

Sterowanie robotem wyposażonym w skaner laserowy 2D

Remote control of robot with 2D laser scanner

STANISŁAW GRZYWIŃSKI
KRZYSZTOF KOWALIK
DARIUSZ RODZIK *

Materiały z XX SKW PWiE, Jurata 2016 r.
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.134

W artykule opisano zastosowane rozwiązania sprzętowe oraz sposób sterowania robotem mobilnym wykorzystującym skaner laserowy 2D. Prezentowane rozwiązanie wykorzystuje skaner RPLidar, który jest jednocześnie jedynym sensorem zainstalowanym na platformie mobilnej dostarczającym informacji o położeniu własnym robota, co odróżnia je od innych wykorzystywanych rozwiązań.

SŁOWA KLUCZOWE: skaner laserowy 2D, robot mobilny, określanie współrzędnych

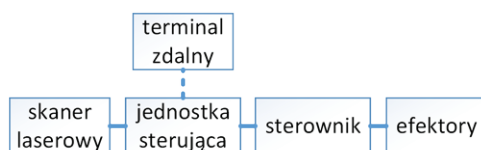
The article describes the used hardware and method of control mobile robot utilizing a 2D laser scanner. This solution uses a scanner RPLidar, which is also the only sensor installed on the mobile platform providing information about robot Self location, which distinguishes them from other operational solutions.

KEYWORDS: 2D laser scanner, mobile robot, determining the coordinates

W artykule opisano zastosowane rozwiązania sprzętowe oraz sposób sterowania robotem mobilnym wykorzystującym skaner laserowy 2D. Prezentowane rozwiązanie wykorzystuje skaner RPLidar, który jest jednocześnie jedynym sensorem zainstalowanym na platformie mobilnej dostarczającym informacji o położeniu własnym robota, co odróżnia je od innych wykorzystywanych rozwiązań.

Opis ogólnej koncepcji działania robota

Schemat blokowy przyjętej koncepcji robota przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat blokowy robota mobilnego

Skaner laserowy 2D pozyskuje informacje o otoczeniu w postaci strumienia danych dla przekroju w płaszczyźnie prostopadłej do osi obrotu lasera. Dane pomiarowe tworzą parę w postaci odległości oraz chwilowego kąta mierzonego względem osi podłużnej czujnika, które pozwalają na wyznaczenie współrzędnych X, Y, Z tworzących tzw. chmurę punktów. Strumień danych przekazywany jest do jednostki sterującej, która jest odpowiedzialna za nadzorowanie pracy podzespołów robota i ich integrację w jednym systemie.

Jednym z podstawowych zadań jednostki sterującej jest wykonanie niezbędnych obliczeń w celu wyznaczenia współrzędnych punktów i stworzenia wirtualnej mapy otoczenia. Na jej podstawie, przy wykorzystaniu zaimplementowanych algorytmów, wykrywane są przeszkody terenowe oraz wypracowywany zostaje sygnał sterujący, który stosowany jest

w module decyzyjnym robota. Sygnał ten w zależności od wybranego algorytmu sterowania uzupełnia informację i zadania wydawane przez użytkownika, poprzez wyłączenie napędów przed przeszkodą terenową – sterowanie zdalne, lub też stanowi podstawową informację w procesie naprowadzania w określone położenie na wirtualnej mapie otoczenia – sterowanie autonomiczne.

Elementem, który przekształca wypracowane komendy sterowania ruchem robota na sygnały sterowania efektorami platformy mobilnej robota, jest sterownik silników. Dodatkowo tego sterownika jest zasilanie podzespołów robota. Komunikacja z robotem odbywa się w sposób zdalny poprzez terminal, na którym w postaci graficznej są wyświetlane użytkownikowi niezbędne informacje (m.in. o otoczeniu i ruchu robota).

Realizacja sprzętowa robota

Do budowy modelu robota wykorzystano komercyjne rozwiązanie podwozia samonośnego Tamiya TL-01B, które zostało przeprojektowane na potrzeby prezentowanego rozwiązania. Wykorzystano silnik prądu stałego stanowiący napęd, jego sterownik oraz serwomechanizm sterujący skrętem kół. Napęd przekazywany jest na koła za pomocą przekładni i dwóch mechanizmów różnicowych dla przedniej i tylnej osi. Zawieszenie pojazdu zrealizowane jest na podwójnym wahaczu wraz z zainstalowanymi amortyzatorami gazowymi i sprężynowymi dla każdego koła. Na wspornikach podwozia zamocowano płytę z umieszczonymi podzespołami układów elektronicznych robota. Schemat funkcjonalny aparatury elektronicznej robota przedstawiono na rys. 2.

