



MOZAK – RAČUNAR INTERFEJS I NJEGOVA PRIMENA U UPRAVLJANJU DRONOM BRAIN-COMPUTER INTERFACE AND ITS APPLICATION IN DRONE CONTROL

Nikola Rogić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – BIOMEDICINSKO INŽENJERSTVO

Kratak sadržaj – U radu su detaljno objašnjeni osnovni principi BCI tehnologije odnosno interfejsa između mozga i računara kao i njegova primena u upravljanju dronom. Prikazan je AR Drone 2.0 i opisan je njegov princip rada kao i kontrola drona, i konačno uređaj Emotiv Insight dizajniran za BCI. Dat je opis softvera uređaja koji je dizajniran za ovaj uređaj kao i BCI200 platforma dizajnirana za razvoj otvorenog koda za upotrebu u istraživačke ili obrazovne svrhe u oblasti biomedicinskog inženjerstva.

Gljučne reči: Mozak,, Elektrokortikografija (ECoG), Elektroencefalografija (EEG), Brain-Computer Interface (BCI), AR Drone 2.0, Emotiv Insight, BCI200

Abstract – The paper explains in detail the basic principles of BCI technology, ie the interface between the brain and the computer, as well as its application in drone control. AR Drone 2.0 is shown and its working principle as well as drone control which is described, and finally the Emotiv Insight device designed for BCI. A description of the device software designed for this device as well as the BCI200 platform designed to develop open source for use for research or educational purposes in the field of biomedical engineering is given.

Keywords: Brain, Electrocorcography (ECoG), Electroencephalography (EEG), Brain-Computer Interface (BCI), AR Drone 2.0, Emotiv Insight, BCI200

1. UVOD

Mozak je najznačajniji deo centralnog nervnog sistema (CNS). Mozak upravlja svim vitalnim aktivnostima koje su neophodne kako bismo preživeli, kontroliše ljudske emocije i šalje i prima bezbroj signala od svih ostalih delova tela i spoljašnje sredine. Misao, jezik, ponašanje i motorička kontrola su sve funkcije mozga. Različiti delovi velikog mozga učestvuju u izvršavanju složenijih funkcija mozga. Duž srednje linije veliki mozak je podeljen na dve hemisfere: desnu i levu. Desna hemisfera zadužena je za kontrolisanje leve polovine tela i obrnuto. Glavna razlika između ove 2 hemisfere jeste u načinu na koji se obrađuju informacije pri čemu desna hemisfera obrađuje informacije istovremeno a leva sekvencijalno. Može se reći da je desna hemisfera uključena u osećanja i kreativnost a leva u snalaženje u prostoru, analiziranje i zaključivanje na osnovu datih informacija.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Platon Sovilj.

2. MOZAK – RAČUNAR INTERFEJS (BRAIN COMPUTER INTERFACE)

Mozak – računar interfejs (BCI) predstavlja tehnologiju koja prikuplja moždane signale, analizira ih i prevodi ih u naredbe koje se prenose na izlazne uređaje koji izvršavaju željene radnje. Ova tehnologija predstavlja dvosmernu komunikacijsku vezu između mozga i spoljašnjeg uređaja gde jedan pravac uključuje prenos moždanih aktivnosti na računar gde računar prevodi moždane aktivnosti u motoričke komande, dok drugi pravac uključuje slanje informacija direktno u mozak putem računara. BCI ne koriste normalne neuromuskularne izlazne puteve. Glavni cilj BCI je da zameni ili obnovi korisnu funkciju osobama sa invaliditetom zbog neuromuskularnih poremećaja poput amiotrofične lateralne skleroze, cerebralne paralize, moždanog udara ili povrede kičmene moždine.

Ova tehnologija ima mogućnost da omogući, ponovnu komunikaciju ili korišćenje pomoćnih uređaja u cilju hodanja ili manipulacije predmetima.

