

SKNC PW BCI

Interfejs Mózg Komputer

Studenckie Koło Naukowe Cybernetyki PW

Kierownik projektu:

prof. nzw. dr hab. inż. Antoni GRZANKA

Koordynator projektu: Tomasz Bolesław CEDRO

Zespół Aparatury Biocybernetycznej

Instytut Systemów Elektronicznych

Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych

Politechnika Warszawska

Sprawozdanie z Grantu Rektorskiego 2010

21.I.2011

Plan prezentacji

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Realizacja

Przyszłość

1 Wstęp

2 Realizacja

3 Przyszłość

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Czym jest
Brain
Computer
Interface?
Podstawowe
problemy w
badaniach
BCI
Zakres prac w
ramach
Grantu
Rektorskiego
2010

Realizacja

Przyszłość

1 Wstęp

- Czym jest Brain Computer Interface?
- Podstawowe problemy w badaniach BCI
- Zakres prac w ramach Grantu Rektorskiego 2010

Czym jest Brain Computer Interface?

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

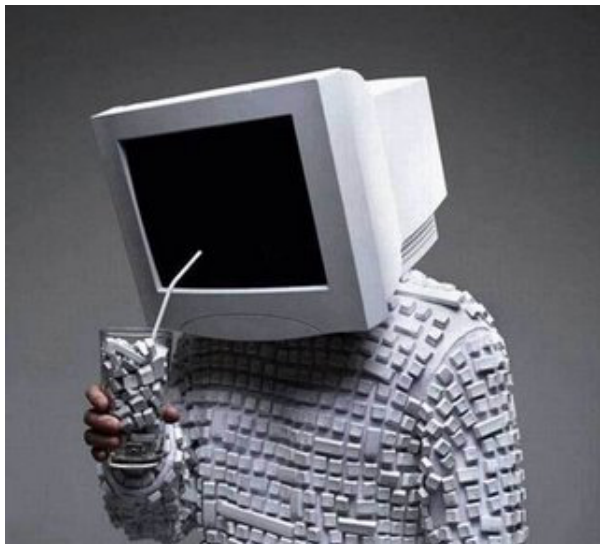
**Czym jest
Brain
Computer
Interface?**

Podstawowe
problemy w
badaniach
BCI

Zakres prac w
ramach
Grantu
Rektorskiego
2010

Realizacja

Przyszłość



Czym jest Brain Computer Interface?

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Czym jest
Brain
Computer
Interface?

Podstawowe
problemy w
badaniach
BCI

Zakres prac w
ramach
Grantu
Rektorskiego
2010

Realizacja

Przyszłość

- To nowatorskie rozwiązanie z dziedziny aparatury biomedycznej, którego zadaniem jest interakcja technicznego sprzętu komputerowego z biologicznym użytkownikiem bazując na pomiarze aktywności mózgu.
- Jest to urządzenie rodem z filmów science-fiction dzięki któremu możliwe będzie sterowanie urządzeniami za pomocą „siły myśli”.
- Wstępne badania naukowe prowadzone już w różnych ośrodkach badawczych na całym świecie, dają nadzieję na faktyczne wykorzystanie wielkiego potencjału ukrytego w tego typu urządzeniach.
- My też prowadzimy tego typu badania.. tyle, że na mniejszą skalę ;-)

Podstawowe problemy w badaniach BCI

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Czym jest
Brain
Computer
Interface?

**Podstawowe
problemy w
badaniach
BCI**

Zakres prac w
ramach
Grantu
Rektorskiego
2010

Realizacja

Przyszłość

- W chwili obecnej badawcze ośrodki uniwersyteckie wykorzystują gotowe komercyjne rozwiązania sprzętowe, często o zamkniętej architekturze zarówno programowej jak i sprzętowej. Z tego powodu brak jest jednego wspólnego standardu akwizycji, komunikacji i przechowywania danych.
- Prezentowane rozwiązanie ma na celu stworzenie otwartego systemu akwizycji i przetwarzania danych biomedycznych, który z pewnością znajdzie zastosowanie także w innych projektach badawczych z dziedziny inżynierii biomedycznej, a być może przyspieszy ich rozwój wprowadzając pewną systematykę i otwarty standard badań na poziomie sprzętu i protokołów pomiędzy współpracującymi grupami naukowymi.

Zakres prac w ramach Grantu Rektorskiego 2010

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Czym jest
Brain
Computer
Interface?