Jednostką sterującą robota jest komputer PandaBoard ES z serii układów SoCs OMAP 4460 opartych na architekturze ARM z przeznaczeniem do zastosowań multimedialnych. Jednostką arytmetyczną komputera jest procesor ARM Cortex-A9 taktowany z częstotliwością do 1,2 GHz. Posiada 1 GB pamięci LPDDR2, 304 MHz GPU oraz procesor sygnałowy.

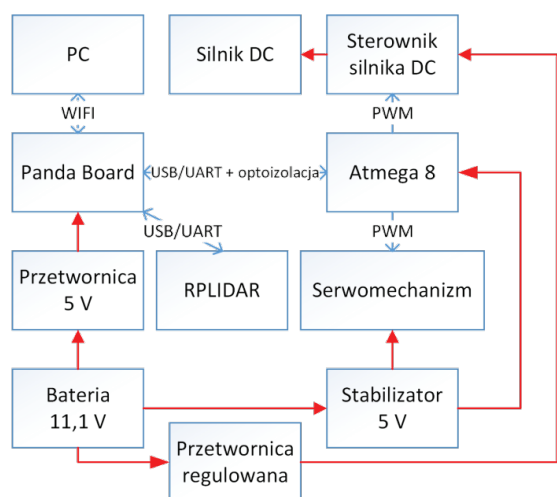
Jako urządzenie skanujące wykorzystano skaner RPLIDAR firmy RoboPeak [1], który umożliwia dookólny pomiar odległości o promieniu do 6 m. Pomiar oparty jest na triangulacji laserowej. Skaner laserowy RPLidar mierzy odległość z częstotliwością powyżej 2 kHz i z rozdzielczością poniżej 1% odległości. Skaner generuje sygnał zmodulowany impulsowo w paśmie podczerwieni o mocy w impulsie poniżej 5 mW.

Do generowania sygnałów sterujących wykorzystano osmiobitowy mikrokontroler Atmega8A w obudowie DIP z rodziny Atmel AVR. Zadaniem mikrokontrolera jest generowanie sygnałów PWM przy wykorzystaniu 16-bitowego licznika, pracującego w trybie fast PWM.

Komunikację jednostki sterującej z układem mikrokontrolera i skanerem laserowym zrealizowano w oparciu o interfejs UART.

Dodatkowo w celu zabezpieczenia procesora Panda Board przed uszkodzeniem spowodowanym procesami przejściowymi występującymi podczas sterowania silnikiem wykorzystano optoizolację w postaci transoptorów 6N137, które zapewniają możliwość komunikacji z prędkością do 1 Mbps.

* Mgr inż. Stanisław Grzywiński (sgrzywinski@wat.edu.pl); inż. Krzysztof Kowalik (krzysiek.kowalik@op.pl); dr inż. Dariusz Rodzik (dariusz.rodzik@wat.edu.pl) – Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechatroniki i Lotnictwa



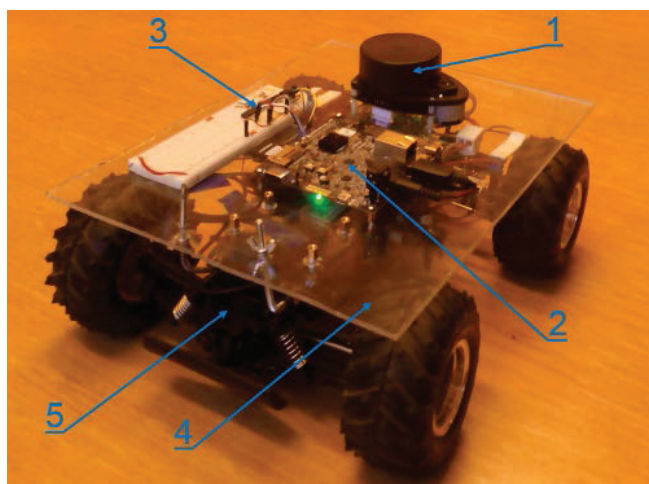
Rys. 2. Schemat funkcjonalny robota: → sygnały; → zasilanie

Do komunikacji robota z terminalem zdalnym wykorzystano protokół warstwy transportowej modelu OSI – strumieniowy protokół komunikacyjny TCP. Komunikacja zaprojektowana jest w architekturze klient-serwer, gdzie klientem jest terminal zdalny – komputer PC, a serwerem komputer PandaBoard ES. Wszystkie pakiety – zarówno żądania, jak i odpowiedzi – posiadają format przedstawiony w tabelicy.

