

BIONICZNA PROTEZA DŁONI

BIONIC HAND PROSTHESIS

Jacek S. Tutak*, Bartłomiej Klatka

Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Katedra Mechaniki
Stosowanej i Robotyki, 35-959 Rzeszów, Al. Powstańców Warszawy 8

* e-mail: tutak.j@prz.edu.pl

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono projekt bionicznej protezy dłoni sterowanej głosem. W projekcie uwzględniono współpracę wszystkich palców (wskazującego, środkowego, serdecznego, małego) oraz kciuka. Projekt zawiera prototyp powstały w oparciu o mechatroniczne podejście do projektowania.

Słowa kluczowe: mechatronika, proteza ręki, sterowanie z zastosowaniem rozpoznawania mowy

ABSTRACT

The bionic prosthetic hand directed by speech recognition, is presented. The project includes the creation of a prototype based on the mechatronic design (electronics design, construction modeling, software programming).

Keywords: exoskeletons mechatronics, hand prosthetics, speech recognition control

1. Wstęp

W Polsce wykonuje się ponad 15 tys. amputacji kończyn górnych oraz dolnych rocznie – aż ośmiokrotnie więcej niż np. w Hiszpanii, a ich liczba rośnie z roku na rok. Jesteśmy w czołówce krajów UE pod względem amputacji. Do zastępowania odciętych lub niekompletnych kończyn stosuje się protezy. Medycyna w dzisiejszych czasach ma do zaoferowania różnego rodzaju protezy, które można podzielić głównie na: kosmetyczne i bioniczne. Ta druga grupa pozwala przywrócić pacjentom częściową funkcjonalność utraconej kończyny [1]. Słabo rozwinięty rynek protez bionicznych oraz rozwijający się popyt sprawiają, że konieczne jest oferowanie bardziej efektywnych oraz dostępnych na przeciętną kieszeń rozwiązań [2, 3, 4, 5, 6, 7].

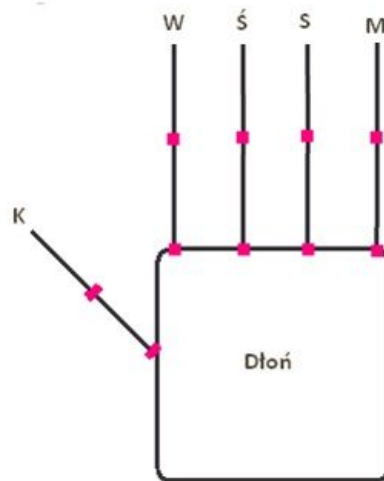
2. Opis projektu bionicznej protezy dłoni

Celem projektu było opracowanie nowego rozwiązania i wykonanie prototypu bionicznej protezy dłoni. Opracowane rozwiązanie umożliwi użytkownikowi realizację najistotniejszych gestów i chwytów niezbędnych do normalnego życia. Większość pacjentów poszukuje prostego i taniego rozwiązania. Proste, czyli umożliwiającego chwytanie lekkich przedmiotów, wciskanie przełączników, czy też przenoszenie siatek z zakupami. W przedstawionym tu projekcie zaproponowano sterowanie głosem.

Do najistotniejszych założeń realizowanego projektu bionicznej dłoni zaliczono, takie czynniki jak:

uproszczone odwzorowanie działania palców i kciuka, podstawowa funkcjonalność otwierania i zamykania dłoni, wykorzystanie sterowania wzorcowego, możliwość wybierania chwytów/gestów, odczytywanie intencji użytkownika, możliwa prostota konstrukcji, zastosowanie minimalnej ilości napędów do realizacji podstawowych zadań, możliwość uchwycenia lekkiego przedmiotu oraz jego wypuszczenia, modułowość elementów, wykorzystanie mikroprocesora do sterowania układem, ogólnodostępność elementów wchodzących w skład urządzenia, możliwość dalszej rozbudowy, możliwość złożenia urządzenia bez specjalistycznego sprzętu oraz maksymalny koszt nieprzekraczający 3000 PLN.

