Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy – Wydział Inżynierii Mechanicznej
KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE NAUKI I TECHNIKI
CAX'2010

MODEL DŁONI STEROWANY MIĘŚNIAMI PNEUMATYCZNYMI

Krzysztof Bednarczyk*, Tadeusz Mikołajczyk**

*Koło Naukowe Mechaników, **Zakład Inżynierii Produkcji
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

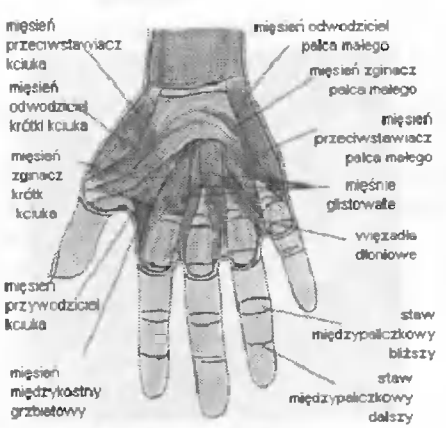
Streszczenie

W pracy przedstawiono mechatroniczną konstrukcję modelu dłoni. Model ten napędzany jest systemem mięśni pneumatycznych. Do uruchomienia dłoni zastosowano 9 mięśni sterujących ruchami palców. W systemie sterowania powietrzem zasilającym mięśnie użyto sterownika USB połączonego z komputerem.

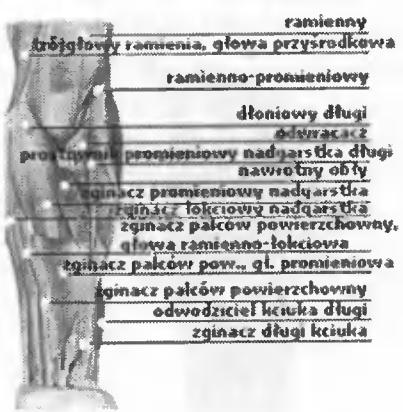
1. WPROWADZENIE

Układ kostny (szkielet) ręki składa się z 27 kości podzielonych na trzy podstawowe grupy: nadgarstek, śródręcze kości palców połączonych ze sobą za pomocą więzadeł.

Ruchy ludzkiej ręki są realizowane przez dwie grupy mięśni: zewnętrznych i wewnętrznych (głębokich). Dłoń stanowi jeden z najbardziej skomplikowanych mechanizmów ludzkiego ciała. Do obsługi dłoni służą 24 grupy mięśni w połączeniu ze stawami i układem kostnym (rys. 1, 2) [2, 5]. Ludzka ręka jest niezwykle zaawansowanym technicznie instrumentem pełniącym różnorakie funkcje, przede wszystkim jako narzędzie posiadające imponującą sprawność manualną podczas chwytania oraz manipulowania, a także mające zdolność identyfikacji obiektów (powierzchnia, masa, kształt, rozmiar, temperatura).



Rys. 1. Budowa dłoni



Rys. 2. Usytuowanie mięśni sterujących dłonią

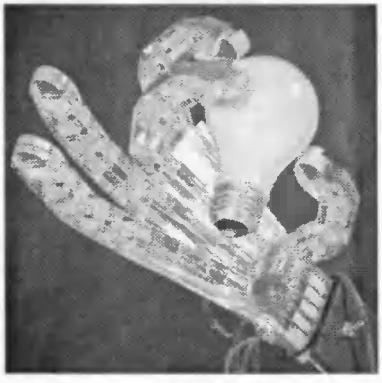
Budowa mechatronicznych dłoni jest jednym z istotnych elementów tworzenia robotów o dużych zdolnościach manipulacyjnych [3, 4, 6, 7]. Opracowano szereg doskonałych konstrukcji wzorowanych na kinematyce dłoni. Najbardziej znane z nich to (rys. 3):

