

Szczepan PASZKIEL\*

## **AKWIZYCJA SYGNAŁU EEG PRZY UŻYCIU NEUROSKY MINDWAVE MOBILE NA POTRZEBY PROCESÓW STEROWANIA REALIZOWANYCH Z POZIOMU SYSTEMU ANDROID**

W artykule scharakteryzowano akwizycję sygnału EEG przy użyciu urządzenia NeuroSky MindWave Mobile, ze szczególnym uwzględnieniem możliwości zastosowania zarchiwizowanego sygnału na potrzeby procesów sterowania realizowanych z poziomu platformy mobilnej, jaką jest coraz bardziej popularny system Android. Przedstawiono także wizualizację zmian aktywności sygnału EEG ze szczególnym uwzględnieniem poszczególnych rytmów fal elektroencefalograficznych. Podjęto tym samym próbę potwierdzenia tezy, że przy ograniczonej ilości elektrod umiejscowionych na głowie osoby badanej możliwe jest zrealizowanie prostego procesu sterowania w zastosowaniu do robota mobilnego.

SŁOWA KLUCZOWE: sygnał EEG, akwizycja danych, Android, sterowanie

### **1. WPROWADZENIE**

Obecnie zauważalny jest dynamiczny rozwój technologii opartych na interfejsach mózg-komputer. Na rynku pojawia się coraz szersza gama urządzeń do akwizycji sygnału EEG. Dominującymi na świecie firmami produkującymi tego typu urządzenia są: NeuroSky oraz Emotiv Inc. Na potrzeby prowadzonych badań opisanych w niniejszym artykule zastosowano urządzenie firmy NeuroSky o nazwie MindWave Mobile. Dotychczas prowadzono już pracę z praktycznym zastosowaniem urządzenia Emotiv EPOC NeuroHeadset, które zakończyły się zaimplementowaniem urządzenia w procesie sterowania robotem mobilnym w oparciu o aplikację napisaną w języku JAVA [1].

Coraz bardziej rośnie także zapotrzebowanie na nowe metody sterowania zarówno aplikacjami, jak i urządzeniami. Dotychczas stosowane mechanizmy sterowania oparte o myszkę i klawiaturę są uzupełniane panelami dotykowymi, interfejsami optycznymi oraz video. Technologia łączenia człowieka z komputerem za pomocą impulsów pobieranych bezpośrednio z jego mózgu poprzez montowane napowierzchniowo elektrody to stosunkowo nowa metoda

---

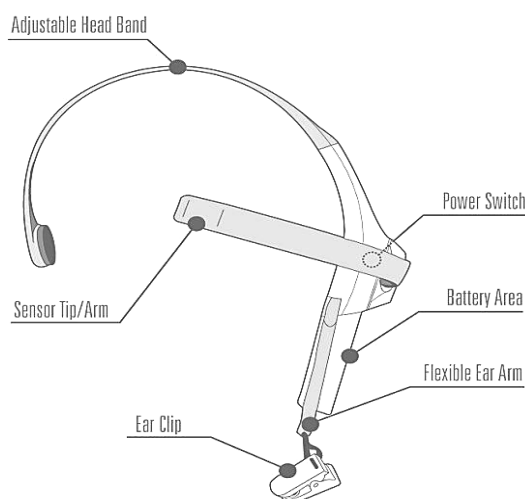
\* Politechnika Opolska.

komunikacji z jednocześnie wieloma ograniczeniami, jakie wynikają między innymi ze słabej przewodności impulsów elektrycznych oraz szeregiem artefaktów zarówno biologicznych jak i technicznych, które takim pomiarom towarzyszą [2]. Tego typu metody pojawiają się jednak coraz częściej w zastosowaniach praktycznych i wychodzą poza sferę laboratoriów badawczych. Obecnie konstruowane są już wózki inwalidzkie sterowaną przy użyciu technologii Brain Computer Interface. Technologia ta korelowana jest także z mechanizmami rozszerzonej rzeczywistości [3], a także sterowaniem komputerami przemysłowymi IPC [4].

