

---

# Stanowisko rozpoznawania biosygnalów oparte na komercyjnym systemie akwizycji danych

*Michał Błędowski<sup>1</sup>, Andrzej Wołczowski<sup>1</sup>*

---

## Streszczenie

W pracy omówiono budowę stanowiska pomiarowego do akwizycji biosygnalów opartego na opasce z czujnikami EMG i rękawicy sensorycznej. Przedstawiono możliwości, zalety i wady takiego rozwiązania.

## 1. Wstęp

Współczesna medycyna poprzez ciągły rozwój nieustannie stawia nowe wyzwania ogólnie pojętej technologii. Istotne dziedziny, które w obecnych czasach są nieodłącznym jej elementem to informatyka i robotyka. Są również bardzo dobrym przykładem korzyści płynących z innowacyjnych rozwiązań technologicznych, do których niewątpliwie można zaliczyć dziedzinę zajmującą się rozpoznawaniem intencji ruchu człowieka na podstawie biologicznych danych pomiarowych. W pełni działający mechanizm zwany systemem rozpoznawania, można podzielić na cztery główne etapy przedstawione na rysunku 1, a dokładniej opisane w rozdziale 2. W przedstawionej pracy skupiono się na koncepcji budowy stanowiska pomiarowego na bazie komercyjnej opaski wyposażonej w czujniki elektromiograficzne [6, 7, 8] i w akcelerometr oraz na podstawie rękawicy pomiarowej (rys. 4) wyposażonej w czujniki zgięcia i czujniki nacisku. Fuzja wyżej wspomnianych sygnałów pozwala na dokładny opis stanu dłoni/protezy:

- sygnał EMG – intencja, klasa wykonywanego ruchu,
- akcelerometr – informacja o wektorze wykonywanego ruchu transportowego,
- czujniki zgięcia – cyfrowy opis postury dłoni/protezy,
- czujniki nacisku – informacja o interakcji z manipulowanymi przedmiotami.

Dzięki zastosowaniu powyższych danych możliwe jest stworzenie nowoczesnego stanowiska pomiarowego do badania algorytmów rozpoznawania sygnałów bioelektrycznych. [9]

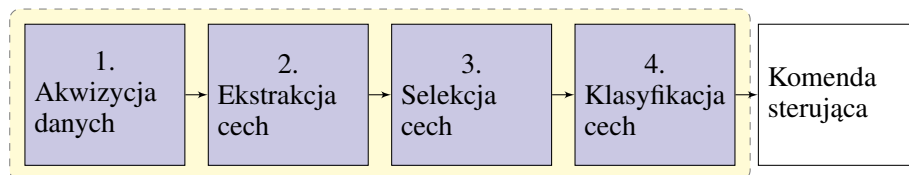
## 2. Proces rozpoznawania

Stanowisko pomiarowe jest nieodłącznym elementem w procesie rozpoznawania. Każdy pomiar wiąże się z otrzymaniem surowych danych, które następnie muszą zostać

---

<sup>1</sup>Katedra Cybernetyki i Robotyki, Wydział Elektroniki, Politechnika Wrocławska, ul. Janiszewskiego 7/9, 50-372 Wrocław, email: [michal.bledowski@pwr.edu.pl](mailto:michal.bledowski@pwr.edu.pl), [andrzej.wolczowski@pwr.edu.pl](mailto:andrzej.wolczowski@pwr.edu.pl)

przetworzone w procesie rozpoznawania biosygnarów poprzez niżej wymienione etapy (rys. 1). Sam proces zbierania informacji został nazwany akwizycją danych pomiarowych, stanowi wyjście do dalszej analizy danych i odnosi się bezpośrednio do stanowiska pomiarowego rozumianego jako narzędzie zbierania informacji. [2, 3, 4, 5]



**Rys. 1.** Schemat procesu rozpoznawania

Schemat procesu rozpoznawania, poza akwizycją, zawiera następujące elementy:

- ekstrakcja – zarejestrowane dane zostają poddane procesowi ekstrakcji cech, z surowych wartości poprzez odpowiednie algorytmy czasowe lub częstotliwościowe wyłonione zostają cechy, które powinny w najdokładniejszy sposób charakteryzować daną klasę pomiarową.
- selekcja – kolejny etap wyłaniania zestawu cech najlepiej opisującego dany ruch, pozbywanie się danych redundantnych.
- klasyfikacja – przyporządkowanie pomiaru do klasy najlepiej pasującej, według otrzymanego wektora cech.

