



URZĄDZENIA STEROWANE MYŚLĄ W OTOCZENIU OSOBY NIEPEŁNOSPRAWNEJ

Instrukcja instalacji

Wersja 1.0

Warszawa, listopad 2018

Urządzenia sterowane myślą w otoczeniu osoby niepełnosprawnej Instrukcja instalacji

Historia dokumentu	3
Wstęp	3
Cel dokumentu	4
Ogólny opis rozwiązania	4
Środowisko pracy	6
Kontroler EEG	6
Konfiguracja kontrolera EEG	7
Trening poleceń mentalnych	7
Program MentalControl	8
Wysyłanie wiadomości	11
Zapalanie światła	13
Sterowanie łóżkiem	15
Spis elementów	17
Schemat	18
Sterowanie robotem	19
Załącznik 1. Lista oprogramowania	21

Urządzenia sterowane myślą w otoczeniu osoby niepełnosprawnej

Instrukcja instalacji

Historia dokumentu

Wersja	Data	Autor	Opis zmian
1.0	2018-11-15	Jacek Sztajnke, Jarosław Staniek	Pierwsza wersja dokumentu

Wstęp

Cel dokumentu

Niniejszy dokument opisuje instalację i sposób użycia aplikacji powstałych w wyniku projektu “Urządzenia sterowane myślą w otoczeniu osoby niepełnosprawnej”. Dokument adresowany jest do osób posiadających umiejętność programowania w języku C++ z użyciem biblioteki Qt, umiejętność uruchamiania poleceń z linii komend w systemie Linux oraz konfigurowania komputerów jednopłytkowych Raspberry Pi.

Rozwiązanie jest tworzone jako innowacja społeczna w ramach grantu udzielonego przez Inkubator Innowacji Społecznych Wielkich Jutra.

Ogólny opis rozwiązania

Najważniejszym objawem chorób nerwowo-mięśniowych (potocznie zwanych zanikiem mięśni) jest utrata kontroli mięśni przy zachowaniu funkcji poznawczych. Prowadzi to do różnego rodzaju niedoborów czynnościowych, w tym utraty zdolności do obsługi urządzeń wymagających użycia konwencjonalnych interfejsów takich jak pilot, mysz, klawiatura lub ekran dotykowy. Osoby chore napotykają szereg ograniczeń w użytkowaniu urządzeń codziennego użytku od zapalania światła w pokoju, po obsługę komputera i smartphona, a nawet w użytkowanie urządzeń przeznaczonych dla osób niepełnosprawnych jak wózki elektryczne i łóżka ortopedyczne. Konstrukcja każdego z tych urządzeń zakłada choćby minimalne możliwości ruchu ręką i palcami. Elektryczne łóżka ortopedyczne posiadają piloty z przyciskami (od 6-ciu do 10-ciu), elektryczne wózki inwalidzkie sterowane są joystickami lub przyciskami. Dla osób cierpiących na zanik mięśni w zaawansowanym stadium, tego typu sterowanie przekracza ich możliwości. Wydaje się, że idealne sterowanie dla tych osób to sterowanie bez przycisków.

Sterowanie mentalne – system poleceń wydawane przez użytkownika do komputera lub urządzenia jedynie myślą, wykorzystuje odczyt fal mózgowych EEG (cykle aktywności

Urządzenia sterowane myślą w otoczeniu osoby niepełnosprawnej Instrukcja instalacji

bioelektrycznej mózgu rejestrowane za pomocą aparatury elektroencefalograficznej). Charakterystycznym częstotliwościom fal mózgowych, oznaczanym za pomocą nazw liter alfabetu greckiego odpowiadają w dużym stopniu stany świadomości człowieka). Na rynku dostępne są już urządzenia (zwane dalej kontrolerami EEG) pozwalające na odczyt fal mózgowych z wbudowanym algorytmem pozwalającym na wywołanie określonych komend mentalnych. W dużym uproszczeniu kontroler EEG to zestaw elektrod montowanych na głowie i podłączonych przewodowo lub bezprzewodowo (np. protokołem Bluetooth) do komputera PC. Użytkownik po krótkim treningu z użyciem specjalnej aplikacji może generować polecenia dla komputera samymi myślami. Dla osób nie mogących poruszać rękami i palcami ten typ sterowania daje ogromną szansę na samodzielną kontrolę urządzeń i samodzielną pracę na komputerze bez pomocy osób trzecich. W razie potrzeby osoba niepełnosprawna będzie mogła również wysłać wiadomość tekstową do opiekuna z prośbą o pomoc.

Technologia sterowania mentalnego jest potencjalnie idealna do zastąpienia klawiatury i myszki dla osób z porażeniem rąk. Idąc dalej wydaje się możliwe wdrożenie tej technologii do sterowania urządzeniami domowymi, jak zapalanie światła, wysyłanie wiadomości tekstowych do osób bliskich, sterowanie położeniem elektrycznego łóżka ortopedycznego.

Celem innowacji jest zbadanie możliwości wykorzystania systemu sterowania mentalnego dla grupy osób chorych na zanik mięśni, a także z niedowładem czterokończynowym (paraliż, tetraplegia itp.). W niniejszym projekcie wykonano połączenie kontrolera EEG z prostymi urządzeniami domowymi – zapalanie i gaszenie światła, wysyłanie wiadomości tekstowych oraz sterowanie łóżkiem ortopedycznym oraz do zdalnie sterowanego jeżdżącego robota.