## 2. URZĄDZENIE NEUROSKY MINDWAVE MOBILE

Na potrzeby prowadzonych badań wykorzystano urządzenie NeuroSky MindWave Mobile, które współpracuje domyślnie z popularnymi na rynku systemami operacyjnymi, takimi jak: Windows 7 oraz Mac OS X 10.7.x. Podczas prowadzonych analiz podjęto próbę skorelowania uzyskanych z urządzenia danych w postaci sygnałów elektroencefalograficznych z aplikacją powstałą w Instytucie Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej działającą pod systemem operacyjnym Android.

Na rysunku 1 przedstawione zostało urządzenie działające na bazie technologii Brain Computer Interface wraz z zaznaczeniem jego podstawowych elementów składowych, w tym: elektrody pomiarowej (sensor tip), klipsu usznego (ear clip), włącznik/wyłącznika (power switch) etc.



Rys. 1. Części składowe urządzenia NeuroSky MindWave Mobile [3]

Produkt firmy NeuroSky zasilany jest pojedynczą baterią AAA, co zapewnia od 6 do 8 godzin nieprzerwanej pracy. Realizowana przez urządzenie transmisja danych to 250 kbit/s. Urządzenie pracuje w zakresie częstotliwości: (2,420 – 2,471) GHz. Maksymalna moc sygnału to 6 dBm. Częstotliwość próbkowania realizowanych przy użyciu NeuroSky MindWave Mobile pomiarów wynosi 512 Hz. Za pomocą urządzenia NeuroSky możliwe jest uzyskanie widma mocy sygnału EEG (rytmy alpha, beta, gamma, etc.) [5], a także danych charakterystycznych dla stanów: koncentracji, medytacji, mrugnięcia okiem etc.

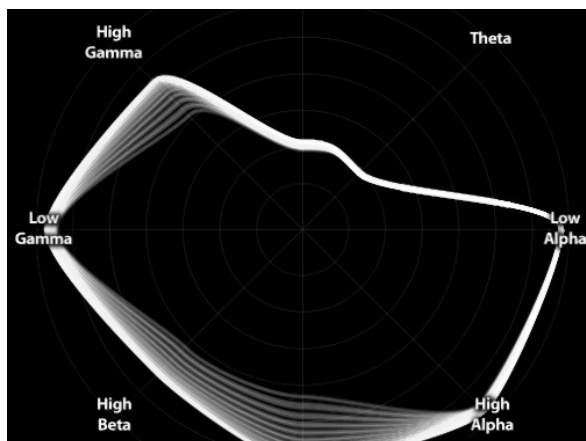
### 3. AKWIZYCJA SYGNAŁU EEG

Prowadzona w ramach badań akwizycja danych dotyczy sygnału elektroencefalograficznego, który jest zapisem elektrycznej aktywności mózgu, przedstawiającym potencjał polowy w przestrzeni wokół neuronów pracujących w mózgu człowieka. Im bardziej zsynchronizowana jest dana populacja neuronów, tym łatwiej można dokonać pomiaru sygnału EEG [6]. Sygnał elektroencefalograficzny nie posiada stałej amplitudy oraz częstotliwości, przebieg sygnału nigdy nie jest prostym sygnałem harmonicznym. Sygnał EEG cechuje się również wysoką aktywnością czasową kształtującą się w zakresie około (0,8-1,2) ms.

Sygnał elektroencefalograficzny będący głównym sygnałem pobieranym przy użyciu urządzenia NeuroSky MindWave Mobile, może podlegać procesowi klasyfikacji. Proces ten realizowany jest na bazie wizualizacji aktywności poszczególnych oscylacji fal mózgowych. W tym fal najbardziej istotnych ze względu na zastosowanie w procesach sterowania - interakcji z komputerem i zainstalowanych na nim aplikacjach. W sygnale EEG można obserwować między innymi rytmy fal w zakresie do 4 Hz, są to wówczas fale delta, charakterystyczne dla stanu głębokiego snu lub zaburzeń pracy mózgu. W zakresie od 4 do 7 Hz obserwowalne są fale theta charakterystyczne dla stresu lub uczucia senności. Fale alpha w zakresie od 8 do 13 Hz są charakterystyczne dla stanu relaksu i z dotychczas wymienionych z największym powodzeniem można je wykorzystać w procesach sterowania. Podobnie istotne z punktu widzenia zastosowań w naukach takich jak: informatyka, czy automatyka i robotyka są fale gamma związane z percepcją i wzmożoną koncentracją, charakterystyczne dla częstotliwości w zakresie 30 do 80 Hz. Kolejny rodzaj rytmu w sygnale EEG to fale beta z zakresu 14 do 30 Hz, obserwowane najczęściej podczas snu [7].

