

# **Algorytmy poleceń mentalnych w interfejsach mózg–komputer**

---

Adam Banuszewicz

Teleinformatyka S2

Promotor: dr inż. Robert Krupiński

Katedra Przetwarzania Sygnałów i Inżynierii Multimedialnej

Wydział Elektryczny ZUT w Szczecinie

# Spis treści

1. Zakres pracy
2. Wstęp do tematyki interfejsów mózg–komputer
3. Charakterystyka wybranych urządzeń komercyjnych
4. Projekt wirtualnej klawiatury
5. Badania opracowanego systemu
6. Perspektywy dalszych usprawnień

## Zakres pracy

---

## Zakres pracy

1. Analiza urządzeń do rejestracji aktywności mózgu.
2. Projekt oraz wykonanie układu wirtualnej klaviatury.
3. Przeprowadzenie badań opracowanego układu.

# **Wstęp do tematyki interfejsów mózg–komputer**

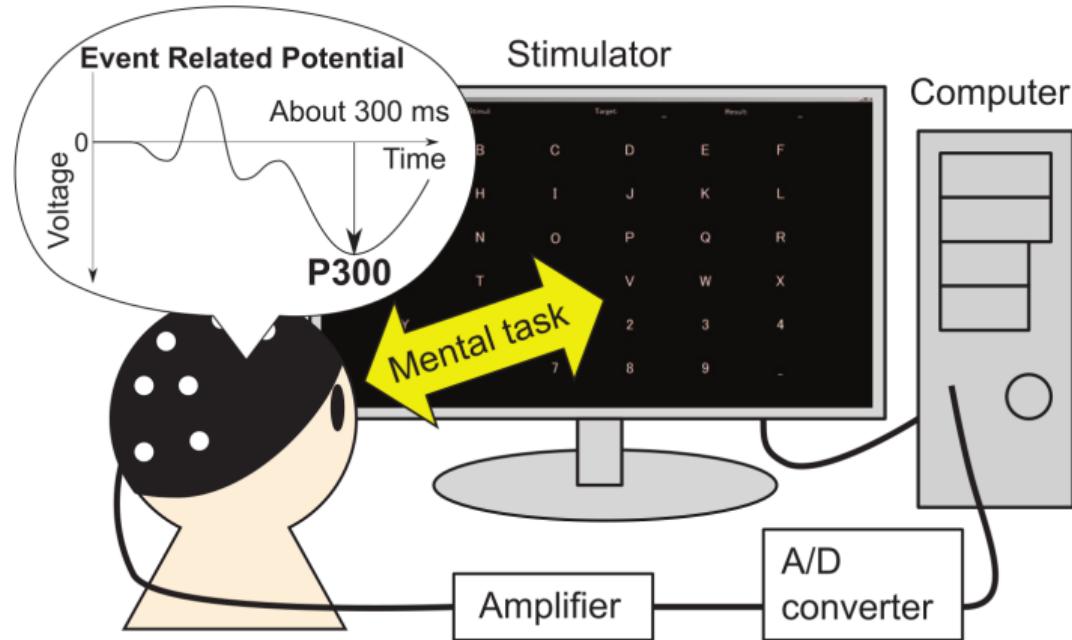
---

## Definicja

Interfejs mózg–komputer jest układem, który przetwarza aktywność ośrodkowego układu nerwowego w polecenia dla urządzenia wykonawczego.