Podstawowe
problemy w
badaniach
BCI

**Zakres prac w
ramach
Grantu
Rektorskiego
2010**

Realizacja

Przyszłość

- Rozpoznanie istniejących rozwiązań BCI
 - komercyjnych
 - niekomercyjnych
- pozyskanie otwartych rozwiązań programowych (BCI2000, OpenVibe, ...) i sprzętowych (OpenEEG)
- stworzenie własnych rozwiązań od podstaw lub rozwijając istniejące systemy
- odniesienie parametrów własnych konstrukcji do istniejących rozwiązań
- określenie planów dalszych badań

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Realizacja

Istniejące
rozwiązania
komercyjne

Istniejące
rozwiązania
otwarte

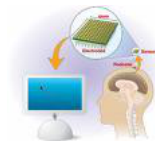
Własne
konstrukcje

Przyszłość

2 Realizacja

- Istniejące rozwiązania komercyjne
- Istniejące rozwiązania otwarte
- Własne konstrukcje

- Prywatna firma amerykańska skupiająca się na (działających!) inwazyjnych interfejsach neuronowych (ang. Neural Interface) mających pomóc głównie osobom niepełnosprawnym.



- Posiada szereg patentów związanych z działalnością komercyjną i badawczą.
- Wykupuje rozwiązania, patenty i firmy z branży.
- Rosnący gigant cybernetyki?!

¹<http://www.braingate.com/>

Rodzina urządzeń g.Tec Guger Technologies²

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Realizacja

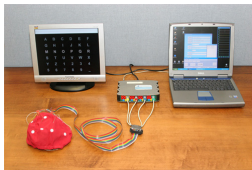
**Istniejące
rozwiązania
komercyjne**

Istniejące
rozwiązania
otwarte

Własne
konstrukcje

Przyszłość

- Australacka firma, producent urządzeń biomedycznych przeznaczonych do nieinwazyjnego odbioru, wizualizacji i przetwarzania sygnałów bioelektrycznych.



- Systemy g.Tec od przyjęły się jako sprzęt referencyjny.
- Pojawienie się w ofercie sprzętu do badań inwazyjnych świadczy o dynamicznym rozwoju firmy i dziedziny.
- Są to bardzo drogie urządzenia (powyżej 80kEUR). Staramy się uzyskać do nich dostęp/finansowanie.

²<http://www.gtec.at/>

Urządzenia NeuroSky³ i Emotiv⁴

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Realizacja

Istniejące
rozwiązania
komercyjne

Istniejące
rozwiązania
otwarte

Własne
konstrukcje

Przyszłość

- Niedrogie gadżety stylowane na interfejsy BCI, współpracujące z innymi gadżetami lub zabawkami.



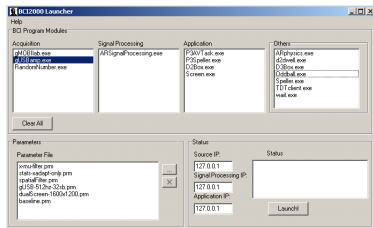
- Budzą zastrzeżenia co do skuteczności i mechanizmów funkcjonowania (np. suche elektrody rozmieszczone na czole).
- Firma NeuroSky pośredniczy we wdrażaniu produktów młodych naukowców przez duże firmy (Tosiba, Mattell, ...)

³<http://www.neurosky.com/>

⁴<http://www.emotiv.com/>

System BCI2000⁵

- Najbardziej znane na świecie środowisko programistyczne do prac w dziedzinie BCI



- Pozwala na akwizycję, przetwarzanie i prezentację sygnałów pomiędzy modułami.
- Dostęp do programu możliwy po uprzedniej pisemnej deklaracji o niestosowaniu rozwiązania komercyjnie.

⁵<http://www.bci2000.org/>

OpenEEG NeuroServer⁶ i BrainBay⁷

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Realizacja

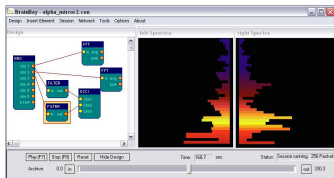
Istniejące
rozwiązania
komercyjne

Istniejące
rozwiązania
otwarte

Własne
konstrukcje

Przyszłość

- NeuroServer stanowi warstwę abstrakcji pomiędzy programami wysokiego poziomu a sterownikami fizycznego urządzenia przesyłając dane pomiarowe z wykorzystaniem komunikacji sieciowej.