Środowisko pracy

Oprogramowanie działa w systemie Windows 7 oraz Windows 10. Moduły GUI przygotowano z użyciem biblioteki Qt 5.7. Instalator Qt na licencji GPL3 i LGPL można pobrać z adresu <https://www.qt.io/download-qt-installer>.

Kontroler EEG

Jako kontroler EEG wykorzystano urządzenia Emotiv Insight i EPOC+. Cechą wyróżniającą urządzenia Emotiv na tle konkurencji jest nacisk na rozwój funkcji Brain-Computer Interface (BCI) zapewniony przez samego producenta. Insight oferuje 7 kanałów poleceń, dla bardziej zaawansowanych aplikacji zaleca się EPOC+ zapewniający 14 kanałów. Istotną cechą urządzeń Emotiv jest również fakt, że posiadają SDK dla Linuksa. Więcej o BCI w wydaniu Emotiv <https://www.emotiv.com/brain-controlled-technology/>



Emotiv EPOC+



Emotiv Insight

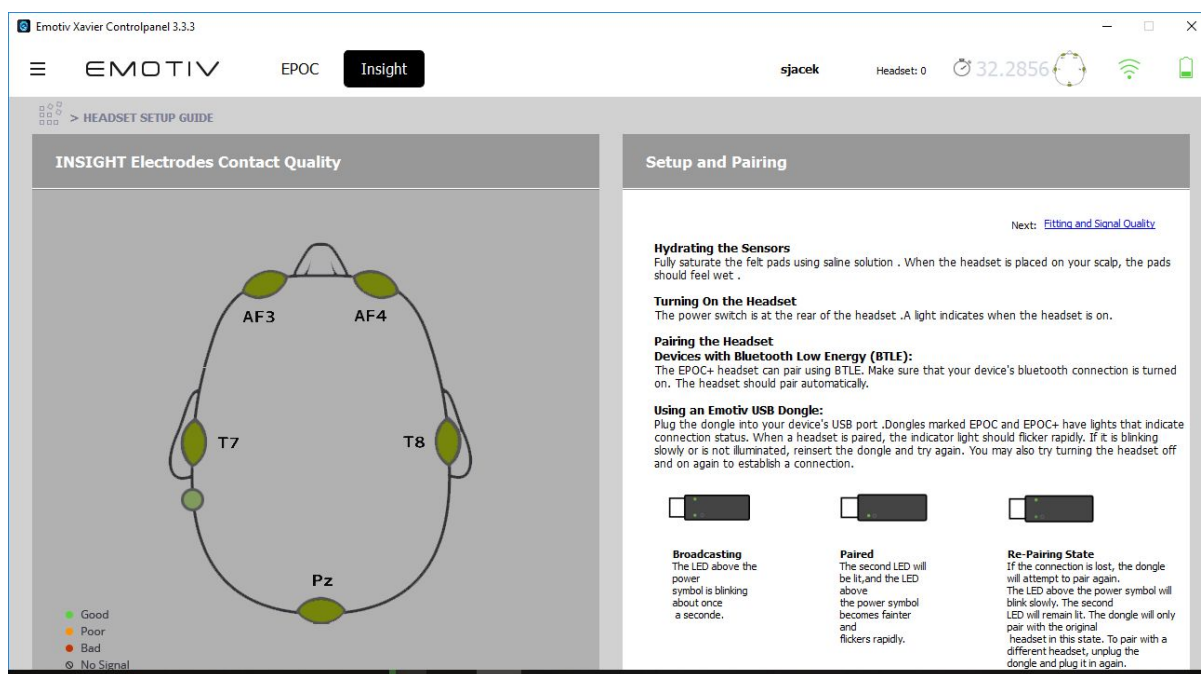
Konfiguracja kontrolera EEG

Aby oprogramowanie poprawnie współpracowało z urządzeniami Emotiv, niezbędna jest instalacja programu Emotiv Xavier ControlPanel, który pobrać można bezpłatnie ze sklepu

Urządzenia sterowane myślą w otoczeniu osoby niepełnosprawnej

Instrukcja instalacji

Emotiv <https://www.emotiv.com/product-category/application>. Kontrolery EPOC+ i Insight łączą się bezprzewodowo za pomocą bluetooth. Emotiv Xavier ControlPanel wykryje podłączone urządzenie, którego nazwa pokaże się na czarnym tle w górnym pasku okna.