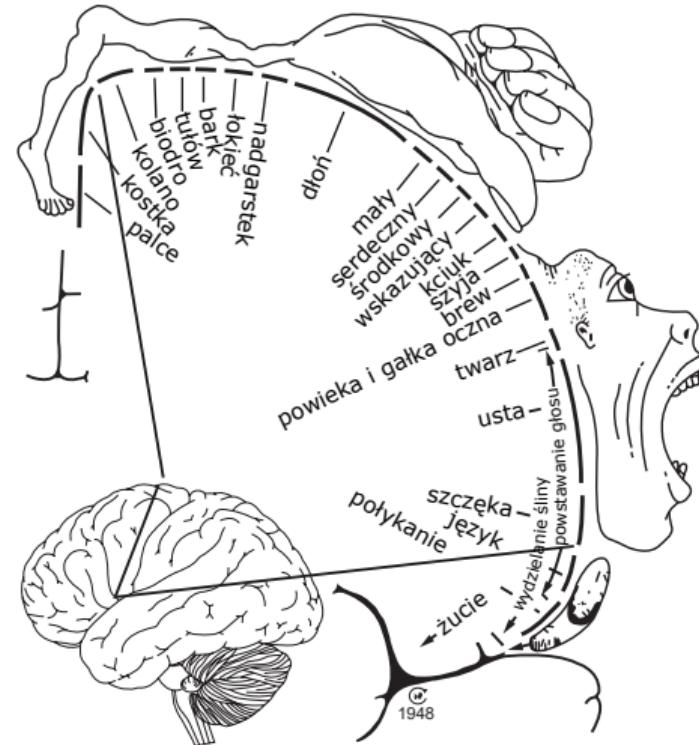
# Podejście do realizacji sterowania

## 1. Potencjały wywołane



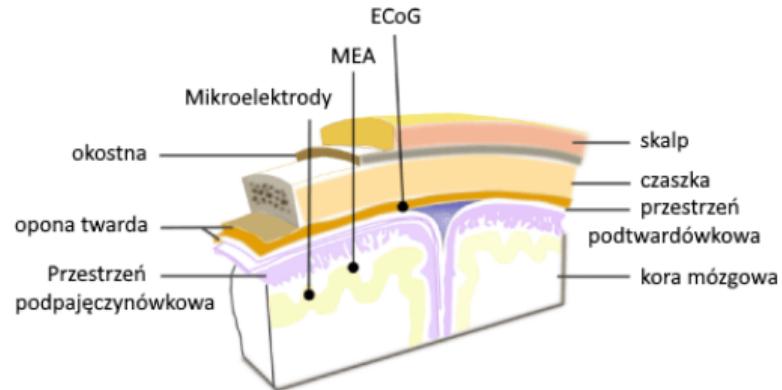
# Podejście do realizacji sterowania

1. Potencjały wywołane
2. Wyobrażenie ruchu



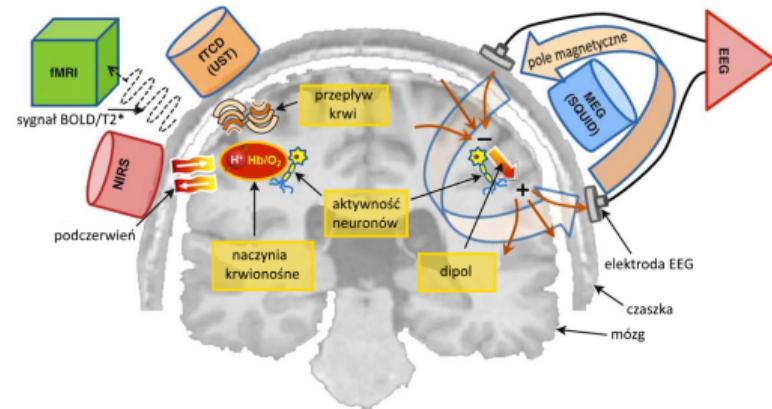
# Rodzaje interfejsów mózg–komputer

## 1. Inwazyjne



# Rodzaje interfejsów mózg–komputer

1. Inwazyjne
2. Nieinwazyjne

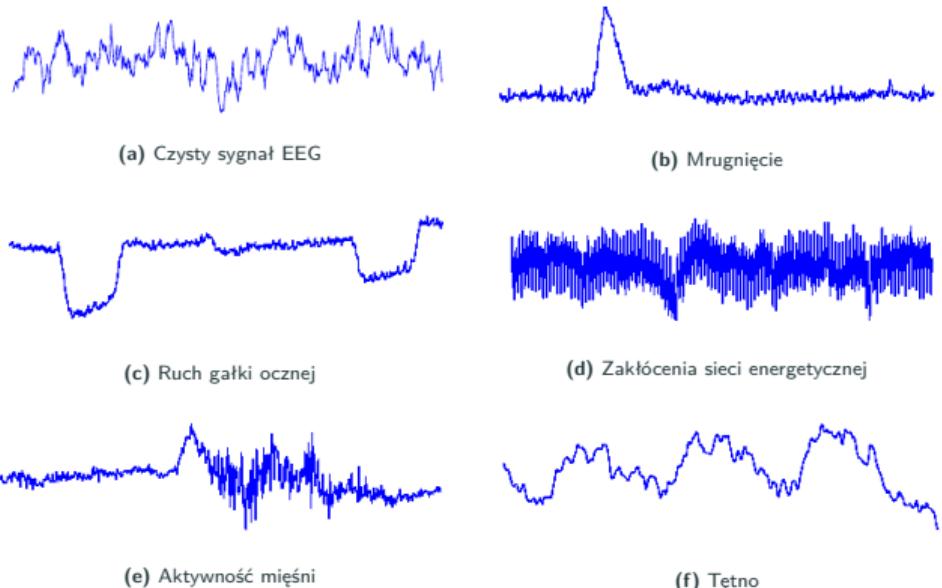


# Rodzaje interfejsów mózg–komputer

1. Inwazyjne
2. Nieinwazyjne
3. Inne
  - 3.1 Częściowo–inwazyjne
  - 3.2 Stymulujące
  - 3.3 Dwukierunkowe

# Przetwarzanie sygnałów

## 1. Usunięcie szumów



# Przetwarzanie sygnałów

1. Usunięcie szumów
2. Ekstrakcja cech

# Przetwarzanie sygnałów

1. Usunięcie szumów
2. Ekstrakcja cech
3. Klasyfikacja sygnałów

# Potencjalne zastosowania

## 1. Interfejs komunikacyjny



## Potencjalne zastosowania

1. Interfejs komunikacyjny
2. Sterowanie wózkiem inwalidzkim



# Potencjalne zastosowania

1. Interfejs komunikacyjny
2. Sterowanie wózkiem inwalidzkim
3. Rehabilitacja



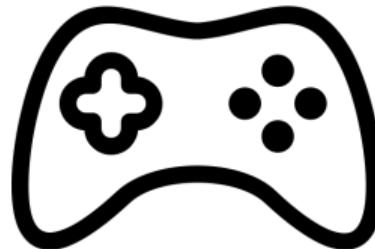
# Potencjalne zastosowania

1. Interfejs komunikacyjny
2. Sterowanie wózkiem inwalidzkim
3. Rehabilitacja
4. Nadzór skupienia



## Potencjalne zastosowania

1. Interfejs komunikacyjny
2. Sterowanie wózkiem inwalidzkim
3. Rehabilitacja
4. Nadzór skupienia
5. Gry komputerowe



## **Charakterystyka wybranych urządzeń komercyjnych**

---

## Cechy poszukiwanego urządzenia

1. Nieinwazyjne
2. Rozwinięte SDK
3. Wsparcie w detekcji komend mentalnych
4. Cena poniżej 500 \$

# Omówione urządzenia



(a) Emotiv Insight



(b) Emotiv EPOC+



(c) Muse/Muse 2



(d) MindWave Mobile 2



(e) OpenBCI Ultracortex Mark IV



(f) OpenBCI Ganglion Board

# Projekt wirtualnej klawiatury

---

# Założenia

1. Możliwość wprowadzania znaków: A–Z, 0–9, przecinka, kropki, spacji, entera oraz backspace.

# Założenia

1. Możliwość wprowadzania znaków: A–Z, 0–9, przecinka, kropki, spacji, entera oraz backspace.
2. Wprowadzona wiadomość wyświetlana na interfejsie użytkownika.

# Założenia

1. Możliwość wprowadzania znaków: A–Z, 0–9, przecinka, kropki, spacji, entera oraz backspace.
2. Wprowadzona wiadomość wyświetlana na interfejsie użytkownika.
3. Domyślny język: angielski.