2.1. Elektrokortikografija ECoG

Elektrokortikografija (ECoG) je metoda BCI koja koristi električnu aktivnost kore mozga pomoću elektroda koje se direktno postavljaju na površinu mozga. Ovo je invazivna metoda snimanja koja predstavlja izuzetnu opasnost po zdravlju pacijenta. ECoG se često klinički koristi za mapiranje epileptogenih regiona mozga i olakšavanje hirurške ekscizije operabilnih fokalnih lezija. ECoG nizovi se privremeno postavljaju intraoperativno i uklanjaju se odmah ili nedugo nakon operacije određene lezije. Što se tiče upotrebe ECoG u sistemima BCI, naučnik Levine osmislio je BCI koji je klasifikovao motoričke akcije na osnovu identifikacije potencijala povezanih sa događajima koristeći ECoG.

2.2. Elektroencefalografija (EEG)

EEG je najčešće upotrebljavana dijagnostička metoda u neurologiji koja se zasniva na detektovanju električne aktivnosti mozga pomoću elektroda koje su postavljene na površinu mozga.

Osnova ove neinvazivne neurofiziološke metode jeste stalna promena potencijala na nivou membrane ganglijskih ćelija centralnog nervnog sistema. Promenu potencijala moguće je detektovati preko lobanje čoveka u vidu sinusoidne funkcije koja se naziva „ritam“. Primenom ove metode može se proceniti promena svesti a može se iskoristiti i za razlikovanje epileptičnih napada od drugih poremećaja.

Električna aktivnost mozga registruje se preko elektroda postavljenih na glavi prema standardnom 10-20 sistemu. Zavisno od prikazanih frekvencija na elektroencefalogramu, EEG aktivnost se klasifikuje kao delta (do 4 Hz po sekundi), teta (4 – 7 Hz), alfa (8 – 13 Hz), beta (13 – 30 Hz) ili gama (preko 30 Hz). Amplitude elektroencefalografije su uglavnom u rasponu od 10 do 100 mikrovolti i mere se od vrha do vrha talasa.

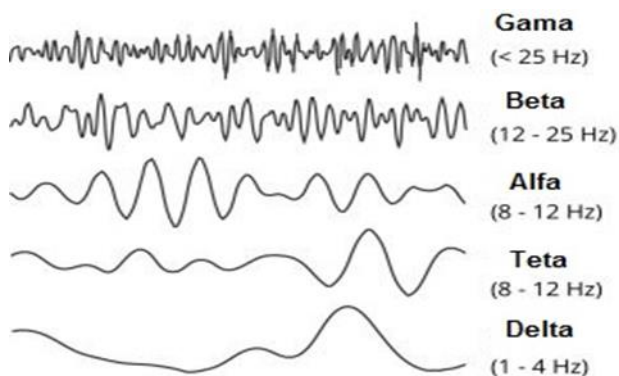
Alfa ritam (α) se javlja kada je ispitanik opušten sa zatvorenim očima, čim dođe do otvaranja očiju dolazi i do blokade ovog ritma. Ritam nije konstantan, pojavljuje se a nestaje nakon nekoliko sekundi samo da bi se odmah posle toga opet pojavio. Ova vrsta ritma se uglavnom povezuje sa budnim i opuštenim stanje.

Beta ritam (β) je ritam brzih talasa čije se vrednosti napona kreću od 5 do 30 mV. Ova vrsta ritma uglavnom je povezana sa aktivnim razmišljanjem, rešavanjem nekog konkretnog problema ili aktivnom prisebnošću.

Teta ritam (θ) je ritam čije vrednosti napona idu do 20 mV a koji se pojavljuje u parijetalnim i temporalnim regijama glave. Javlja se usled stresa, velikih razočaranja i frustracija izazvanih usled napetosti. U „normalnom“ EEG signalu teta ritam nije preterano zastupljen i njegove vrednosti ne prelaze 10%.

Delta ritam (δ) predstavlja ritam koji ima velike amplitude i niske frekvencije. Uobičajen je i vodeći kod novorođene dece u budnom stanju. Pristutan je u dominantnom stanju sve do 5. godine života. Ukoliko se ova vrsta ritma javi kod odrasle osobe u budnom stanju, to može da bude pokazatelj neke neuobičajene pojave kao što su šizofrenija, senilnost itd.