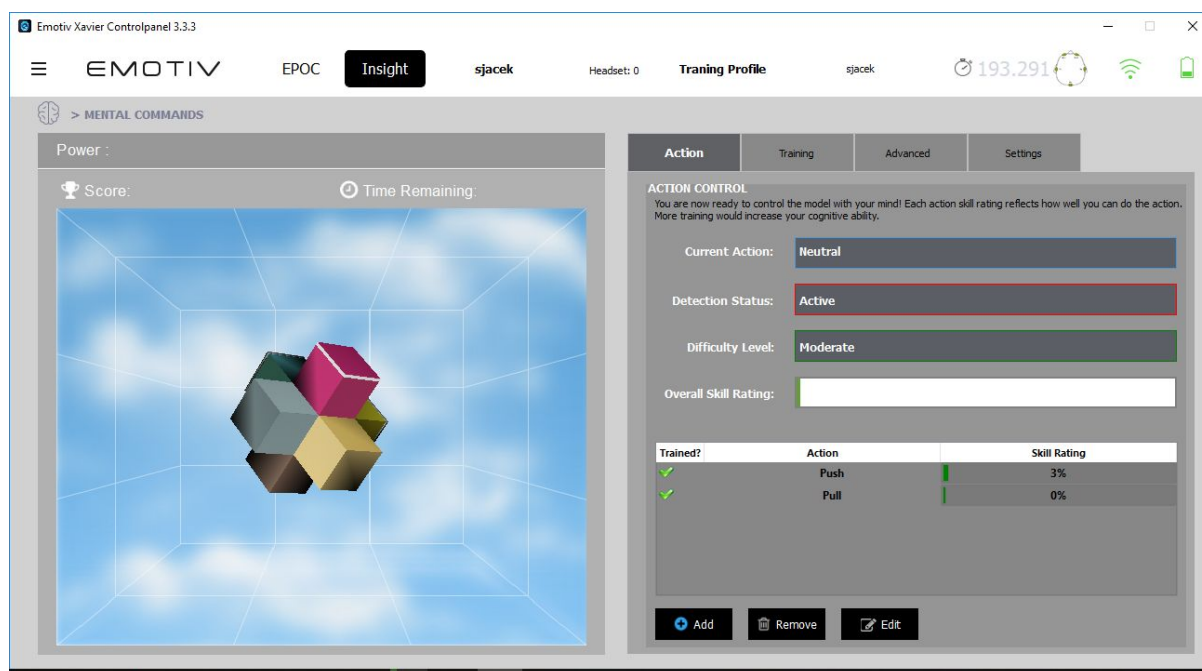
Trening poleceń mentalnych

Urządzenia Emotiv wymagają treningu wydawania poleceń mentalnych. Trening należy przeprowadzić dla każdej osoby chcącej sterować urządzeniami za pomocą fal mózgowych. Trening to proces, kiedy uczymy się koncentrować na wydawanych poleceniach mentalnych, ale również program uczy się naszych fal mózgowych. Odczytane wartości fal mózgowych są zapisywane przez program w pliku profilu użytkownika zapisywane w katalogu C:\ProgramData\Emotiv.

Trening dostępny jest w programie Emotiv Xavier ControlPanel w menu Detections->Mental Commands. Niniejsze rozwiązanie wykorzystuje 4 polecenia mentalne: push, pull, left, right. Xavier ControlPanel przeprowadzi trening poleceń na bryle zawieszonyj w przestrzeni.

Urządzenia sterowane myślą w otoczeniu osoby niepełnosprawnej

Instrukcja instalacji



Program MentalControl

W trakcie projektu wytworzono program MentalControl pełniący funkcję centrali sterującej urządzeniami. Głównym zadaniem programu jest odbierać polecenia mentalne z kontrolera EEG i sterowanie wybranym urządzeniem.

Konfiguracja MentalControl zapisana jest w pliku mentalcontrol.ini, który znajduje się w katalogu razem z plikiem uruchamialnym mentalcontrol.exe. W pliku można wyróżnić 5 sekcji parametrów - sekcję główną oraz sekcje urządzeń. W sekcji głównej należy sprawdzić ścieżkę do pliku profilu w parametrze EmotivUserProfilePath. Pozostałe sekcje zostaną opisane w dalszych rozdziałach.

```
# sekcja główna
EmotivMentalControl=true
EmotivUserProfilePath=c:/ProgramData/Emotiv/Profil.emu
EmotivMentalActionTry=3
EmotivMentalActionMinPower=0.1
EmotivMentalPushActionMinTime=2.0
```