W projekcie uwzględniono współpracę wszystkich palców (wskazującego, środkowego, serdecznego, małego) oraz kciuka. Założono, że ruch palców odbywać będzie się jedynie poprzez rotację w przegubach, a ich rozmieszczenie przedstawiono za pomocą kwadratów (w różowym kolorze – p. rys. 1). Przyjęto również równe długości palców w celu uproszczenia budowy prototypu.



Rys. 1. Uproszczony schemat rozmieszczenia przegubów

Kolejnym uproszczeniem schematu jest stworzenie wzajemnej zależności przegubów w każdym palcu z osobna za pomocą linek. Jest to uproszczenie eliminujące konieczność wykorzystania tylu napędów, ile stopni swobody ma dany schemat kinematyczny, co w tym wypadku obniży ich liczbę o połowę. W praktyce rozwiązanie linkowe zakłada połączenie poszczególnych części palca z dłonią przy pomocy pięciu linek, których położenie zmieniać będzie napęd w postaci silniczka elektrycznego (rys. 2).



Rys. 2. Idea połączenia napędów do palców

Obrót napędu o odpowiedni kąt pozwala na ruch wybranego mechanizmu kinematycznego (palca), a możliwość wysterowania konkretnego palca w zakresie kątowym, umożliwi realizację wybranej konfiguracji/gestu palca lub dłoni. Należy zaznaczyć, iż wysterowanie palców dłoni (ich zamknięcie) będzie realizowane przez napędy elektryczne, natomiast powrót do stanu normalnego (otwarta dłoń) będzie realizowany przez sprężyny w postaci rozciągliwych linek.

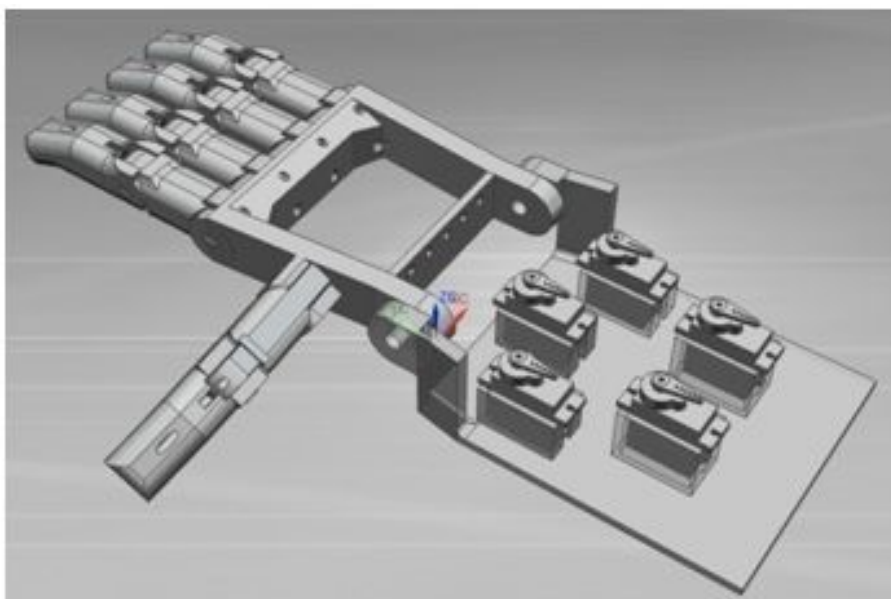
Zakłada się, że ruch kciuka odbywa się w jednej płaszczyźnie. Oczywiście istnieją przestawne przeguby pozwalające na ręczne przestawienie płaszczyzny działania kciuka w zależności od potrzeb, jednak w tym projekcie nie będą one analizowane

