



Projekt wózka inwalidzkiego sterowanego za pomocą smartfona

Jarosław PANASIUK*, Piotr KALISIEWICZ

*Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechatroniki i Lotnictwa,
Katedra Mechatroniki*

ul. gen. Witolda Urbanowicza 2, 00-908 Warszawa

** autor korespondencyjny, e-mail: jaroslaw.panasiuk@wat.edu.pl*

Artykuł wpłynął do redakcji 08.05.2017 r.

Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano 08.06.2018 r.

DOI 10.5604/01.3001.0012.1107

Streszczenie. Artykuł przedstawia prototyp wózka inwalidzkiego o napędzie elektrycznym, w którym użytkownik ma możliwość kontroli zarówno prędkości, jak i kierunku jazdy za pomocą aplikacji, wirtualnego manipulatora, opartej o system operacyjny Android.

Słowa kluczowe: robotyka mobilna, Raspberry Pi, Android, sterowanie bezprzewodowe

1. WSTĘP

Pierwszy wózek inwalidzki o napędzie elektrycznym został stworzony przez George'a Kleina z przeznaczeniem pomocy żołnierzom poszkodowanym w czasie II wojny światowej.

Artykuł został opracowany na podstawie referatu prezentowanego podczas XXI Międzynarodowej Szkoły Komputerowego Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji, Jurata, 8-12 maja 2017 r.

Z czasem ich konstrukcja ewoluowała, dzięki czemu elektryczne wózki inwalidzkie zawierają dziś wiele funkcji, takich jak np. wspinanie się po schodach, elektryczne podwyższanie siedziska i wiele innych. Obecnie najpowszechniej stosowane są konstrukcje sterowane za pomocą bezstykowych indukcyjnych manipulatorów ręcznych (ang. joystick). Ze względu na częste ograniczenia uniemożliwiające chwycenie joysticka, przez osobę wykorzystującą wózek, na przełomie ostatnich kilkunastu lat pojawiło się wiele alternatywnych systemów sterowania. Specjalistyczne wózki można sterować za pomocą: mowy, wdechu oraz wydechu z ust, ruchów głową oraz językiem. Wysoki poziom zaawansowania takich systemów jest jednak czynnikiem znacząco podwyższającym koszt końcowy całej platformy. Ponadto wśród wózków o napędzie elektrycznym dominują konstrukcje, które ze względu na swoją masę oraz dużą kubaturę uniemożliwiają użytkownikowi poruszanie się w zamkniętych pomieszczeniach, takich jak mieszkania.

2. ZAŁOŻENIA PROJEKTU

W związku z medycznym charakterem platformy, część założeń dla projektu została podyktowana normami zharmonizowanymi z dyrektywą o wyrobach medycznych 93/42/EWG. Są to wymagania dotyczące przede wszystkim komfortu osoby używającej wózka, osiągow, takich jak: prędkość minimalna platformy, możliwość podjazdu na rampy o wymaganym kącie nachylenia czy maksymalnej długości drogi hamowania. Jednak głównymi ideami przyświecającymi powstaniu platformy były integracja elektrycznego wózka inwalidzkiego z możliwie najbardziej uniwersalnym i ekonomicznie uzasadnionym systemem sterowania oraz konstrukcja zapewniająca maksymalną funkcjonalność i zwrotność przy gabarytach oraz masie zbliżonych do standardowego wózka inwalidzkiego.

W związku z bardzo dużą popularnością smartfonów oraz tabletów (12 mln urządzeń w roku 2015 opartych o system operacyjny Android w Polsce) przyjęto, iż system sterowania oparty o tego typu urządzenie byłby ekonomicznie najkorzystniejszy dla użytkownika końcowego. Dodatkowym atutem tego typu urządzeń jest posiadanie kilku różnych modułów umożliwiających komunikację z użytkownikiem.

Smartfony mogą być obsługiwane za pomocą panelu dotykowego, komend głosowych czy też gestów odczytywanych przez zaimplementowane kamery.