Urządzenia sterowane myślą w otoczeniu osoby niepełnosprawnej

Instrukcja instalacji

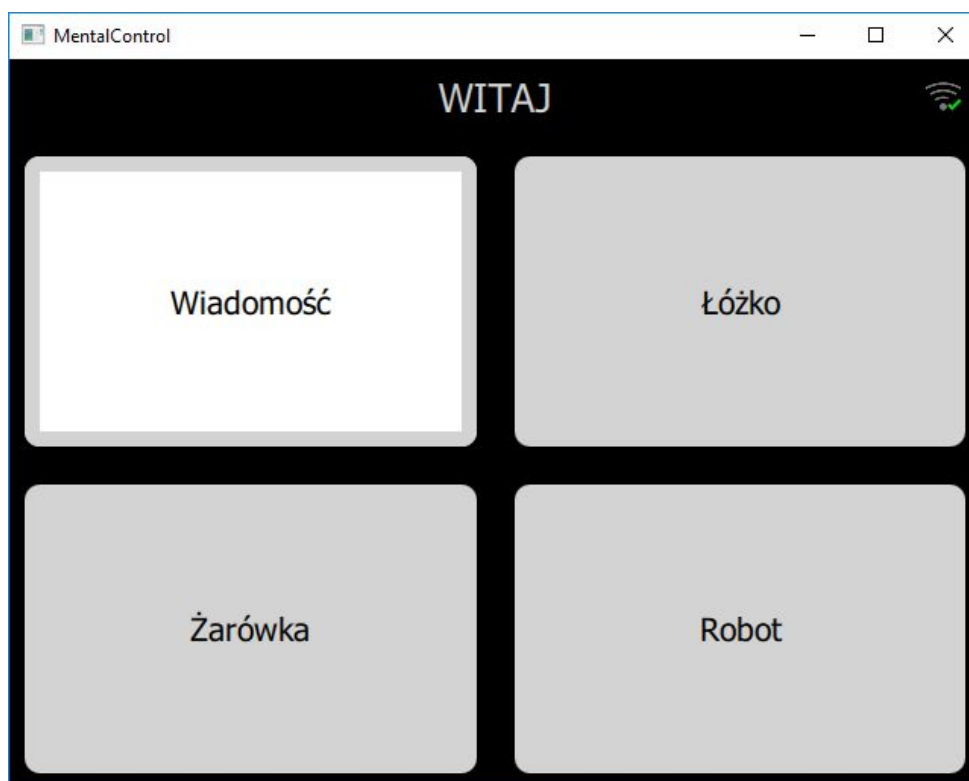
```
EmotivMentalPullActionMinTime=2.0  
EmotivMentalLeftRightActionMinTime=3.0
```

```
# sekcja Wysyłanie wiadomości  
JabberReceiver=mental@jabberpl.org  
JabberSender=mental2@jabberpl.org  
JabberSenderPassword=mentalpwd  
JabberResource=MentalControl
```

```
# sekcja Żarówka  
LifxId=d073d52269f3  
LifxToken=cfc1781ae6c573d1ae6e4f70b8b37b7d7ca6440e3eba70dddee63c3b8e5f859a
```

```
# sekcja Łóżko  
BedServer=192.168.1.100:8000
```

```
# sekcja Robot  
RobotServer=192.168.1.100:8000
```



Urządzenia sterowane myślą w otoczeniu osoby niepełnosprawnej

Instrukcja instalacji

Oprócz korzystania z poleceń mentalnych, program MentalControl pozwala na wykonywanie poleceń za pomocą kliknięć myszy. Podświetlenie wybranego przycisku zmieniać można też z pomocą klawiszy strzałek, a naciśnięcie przycisku z pomocą klawisza Enter lub spacji. Dzięki temu jest możliwa obsługa programu np. przez opiekuna w przypadku, gdy polecenia mentalne nie są poprawnie skonfigurowane lub są problemy z połączeniem ze urządzeniem Emotiv.

Wysyłanie wiadomości



Funkcja “Wysyłanie wiadomości” umożliwia wysłanie wiadomości tekstowej za pomocą poleceń mentalnych do opiekuna. Opiekun może odebrać wiadomość na swoim smartfonie lub na komputerze. Wysyłanie wiadomości wykorzystuje usługi komunikacji błyskawicznej Jabber, który oparty jest na protokole komunikacji natychmiastowej XMPP¹.

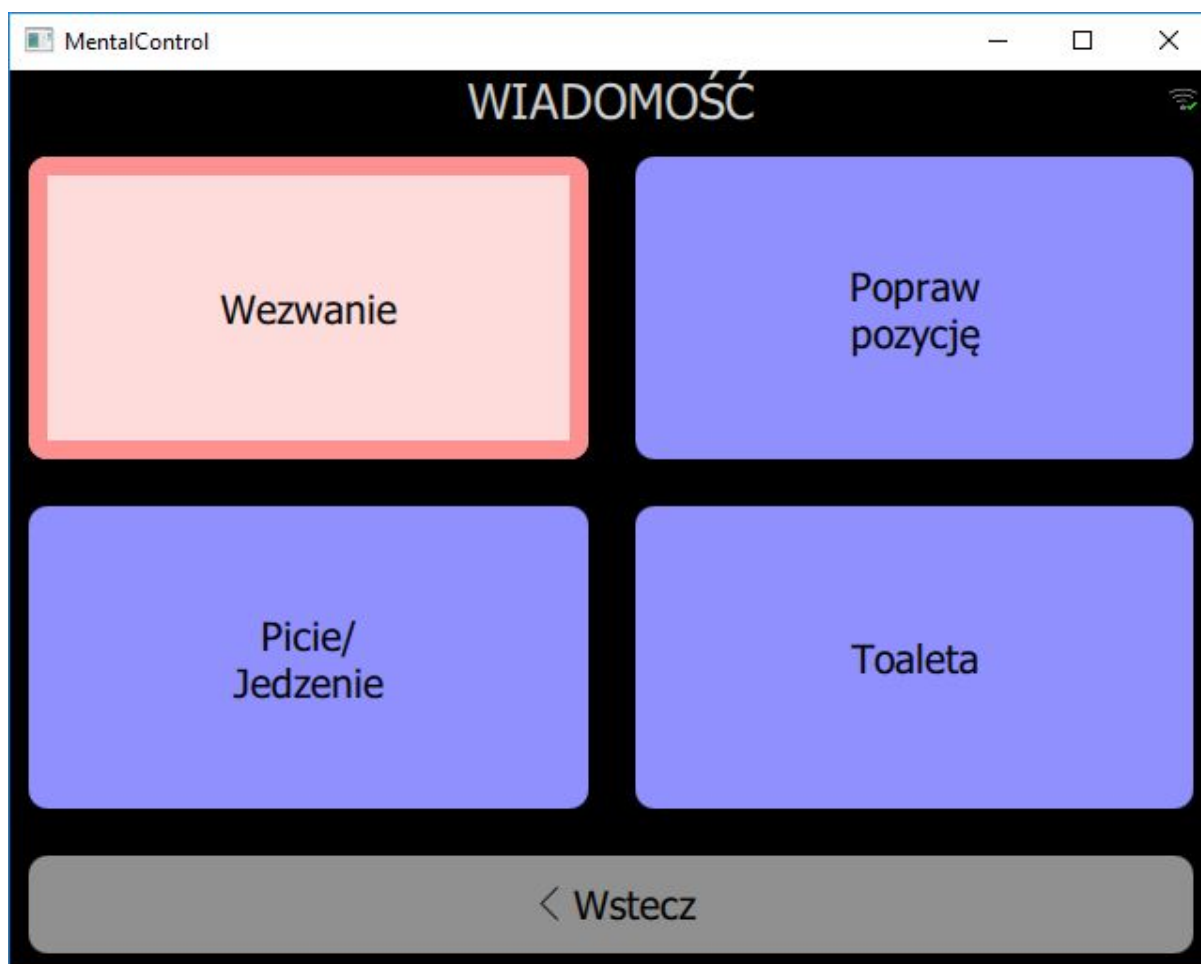
Zarówno opiekun-odbiorca jak i nadawca muszą posiadać konto zarejestrowane na serwerze Jabbera. W Internecie jest dostępnych wiele serwisów oferujących bezpłatne konta Jabber, lista publicznych serwerów jest dostępna pod adresem <https://list.jabber.at/>.