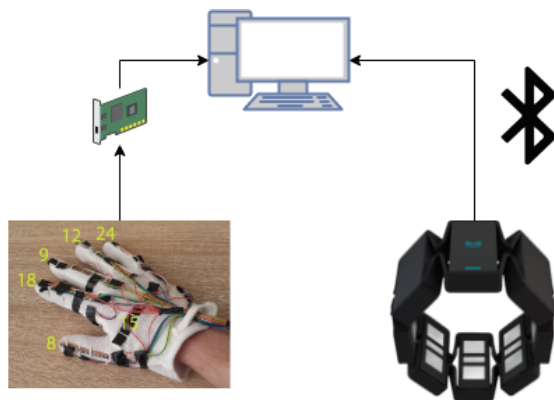
Rozpoznawanie biosygnarów jest elastycznym procesem pod względem rodzaju rozpoznawanych danych. Dzięki temu można w nim zastosować wszystkie sygnały wspomniane we wstępie. Jedynym obostrzeniem, jakie musi być nałożone jest konieczność pomiaru wszystkich sygnałów w tym samym czasie. Stan protezy opisany poprzez 4 wartości odnosi się do tego samego punktu w czasie. [12]

### 3. Stanowisko pomiarowe

Zaproponowane stanowisko pomiarowe składa się z opaski pomiarowej *The Myo* firmy *Thalmic Labs* (rys. 3) oraz rękawicy pomiarowej (rys. 4) pozwalającej rejestrować takie parametry jak siła nacisku na poszczególne elementy rękawicy oraz ułożenie palców dłoni. Poprzez wykonanie ruchu dłoni, na powierzchni mięśni przedramienia zostają wygenerowane potencjały elektryczne w pracujących mięśniach. Mierzalnym jego śladem jest potencjał elektryczny na powierzchni skóry znajdującej się bezpośrednio nad samym mięśniem. Wygenerowane wartości napięcia zostają zarejestrowane przez opaskę pomiarową. Które następnie zostają bezpośrednio przesłane na urządzenie docelowe.

W jednym i w drugim przypadku urządzenie docelowe pracuje w bliżej nieokreślonym otoczeniu. W przypadku protezy będą to najczęściej przeszkody dnia codziennego jak na przykład szklanka, długopis, czy karta kredytowa. Aby zapewnić jak najskuteczniejsze działanie, należy wyposażać robotyczną protezę w pewnego rodzaju "czucie". W prezentowanym rozwiązaniu jest nim wspomniana rękawiczka sensoryczna z czujnikami nacisku i zgięcia. Proteza wyposażona w tego typu sensory daje

użytkownikowi podczas wykonywania ruchu informację zwrotną o kontakcie z chwytanym przedmiotem w postaci aktywacji silników wibracyjnych znajdujących się na ciele. Co również istotne, proteza jest w stanie przerwać swoje działanie w przypadku chwytania przedmiotu dopasowując się do jego kształtu. Zamiast go niszczyć przerywa wykonywany ruch po natrafieniu na opór. [13]



**Rys. 2.** Schemat systemu pomiarowego

### *3.1. Opaska pomiarowa*

Zastosowana opaska pomiarowa – *The Myo* firmy *Thalmic Labs* (rys. 3) jest narzędziem znajdującym szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach. Począwszy od prostego sterowania aplikacjami komputerowymi skończywszy na sterowaniu złożonymi systemami protetycznymi. Dokładne parametry zastosowanych czujników elektromiograficznych nie są znane. Znana jest jednak częstotliwość próbkowania wynosząca  $200\text{ Hz}$ . Dodatkowo opaska wyposażona jest w akcelerometr i żyroskop. Całość komunikuje się z systemem docelowym poprzez protokół bluetooth 4.0.

Zamontowane elektrody na opasce zapewniają powtarzalność warunków pomiarowych. Przy założeniu, że opaska każdorazowo zakładana jest na tej samej wysokości przedramienia położenie elektrod między badaniami nie różni się od siebie.

Jednocześnie trwałe umiejscowienie sensorów na opasce ogranicza możliwości pomiarowe do małej powierzchni ręki. Pokrycie dodatkowych mięśni sensorami wymaga fuzji większej liczby opasek. W przypadku pominięcia poszczególnych kanałów w procesie selekcji cech, nie ma możliwości ponownego użycia niemiernodajnych kanałów.



