

NIGHTMARE MAGIC – ПРИМЕР УПОТРЕБЕ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАФИЈЕ И ЕМОТИВ ЕРОС УРЕЂАЈА У РАЧУНАРСКИМ ИГРАМА

NIGHTMARE MAGIC – AN EXAMPLE OF USING ELECTROENCEPHALOGRAPHY AND EMOTIV EROS HEADSET IN COMPUTER GAMES

Марина Радовановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ПРИМЕЊЕНЕ РАЧУНАРСКЕ НАУКЕ И ИНФОРМАТИКА

Кратак садржај – Електроенцефалографија (EEG, *Electroencephalography*) препознаје мерљиву електричну активност унутар мозга која се јавља при активирању неурона. За запис ових сигнала сензори се постављају преко скалпа, а један од BCI (*Brain-Computer Interface*, интерфејс мозак-рачунар) уређаја који користи ову неинвазивну методу је Emotiv EROS, који омогућава управљање апликацијама путем мисли или израза лица. Циљ овог рада је истраживање практичне примене конкретног BCI уређаја у прављењу једноставне игре. Мерењем EEG таласа и детекцијом израза лица корисника управља се бацањем магије унутар игре *Nightmare Magic*, пројекта који је zamiшљен као демо за упознавање са радом Emotiv EROS уређаја и почетна тачка за будућа истраживања.

Кључне речи: Електроенцефалографија, интерфејс мозак-рачунар, рачунарска игра.

Abstract – *Electroencephalography (EEG) recognizes the measurable electrical activity inside the brain which appears due to neural activity. In order to capture these signals sensors are placed over the scalp, and one BCI (Brain-Computer Interface) headset that uses this non-invasive technique is Emotiv EROS, which enables application control by using thoughts or facial expressions. The aim of this paper is researching the practical application of a concrete BCI device for making a simple computer game. By measuring EEG waves and detecting facial expressions of the user magic is cast in the game Nightmare Magic, a project intended as a demo for familiarization with how Emotiv EROS works and a starting point for future research.*

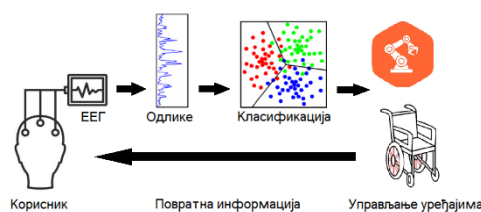
Keywords: *Electroencephalography, brain-computer interface, computer game.*

1. УВОД

BCI (*Brain-computer interface*, интерфејс мозак-рачунар) игре су рачунарске игре које користе мождане таласе за управљање игром. BCI уређаји омогућавају играње рачунарских игара и од стране особа са посебним потребама, док BCI рачунарске

игре могу бити доступније и интересантније од неких врста терапија или вежби за рехабилитацију. Електроенцефалографија (*electroencephalography, EEG*) је BCI метода која омогућава препознавање сигнала који се јављају при активацији можданих неурона, при чему се сензори постављају преко скалпа.

Централни принцип BCI система је осматрање мождане активности корисника и способност разликовања различитих образаца мождане активности, где се сваки повезује са одређеном намером или менталним задатком [1]. Слика 1 приказује уопштену архитектуру EEG-BCI система. Мождана активност се снима помоћу преносног уређаја. Сирови сигнали се првобитно процесирају и трансформишу како би се издвајале неке значајне одлике.



Слика 1. Уопштена архитектура BCI система за управљање уређајима попут роботске руке или моторизованих инвалидских колиџа.

Издвајање образаца обухвата раздвајање корисних EEG података од шума и њихово поједностављивање, како би се могла извршити класификација тј. одлучивање шта издвојени подаци представљају. Не постоји идеалан начин за издвајање образаца из EEG података. Неке од метода које користе савремени BCI уређаји су: Хјортови параметри (начин описивања нормализованог нагиба података), вејвлет трансформација (*wavelet transform*), Фуријеова трансформација, као и различите врсте филтера. Основни обрасци од кога зависе EEG-BCI системи су потенцијали везани за догађај (*ERP, event-related potential*) и промене везане за догађај у специфичним опсезима фреквенције.