3. Budowa bionicznej protezy dłoni

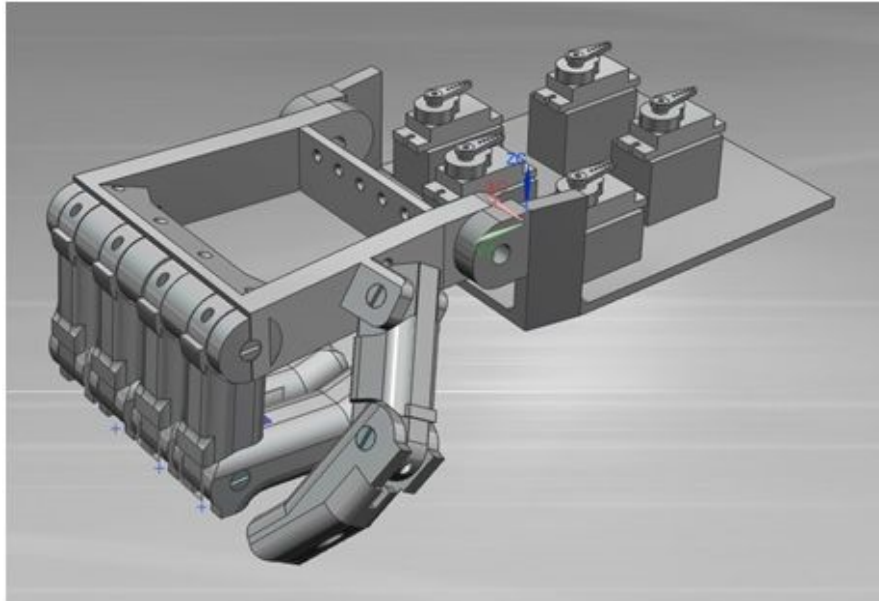
Wykorzystując pakiet Siemens NX 9, stworzono prototyp składający się z 24 elementów stanowiących konstrukcję dłoni. Najważniejszymi częściami są palce zaprojektowane tak, aby umożliwić współpracę napędów z cięgnami przeplecionymi przez przeguby. Zakresy kątowe ustalone zostały poprzez mechaniczne ograniczniki w granicach 0° do 90° . Przez palec przeprowadzono dwa otwory, jeden od góry, drugi od dołu w celu przeprowadzenia cięgna zamykającego i otwierającego palec. Rowki znajdujące się od dołu i góry umożliwiają lepszą współpracę palców z linkami, dzięki czemu nie zacinają się podczas pracy (p. rys. 3). W celu dalszego uproszczenia zastosowano sworznie, które można będzie wydrukować na drukarce 3D, podobnie, jak i resztę elementów [8].

Budowa kciuka (p. rys. 4) jest podobna do budowy pozostałych palców, lecz jego mocowanie do podstawy jest nieco inne. Z tego względu został nieco zmodyfikowany, aby umożliwić mu obrót. Na każdym z palców zablokowano konstrukcyjnie możliwość rozgięcia palca większego niż 180° .

Podstawa (p. rys. 3 i rys. 4) jest elementem łączącym wszystkie palce oraz kciuk. Listwa ustalająca cięgna jest elementem pośredniczącym w doprowadzeniu ich do napędów. Ważnym elementem jest odpowiednie umiejscowienie otworów, tak aby cięgna w złożeniu nie zacinały się pomiędzy elementami współpracującymi.