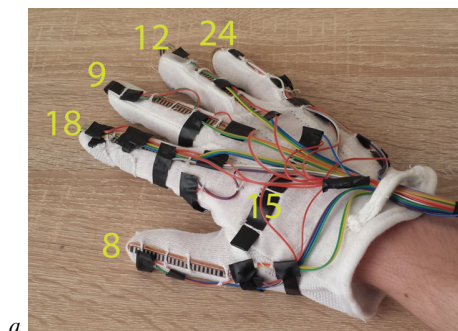
Rys. 3. Opaska The Myo

### 3.2. Rękawica pomiarowa

Zastosowana rękawica pomiarowa (rys. 4) jest alternatywą i jednocześnie rozbudowaną wersją dla gotowego rozwiązania *Motion Capture Data Glove*. Zbudowana w ramach projektu na Politechnice Wrocławskiej [11]. Przedstawione rozwiązanie składa się z 24 niezależnie działających czujników, w tym z:

- 18 czujników nacisku znajdujących się po wewnętrznej stronie dłoni kolejno na opuszkach palców, paliczkach bliższych palców oraz na śródręczu.
- 6 czujników zgięcia. Po jednym czujniku na każdy palec oraz jeden dodatkowy czujnik przy kciuku badający zgięcie jego podstawy (rys. 4)

. Z zewnętrznej strony dłoni zostało umieszczonych 5 atramentowych czujników zgięcia informujących o posturze kolejnych palców. Pozostałe 18 sensorów umieszczono po wewnętrznej stronie dłoni. Są nimi czujniki tensometryczne dające informacje o nacisku na poszczególne części dłoni. Rękawica komunikuje się z systemem poprzez 16 bitową kartę pomiarową.

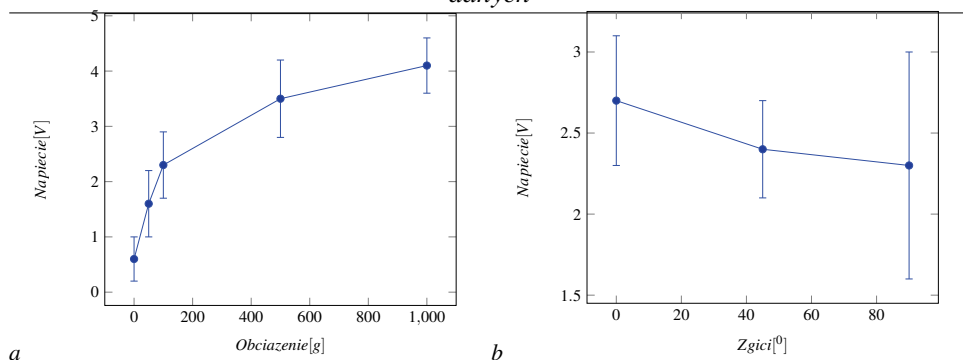


a



b

Rys. 4. Rękawica pomiarowa



Rys. 5. Charakterystyka napięciowa czujnika nacisku (a) i czujnika zgięcia (b)

Na rysunku 5 zostały przedstawione uśrednione charakterystyki dla wykorzystanych czujników nacisku (rysunek a) i czujników zgięcia (rysunek b).

## 4. Wnioski

W pracy zaprezentowana została koncepcja budowy systemu do jednoczesnego pomiaru sygnału bioelektrycznego i siły nacisku na paliczki protezy podczas wykonywania ruchu. Z porównania z profesjonalnym systemem pomiarowym, parametry komercyjnej opaski pomiarowej wydają się być wystarczające pod względem jakości otrzymanego sygnału. Ponadto system komercyjny pozwala dodatkowo na rejestrację sygnału z zamontowanego akcelerometru i żyroskopu, co rozszerza dotychczasowe możliwości tradycyjnych systemów pomiarowych [10].

Zastosowanie rękawiczki z czujnikami zgięcia i nacisku daje dodatkowe informacje o posturze dłoni/protezy (czujniki zgięcia) podczas wykonywania ruchu, jak również o interakcji z otaczającym światem (czujniki dotyku). Dzięki tym informacjom możliwy jest dokładny opis stanu dłoni i przedramienia w każdym momencie wykonywania ruchu. Dodatkowo dzięki sygnałom zgięcia i nacisku można sterować protezą w taki sposób, aby interakcja z otaczającym światem była możliwie bezinwazyjna i realistyczna, aby manipulowane przedmioty i sama proteza nie ulegały zniszczeniu na skutek wykonywanego ruchu.