# Założenia

1. Możliwość wprowadzania znaków: A–Z, 0–9, przecinka, kropki, spacji, enteru oraz backspace.
2. Wprowadzona wiadomość wyświetlana na interfejsie użytkownika.
3. Domyślny język: angielski.
4. Sterowanie z wykorzystaniem komend mentalnych. Opcjonalnie: EOG/EMG.

# Założenia

1. Możliwość wprowadzania znaków: A–Z, 0–9, przecinka, kropki, spacji, enteru oraz backspace.
2. Wprowadzona wiadomość wyświetlana na interfejsie użytkownika.
3. Domyślny język: angielski.
4. Sterowanie z wykorzystaniem komend mentalnych. Opcjonalnie: EOG/EMG.
5. Tryb manualny (bez hełmu).

# Założenia

1. Możliwość wprowadzania znaków: A–Z, 0–9, przecinka, kropki, spacji, enteru oraz backspace.
2. Wprowadzona wiadomość wyświetlana na interfejsie użytkownika.
3. Domyślny język: angielski.
4. Sterowanie z wykorzystaniem komend mentalnych. Opcjonalnie: EOG/EMG.
5. Tryb manualny (bez hełmu).
6. Konfigurowalne parametry algorytmu.

# Założenia

1. Możliwość wprowadzania znaków: A–Z, 0–9, przecinka, kropki, spacji, enteru oraz backspace.
2. Wprowadzona wiadomość wyświetlana na interfejsie użytkownika.
3. Domyślny język: angielski.
4. Sterowanie z wykorzystaniem komend mentalnych. Opcjonalnie: EOG/EMG.
5. Tryb manualny (bez hełmu).
6. Konfigurowalne parametry algorytmu.
7. Zapisywanie/wczytywanie ostatnich ustawień.

# Założenia

1. Możliwość wprowadzania znaków: A–Z, 0–9, przecinka, kropki, spacji, enteru oraz backspace.
2. Wprowadzona wiadomość wyświetlana na interfejsie użytkownika.
3. Domyślny język: angielski.
4. Sterowanie z wykorzystaniem komend mentalnych. Opcjonalnie: EOG/EMG.
5. Tryb manualny (bez hełmu).
6. Konfigurowalne parametry algorytmu.
7. Zapisywanie/wczytywanie ostatnich ustawień.
8. Użytkownik nie musi znać API urządzenia.

# Założenia

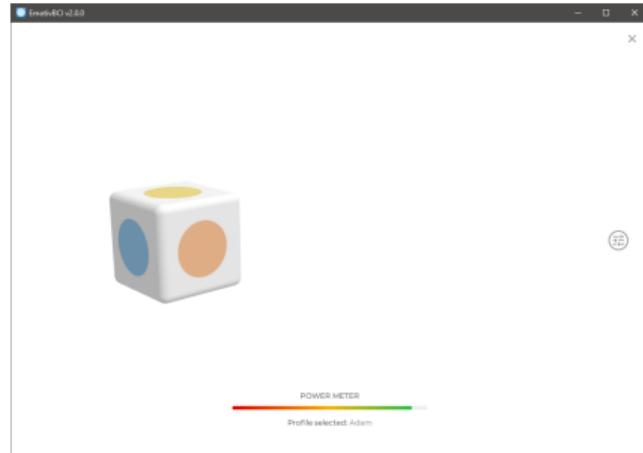
1. Możliwość wprowadzania znaków: A–Z, 0–9, przecinka, kropki, spacji, enteru oraz backspace.
2. Wprowadzona wiadomość wyświetlana na interfejsie użytkownika.
3. Domyślny język: angielski.
4. Sterowanie z wykorzystaniem komend mentalnych. Opcjonalnie: EOG/EMG.
5. Tryb manualny (bez hełmu).
6. Konfigurowalne parametry algorytmu.
7. Zapisywanie/wczytywanie ostatnich ustawień.
8. Użytkownik nie musi znać API urządzenia.
9. Opcjonalnie: bezpośrednia wymiana wiadomości z urządzeniem.

