie 228 kg, porusza się z prędkością maksymalną 4 km/h. Manipulator pozwala podnosić ładunki o ma-

się maksymalnej 75 kg. Robot porusza się na sześciu kołach o niezależnym napędzie. Każda z trzech osi ma również niezależne zawieszenie. Drugą konstrukcją firmy Kentree, jest sześciokołowy robot Defender, wykonany częściowo z tytanu.

Od kilku lat na rynku urządzeń pirotechnicznych znajdują się hiszpańskie roboty AUNAV. Wymiary tych urządzeń (bliźsze wymiarom średniej koparki niż dużych robotów pirotechnicznych) wykluczają ich użycie wewnątrz budynków. Robot porusza się na sześciu kołach i ma masę ponad 400 kg. Manipulator o 5 stopniach swobody ma napęd hydrauliczny i udźwig maksymalny 100 kg. Stanowisko operatora stanowi komputer typu laptop z dołączonym do niego joystickiem.

a)



b)



Rys. 5. Roboty: HOB0 firmy Kentree (a) i Bison firmy ABP (b)

Firma ABP od wielu lat produkuje roboty Bison oraz Cyklops. Robot Bison (rys. 5b) jest dużym robotem o masie 210 kg, poruszającym się na czterech kołach z prędkością maksymalną 4 km/h. Urządzenie ma manipulator o 2 stopniach swobody, z możliwością instalacji różnego typu chwytaków oraz uzbrojenia. Robot może przenosić ładunki o masie do 100 kg. Robot Cyklops jest małym robotem o masie ok. 30 kg, poruszającym się na gąsienicach z prędkością do 5 km/h, natomiast na kołach aż do 8 km/h. Manipulator o 3 stopniach swobody zapewnia wysuw na odległość 2 m. Niedawno ABP zaprezentowało nową konstrukcję będącą rozwinięciem robota Cyklops.

Niemiecka firma Telerob jest producentem robota Teodor. Robot o masie 360 kg i napędzie gąsienicowym może poruszać się z prędkością do 3 km/h. Manipulator o 6 stopniach swobody umożliwia podnoszenie ładunków o masie do 30 kg i ma zasięg 2,4 m. Na uwagę zasługuje montowany na bazie mobilnej zasobnik na dodatkowe narzędzia. Dzięki możliwości programowania ruchu manipulatora wymiana narzędzi może być realizowana automatycznie. Roboty produkcji Telerob są także dostępne w wersji przystosowanej do zadań przeciwpożarowych.

Niemiecki Koncern DIEHL wspólnie z firmą ROBOWATCH oferuje od roku nową konstrukcję małego robota Asendro. Charakterystyczną cechą tej konstrukcji są uchylne przednie i tylne gąsienice. Dotychczasowe produkty ROBOWATCH-a to specjalizowane roboty mobilne do celów strażniczych.

Powyższy skrócony przegląd nie wyczerpuje całego rynku europejskiego robotów mobilnych, jednak wymienieni zostali najważniejsi jego uczestnicy.

Bibliografia

1. M. Andrzejczak, J. Narkiewicz: *Applications of Julier-Uhlmann filter for processing signals from navigation sensors*, Zeszyty Naukowe WSM w Szczecinie, nr 70, Szczecin 2003.
2. J. Będkowski, A. Masłowski: *Mobile robot ATRVJR application for risky scenario*, Pomiary Automatyka Robotyka 2/2008, ss. 418–424 (CD).
3. J. Giergiel, Z. Hendzel, W. Żylski, M. Trojnecki: *Zastosowanie metod sztucznej inteligencji w mechatronicznym projektowaniu mobilnych robotów kołowych*, Monografia, Wydawnictwo KRI DM AGH, Kraków, 2004, 327 str.
4. R. Głębocki, J. Narkiewicz: *System nawigacji i sterowania lotem małego, bezzałogowego śmigłowca*, Pomiary Automatyka Robotyka 2/2007, 7 s. na CD.
5. B. Gopalakrishnan, S. Tirunellayi, R. Todkar: *Design and development of an autonomous mobile smart vehicle: a mechatronics application*, Mechatronics 14 (2004), ss. 491–514.
6. Chen Haichu: *An autonomous miniature wheeled robot based on visual feedback control*, Front. Mech. Eng. China 2007, 2(2), ss. 197–200.
7. D. Puchan, P. Skrzypczyński: *Perspektywy wykorzystania robotów mobilnych w działaniach poszukiwawczych podczas katastrof budowlanych*, Pomiary Automatyka Robotyka 2/2008, ss. 398–409 (CD).
8. J. Racz: *Elementy sztucznej inteligencji w systemach nawigacyjnych autonomicznych mobilnych robotów*, praca doktorska, Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, Warszawa 1995.
9. P. Szynkarczyk: *Zastosowanie równoległej architektury warstwowej i problem wyboru akcji w sterowaniu systemów autonomicznych*, rozprawa doktorska, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 1999.
10. P. Szynkarczyk, R. Czupryniak: *Roboty mobilne i bezpieczeństwo*, Pomiary Automatyka Robotyka 2/2008, ss. 441–450 (CD).
11. M. Trojnecki: *Sterowanie ruchem nadążnym mobilnego robota kołowego z zastosowaniem sieci neuronowych*, rozprawa doktorska, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów 2003.
12. A. Typiak: *Bezzałogowe pojazdy lądowe w zastosowaniach militarnych*, Pomiary Automatyka Robotyka 2/2007, 8 s. na CD.
13. A. Typiak: *Zastosowanie kamery wizyjnej do wyznaczania położenia obiektów w otoczeniu pojazdu bezzałogowego*, Pomiary Automatyka Robotyka 2/2008, ss. 459–464 (CD).
14. W. Ulatowski, Andrzej Masłowski: *Sterowanie i współpraca pojazdów AGV*, Pomiary Automatyka Robotyka 2/2007, (10 s. na CD).
15. A. Wołoszczuk, M. Andrzejczak, P. Szynkarczyk: *Architecture of mobile robotics platform planned for intelligent robotic porter system – IRPS project*, Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems, Vol. 1, No. 3, September 2007.
16. T. Zielińska: *Maszyny kroczące*, PWN, Warszawa 2003. ■