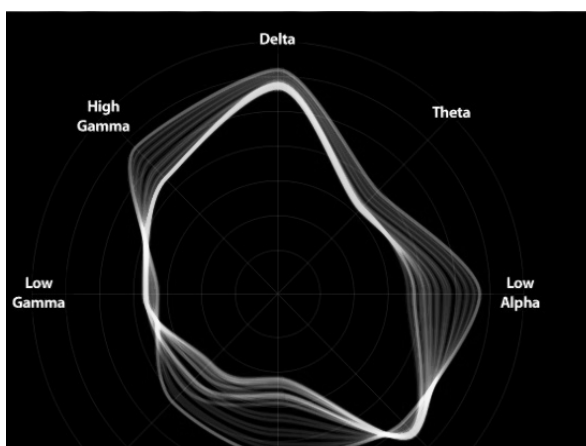
Na rysunku 2 i 3 przedstawiono wizualizację zmiennego w czasie sygnału elektroencefalograficznego z uwzględnieniem charakterystycznych rytmów fal. Na rysunku 2 zauważalna jest aktywność fal gamma z jednocześnie wysoką aktywnością fal alpha. Taki stan rzeczy może być spowodowany stanem przejścia ze stanu relaksu w stan podwyższonej aktywności, bazującej na

koncentracji i wykonywaniu złożonych zadań w postaci obliczeń matematycznych. Osoba badana przechodziła wówczas z jednego ze stanów w drugi, otwierając jednocześnie uprzednio zamknięte oczy, co zauważalne jest w częściowej aktywności rytmu beta.



Rys. 2. Wizualizacje zmian aktywności rytmów w sygnale EEG. [Źródło: Opracowanie własne]

Na rysunku 3 zauważalna jest wysoka aktywność rytmów alpha i delta. Fale alpha są w tym przypadku charakterystyczne dla niskiej aktywności pracy mózgu, a fale delta są bezpośrednio związane z indywidualnymi cechami pracy mózgu, poddawanej badaniu jednostki ludzkiej. Zauważalna jest także słabnąca aktywność fal gamma, charakterystyczna dla przechodzenia ze stanów koncentracji w stan medytacji i relaksu.

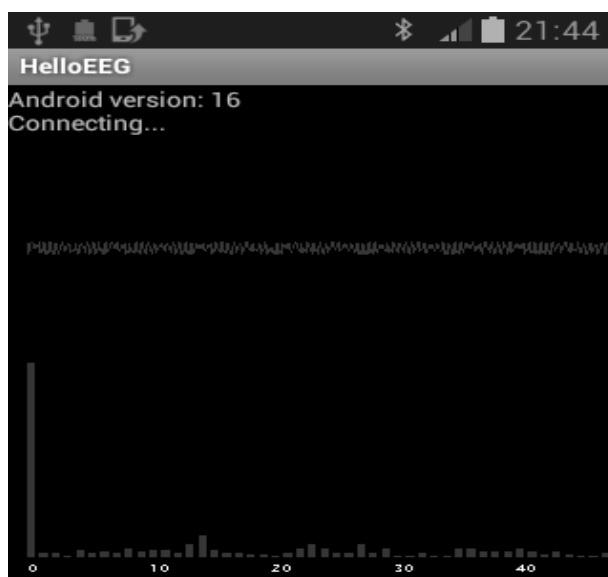


Rys. 3. Wizualizacje zmian aktywności rytmów w sygnale EEG. [Źródło: Opracowanie własne]

#### 4. ANALIZA SYGNAŁU EEG Z WYKORZYSTANIEM SYSTEMU ANDROID

W celu analizy pobranych w procesie akwizycji danych pomiarowych reprezentowanych za pomocą sygnału EEG, konieczny był wybór odpowiedniej platformy systemowej. Jak argumentowano powyżej, między innymi ze względu na brak podobnych aplikacji dostarczanych przez firmę NeuroSky pod system Android, wybrano system operacyjny bazujący na jądrze Linuxa.