## Wykorzystywane narzędzia

1. Urządzenie rejestrujące: Emotiv Insight.
2. Język programowania: C#.
3. Środowisko programistyczne: Visual Studio.
4. System kontroli wersji: Git.

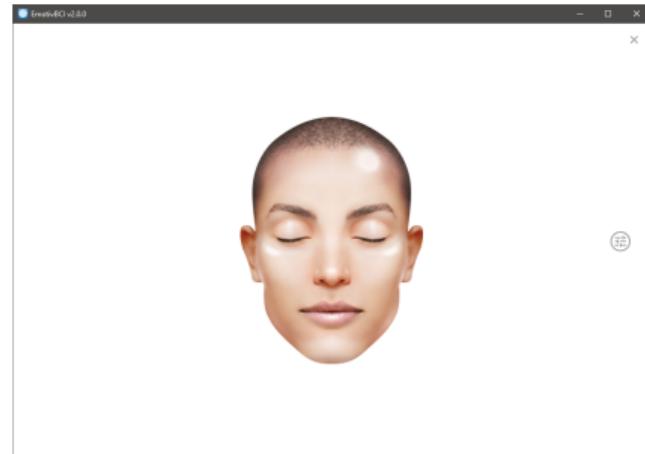
# Trening komend

## 1. Trening detekcji komend mentalnych

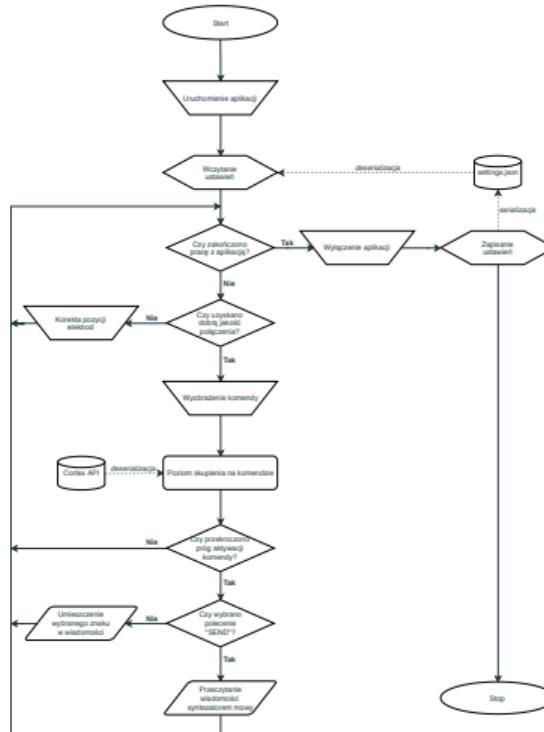


# Trening komend

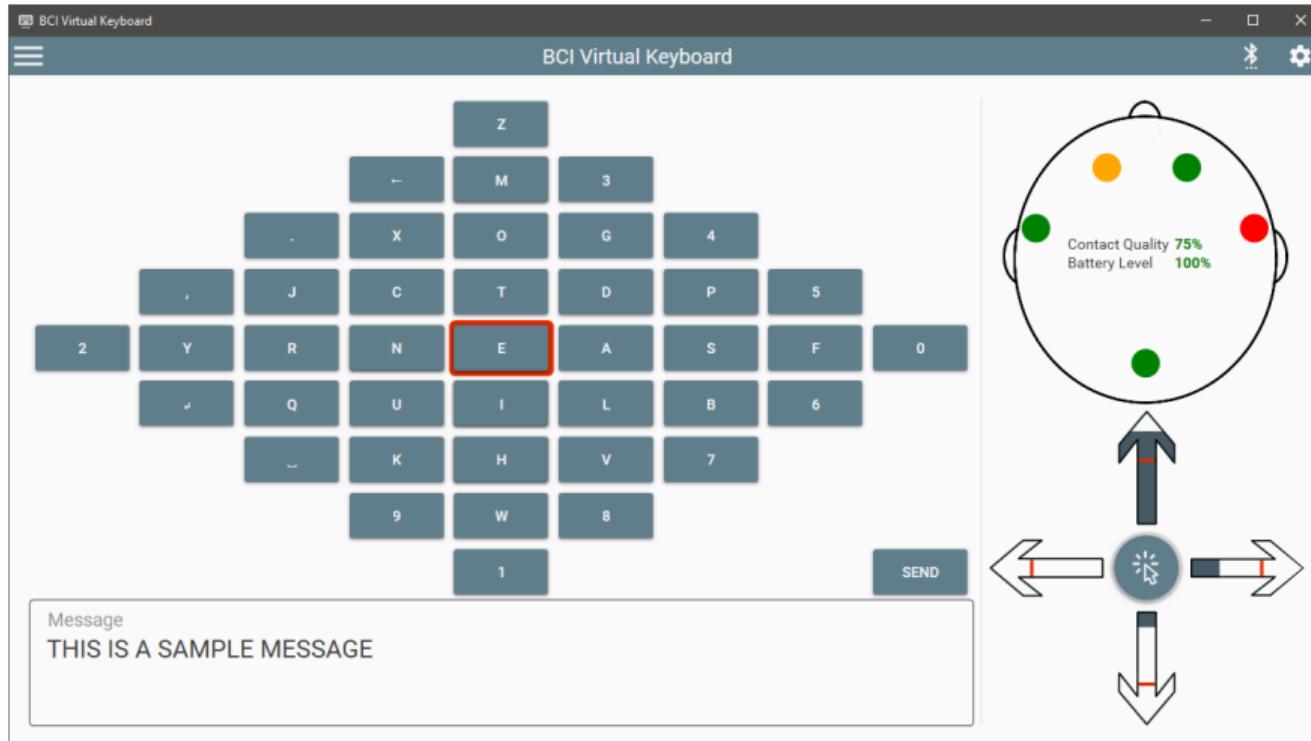
1. Trening detekcji komend mentalnych
2. Trening detekcji mimiki