Rys. 3. Model CAD protezy – dłoń otwarta

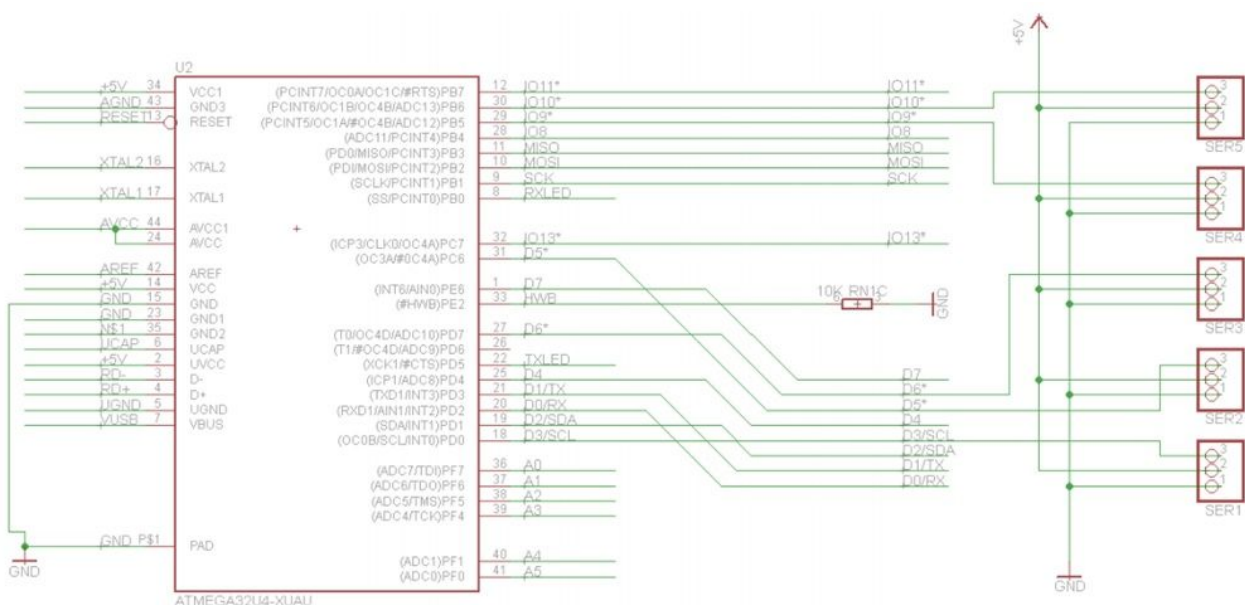


Rys. 4. Model CAD protezy – dłoń zamknięta

Zdecydowano się na serwomechanizmy modelarskie Serwo Tower-Pro SG-92R. Sterowanie zrealizowano za pomocą PWM (ang. *Pulse-Width Modulation*) – metody regulacji sygnału prądowego lub napięciowego, o stałej amplitudzie i częstotliwości, otrzymując dzięki temu rozwiązaniu możliwość ustalania kąta rotacji orczyka w zależności od sygnału sterującego.

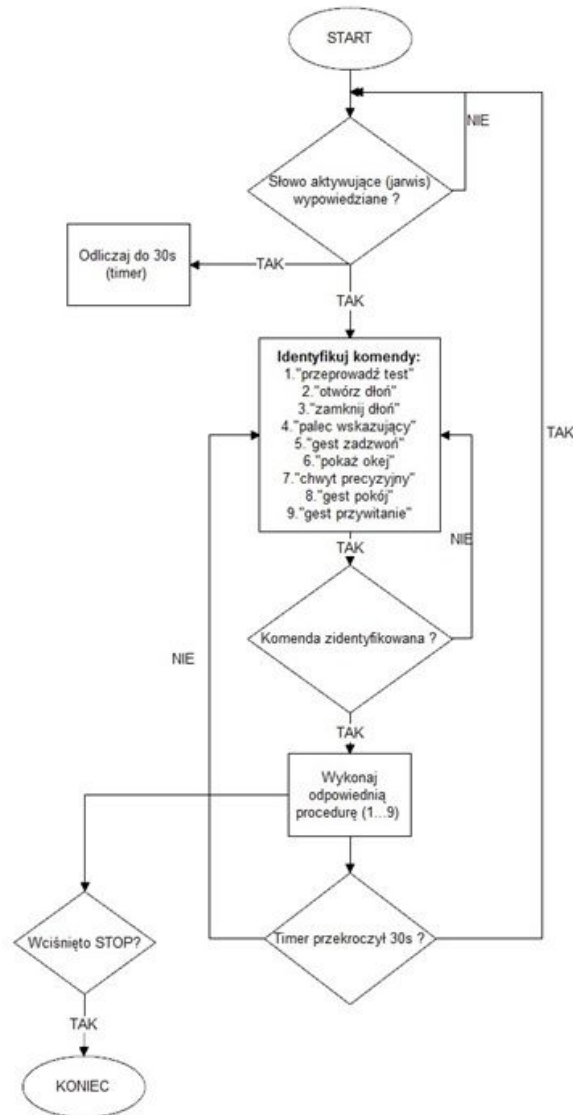
Do projektu wykorzystano jeden z najbardziej znanych mikrokontrolerów wśród hobbystów, a mianowicie Arduino Leonardo. Językiem programowania jest język C+. Jednostka Leonardo wykorzystuje procesor Atmega32u2 firmy AVR. Płytkę posiada dwadzieścia cyfrowych pinów (umożliwiających pracę INPUT/OUTPUT), z czego siedem można wykorzystać jako generatory sygnału PWM. Do dyspozycji jest także aż dwanaście analogowych wejść. Całość posiada zegar o taktowaniu 16 MHz [9].