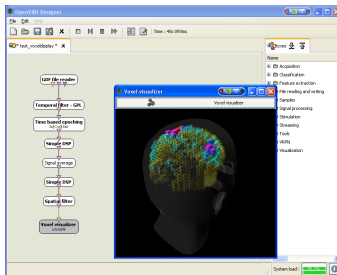
- BrainBay jest modularnym systemem przetwarzania i wizualizacji sygnałów, w którym poszczególne funkcje przedstawiają bloki połączone liniami/sygnałami.

⁶<http://openeeg.sf.net/>

⁷<http://www.shifz.org/brainbay/>

OpenViBE⁸ i rzeczywistość wirtualna

- Rozpoczęty w 2006 roku francuski projekt ma na celu stworzenie wirtualnego środowiska do badań nad BCI.



- Całkowicie darmowy (licencja GPL), dobrze udokumentowany i wieloplatformowy (Windows, Linux).
- Posiada znakomite wsparcie dla istniejących urządzeń pomiarowych EEG/BCI/Neurofeedback.

⁸<http://openvibe.inria.fr/>

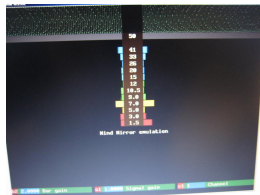
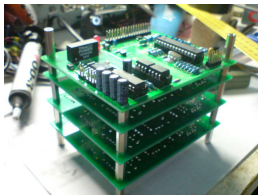
- Najpopularniejsze na świecie, tanie i otwarte urządzenie przeznaczone do pomiarów EEG.



- Współpracuje z większością otwartych programów BCI/Neurofeedback.
- Prosta konstrukcja sprzed 8 lat, ma szereg wad, głównie podatności na zakłócenia (np. z sieci energetycznej 50Hz).

⁹<http://openeeg.sf.net/>

- Dzięki funduszom Grantu zakupiliśmy
 - elementy pozwalające na zbudowanie dwóch urządzeń OpenEEG – wyposażonych w 2 i 6 kanałów pomiarowych
 - wyposażenie pomiarowe – po 5 elektrod grzybkowych i miseczkowych, 2 czepki, pasty 1020.

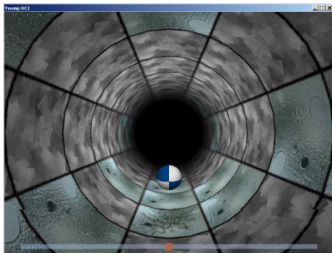


- Pojawiła się więc realna możliwość wykonania pomiaru EEG względem której mogliśmy odnieść dalsze badania i tworzone prototypy.

¹⁰<http://openeeg.sf.net/>

Własny moduł wizualizacji BCI2000

- Stworzyliśmy moduł wizualizacji w postaci gry komputerowej, w której użytkownik za pomocą amplitudy fali alfa steruje wychyleniem piłeczki skaczącej w tunelu 3D (bazując na grze Yoomp z 8-bitowego komputera Atari).



- Gra może działać samodzielnie lub pobierać sygnały sterujące z systemu BCI2000 z wykorzystaniem komunikacji sieciowej.

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Realizacja

Istniejące
rozwiązania
komercyjne

Istniejące
rozwiązania
otwarte

**Własne
konstrukcje**

Przyszłość

Sztuczna sieć neuronowa i sygnał EEG

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Realizacja

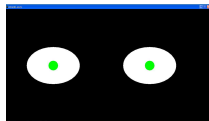
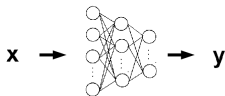
Istniejące
rozwiązania
komercyjne

Istniejące
rozwiązania
otwarte

Własne
konstrukcje

Przyszłość

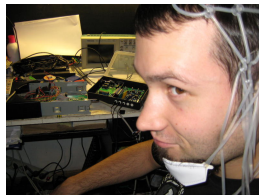
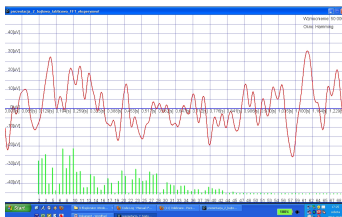
- Stworzyliśmy sztuczną sieć neuronową potrafiącą „nauczyć się” rozpoznawania pewnych cech zawartych w sygnale EEG (np. aktywność ośrodka wzroku dla oczu otwartych i zamkniętych).



- Sieć musiała być „uczona z nadzorem” indywidualnie pod użytkownika.
- Będziemy próbowali stworzyć sieć potrafiącą rozpoznawać bardziej złożone sytuacje/pobudzenia.