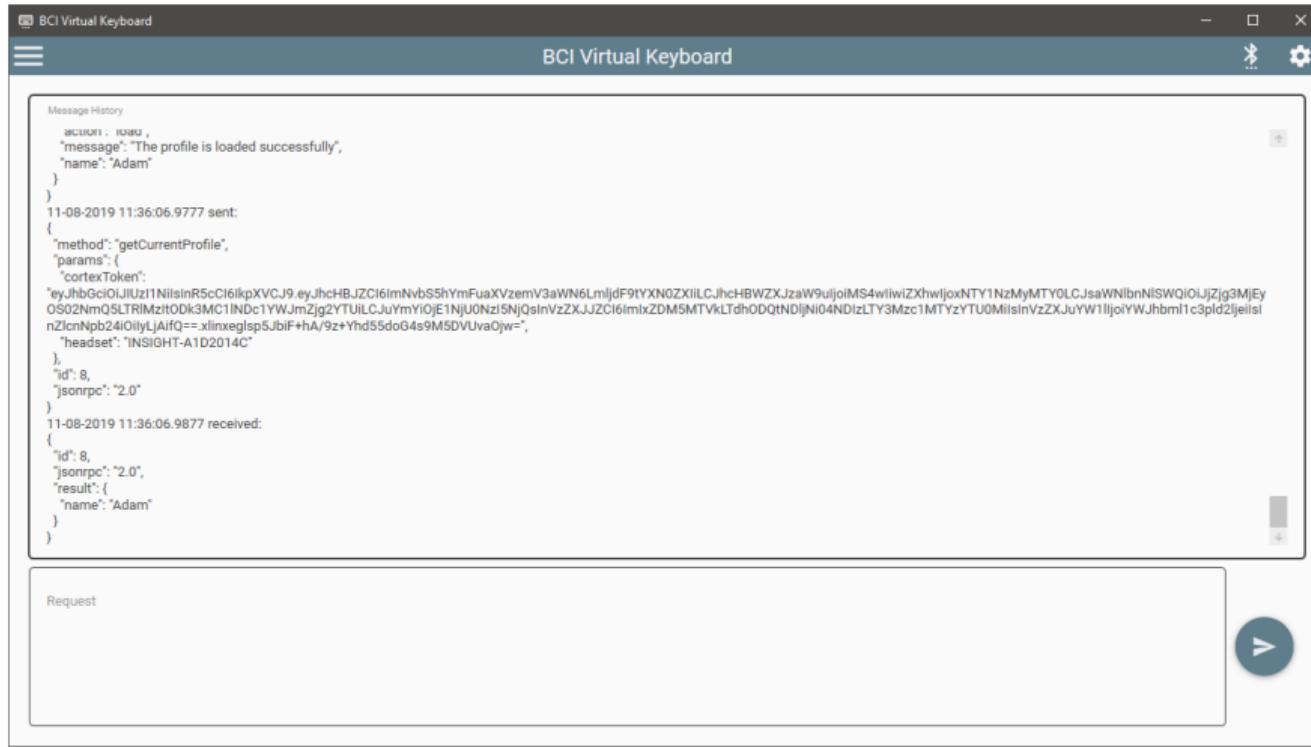
# Proces decyzyjny



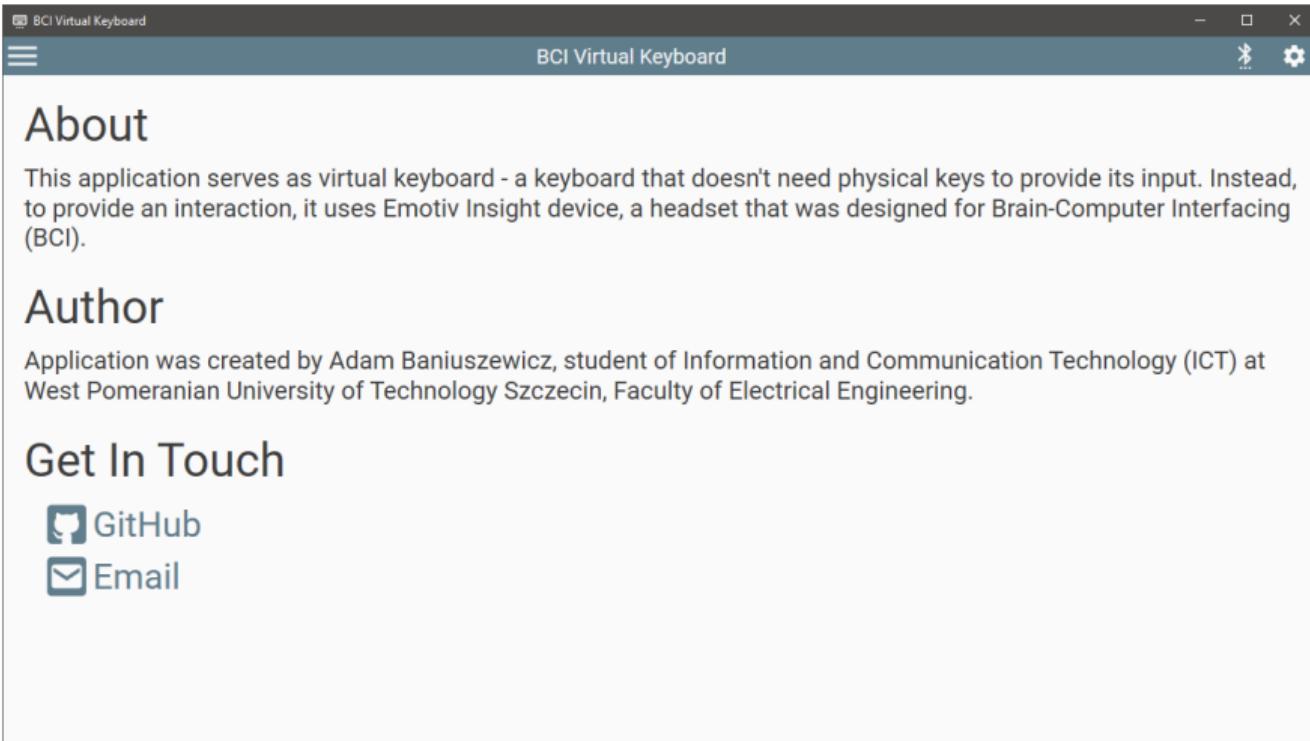
# Interfejs użytkownika: Virtual Keyboard



# Interfejs użytkownika: Messenger



# Interfejs użytkownika: About



The screenshot shows a window titled "BCI Virtual Keyboard". The main content area is titled "About" and contains the following text: "This application serves as virtual keyboard - a keyboard that doesn't need physical keys to provide its input. Instead, to provide an interaction, it uses Emotiv Insight device, a headset that was designed for Brain-Computer Interfacing (BCI).". Below this, there is a section titled "Author" with the text: "Application was created by Adam Banuszewicz, student of Information and Communication Technology (ICT) at