Издвојени обрасци се затим прослеђују ка неком математичком моделу (статички класификатори или неуронске мреже). Након процеса тренинга, овај модел рачуна одговарајуће менталне команде за управљање уређајем. Не постоји стандардизован

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био др Драган Дину, доцент.

начин класификације издвојених података *BCI* система. Да би се улазни подаци мапирани на познате категорије *EEG* архетипова, користе се различита средства попут неуронских мрежа, прагова и препознавања образаца [2].

Конечно, визуелна повратна информација, или на пример тактилна стимулација, обавештавају корисника о перформанси уређаја како би научио одговарајуће стратегије за ментално управљање и направио промене како би извршио задатак. Повратна информација у *BCI* системима је од изузетне важности јер омогућава кориснику да разуме какве мождане таласе је управо произвео, и да научи које понашање се ефективно може класификовати и контролисати. Повратна информација може бити у визуелном или аудиторном облику, или чак хаптичка сензација.

2. ПРЕГЛЕД СТАЊА У ОБЛАСТИ

Hans Berger, немачки неуропсихијатар, је први описао постојање људских *EEG* сигнала 1920-их година а свој први извештај о снимку *EEG* активности људског мозга у трајању од три минута је објавио 1929. године [3]. За време 1930-их година, *Berger* је снимио први *EEG* човековог спавања, осматрајући вретенасте структуре. Након тога, наставио је да изучава људске *EEG* обрасце при операцијама мозга, епилепсији, можданим дисфункцијама и менталним активностима.

Иако у то време термин *BCI* још увек није установљен, један од најранијих примера функционалног интерфејса мозак-машина је био комад *Music for Solo Performer* (1965), који је компоновао *Alvin Lucier*. Ова композиција користи *EEG* и хардвер за процесирање аналогних сигнала (филтере, појачаваче и плочу за миксовање) како би се симулирала акустични ударачки инструменти. За извођење композиције, потребно је произвести алфа таласе и на тај начин „свирати“ различите инструменте путем звучника који су постављени у близини или директно на самим инструментима [4].

Иако је идеја о коришћењу *EEG* таласа као улазних сигнала за *BCI* системе постојала дуже време, тек недавно су развијени прави *BCI* уређаји који раде базирајући се на *EEG* улазном сигналу [5]. До 2000. године, истраживачи су конструисали уређај за превођење мисли, за потпуно парализоване пацијенте. Уређај је омогућавао пацијентима да одаберу слово на основу својих мисли, али је процес одабира слова био дуготрајан и не потпуно прецизан [6]. До 2008. године, истраживачи из Швајцарске, Белгије и Шпаније су произвели асинхрони *BCI* систем који је управљао моторизованим инвалидским колицима са високим степеном прецизности, али је и даље имао одређене недостатке [7].

Данас, 2010 *DARPA* буџет издваја 4 милиона долара за развој програма базираног на *EEG* технологији, под називом *Silent Talk*. Овај програм би требао да омогући комуникацију корисник-корисник на бојном пољу без коришћења говора путем анализе неуралних сигнала [8].

3. МЕТОДОЛОГИЈА

Како би се извршило тестирање развијена је апликација *Nightmare Magic*, рачунарска игра којом се може управљати коришћењем *Emotiv EPOC* уређаја. Играч баца магију променом израза лица, док се ка њему крећу утваре.

У наставку овог поглавља биће описан принцип рада неинвазивне *BCI* методе електроенцефалографије и начин рада са уређајем *Emotiv EPOC*. Након тога биће анализиран пример примене конкретне *BCI* уређаја при управљању једноставном игром развијаном у *Unity engine*-у.