3. PROJEKT STEROWANEJ PLATFORMY

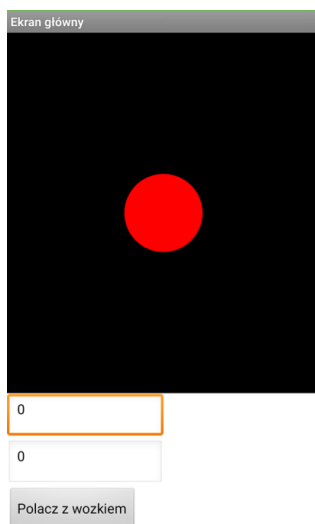
Do budowy modelu platformy wykorzystano ramę klasycznego, czterokołowego wózka inwalidzkiego o napędzie ręcznym firmy VITEA CARE. Istniejący układ jezdny wózka został zintegrowany z dwoma niezależnie pracującymi motoreduktorami DC 1016 LZ firmy GINDUNMOTOR, każdy o mocy 350 W, napięciu znamionowym 24 V/DC oraz przełożeniu przekładni równym 16,5 : 1. Łączny moment obrotowy motoreduktorów wynosi ponad 42 Nm przy prędkości obrotowej zapewniającej osiągnięcie przez platformę prędkości 15 km/h przy założonej maksymalnej masie 140 kg. Układ napędowy pozostał analogiczny do standardowego wózka o napędzie ręcznym, to znaczy napędzane pozostały obydwie tylne, 24-calowe koła, gdzie każde z nich sprzęgnięto z oddzielnym motoreduktorem. Powyższa modyfikacja umożliwi wózkowi poruszanie się do przodu, do tyłu oraz skręcanie bez wykorzystania siły ludzkich mięśni. Samo skręcanie odbywa się przez wykorzystanie różnicy prędkości obrotowych napędzanych kół, zwrotność dodatkowo została zwiększona poprzez obracanie się kół w przeciwnych kierunkach. Hamowanie natomiast odbywa się przy wykorzystaniu tzw. hamowania silnikami elektrycznymi.

System sterowania powyższej platformy składa się z modułu, umożliwiającego odczyt i przetworzenie w postać cyfrową, żądań użytkownika co do kierunku jazdy oraz prędkości poruszania się. W omówionym projekcie wykorzystano wirtualny joystick, który w postaci aplikacji jest możliwy do zainstalowania na urządzeniach opartych o system operacyjny Android wyposażonych obligatoryjnie w panel dotykowy. Przeciąganie wirtualnego manipulatora (czerwony element na rys. 1) po ekranie odpowiada odchyleniu fizycznego joysticka i tak np. przeciągnięcie go w górę ekranu odpowiada wychyleniu rzeczywistego manipulatora do przodu, co skutkuje ruchem platformy na wprost. Analogicznie sytuacja wygląda przy skręcaniu oraz cofaniu, natomiast oderwanie palca od panelu dotykowego skutkuje zahamowaniem platformy. Prędkość poruszania się jest proporcjonalna do wartości odchylenia manipulatora od pozycji początkowej. Zaimplementowanie systemu sterowania w aplikacji możliwej do zainstalowania na urządzeniach o różnej wielkości ekranu, daje możliwość sterowania platformą przy użyciu palca, kikutu czy nawet brody, ponieważ wraz ze wzrostem powierzchni ekranu zwiększa się sam element manipulacji. Aplikacja joysticka (rys. 1) została stworzona w środowisku programistycznym MIT App Inventor.

Odczytana przez smartfon, pozycja wirtualnego manipulatora wysyłana jest za pomocą komunikacji Bluetooth do komputera jednopłytkowego pełniącego funkcję komputera pokładowego, który odpowiedzialny jest za przetworzenie sygnału z położeniem na sygnał interpretowany przez sterownik silników.

Funkcję komputera pokładowego pełni komputer jednopłytkowy Raspberry Pi 3 model B, oparty o 64-bitowy procesor BCM2837 (rodzina ARM), którego wysoka wydajność pozwala na przyszłą rozbudowę omawianej platformy, chociażby w wymagające stosunkowo dużych mocy obliczeniowych czujniki wizyjne. Jako sterownika silników użyto moduł RoboClav z dwukanałowym mostkiem H firmy IONMC.

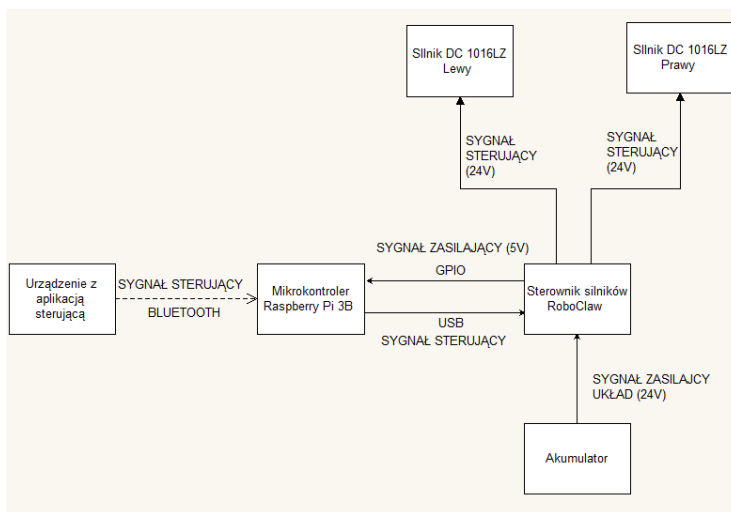
Element ten wykorzystuje dwa kanały zasilania, każdy z nich obsługuje silniki o napięciu w zakresie 6-34 V, umożliwia przepływ ciągły prądu o natężeniu do 30 A oraz chwilowy do 60 A. Jako zasobnik energii wykorzystano akumulator w technologii AGM o napięciu 24 V/DC oraz pojemności 7,2Ah firmy Phoenix Contact.