¹ <https://xmpp.org>

Urządzenia sterowane myślą w otoczeniu osoby niepełnosprawnej

Instrukcja instalacji

Oprogramowanie zawiera moduł klienta Jabbera. Osoba niepełnosprawna może wybrać z listy wcześniej przygotowane komunikaty do wysłania na konto opiekuna. Opiekun może odbierać komunikaty na swoim smartfonie lub na komputerze.



Konfiguracja klienta Jabber zapisana jest w pliku mentalcontrol.ini w sekcji “Wysyłanie wiadomości”:

```
# sekcja Wysyłanie wiadomości  
JabberReceiver=mental@jabberpl.org  
JabberSender=mental2@jabberpl.org  
JabberSenderPassword=mentalpwd  
JabberResource=MentalControl
```

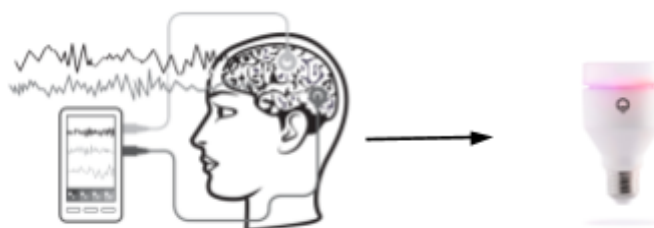
Urządzenia sterowane myślą w otoczeniu osoby niepełnosprawnej

Instrukcja instalacji

- JabberReceiver to Jabber ID odbiorcy komunikatów
- JabberSender to Jabber ID nadawcy komunikatów
- JabberSenderPassword to hasło konta Jabber nadawcy komunikatów
- JabberResource to nazwa zasobu Jabber używanego do komunikacji w obrębie MentalControl, zalecany jest osobny zasób, nie używany do innych celów i przez osoby nieuprawnione, w przeciwnym przypadku wszystkie one będą one otrzymywać wysyłane wiadomości

W programie wykorzystano bibliotekę qxmpp (<https://github.com/qxmpp-project/qxmpp>) implementującą klienta XMPP.

Zapalanie światła



W niniejszym projekcie zastosowano żarówkę LIFX <https://www.lifx.com/>

Przed uruchomieniem MentalControl z żarówką LIFX, należy uzyskać id i token żarówki zgodnie z instrukcją na stronie producenta <https://api.developer.lifx.com/docs/authentication> i tam. Otrzymane parametry zapisujemy w pliku mentalcontrol.ini w sekcji Żarówka

sekcja Żarówka

LifxId=d073d52269f3

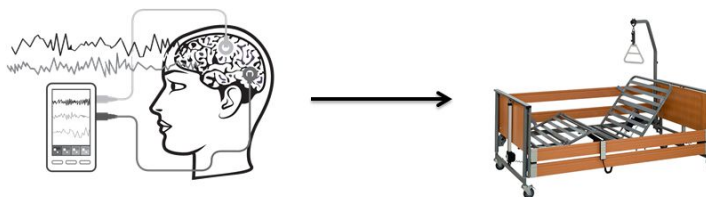
LifxToken=cfc1781ae6c573d1ae6e4f70b8b37b7d7ca6440e3eba70dddee63c3b8e5f859a

Urządzenia sterowane myślą w otoczeniu osoby niepełnosprawnej

Instrukcja instalacji



Sterowanie łóżkiem



Łóżko zastosowane do testów w projekcie to model Vermeiren Luna 2. Zastosowany model pozwala na regulację za pomocą pilota:



- regulacji wysokości łóżka (góra / dół)
- regulacji wysokości zagłówka (góra / dół)
- regulacji wysokości odnóżka - leże (góra / dół)
- regulacji pochylecia kąowego łóżka (tylko dół)

Na cele projektu został zbudowany interfejs elektroniczny zamieniający komunikaty z komputera na sygnały elektryczne dla siłowników łóżka, co umożliwiło zastąpienie pilota. Kontroler EEG komunikuje się z programem MentalControl poprzez interfejs Bluetooth komputera lub zewnętrzny dedykowany. Program MentalControl przesyła polecenia do interfejsu elektronicznego poprzez GPIO², a ten poprzez specjalnie zaprojektowaną

² GPIO - interfejs komunikacji pomiędzy elementami systemu komputerowego, takimi jak mikroprocesor czy różne urządzenie peryferyjne. Złącze GPIO jest instalowane w postaci pinów lutowanych bezpośrednio na płycie drukowanej.

Urządzenia sterowane myślą w otoczeniu osoby niepełnosprawnej Instrukcja instalacji

elektroniczną płytę przekaźników symuluje sygnały pilota. Płytkę jest połączona kablem bezpośrednio do siłowników łóżka. Dodatkowo na płytce umieszczono gniazdo do podłączenia standardowego pilota, co pozwala opiekunowi na sterowanie pilotem równoległe do użycia kontrolera EEG.



Pilot łóżka ortopedycznego z widocznymi przyciskami i symbolami poleceń

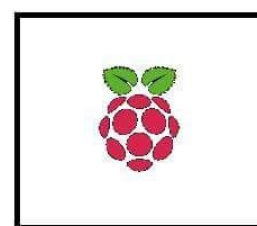
PROJEKT INTERFEJSU



PILOT



KARTA PRZEKAŹNIKÓW



KOMPUTER LUB INNE
URZĄDZENIE STERUJĄCE

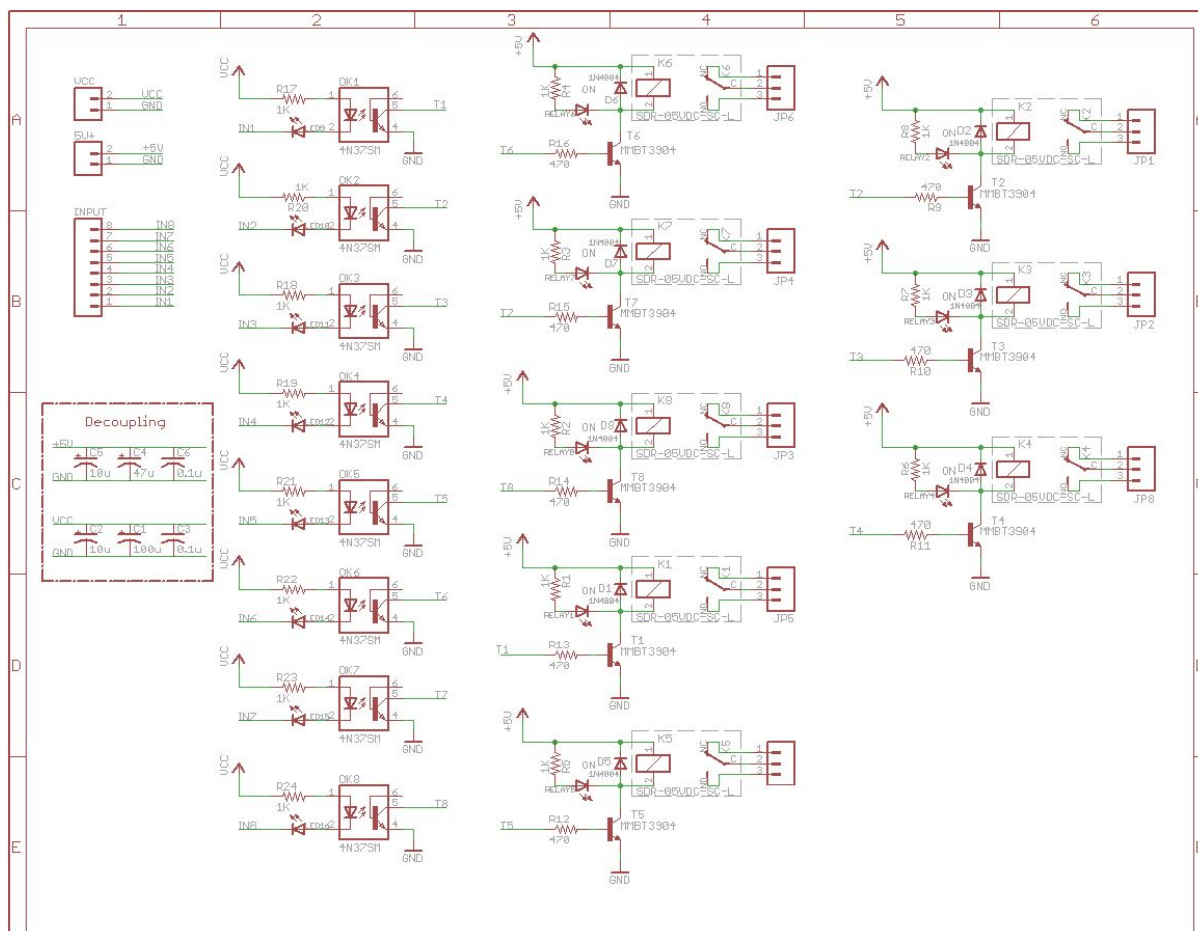
Urządzenia sterowane myślą w otoczeniu osoby niepełnosprawnej