Urządzenie do prowadzenia treningu Neurofeedback

- Stworzyliśmy niedrogie i skuteczne urządzenie do pomiaru sygnałów biologicznych, w szczególności EEG, do zastosowań w systemach sprzężenia zwrotnego biologicznego z siecią neuronową mózgu.



- Zastosowanie przemyślanego systemu sprzężeń zwrotnych w celu aktywnej filtracji zakłóceń zewnętrznych sprawia, że urządzenie znacznie wyprzedza parametrami system OpenEEG i z powodzeniem może być stosowane w warunkach domowych bez konieczności ekranowania systemu.

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Realizacja

Istniejące
rozwiązania
komercyjne

Istniejące
rozwiązania
otwarte

Własne
konstrukcje

Przyszłość

Aktywność Biofeedback w sygnale EEG

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Realizacja

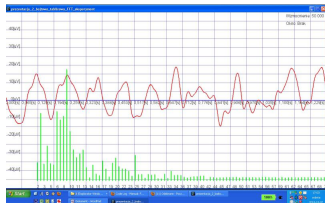
Istniejące
rozwiązania
komercyjne

Istniejące
rozwiązania
otwarte

Własne
konstrukcje

Przyszłość

- Systemy audiowizualnego sprzężenia zwrotnego wykorzystywane w kursach szybkiej nauki języków obcych faktycznie wpływają na rodzaj aktywności mózgu wyraźnie zwiększając amplitudę fal alfa, co dało się zauważyć na przebiegu EEG.



- Zamierzamy sprawdzić subiektywną skuteczność tego typu metody projektując kurs nauki alfabetu Morse'a.

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Realizacja

Przyszłość

Prezentacja
wyników i
osiągnięć
Podprojekty
BCI w trakcie
realizacji

- 3 Przyszłość
 - Prezentacja wyników i osiągnięć
 - Podprojekty BCI w trakcie realizacji

Festiwal Nauki 2010, Piknik Kół Naukowych PW

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

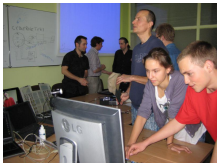
Realizacja

Przyszłość

Prezentacja
wyników i
osiągnięć

Podprojekty
BCI w trakcie
realizacji

- Wyniki naszych prac przedstawiliśmy na Festiwalu Nauki 2010 oraz Pikniku Kół Naukowych PW koordynowanym przez członka SKNC i RKN.



- Zostaliśmy bardzo mile zaskoczeni dużą frekwencją i żywym zainteresowaniem uczestników.

CeDeROM BCI

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

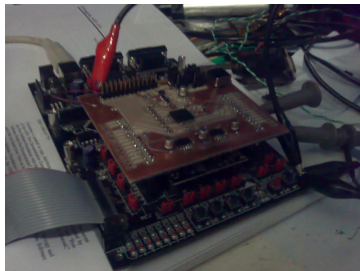
Realizacja

Przyszłość

Prezentacja
wyników i
osiągnięć

Podprojekty
BCI w trakcie
realizacji

- CeDeROM BCI to projekt, którego celem jest stworzenie **od podstaw** platformy akwizycji i przetwarzania sygnałów biologicznych, w szczególności sygnałów elektrycznej aktywności mózgu.



- W realizacji projektu wykorzystane są jedynie niedrogie elementy elektroniczne COTS, oraz darmowe narzędzia programistyczne Open-Source GNU i BSD.

USB 2.0

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

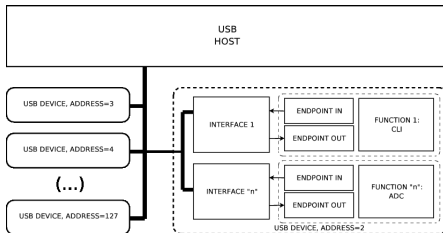
Wstęp

Realizacja

Przyszłość

Prezentacja
wyników i
osiągnięć
Podprojekty
BCI w trakcie
realizacji

- Opanowanie sprzętowych kontrolerów, struktury oraz stosu USB 2.0 otwiera możliwości tworzenia dedykowanych urządzeń opartych o tą popularną magistralę szeregową.



- USB jednak jest magistralą kłopotliwą, nie mającą w pełni sprawnego i spójnego API po stronie różnych systemów operacyjnych, dlatego w dalszych pracach składniamy się do stosowania sieci Ethernet i stosu TCP/IP.