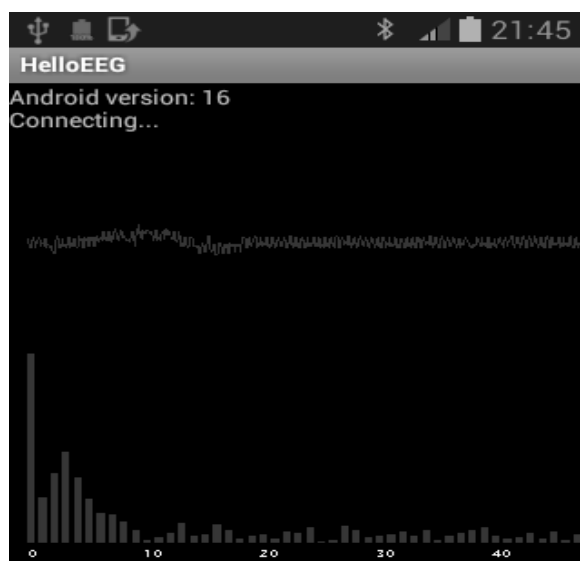
Android jest obecnie popularnym system operacyjnym pracującym na smartphonach czy tabletach. Dlatego też z roku na rok dynamicznie rośnie liczba jego użytkowników. Jak wynika z raportów publikowanych w sieci Internet, w roku 2014 jest to najpopularniejszy mobilny system operacyjny na świecie. Ciągłe rosnące zapotrzebowanie na aplikacje na platformę Androida spowodowało, że to właśnie pod tą platformę stworzona została nowa aplikacja do pracy z urządzeniem MindWave Mobile z zastosowaniem do analizy danych. Możliwości deweloperskie dla tego systemu są obecnie bardzo rozbudowane, poprzez między innymi: silniki przeglądarki WebKit, bazę danych SQLite, bibliotekę OpenGL, GPS, ES, syntezę mowy TTS itp.



Rys. 4. Okno wizualizacji zmian sygnału EEG wraz z histogramem dla przebiegu w przedziale czasu t1.  
[Źródło: Opracowanie własne]

Na etapie projektowania aplikacji wykorzystany został pakiet deweloperski ADT Bundle, który zawiera wszystkie potrzebne do tworzenia i testowania aplikacji narzędzia, takie jak: Eclipse JDK, Android Developer Tools oraz

emulator systemu. Edytor Eclipse będący rozbudowanym środowiskiem programistycznym pozwolił na stworzenie aplikacji wspomagającej opisane w niniejszym artykule badania, mające na celu potwierdzenie tezy mówiącej o możliwości zastosowania NeuroSky MindWave Mobile w prostych procesach sterowania, w tym do robotów mobilnych. Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono okno główne aplikacji działającej pod systemem Android obrazujące zmienny w czasie sygnał elektroencefalograficzny czytany za pomocą urządzenia NeuroSky MindWave Mobile. Ponadto na rysunkach 4 i 5 przedstawiony został także histogram, jako jedna z metod graficznych w zakresie sposobów reprezentacji rozkładu empirycznego cechy. Zauważalna jest przy tym pewna liczebność wartości cech, charakterystyczna dla konkretnego pobranego za pomocą elektrod z powierzchni głowy osoby badanej, przebiegu zmian aktywności fal elektroencefalograficznych. Rysunek 4 przedstawia przebieg sygnału elektroencefalograficznego charakterystycznego dla standardowego stanu myślowego jednostki badanej, bez wzmożonej uwagi, czy też medytacji. Na osi poziomej obserwowanego sygnału EEG przedstawiono czas w ms, na osi pionowej przedstawiono amplitudę w mV. Z kolei na osi pionowej w histogramie przedstawiono liczebność cechy.