3.1. Електроенцефалографија (EEG)

Неинвазивна *BCI* метода, електроенцефалографија, се заснива на томе да активност неурона у мозгу узрокује стварање *EEG* таласа који се могу измерити коришћењем електрода осетљивих на промену постсинаптичких потенцијала неурона у церебралном кортексу. Електроде се постављају на скалп у складу са стандардом за мерење различитих регија мозга (*10-20 International System of Electrode Placement*) [9]. Свака електрода има стандардну осетљивост од $7\mu\text{V}/\text{mm}$ и користи просечну вредност потенцијала измерених у близини сензора. Добијене просечне вредности се затим појачавају и комбинују како би се добијена ритмичка активност могла класификовати према фреквенцији (табела 1) [10].

Опсег	Фреквенција (Hz)
Delta	1 – 4
Theta	4 – 7
Alpha	7 – 13
Beta	13 – 30
Gamma	30 +

Табела 1. *EEG* опсези и фреквенције.

Истраживања која изучавају *EEG* технологију се базирају на чињеници да посматрана ритмичка активност зависи од менталног стања и да на њу могу да утичу ниво свести или различите менталне болести. Често се пореде *EEG* таласи код будних и спаних пацијената, а посматрају се и различити маркери код неубичајених *EEG* таласа који могу да укажу на болести као што су епилепсија или Алцхајмер.

Једна од тешкоћа при коришћењу *EEG* мерења је непоузданост података услед артефаката као што су електрични сигнали који не потичу од кортикалних неурона а детектовани су од стране сензора. Неки од најчешћих узрока артефаката су померање очију и трептање, као и коришћење мишића скалпа или врата, или пак лош контакт између скалпа и електрода [11].

3.2. *Emotiv EPOC* уређај

Emotiv EPOC уређај напаја допуњива литијумска батерија од 12Ah и чији је ефективни опсег фреквенција од 0.16Hz до 43Hz. Уређај садржи 14 *EEG* сензора, додатне *CMS* (*Common Mode Sense*) и *DRL* (*Driven Right Leg*) референце за формирање

повратне петље и референцирање осталих мерења, и жироскоп.

Један од софтверских пакета који се могу користити при развоју апликација је *Emotiv SDK Community Edition*, који омогућава развој софтвера компатибилног са *Emotiv* уређајима. *Emotiv API* је доступан као *ANSI C* интерфејс имплементиран у библиотеци *edk.dll* [12], где *Emotiv EmoEngine* класа представља логичку апстракцију функционалности. *EmoEngine* комуницира са *Emotiv* уређајем, прима препроцесиране *EEG* податке и податке жироскопа, чува подешавања специфична за корисника или апликацију, врши постпроцесирање и преводи резултате *Emotiv* детекције у структуру која се назива *EmoState* [12]. За одзив у скоро реалном времену, већина апликација би требала да потражује нове *EmoState* структуре барем 10-15 пута у секунди, што се обично дешава у главној петљи апликације или, у случају рачунарских игара, при периодичном упиту улазних уређаја.

Могуће је препознавање 12 израза лица: трептај, миг десним или левим оком, поглед десно или лево, подигнуте обрве, намрштене обрве, осмех, стиснути зуби, десни или леви полуосмех и смејање. За успешну детекцију израза лица потребно је најпре извршити тренинг за неутралан израз лица, а затим и за остале изразе лица који ће се препознавати.

Детекција менталних команди прати и интерпретира свесне мисли корисника. Разликују се 13 активних мисли: гурати, вући, подићи, спустити, лево, десно, ротирати лево, ротирати десно, ротирати у смеру казаљке на сату, ротирати у смеру супротном од смера казаљке на сату, ротирати ка напред, ротирати ка назад и нестајање.