West Pomeranian University of Technology Szczecin, Faculty of Electrical Engineering.". At the bottom, there is a section titled "Get In Touch" with links to GitHub and Email, each accompanied by a blue icon.

BCI Virtual Keyboard

## About

This application serves as virtual keyboard - a keyboard that doesn't need physical keys to provide its input. Instead, to provide an interaction, it uses Emotiv Insight device, a headset that was designed for Brain-Computer Interfacing (BCI).

## Author

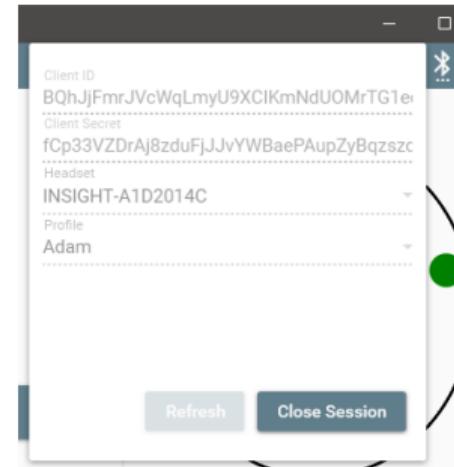
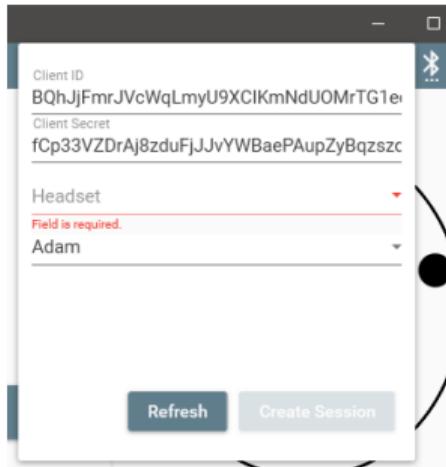
Application was created by Adam Banuszewicz, student of Information and Communication Technology (ICT) at West Pomeranian University of Technology Szczecin, Faculty of Electrical Engineering.