Schemat elektryczny zbudowany w oprogramowaniu Eagle 6.2 pokazano na rysunku 5. Przedstawia on podłączenie pięciu serwomechanizmów do wyjść cyfrowych mikrokontrolera obsługujących PWM. W projekcie wykorzystano pięć z siedmiu dostępnych portów tego rodzaju. Cały układ zasilany jest napięciem stałym o wartości 5 V.



Rys. 5. Połączenie serwonapędów – schemat elektryczny

Przyporządkowanie serwomechanizmów jest następujące: SER1 – kciuk, SER2 – palec wskazujący, SER3 – palec środkowy, SER4 – palec serdeczny, SER5 – palec mały. Opracowany schemat blokowy stanowi podstawę dalszych działań, a mianowicie opracowania kodu oprogramowania dla mikrokontrolera (p. rys. 6).



Rys. 6. Główny schemat blokowy bionicznej dłoni

Inicjalizacja startu rozpoczyna się od wypowiedzenia słowa "Jarvis". Po rozpoznaniu tego określenia aktywuje się algorytm rozpoznawania konkretnych komend głosowych, a mianowicie instrukcji. Rozpoznanie konkretnego polecenia rozpoczyna działanie jednego z podprogramów realizującego dany chwyt.

Procedura 1 jest testem całego systemu. Jej zadaniem jest wysterowanie silników tak, aby możliwe było stwierdzenie jakiegokolwiek awarii przed normalnym użytkowaniem. Procedura 2 jest zaprogramowana na otwieranie całej dłoni. Procedura 3 zaprojektowana została do chwytania całą dłonią takich przedmiotów, jak butelki, śrubokręty, telefon i tym podobne. Chwyt ten zezwala również na noszenie teczki czy też siatki. Procedura 4 służy do wskazywania palcem danych rzeczy lub wciskania różnych przełączników i klawiszy. Procedura 5 jest odzwierciedleniem gestu kojarzonego z przesłaniem „zadzwoń do mnie”. Procedura 6 dotyczy otwarcia kciuka i pokazania słynnego gestu „OK”. Procedura 7 została stworzona z myślą o chwytaniu małych drobiazgów, takich jak kartki, karty kredytowe, klucze. W procedurze 8 wszystkie palce są zamknięte oprócz palca wskazującego oraz

środkowego. Jest to gest oznaczający „pokój”. Procedura 9 wykonana została tak, by można było chwycić rękę drugiego człowieka powierzchnią dłoni i umożliwić przywitanie się. Gest ten jest niezwykle ważny, ponieważ daje poczucie kontaktu z drugim człowiekiem.

Wykorzystując schematy blokowe, wykonano odpowiadające im instrukcje w języku programowania mikrokontrolerów Arduino. Do sterowania serwomechanizmów wykorzystano bibliotekę Servo.h dostępną standardowo w oprogramowaniu płytki, natomiast bibliotekę BitVoicer11.h należy skopiować z folderu instalacji BitVoicer'a w systemie do katalogu bibliotek Arduino (libraries). Rozpoznawanie głosu przy użyciu odpowiednich algorytmów daje możliwość sterowania prototypem. Oprogramowanie BitVoicer wykorzystuje standardową komunikację stosowaną w przemyśle (Serial/UART), a także interfejs TCP/IP. Eliminuje to potrzebę stosowania szeroko pojętych konwerterów i problemów z nimi związanych przy realizacji współpracy między mikrokontrolerem a modulem rozpoznawania głosu [10].