- Robonaut Hand (NASA) [3] – model mechatronicznej dłoni do pracy w przestrzeni kosmicznej. Jej wymiary i zręczność są zaprojektowane w taki sposób, aby ręka mogła używać narzędzi w warunkach dostosowanych do astronautów,
- Shadow Hand [6] – dłoń bardzo zbliżona do ręki człowieka, umożliwiająca wykonanie większości ruchów, jakie może wykonać dłoń ludzka. Zintegrowane sensory oraz system pozycjonujący pozwalają na precyzyjne sterowanie za pomocą komputera. Ruch wykonywany jest dzięki 40 mięśniom pneumatycznym,
- iLIMB (Touch Bionics) [7] – model bionicznej protezy umożliwiającej wykonanie podstawowych czynności; pod względem wyglądu nie odbiega od prawdziwej dłoni. Sterowana jest sygnałami EMG,
- RAPHaEL (Robotic Air Powered Hand with Elastic Ligaments) [4] – dłoń robota, której każdy palec pełni funkcję siłownika pneumatycznego, zasilana jest sprężonym powietrzem. Dzięki takiemu zabiegowi może trzymać rzeczy ciężkie i twarde, ale też lekkie i bardzo delikatnie, jak chociażby żarówka czy jajko.

Robonaut Hand [3]

Shadow Hand [6]

iLIMB [7]



Raphael [4]

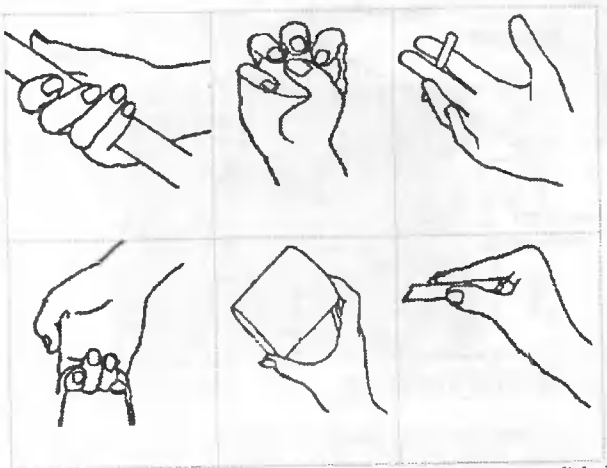
Rys. 3. Modele dłoni

W pracy przedstawiono mechatroniczny model dłoni sterowany mięśniami pneumatycznymi [1].

ZAŁOŻENIA KONSTRUKCYJNE

Przed podjęciem prac sformułowano następujące założenia konstrukcyjne:

- antropomorficzny kształt,
- kinematyka zbliżona do dłoni człowieka,
- liczba stopni swobody zbliżona do ludzkiej dłoni,
- podstawowa funkcjonalność (możliwość wykonywania prostych czynności ruchowych),
- możliwość wykonania różnorodnych chwytów (rys. 4),
- możliwość łatwego sterowania,
- niski koszt.



Rys. 4. Rodzaje chwytów: a) cylindryczny, b) silny, c) kleszczowy, d) hakowy, e) szeroki, f) boczny

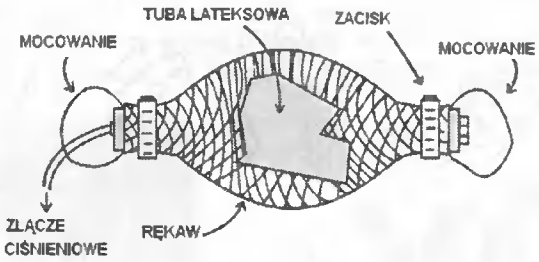
2. OPIS MODELU DŁONI

Zgodnie z opracowanymi założeniami opracowano konstrukcję dłoni o antropomorficznym kształcie i 8 stopniach swobody, wykorzystując (rys. 5-8):

- elementy ruchowe palców wykonane z dostępnych półfabrykatów metalowych,
- łożysko kulkowe wahliwe jako element ruchowy nadgarstka,
- napęd za pomocą 8 mięśni pneumatycznych typu McKibben,
- cięgnowy układ przeniesienia napędu,
- stelaż – rura d = 30 mm,
- płyta mocująca,
- elektrozawory pneumatyczne FESTO,
- interfejs USB K8055,
- układ zasilający (230 V/24 V),
- przewód zasilający (230 V/24 V),
- przewód USB 2,0,
- węże ciśnieniowe d = 6 mm.