## Get In Touch

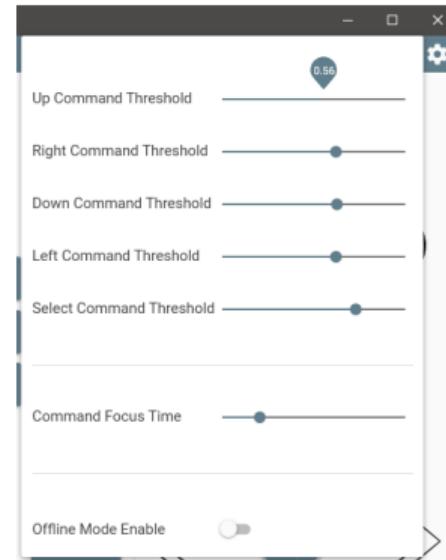
[GitHub](#)

[Email](#)

# Interfejs użytkownika: Connection



# Interfejs użytkownika: Settings



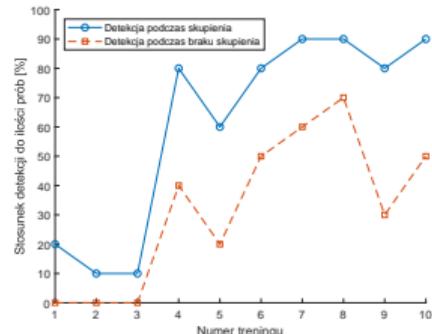
## **Badania opracowanego systemu**

---

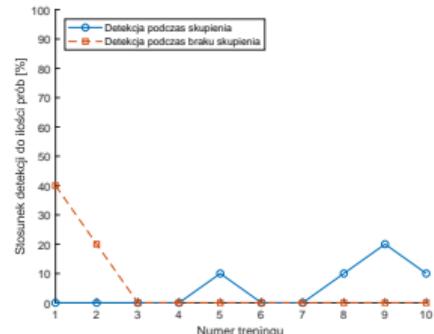
## Wpływ liczby komend oraz liczby sesji treningowych na poprawność detekcji

- Badanie wykonane w oprogramowaniu EmotivBCI.
- Każdą komendę trenowano dziesięciokrotnie.
- Badanie po każdym treningu: 10x próba S, 10x próba NS. Każda próba 15 sekund.
- Próba zaliczona: sześćian przesunięty/awatar powtórzył czynność.
- Próba niezaliczona: brak akcji/zła akcja.

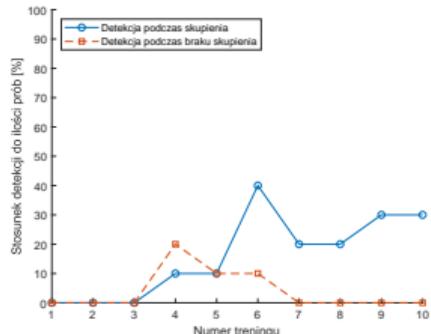
# Wpływ liczby komend oraz liczby sesji treningowych na poprawność detekcji



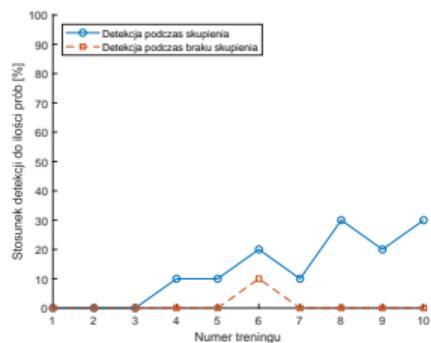
(a) Uniesienie



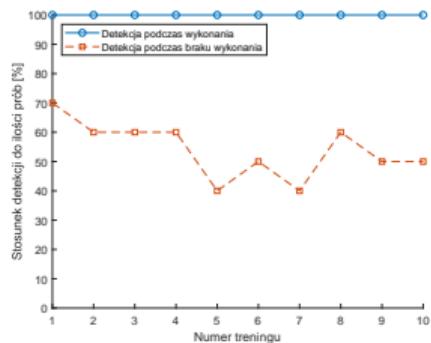
(b) Przesunięcie w prawo



(c) Opuszczenie



(d) Przesunięcie w lewo

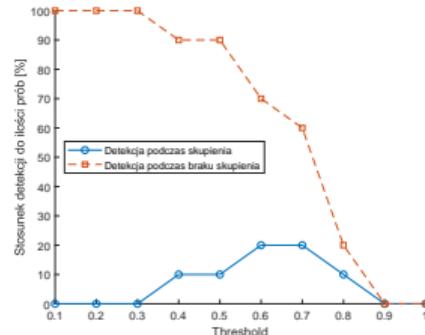


(e) Zmarszczenie brwi

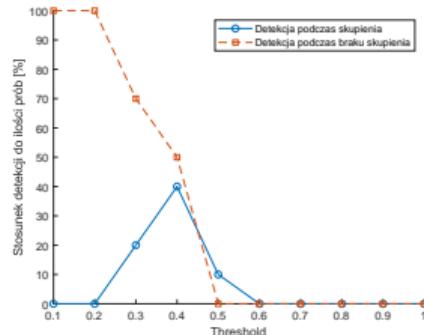
## Wpływ parametrów opracowanej aplikacji na poprawność detekcji