Gama ritam (γ) je ritam sa najvećim frekvencijama koji se javlja prilikom procesiranja veoma bitnih informacija u frontalnom i centralnom delu mozga.

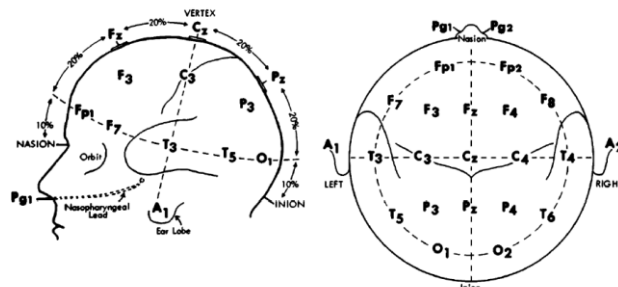


Slika 4. Moždani talasi

2.2.1 Princip rada elektroencefalografa

Snimanje se vrši tako što se na lobanju pacijenta postavi kapa sa odgovarajućim brojem elektroda pri čemu svaka od njih odgovara određenom moždanom području. Kako bi se izvršilo pravilno postavljanje elektroda, napravljena je odgovarajuća kapica koju ispitanik postavlja na glavu sa predefinisanim rasporedom elektroda pri čemu se vrši ubrizgavanje kontaktnog gela koji omogućuje kontakt

između elektroda i površine lobanje. Ova kapica omogućava ubranu i poboljšanu standardizaciju snimanja zbog već određenih lokacija elektroda. Snimanje se izvodi u ležećem ili sedećem položaju, zatvorenih očiju, u poziciji koja omogućava mir i opuštanje. Od pacijenta se u toku snimanja traži da na upit otvara i zatvara oči, diše duboko nekoliko minuta, a na kraju se oči preko sklopljenih kapaka stimulišu trepćućom svetlošću različitog intenziteta i učestalosti. Ceo postupak snimanja u budnosti traje oko 20 do 40 minuta, a u spavanju oko 90 minuta. Elektrode su raspoređene tako da svaka od njih odgovara određenom delu mozga pri čemu se koristi međunarodni sistem „10 – 20“ gde se svaka pozicija elektrode obeležava posebnim slovom koje predstavlja poziciju elektrode na glavi.



Slika 5. Raspored elektroda EEG tehnike prema međunarodnom sistemu „10 – 20“

2.3. Trenutni status BCI istraživanja i razvoja

Trenutno su zapanjujuća dostignuća BCI istraživanja i razvoja i dalje gotovo u potpunosti ograničena na laboratoriju, a većinu dosadašnjeg rada čine podaci prikupljeni od sposobnih ljudi ili životinja. Studije na krajnjoj ciljnoj populaciji ljudi sa teškim invaliditetom uglavnom su ograničene na nekoliko ograničenih ispitivanja koja su pažljivo nadgledana od strane istraživačkog osoblja. Prevođenje uzbudljivog laboratorijskog napretka u kliničku upotrebu, u BCI sisteme koji zapravo poboljšavaju svakodnevni život osoba sa invaliditetom, jedva da je počelo.

3. PRIMENA MOZAK-RAČUNAR INTERFEJSA U UPRAVLJANJU DRONOM

Prilikom odabira drona koji se koristi za određeno ispitivanje, u obzir treba uzeti nekoliko ključnih stavki, a to su: stabilnost leta, dostupna dokumentacija za povezivanje sa uređajem i naravno, cena. Stabilnost leta neophodno je uzeti u obzir jer uglavnom jeftiniji i jednostavniji dronovi imaju jako loše senzore kao i upravljački sistem što dovodi do značajnih oscilacija u položaju letelice čak i kada se komanda ne šalje. Što se tiče dokumentacije, to govori da bez odgovarajućeg interfejsa za programiranje aplikacije nije moguće povezati dizajnirani BCI sistem za dron. Cena drona utiče na sveukupan trošak sistema. Svrha je razviti jednostavan, jeftin i efikasan BCI sistem čime je neophodno izabrati dron sa prethodno navedenim ispunjenim uslovima, gde se smatra da bi AR Dron 2.0 od proizvođača Parrot bio idealan.