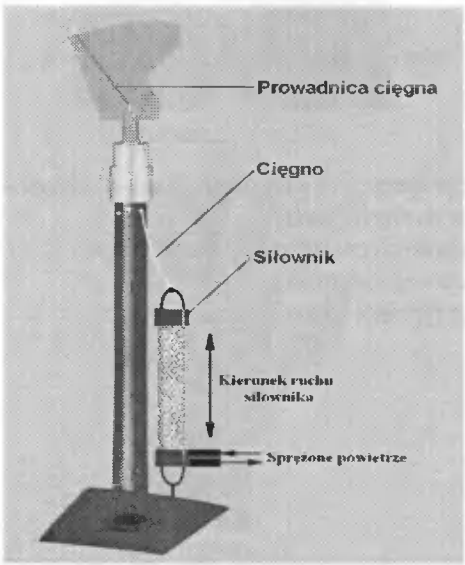
Opracowane rozwiązanie cechuje szereg zalet:

- niski koszt,
- prostota konstrukcji,
- łatwość sterowania,
- ruch bardzo zbliżony do działania ludzkich mięśni,
- możliwość łatwej regulacji szybkości ruchów i siły nacisku poprzez zmianę wartości i przepływu ciśnienia powietrza,
- mały ciężar,
- możliwość łatwego wykonania napędu bez specjalistycznych narzędzi,
- duża uniwersalność pod względem doboru gabarytów oraz parametrów technicznych.

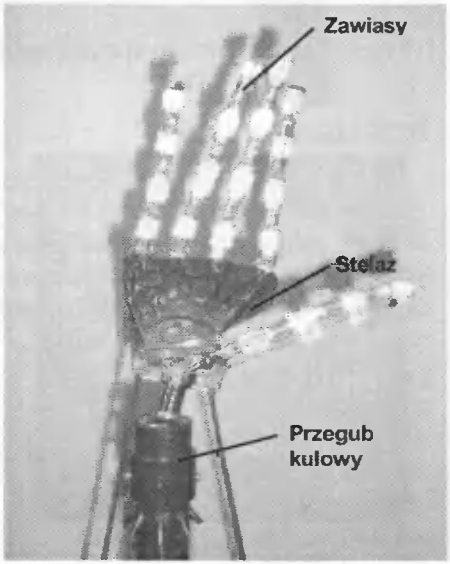


Rys. 5. Mięsień pneumatyczny

Niedogodnością opracowanego rozwiązania jest konieczność zasilania sprężonym powietrzem oraz konieczność użycia elektrozaworów.



Rys. 6. Schemat zastosowania mięśni pneumatycznych w modelu dłoni [1]

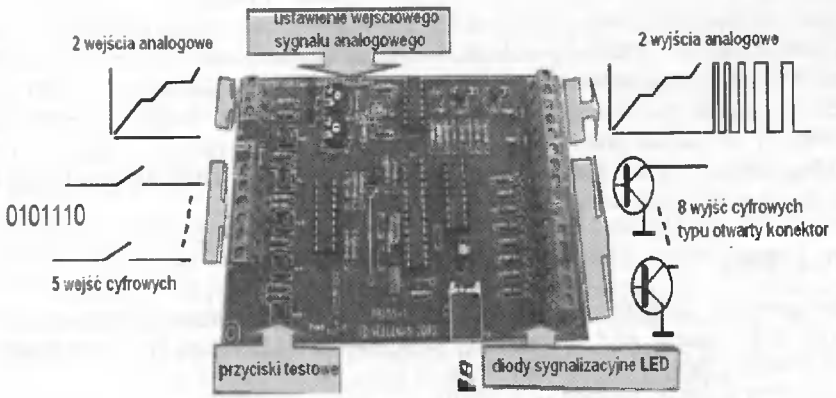


Rys. 7. Widok dłoni [1]