- Badanie wykonywane w opracowanej aplikacji.
- Badano dwie komendy: uniesienie oraz zmarszczenie brwi.
- Badanie przeprowadzono po 10x treningu każdej z komend.
- Dla każdej kombinacji parametrów CFT (500, 1500, 2500) i Threshold (0.1, 0.2,..., 1.0): 10x próba S, 10x próba NS. Każda próba 15 sekund.
- Próba zaliczona: jednokrotne wykonanie akcji.
- Próba niezaliczona: brak wykonania akcji/akcja wykonana kilkukrotnie.

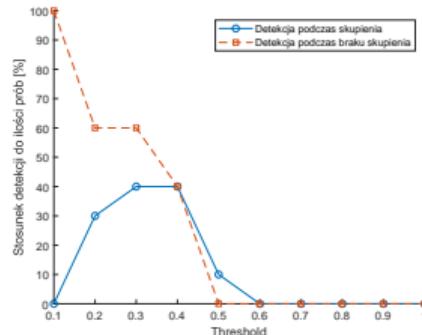
# Wpływ parametrów opracowanej aplikacji na poprawność detekcji



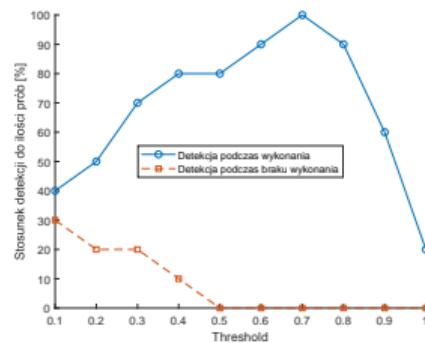
(a) Uniesienie, CFT = 500 ms



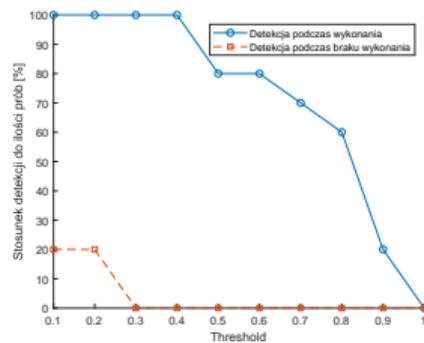
(b) Uniesienie, CFT = 1500 ms



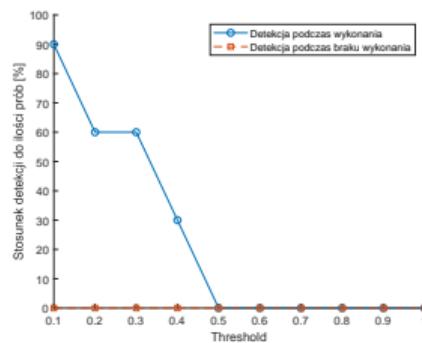
(c) Uniesienie, CFT = 2500 ms



(d) Zmarszczenie brwi, CFT = 500 ms



(e) Zmarszczenie brwi, CFT = 1500 ms



(f) Zmarszczenie brwi, CFT = 2500 ms

## Dodatkowe uwagi

1. Wpływ zakłóceń: włosy, mimika, sieć

## Dodatkowe uwagi

1. Wpływ zakłóceń
2. Ucisk urządzeń



## Dodatkowe uwagi

1. Wpływ zakłóceń
2. Ucisk urządzenia
3. Przesuwanie elektrod

## Dodatkowe uwagi

1. Wpływ zakłóceń
2. Ucisk urządzenia
3. Przesuwanie elektrod
4. *Reużywalność treningu*

## Dodatkowe uwagi

1. Wpływ zakłóceń
2. Ucisk urządzenia
3. Przesuwanie elektrod
4. *Reużywalność* treningu
5. Detekcja komend

## **Perspektywy dalszych usprawnień**

---

## Perspektywy dalszych usprawnień

1. Dodanie obsługi dodatkowych urządzeń rejestrujących.

## Perspektywy dalszych usprawnień

1. Dodanie obsługi dodatkowych urządzeń rejestrujących.
2. Opracowanie algorytmu sterowania wykorzystującego wyłącznie detekcję mimiki.

## Perspektywy dalszych usprawnień

1. Dodanie obsługi dodatkowych urządzeń rejestrujących.
2. Opracowanie algorytmu sterowania wykorzystującego wyłącznie detekcję mimiki.
3. Usprawnienie klawiatury: podpowiedzi, autokorekta, wielojęzyczność, różne układy klawiszy.

Dziękuję za uwagę.