Rys. 5. Okno wizualizacji zmian sygnału EEG wraz z histogramem dla przebiegu w przedziale czasu t2.  
[Źródło: Opracowanie własne]

Rysunek 5 obrazuje przebieg sygnału EEG charakterystyczny dla mrugnięcia okiem. Na osi poziomej obserwowanego sygnału EEG czas w ms, na osi pionowej przedstawiono amplitudę w mV. Podobnie jak na rysunku 4 na osi pionowej w histogramie przedstawiono liczebność cechy.

## 5. PODSUMOWANIE

Autorskie oprogramowanie, które zostało stworzone do wykorzystania zmian rytmów sygnału EEG obserwowanych w czasie pozwoliło na wizualizowanie on-line wyżej wymienionych aktywności. Tym samym uzyskano sygnał będący podstawą do prowadzenia podstawowych procesów sterowania, takimi obiektami jak na przykład roboty mobilne z poziomu systemu operacyjnego Android. Obecnie działające aplikacje dostarczane przez producenta skierowane były tylko i wyłącznie pod systemy operacyjne firm Microsoft oraz Apple. Rynek mobilnych systemów operacyjnych obecnie bardzo szybko się rozwija, co implikuje konieczność dopasowywania najnowszych zdobyczy technologicznych w tym Brain Computer Interface do najbardziej popularnych modeli urządzeń elektronicznych w tym smartphonów.

Jak wynika z przeprowadzonych analiz i testów urządzenie NeuroSky MindWave Mobile mimo ograniczonej ilości elektrod, w które zostało wyposażone może zostać wykorzystane w pewnym podstawowym zakresie do akwizycji sygnału EEG na potrzeby procesów sterowania. Do weryfikacji uzyskanych wyników pomiarów i ich wizualizacji w zaproponowanej aplikacji, sygnał poddany został także analizie poprzez wykorzystanie programu Matlab z toolboxem EEGLab [8].

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Błachowicz A., Paszkiel S., A mobile system for measurements of incomplete discharges controlled by electroencephalographic waves, *Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems*, vol. 4, no. 3 Warszawa, 31-35, 2010.
- [2] Paszkiel S., Wykorzystanie metody PCA i ICA do analizy sygnału EEG w kontekście usuwania zakłóceń, *Pomiary Automatyka Kontrola*, Vol. 59, 204-207, Warszawa, 2013.
- [3] Paszkiel S., Augmented reality of technological environment in correlation with brain computer interfaces for control processes, *Advances in Intelligent Systems and Computing 267 - AISC Springer, Switzerland*, 197-203, 2014.
- [4] Paszkiel S., The use of Brain Computer Interfaces in the control processes based on industrial PC in terms of the methods of EEG signal analysis, *Journal of Medical Informatics & Technologies - Vol. 22/2013, Zabrze*, 55-62, 2013.
- [5] Pfurtscheller G., Silva F. L., *Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, Revised Series*. Elsevier Science B.V., 1999.
- [6] Zyss T., Sawicki B., Stanisławczyk A., Precise localization of the EEG electrodes placement by help of electromagnetic digitizer, *Przegląd Elektrotechniczny*, 2010.
- [7] Grillon C., Buchsbaum M.S., Computed EEG topography of response to visual and auditory stimulated, *Electroencephalography Clinical Neurophysiology* 63, 42, 1986.
- [8] Delorme A., Makeig S., EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis, *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9-21, 2004.

**EEG SIGNAL ACQUISITION USING NEUROSKY MINDWAVE MOBILE  
FOR THE PURPOSE OF CONTROL PROCESSES IMPLEMENTED  
FROM ANDROID**

This paper describes the EEG signal acquisition using NeuroSky Mindwave Mobile devices, with particular reference to the use of the archived signal to the needs of the control processes implemented from the mobile platform that is becoming increasingly popular Android system. Visualization presented changes in EEG activity with particular emphasis on the individual rhythms electroencephalographic waves.