Instrukcja instalacji

Spis elementów

Lp.	Nazwa	Liczba sztuk	Opis
1	Gniazdo RJ10	2	gniazdo
2	Wtyk RJ10	4	wtyk
3	Przewód 10 żył śr. 0.5 mm	2 metry	przewód
4	Moduł 8 przełączników	1	moduł gotowy

Schemat



Urządzenia sterowane myślą w otoczeniu osoby niepełnosprawnej

Instrukcja instalacji

Podłączenie modułu przekaźników do komputera Raspberry wymaga użycia 8 pinów GPIO oraz masy. Piny mogą być dowolne, w zależności które pozostaną do dyspozycji po podłączeniu do Raspberry wyświetlacza i ew. innych akcesoriów.

Pilot jest podłączony na zasadzie 1 przycisk - 1 przekaźnik. Ustawienie stanu wysokiego "1" na dany pin GPIO, powoduje włączenie przekaźnika i zwarcie podłączonego do niego przycisku. Tak długo jak pojawia się stan wysoki, tak długo "wciśnięty" jest przycisk.

Zastosowanie przekaźników umożliwia separację galwaniczną układu sterownika od instalacji łóżka, możliwość sterowania zarówno przez Raspberry jak i klasycznym pilotem oraz upraszcza znacząco konstrukcję układu wykonawczego i dostosowanie go do różnych standardów sterowania.

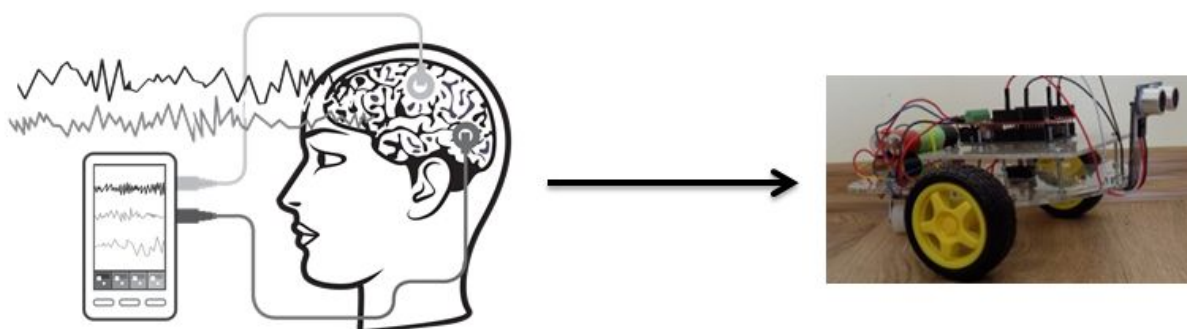
Konfiguracja obsługi łóżka jest zapisana w pliku mentalcontrol.ini w sekcji "Łóżko":

```
# sekcja Łóżko  
BedServer=192.168.1.100:8000
```

BedServer to adres IP v4 wraz z portem komputera Raspberry Pi, który jest pośrednikiem między programem MentalControl a elektroniką łóżka.

Raspberry łóżka powinien być uruchomiony przed włączeniem programu MentalControl. Wymagana jest konfiguracja sieci TCP/IP w Raspberry łóżka, tak by możliwy był ruch IP w kierunku komputer z MentalControl -> Raspberry łóżka.