Slika 6. AR Drone 2.0

Dinamika kretanja drona veoma je raznovrsna i može da uključi niz različitih kontrolnih rutina i tehnika. Protok informacija BCI sistema je znatno ograničen i prema tome kontrola svih osa kretanja nije izvodljiva ili može rezultirati suviše složenim sistemom da bi korisnik u stvarnosti mogao njime upravljati.

Zbog ovoga, cilj BCI sistema je da kontroliše samo položaj rotacije drona, a brzina se kontroliše na osnovu komande koju pokreće BCI sistem.

U predloženom metodu za upravljanje navigacijom na početku simulacije dron ima konstantnu uzdužnu brzinu. Nakon pokretanja nove komande ili skretanja, putem BCI sistema se smanjuje brzina i nagib, vrši se rotacija čime se menja pravac drona (crvena strelica). Nakon završetka rotacije, brzina se ponovo uspostavlja na početnu konstantnu vrednost.

Ova metoda je izabrana na osnovu nekoliko drugih radova gde je BCI ciljao na dinamičke aplikacije.

Ograničavanjem broja parametara koje korisnik treba da kontroliše omogućava se to da se korisnik može bolje fokusirati na primarne obaveze zadatka, što dovodi do povećanja stope tačnosti kao i bolje prilagodljivosti BCI sistemu.

4. KORIŠĆENJE BCI UREĐAJA SA CILJEM UPRAVLJANJA DRONA PUTEM MOZGA

Sa napretkom tehnologije, puna kontrola drona koristeći samo nečiji mozak, prešla je od male šanse do velike mogućnosti. Istraživači su do ovog otkrića došli primenom Brain Computer Interface-a jer BCI uređaju imaju mogućnost da uhvate aktivnost mozga pomoću nekoliko različitih metoda, spektroskopije magnetne rezonance ili elektroencefalografije. EEG koristi senzore za merenje električne struje koju stvara mozak.

Otuda, stvaranje EEG BCI-a je efikasnije u kontroli drona i omogućava upotrebu u više stvarnih aplikacija jer su napravljene kao lake za nošenje. BCI uređaj koji se koristi za omogućavanje kontrole dronova je uređaj koji je proizveo Emotiv pod nazivom EMOTIV Insight. Svi Emotiv uređaji dolaze sa softverskim paketima koji vam omogućavaju upotrebu BCI uređaja i analizu moždanih signala koji se od njih primaju na mnogo načina.

Za ovaj istraživački projekat korišćena su dva programa kompanije Emotiv, Emotiv Control Panel i XavierEмоKey.

5. KONTROLA QUADCOPTER DRONA PUTEM MOZAK-RAČUNAR INTERFEJSA

Tehnologija mozak-računar interfejsa (BCI) omogućava manipulaciju ugrađenim sistemom ili računarom koristeći signale generisane moždanim talasima. Karakteristika BCI sistema može da uhvati moždane signale generisane neuronskim aktivnostima, prepozna različite obrasce neuronske aktivnosti, a takođe ih može transformisati u korisne komande koje se mogu primeniti za upravljanje mašinom ili uređajem. BCI se najčešće primenjuje u protetskim udovima, egzoskeletima, robotici, autonomnim vozilima, virtuelnoj tastaturi i računarskim igrama. Sa stanovišta načina na koji se signal stiče, BCI sistem se može klasifikovati kao invazivni i neinvazivni, u zavisnosti od toga kako su postavljeni EEG biosenzori. Emotiv Insight koji se koristi za prikupljanje signala iz mozga, predstavlja novu tehnologiju u domenu uređaja za prikupljanje signala elektroencefalografijom (EEG) i principima interfejsa mozga i računara.

Emotiv Insight je elegantan, višekanalni bežični EEG uređaj koji može da meri moždane talase. Emotiv Insight raspolaže inovativnom tehnologijom polusuvih polimernih senzora kojima se postiže odlična električna provodljivost. Polusuvi polimerni senzori su jednostavni za upotrebu i čišćenje.