4. Prototyp urządzenia

Po skompletowaniu potrzebnych elementów i zakończeniu procesu projektowania, a także złożeniu urządzenia przetestowano różne chwytaki bioniczej protezy dłoni. Pierwsze testy wypadły bardzo pomyślnie (p. rys. 7). Rozpoznawalność komend głosowych jest na poziomie ok. 85%, dłoń działa według założeń.



Rys. 7. Zdjęcie prototypu – efekt wypowiedzenia komendy „gest przywitania”

5. Wnioski

Projekt ma charakter modułowy, dzięki czemu łatwo można przystępować do dalszej jego rozbudowy. Wykonany prototyp potwierdza realizację założeń projektowych. Koszty, jakie poniesiono na stworzenie od podstaw prototypu (niecałe 2000 PLN) są o kilkadziesiąt razy mniejsze od komercyjnych odpowiedników. Większe zainteresowanie inżynierów protetyką pozwoliłoby na znaczną obniżkę cen tej kategorii produktów.

Ruchliwość naturalnej dłoni jest niezwykle skomplikowana do odwzorowania z punktu widzenia konstrukcyjnego oraz sterowania. Z tego powodu konieczne było ograniczenie stopni swobody, aby uprościć konstrukcję i wykonać fizyczny prototyp. Zastosowanie linek pośredniczących w ruchach palców pozwoliło na zmniejszenie liczby wymaganych silniczków do wykonywania gestów i chwytów przez prototyp.

Prototyp dłoni umożliwia realizację podstawowych gestów i chwytów, jakie może wykonać naturalna dłoń (m.in. otwarta dłoń, zamknięta, chwyt precyzyjny, palec wskazujący, gest zadzwoni, OK, przywitania). Zwiększenie liczby tych chwytów i gestów jest możliwe dzięki programowalnej

jednostce sterującej.

Zaproponowane rozwiązanie wymaga umiejscowienia silników w rejonie przedramienia, zwiększając wymiar bionicznej dłoni. Wykorzystanie mniejszych komponentów pozwoliłoby zmniejszyć konstrukcję do wielkości naturalnej dłoni.

LITERATURA

- [1] J. Maciejowski: *Polska krainą amputacji*, Menedżer Zdrowia, vol. 8, 2013, s. 26–28.
- [2] C.W. Martin, D. Edeer: *Upper limb prostheses: a review of the literature with a focus on myoelectric hands*, WorkSafeBC Evidence-Based Practice Group, Vancouver (Canada) 2011.
- [3] V. Parenti Castelli, M. Troncosi: *Grasping the future: advances in powered upper limb prosthetics*, Bentham Science Publishers, Beijing (Chiny) 2012.
<http://www.eurekaselect.com/103356>
- [4] P.K. Parida: rozprawa doktorska pt. *Kinematic Analysis of Multi-Fingered, Anthropomorphic Robotic Hands*, Rourkela National Institute of Technology, Rourkela (Indie) 2013.
<http://ethesis.nitrkl.ac.in/5471/>
- [5] A. Samek: *Bionika. Wiedza przyrodnicza dla inżynierów*, Wydawnictwo AGH, Kraków 2010.
- [6] E. Tkacz, P. Borys: *Bionika*, Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa 2008.
- [7] P. Ventimiglia: *Design of a human hand prosthesis*, WPI, Worcester (USA) 2012.
- [8] M. Gołaszewski, R. Grygoruk, I. Bissenik: *Wykorzystanie skanowania przestrzennego i druku 3D w procesie tworzenia protezy kończyny zwierzęcia*, Mechanik, vol. 8, 2015, s. 682–684.
- [9] Botland, <http://botland.com.pl/>
- [10] Bitsophia, <http://www.bitsophia.com>

otrzymano / submitted: 12.03.2016
wersja poprawiona / revised version: 16.03.2016
zaakceptowano / accepted: 30.03.2016