3. SYSTEM STEROWANIA

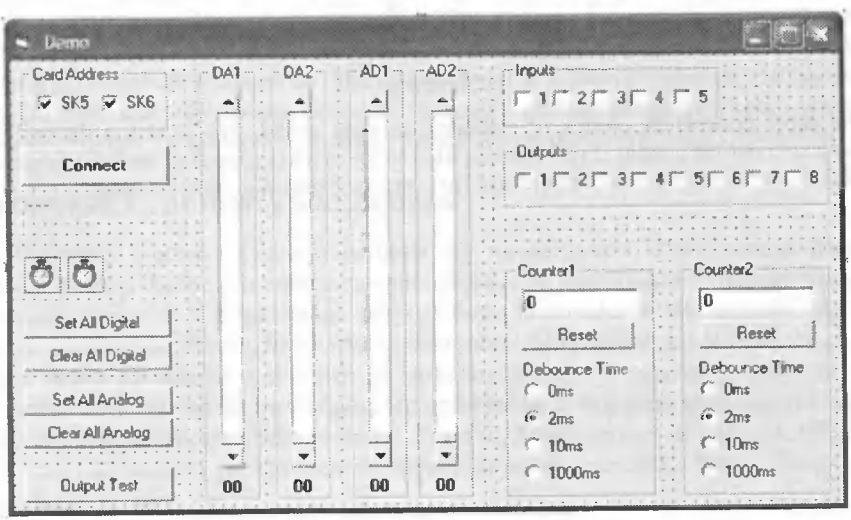
Do sterowania modelem dłoni zastosowano uniwersalny interfejs USB (rys. 8) zaopatrzony w:

- 5 wejść cyfrowych,
- 8 wyjść cyfrowych: 8 sztuk, max 100 mA 5 V (OC),
- 2 wejścia analogowe z regulacją tłumienia/wzmocnienia,
- 2 wyjścia analogowe PWM 0-100%: 0-5 V,
- wskaźnik LED statusu wyjścia,
- przyciski testowe na karcie,
- zasilanie: z wyjścia USB, ok. 70 mA.



Rys. 8. Widok karty sterującej i jej połączeń

W pierwszym etapie prac do sterowania modelem dłoni użyto testowego programu sterowania kartą (rys. 9).



Rys. 9. Testowy program karty USB

Osiem wyjść cyfrowych karty podłączono do elektrozaworów sterowania poszczególnymi palcami wraz z kciukiem. Dodatkowo użyto też wyjścia analogowego do sterownia pozycją kciuka. Zastosowany system sterowania umożliwiał zginanie palców poprzez napinanie mięśni pneumatycznych. Zginanie zachodziło do oporu przez cały czas zasilania mięśni. Otwarcie elektrozaworu po wyłączeniu zasilania powodowało ruch powrotny elementów dłoni. Siła zacisku była uzależniona od ciśnienia powietrza zasilającego, natomiast prędkość ruchu – od nastawy stopnia tłumienia elektrozaworów. Przeprowadzone próby sterowania dłonią potwierdziły poprawność opracowanego rozwiązania. Po dokonaniu niezbędnych zmian ustawień układu elektropneumatycznego uzyskano pożądaną prędkość ruchów oraz zamierzoną poprawność chwytania.

Przedstawiony w artykule przykład wskazuje na możliwość budowy modeli antropomorficznych dłoni przy użyciu skromnych środków finansowych. Pomimo to uzyskano zaskakująco dobre odwzorowanie działania modelu dłoni w porównaniu z działaniem dłoni człowieka. Celowe jest kontynuowanie dalszych prac rozwojowych opracowanego modelu z uwzględnieniem możliwości wyposażenia modelu w receptory dotyku. Jest to obecnie możliwe z użyciem wejść cyfrowych karty. Należy również prowadzić prace w kierunku opracowania specjalnego wyspecjalizowanego oprogramowania do obsługi dłoni. Celowe jest uwzględnienie przy tym możliwości użycia kamery cyfrowej dla zapewnienia „widzenia" dłoni.

LITERATURA

[1] Bednarczyk K., 2010. Mechatroniczny model dłoni. UTP Bydgoszcz, praca niepublikowana.
[2] Gołąb B.K., Traczyk W.Z., Karasek M., 1986. Anatomia i fizjologia człowieka: podręcznik dla studentów farmacji. PZWL Warszawa.
[3] http://www.asimo.pl (pobrano 10.05.2010).
[4] http://www.eng.vt.edu/news/article.php?niid=1686 (pobrano 12.05.2010).
[5] http://www.ib.amwaw.edu.pl/anatomy/edu/czlek/czlek czesci.htm (pobrano 15.04.2010).
[6] http://www.shadowrobot.com/airmuscles/overview.shtml (pobrano 12.05.2010).
[7] http://www.touchbionics.com/i-LIMB (pobrano 12.05.2010).

HAND MODEL CONTROLLED PNEUMATIC MUSCLES

Summary

The paper presents the design of mechatronics hand model. This model is driven by pneumatic muscle system. The 9 muscles used to movements control of the hand fingers. USB driver connected to a computer used to control air system of muscle power.