Emotiv Insight BCI raspolaže sistemom koji se sastoji od pet senzora za koje se predviđa da imaju sposobnost da izmere ključnu aktivnost iz čitavih funkcionalnih područja korteksa. Emotiv Insight predstavlja prvi i jedini uređaj dostupan na tržištu koji može da pokrije čitava ključna područja moždane kore. Emotiv Insight otkriva aktivnost u frontalnom korteksu (odgovoran za izvršne funkcije), parijetalno-temporalnom korteksu (odgovoran za slušnu funkciju, prostornu interakciju/koordinaciju) i parietalno-okcipitalnom korteksu (odgovoran za vizuelnu funkciju). Glavne ključne karakteristike naučnog dizajna Emotiv Insight-a: dinamičke interakcije mozak-računar interfejsa sa više stepena slobode za kontrolu fizičkih i virtuelnih objekata, tačna identifikacija mentalnih stanja i emocija kao što su angažovanost, uzbuđenje, fokus, meditacija, opuštanje i stres; mogućnost izgradnje modela moždane aktivnosti u realnom vremenu na osnovu prostorne rezolucije; dublja perspektiva specifičnih obrazaca moždane aktivnosti pojedinca.

7. ZAKLJUČAK

Mozak – računara interfejs (BCI) predstavlja tehnologiju koja ima dvosmernu komunikacijsku vezu između mozga i spoljašnjeg uređaja gde jedan pravac uključuje prenos moždanih aktivnosti na računara gde računara prevodi moždane aktivnosti u motoričke komande, dok drugi pravac uključuje slanje informacija direktno u mozak putem računara. Glavni cilj BCI je da zameni ili obnovi korisnu funkciju osobama sa invaliditetom zbog neuromuskularnih poremećaja poput amiotrofične lateralne skleroze, cerebralne paralize, moždanog udara ili povrede kičmene moždine.

BCI funkcionise tako što stvara novi nemišićni kanal koji služi za prenošenje čovekove namere u spoljašnje uređaje poput računara, pomoćnih uređaja, neuronskih proteza itd. što je veoma pogodno za osobe sa teškim motoričkim oštećenjima jer ovakav interfejs ima mogućnost da poboljša kvalitet života. BCI se takođe može pokazati korisnim za rehabilitaciju nakon moždanog udara i za druge poremećaje. Svrha BCI je da otkrije i kvantifikuje osobine moždanih signala koji ukazuju na korisnikovu nameru i da ih u realnom vremenu prevede u komande uređaja koje ispunjavaju korisnikovu nameru. Tehnologija mozak-računar interfejsa (BCI) omogućava manipulaciju ugrađenim sistemom ili računarom koristeći signale generisane moždanim talasima. BCI se najčešće primenjuje u protetskim udovima, egzoskeletima, robotici, autonomnim vozilima, virtuelnoj tastaturi i računarskim igrama. EEG koristi senzore za merenje električne struje koju stvara mozak.

Otuda, stvaranje EEG BCI-a je efikasnije u kontroli drona i omogućava upotrebu u više stvarnih aplikacija jer su napravljene kao lake za nošenje. BCI tehnologija zahteva dovoljno dobar hardver za prikupljanje signala kako bi se buka otklonila i kako bi se omogućilo brže čitanje EEG signala. Ove signale neophodno je prevesti u odgovarajuće komande kako bi BCI efikasno komunicirao sa dronom. Korisnik bi imao mogućnost kodiranja određene komande u signal koji BCI čita i nakon toga BCI bi morao da izvede komandu drona. To zahteva da se korisnik i BCI sistem neprekidno prilagođavaju jedni drugima u cilju stabilnih performansi.

Sada je sposobnost dešifrovanja između različitih moždanih signala i mapiranja tih signala u različite komande dronova ključna za potpunu kontrolu drona.