Zaprezentowana koncepcja systemu pomiarowego daje nowe możliwości ze względu na badanie algorytmów rozpoznawania sygnałów biologicznych. W odróżnieniu od dotychczasowego, klasycznego podejścia wektor danych wejściowych zawiera sygnały z czterech różnych źródeł. Począwszy od sygnału elektrycznego skończywszy na sygnale mechanicznym. Co daje możliwość rozpoznawania intencji ruchu na podstawie różnych źródeł sygnału, a więc niosących różne informacje.

## Literatura

- [1] E. Biddiss, T. Chau, Upper-limb prosthetics: Critical factors in device abandonment, American J. of Physical Medicine and Rehabilitation, 2007; 86: 977-87.
- [2] B. Hudgins, P. Parker, and R. N. Scott, A new strategy for multifunction myoelectric control, IEEE Trans. Biomed. Eng. vol. 40(1)

- [3] A. Wołczowski, Smart hand: the concept of sensor based control, in Proceedings of MMAR, Miedzyzdroje, 2001, pp. 783–790.
- [4] A. Wołczowski, M. Kurzyński: Human-machine interface in bioprosthesis control using EMG signal classification. *Expert Systems* 2010, vol. 27, nr 1, s. 53–70,
- [5] A. Wołczowski, J. Jakubiak, Control of a multi-joint hand prosthesis – an experimental approach, in *Proc 9<sup>th</sup> Int Conf Computer Recognition Systems CORES 2015*, ser. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer International Publishing, 2016, pp. 553–563.
- [6] M. Kurzynski, M. Krysmann, P. Trajdos, and A. Wołczowski, Multiclassifier system with hybrid learning applied to the control of Bioprosthetic hand, In: *Computers in Biology and Medicine*, vol. 69, pp. 286–297, 2016.
- [7] A. Wołczowski, M. Kurzynski. Control of hand prosthesis using fusion of bio-signals and information from prosthesis sensors. In: *Computational Intelligence and Efficiency in Engineering Systems*. Eds. G. Borowik. Cham: Springer Int. Publishing, 2015. pp. 259–273.
- [8] M. Kurzynski and A. Wołczowski, Multiple Classifier System Applied to the Control of Bioprosthetic Hand Based on Recognition of Multimodal Biosignals. *Proc. of 15<sup>th</sup> Int. Conf. on Biomedical Engineering*. Cham: Springer Int. Publishing, 2014, pp. 577–580.
- [9] M. Kurzynski, A. Wołczowski, T.G. Amaral: Control of bioprosthetic hand based on EMG and MMG signals recognition using multiclassifier system with feedback from the prosthesis sensors. *Proc. of 2nd Int. Conf. on Sys. and Cont.*, Marrakech, Morocco, June 2012. s. 280–285,
- [10] A. Wołczowski, M. Bledowski, J. Witkowski: System do rejestracji sygnałów EMG i MMG dla sterowania bioprotezą dłoni, "Postępy robotyki. T. 1 / pod red. Krzysztofa Tchonia i Cezarego Zielińskiego" Warszawa : Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2016. s. 167–178.
- [11] K. Bogus, M. Predkiewicz, K. Kuczynski, M. Burdka Stanowisko badawcze do rejestracji sygnałów EMG i MMG na przedramieniu oraz sił nacisku i ułożenia dłoni
- [12] H. M. Al-Angari, G. Kanitz, S. Tarantino, C. Cipriani, Distance and mutual information methods for EMG feature and channel subset selection for classification of hand movements, *Biomedical Signal Processing and Control*, Vol. 27, May 2016, pp. 24–31
- [13] A. Wołczowski, J. S. Witkowski, Stanowisko badawcze do akwizycji biosygnałów, *Raporty Inst. Inform. Autom. Robot. PWroc.* 2013, Ser. PRE nr 47, Wrocław, 2013.
- [14] W. Sobczak, W. Malina, *Metody selekcji i redukcji informacji*, WNT, Warszawa, 1985.
- [15] C.J. De Luca, *Electromyography*. *Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation*, (John G. Webster, Ed.) John Wiley Publisher, 98–109, 2006.

### **Biosignal recognition station based on a commercial data acquisition system**

The work discusses the structure of a measurement stand for the acquisition of biosignals based on the band with EMG sensors and sensory glove. There are presented possibilities, advantages and disadvantages of such approach.