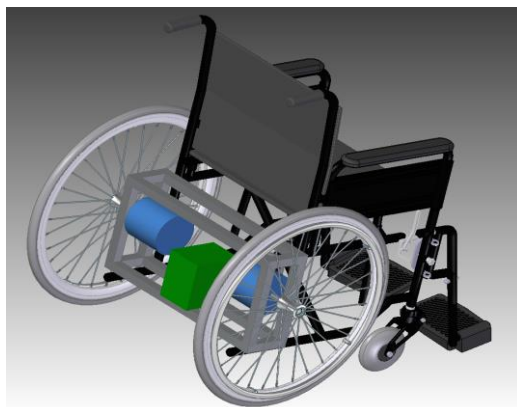
Rys. 1. Widok aplikacji wyposażonej w wirtualny manipulator

Fig. 1. View of an application with a virtual manipulator

Elementy, o które został rozbudowany wózek, zostały zainstalowane w ramie zbudowanej z zamkniętych profili stalowych o przekroju kwadratowym $25 \times 25 \times 2.5\text{mm}$, która została przyspawana do oryginalnej ramy wózka VITEA CARE. W celu jak najlepszego usytuowania wszystkich elementów przed stałym połączeniem elementów, stworzono wirtualną konstrukcję platformy wraz z dodatkowymi elementami w programie Solid Edge w wersji ST 8 (rys 3).



Rys. 2. Elementy układu napędowego oraz sterowania użyte w projekcie
Fig. 2. Components of the drive system and control, used in the project



Rys. 3. Trójwymiarowy model platformy w programie Solid Edge

Fig. 3. 3D platform model in Solid Edge

4. BEZPIECZEŃSTWO UŻYTKOWNIKA

W związku ze stosunkowo dużymi prądami występującymi w układzie napędowym, zaimplementowane zostały zewnętrzne bezpieczniki nadprądowe, dodatkowo z poziomu sterownika silników ograniczono wartość maksymalnego prądu pobieranego z akumulatora.

Zabezpieczono się również na wypadek zerwania łączności bezprzewodowej pomiędzy smartfonem a komputerem pokładowym, tzn. w momencie zaistnienia takiej sytuacji sterownik silników zatrzymuje elementy wykonawcze, doprowadzając do zatrzymania całej platformy.

5. PODSUMOWANIE

Zbudowana platforma (rys. 4) została poddana testom, które pozwoliły zweryfikować jej osiągi oraz odnieść je do normy PN-EN 12184:2014 dotyczącej m.in. wózków inwalidzkich z napędem elektrycznym. Spełnione zostały wymogi dotyczące osiąganych prędkości, długości drogi hamowania oraz podjazdu na rampę.



Rys. 4. Zbudowany prototyp

Fig. 4. Built prototype

Oparcie platformy o istniejący wózek inwalidzki pozwoliło spełnić kryteria dotyczące ergonomii oraz komfortu osoby użytkującej.

Dzięki integracji standardowego wózka inwalidzkiego z napędem elektrycznym, zbudowano platformę, która w przeciwieństwie do typowych elektrycznych konstrukcji wspomagających, umożliwia użytkowanie w stosunkowo małych pomieszczeniach, takich jak mieszkania.

Oparcie części systemu sterowania o urządzenie podręczne typu smartfon lub tablet ogranicza koszt końcowy platformy o zbędne w tym wypadku specjalistyczne urządzenia wskazujące, pozwala także na sterowanie platformą w sposób prosty i intuicyjny.

Otrzymany prototyp umożliwia wiele kierunków rozwoju, wśród których należy wymienić implementacje systemów umożliwiających autonomiczne poruszanie się platformy, nad którymi w chwili pisania artykułu odbywa się już praca.

LITERATURA

- [1] Giergiel Mariusz, Zenon Hendzel, Wiesław Żylski. 2012. *Modelowanie i sterowanie mobilnych robotów kołowych*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [2] Przepiórkowski Jacek. 2012. *Silniki elektryczne w praktyce elektronika*. Legionowo: Wydawnictwo BTC.
- [3] Sandin Paul. 2003. *Robot Mechanisms and Mechanical Devices*. New York: Wydawnictwo McGraw Hill/TAB Electronics.
- [4] Ober Witold. 2007. „Bezstykowe manipulatory miniaturowe i przemysłowe”. *Napędy i Sterowanie* 12, s. 70-73.
- [5] Arshak Khalil. 2006 „Review of assistive devices for electric wheelchairs navigation”, *ITB Journal* 13, s. 13-21.
- [6] <http://www.rehab.research.va.gov/jour/00/37/3/fehr.htm>

The design of smartphone controlled wheelchair

Jarosław PANASIUK, Piotr KALISIEWICZ

*Military University of Technology, Faculty of Mechatronics and Aerospace
2 gen. Witolda Urbanowicza Str., 00-908 Warsaw, Poland*

Abstract. The article describes the prototype of electric wheelchair, which gives the user opportunity to control the velocity and the directions through the application of virtual joystick, which is based on the Android operating system.

Keywords: mobile robotics, Raspberry Pi, Android, wireless control