TABLICA. Format pakietu komunikacji robota z terminalem zdalnym

Flaga startu 1	Flaga startu 2	Komenda	Suma kontrolna	Rozmiar danych	Dane (opcjonalna)
1 bajt	1 bajt	1 bajt	1 bajt	2 bajty	0÷65535 bajtów

Na potrzeby robota zaprojektowano układ zasilania zapewniający stabilną pracę wszystkich elementów robota. Widok sprzętowej realizacji modelu robota przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Widok robota mobilnego: 1 – skaner; 2 – jednostka sterująca; 3 – mikrokontroler; 4 – płyta; 5 – podwozie

Sposób sterowanie napędami robota

Mikrokontroler otrzymuje zadany kąt i prędkość silnika poprzez interfejs UART w postaci ramek danych przedstawionych w tabelicy. Otrzymany kąt i prędkość są przeliczane i wpisywane do rejestrów liczników mikrokontrolera, dzięki czemu generowany jest sygnał PWM sterujący ruchem robota.

Aby robot miał możliwość bezpiecznego przemieszczania się, konieczne jest wyznaczenie komend sterowania dla mikrokontrolera na podstawie informacji o otoczeniu ze skanera laserowego oraz na podstawie poleceń wydawanych przez użytkownika. Metoda określania komend sterowania zależy od

trybu, w jakim pracuje robot. Robot może pracować w dwóch trybach: zdalnego sterowania i jazdy autonomicznej.

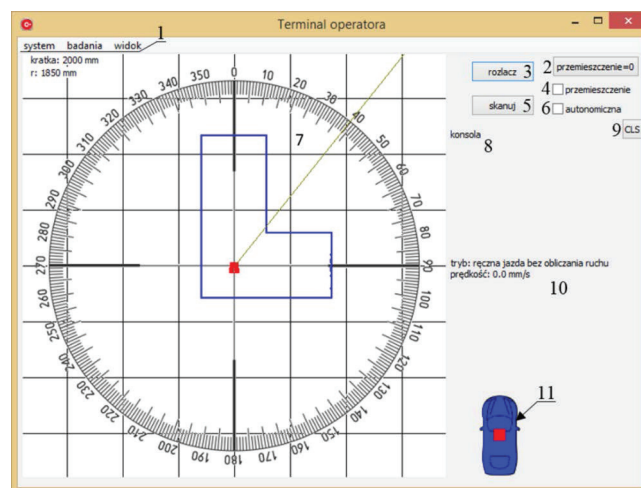
Tryby zdalnego sterowania i jazdy autonomicznej łączą sposób wykrywania przeszkód w obszarze detekcji skanera laserowego. Sposób wykrywania przeszkód określany jest dla każdego namiaru γ , drogi hamowania robota r_d i jego szerokości pomnożonej przez współczynnik bezpieczeństwa w .

W jeździe autonomicznej parametry γ oraz r_d muszą zostać wyznaczone na podstawie współrzędnych punktu docelowego (x_d, y_d), zadanych w terminalu operatora.

Oprogramowanie terminala zewnętrznego

Jako zewnętrzny terminal użytkownika wykorzystano przenośny komputer PC z systemem Windows. Oprogramowanie w postaci graficznego interfejsu użytkownika umożliwia wizualizację chmury punktów otrzymanych ze skanera laserowego, ustawienie trybu pracy robota oraz wydawanie komend sterowania.

Graficzny interfejs użytkownika zaprojektowano w środowisku *Embarcadero C++ Builder XE5*. Umożliwia ono szybkie tworzenie aplikacji okienkowych w środowisku Windows z wykorzystaniem biblioteki *VC.L*. Widok okna głównego interfejsu przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Okno interfejsu operatora: 1 – menu główne; 2 – zerowanie aktualnego przemieszczenia; 3 – łączenie/rozłączenie z serwerem; 4 – włączanie/wyłączenie wyznaczania współrzędnych ruchu; 5 – włączanie/wyłączanie skanowania; 6 – włączanie/wyłączanie trybu jazdy autonomicznej; 7 – główne wizualizacja skanu; 8 – konsola błędów; 9 – czyszczenie konsoli; 10 – parametry pracy robota; 11 – wizualizacja sterowania platformą

Podsumowanie

Opisany w artykule robot jest platformą uniwersalną, a konstrukcja jego podwozia umożliwia montaż elementów zewnętrznych, np. ramienia manipulatora, kamery. Dzięki temu robot może znaleźć różne zastosowanie.

W czasie badań i testów sprawdzających osiągnięto kilkucentymetrową dokładność przemieszczania się robota do zadanego punktu docelowego, co tym samym potwierdza użyteczność stosowania skanera laserowego do orientowania robota w otoczeniu, w którym się porusza. Ze względu na złożoność obliczeniową dopasowania skanów wykorzystanie skanera laserowego do sterowania robotem niesie ze sobą pewne trudności.

Jednak posiadany zapas mocy obliczeniowej jednostki sterującej robota umożliwia implementację złożonych algorytmów sterowania oraz dodanie nowych funkcjonalności.

LITERATURA

<http://www.slamec.com/en/Lidar>.