8. LITERATURA

- [1] Brain-Computer Interface Spellers: A Review, Faculty of Technology and Bionics, Rhine-Waal University of Applied Sciences, 47533 Kleve, Germany; 2018
- [2] Brain computer interface: control signals review, Department of Computer Engineering, Cairo University, Egypt, 2016
- [3] Fully Implanted Brain-Computer Interface in a Locked-In Patient with ALS, University Medical Center Utrecht, Utrecht, the Netherlands, 2016
- [4] A comprehensive review of EEG-based brain-computer interface paradigms, 1Department of Neurology, University of California, San Francisco/Berkeley, CA 94158, USA, 2018
- [5] Age and gender classification using brain-computer interface, Department of Computer Science and Engineering, DCRUST, Sonapat 131039, India, 2018
- [6] Brain Computer Interface Based Communication in the Completely Locked-In State, Institute of Medical Psychology and Behavioral Neurobiology, University of Tübingen, Tübingen, Germany, 2017
- [7] High performance communication by people with paralysis using an intracortical brain-computer interface, Department of Neurosurgery, Stanford University, Stanford, United States; 2019
- [8] Brain computer interface: A comprehensive survey, Department of Computer Science and Engineering, National Institute of Technology Goa, India, 2019
- [9] Brain Computer Interface: EEG Signal Preprocessing Issues and Solutions, University of Louisiana at Lafayette, Lafayette, LA, USA, 2017
- [10] Wireless Brain Computer Interface for Smart Home and Medical System, Muhammad Wasim Munir, 2018
- [11] Brain-Computer Interface: challenges and research perspectives, Computer Science Department, Faculty of Automatic Control and Computer Science "Gheorghe Asachi" Technical University of Iai Iai, Romania, 2019
- [12] The Study of Influence of Sound on Visual ERP-Based Brain Computer Interface, Tianjin Key Laboratory of Bioelectromagnetic Technology and Intelligent Health, Hebei University of Technology, Tianjin 300132, China
- [13] Brain-Computer Interface-Based Humanoid Control: A Review, Department of Electrical and Electronics, Birla Institute of Technology & Science, Pilani 333031, India, 2020
- [14] Longitudinal Analysis of Stroke Patients' Brain Rhythms during an Intervention with a Brain-Computer Interface, Electrical Engineering Department, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, Mexico City 09340, Mexico, 2019
- [15] An EEG-Based Brain Computer Interface for Emotion Recognition and Its Application in Patients with Disorder of Consciousness, 2018
- [16] A Beginner's Guide to Brain-Computer Interface and Convolutional Neural Networks sa linka: <https://towardsdatascience.com/a-beginners-guide-to-brain-computer-interface-and-convolutional-neural-networks-9f35bd4af948>
- [17] Brain-Computer Interfaces in Medicine sa linka: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3497935/>
- [18] Using BCI Devices to Harness the Power of Controlling Drones with your Brain, Kerollin Francois
- [19] Performance Analysis of Brain Control Interface in Drone Applications, Sarah North, Ahmad Alissa, Josh Cooper, Adnan Rashied, Eric Rawls, Jason Walters, Utku "Victor" Sahin, Kade Randell and Cheyenne Sancho, Department of Computer Science College of Computing and Software Engineering Kennesaw State University, 2020
- [20] Stojanka Đurić, Klinička neurofiziologija, Prosveta, Niš, 1992.
- [21] Ivan Mađarević, EEG tehnika i kognitivni evocirani potencijali, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-Matematički fakultet, Novi Sad, Srbija, 2011.
- [22] Katarzyna Blinowska Piotr Durka, Electroencephalography (EEG), April 2006
- [23] Quadcopter control using a BCI; Sebastian Daniel Rosca, Monica Leba, Andreea Cristina Ionica, University of Petrosani

Kratka biografija:



Nikola Rogić rođen je 28. Februara 1998. godine u Novom Sadu. Diplomirao je 28. septembra 2020. nakon čega je nastavio obrazovanje na matičnom fakultetu u vidu master studija. Nakon masteriranja na matičnom fakultetu, Nikola planira da upiše još jedne master studije biomedicinskog inženjerstva na tehničkom fakultetu u Beču.