Sterowanie robotem



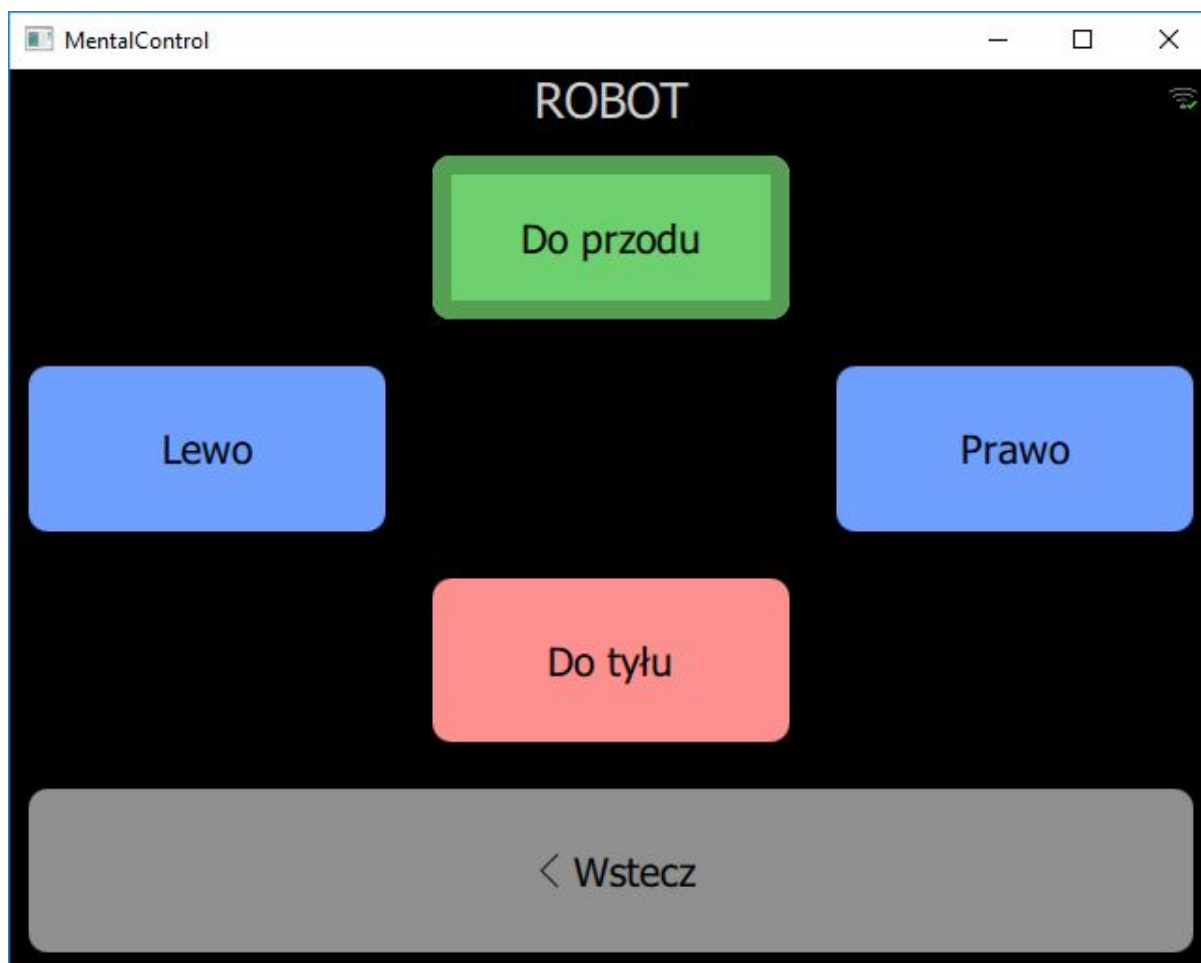
Specyfika sterowania robotem stawia tę funkcję na specjalnej pozycji w porównaniu do pozostałych funkcji sterowania. Zmiany ustawień łóżka rehabilitacyjnego, wysyłania wiadomości oraz zmian oświetlenia są poleceniami typu włącz/wyłącz, wyżej/niżej o jeden poziom, jaśniej/ciemniej. Istotna jest tylko kolejność wydawania tych poleceń, a nie odstępy czasu, w jakich są wydawane.

Sterowanie klasycznymi pojazdami takimi jak roboty czy drony odbywa się zaś *w funkcji czasu*, gdyż wiele poleceń jest wydawanych w trakcie ruchu robota. Taka cecha pozwoliła na poznanie i przetestowanie sprawności sterowania mentalnego stosowanego w przypadkach, gdy w grę wchodzi zależność czasowa. W trakcie testów możliwość sterowania tego typu została potwierdzona, jednak zdecydowano o zastąpieniu funkcji czasu poleceniami dyskretnymi, analogicznymi do tych już stosowanych np. w sterowaniu żarówką. Dzięki temu precyzja sterowania pojazdem nie zależy od refleksu osoby obsługującej urządzenie.

Na obecnym etapie projektu sterowanie robotem jest możliwe za pomocą 4-ch poleceń:

- jedź do przodu
- jedź do tyłu
- skreć w prawo

- skręć w lewo



Sekwencja wybranych poleceń pozwala np. na zawracanie robota, jednak w danym momencie wydawane jest jedno polecenie. Każde polecenie jak wspomniano, jest dyskretne, tzn. trwa określony czas.

Konfiguracja obsługi robota jest zapisana w pliku mentalcontrol.ini w sekcji "Robot":

```
# sekcja Robot  
RobotServer=192.168.1.101:8000
```

Urządzenia sterowane myślą w otoczeniu osoby niepełnosprawnej

Instrukcja instalacji

RobotServer to adres IP v4 wraz z portem komputera Raspberry Pi, który jest częścią robota i nim steruje w odpowiedzi na polecenia programu MentalControl.

Raspberry robota oraz sama elektronika robota powinny być uruchomione przed włączeniem programu MentalControl. Wymagana jest konfiguracja sieci TCP/IP w Raspberry robota, tak by możliwy był ruch IP w kierunku komputer z MentalControl -> Raspberry robota.

Załącznik 1. Lista oprogramowania

1. Emotiv Xavier Control Panel 3.3.3
<https://www.emotiv.com/product-category/applications/>
2. Qt 5.7 oraz QtCreator <https://www.qt.io/download-qt-installer>
3. Kod źródłowy qxmpp <https://github.com/qxmpp-project/qxmpp>
4. Raspbian GNU/Linux 8 <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/> -
zastosowany w komputerach Raspberry PI do obsługi łóżka oraz robota