BCIOP: Brain Computer Interface Open Protocol¹¹

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

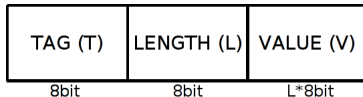
Realizacja

Przyszłość

Prezentacja
wyników i
osiągnięć

Podprojekty
BCI w trakcie
realizacji

- BCIOP to propozycja kompaktowego standardu wymiany informacji pomiędzy urządzeniami klasy BCI lub innym sprzętem medycznym a komputerem sterującym.
- Pakiet zbudowany jest na zasadzie TLV (Tag Length Value), tj. pierwszy oktet (T) mówi o przeznaczeniu pakietu, drugi oktet (L) mówi o długości danych, a kolejne oktety (V) zawierają transportowany ładunek informacyjny o długości $L \cdot 8\text{bit}$.



- Pakiety podzielone są na dwa typy – sterujące urządzeniem i transportujące dane. Pakiet o $L=0$ to zapytanie, pakiet o $L \neq 0$ to odpowiedź na wcześniejsze zapytanie.

¹¹<http://bciop.sf.net>

Import danych do środowiska Matlab

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Realizacja

Przyszłość

Prezentacja
wyników i
osiągnięć
Podprojekty
BCI w trakcie
realizacji

- Praca z sygnałami pochodzącymi z urządzenia polega w dużej mierze na obróbce numerycznej.
- Autorskie urządzenie, które nie ma zaimplementowanego standardowego protokołu (np. GPIB), napotyka na problem wczytywania danych bez użycia komercyjnych Toolbox'ów. Co gorsza takie Toolbox'y nie istnieją, trzeba je więc stworzyć samemu!
- Odkryliśmy więc sprytną metodę na wykonanie takiego zadania – dane mogą zostać przetransportowane do środowiska Matlab z użyciem mechanizmów bibliotek dynamicznych – funkcje obsługujące urządzenie można opakować w plik *.so lub *.dll tworząc własny sterownik urządzenia. Dane zwracane przez funkcje mogą być wynikami pomiarów lub rezultatem wykonania poleceń przez urządzenie.

Implementacja BCI całkowicie w strukturze FPGA

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Realizacja

Przyszłość

Prezentacja
wyników i
osiągnięć

Podprojekty
BCI w trakcie
realizacji

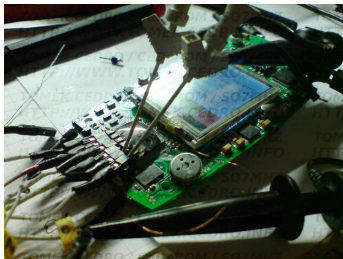
- Na układzie FPGA firmy Xilinx zaimplementowana została już prosta gra PONG.



- Należy opracować płytkę ADC pasującą do złączy i sygnałów modułu FPGA, a także osadzić w układzie system wbudowany i dedykowany filtr cyfrowy.

Otwarta implementacja Serial Wire Debug

- W trakcie opracowania jest otwarta implementacja Serial Wire Debug (alternatywa JTAG dla układów ARM-Cortex), tworząc możliwość budowania mobilnych rozwiązań BCI.



- Na stronie projektu¹² wkrótce pojawi się dokumentacja i kod źródłowy biblioteki, która w dodatku zintegrowana będzie z takimi programami jak UrJTAG czy OpenOCD.

¹²<http://libswd.sf.net>

Zapraszamy do współpracy!

SKNC PW
BCI

Studenckie
Koło
Naukowe
Cybernetyki
PW

Wstęp

Realizacja

Przyszłość

Prezentacja
wyników i
osiągnięć
Podprojekty
BCI w trakcie
realizacji

Dziękujemy za uwagę, Zapraszamy do współpracy!

<http://cyber.ise.pw.edu.pl>

prof. nzw. dr hab. Antoni GRZANKA (opiekun naukowy), inż. Tomasz Bolesław CEDRO (koordynator/bci), inż. Adrian BYSZUK (łącność), inż. Krzysztof CHOJNOWSKI (sieci neuronowe), inż. Janusz FRĄCZEK (neurofeedback/eeg), lct. Ryszard GOMÓŁKA (neuroanatomia/medycyna), Grzegorz LESZEK (sieci neuronowe), Piotr TĄKIEL (programowanie/bci2000), mgr inż. Tomasz KAMIŃSKI (sygnały biologiczne), mgr inż. Agnieszka MAŁKIEWICZ (sygnały biologiczne)