4. СОФТВЕРСКА ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА И РЕЗУЛТАТИ

Игра *Nightmare Magic* нема конкретан крај и циљ, јер је замишљена као опуштајуће (*casual*) искуство, са фокусом на мапирање израза лица са врстом магије која се баца и упознавање са радом *Emotiv EPOC* уређаја. Лик којим се управља у игри сања и налази се у замишљеном свету окружен утварама. Постоје три врсте утвара, при чему боје њихових огртача указују на врсту магије која их може уништити, а контроле утичу на врсту и правац бацања магије.

Пре него што корисник започне бацање магије унутар игре коришћењем *Emotiv EPOC* уређаја, потребно је извршити калибрацију уређаја комплетирањем неопходног тренинга. Калибрација осигурава да ће се улазни сигнали карактеристични за интеракцију са уређајем од стране специфичног корисника интерпретирати на прави начин и што је могуће прецизније. *Emotiv* интерфејс може функционисати унутар апликације и без извршеног тренинга, користећи уграђену метрику са просечним вредностима, али то обично доводи до нетачне детекције сигнала и неочекиваних резултата.

Потребно је извршити три тренинга како би се могли препознавати одговарајући управљачки сигнали унутар игре: неутрални израз лица, подигнуте обрве и стиснути зуби. При препознавању израза лица у

апликацијама које као улазни уређај користе *Emotiv EPOC*, неопходно је најпре извршити тренинг неутралног израза лица, који се користи као параметар за упоређивање свих осталих израза. Сваки израз који се користи као засебан управљачки сигнал мора имати засебан тренинг, поред обавезног тренинга за неутрални израз лица.

Сваки померај мишића лица при калибрацији се детектује од стране уређаја и може да доведе до непрецизног или чак потпуно погрешног препознавања управљачких сигнала, због чега је битно да корисник током читавог периода одржи израз лица што сличнији оном који ће користити за бацање конкретне магије. Ништа не спречава корисника да тренинг за подигнуте обрве изврши, на пример, са спуштеним обрвама и стиснутим зубима, али ће у том случају услед поређења са уграђеним просечним вредностима за тај израз лица доћи до велике разлике и управљање ће бити потпуно погрешно. Уколико се током извршења одређеног тренинга јавља шум или корисник мисли да би се тренинг требао поновити уз другачији израз лица или бољу концентрацију, могуће је уклонити тренинг а затим га извршити поново.

Извршење тренинга за *Emotiv EPOC* уређај се односи на калибрацију уређаја за тренутног корисника. Уколико се корисник промени, потребно је поново извршити све тренинге за новог корисника, како би се управљачки сигнали препознавали довољно прецизно и како би се обезбедило тачно управљање у складу са очекивањима.

За олакшану комуникацију са *EmoEngine* системом и смањење зависности других скрипти од *Emotiv API*-ја, написана је скрипта *EmotivConnectionController.cs*, која се користи као компонента на објекту унутар сцене у *Unity*. Ова компонента је активна од тренутка покретања до тренутка затварања апликације и пружа све потребне информације и догађаје у вези са повезаношћу *Emotiv EPOC* уређаја и апликације.

Интеракција са *EmoEngine*-ом је могућа путем скрипте *EmoEngine.cs* која је у директној повезаности са скриптом *EdkDll.cs*. Класа *EdkDll* представља *managed (C#)* верзију *EmoEngine*-а, који се у пројекат импортује као *edk.dll*.

Играч нема могућност кретања или промене позиције али може да нишани променом ротације, што се постиже помоћу жироскопа који пружа информације о ротацији *Emotiv* уређаја на глави корисника. Коришћење жироскопа унутар апликације не захтева посебан тренинг.

У игри су присутне три врсте утвара: црвене, плаве и црне. Црвене утваре се могу уништити бацањем ватрене магије, а отпорне су на електричну (шок) магију, док плаве утваре функционишу на супротан начин. Црне утваре се могу уништити било којом од две доступне магије. Бацање ватрене магије се иницира подизањем обрва док је бацање електричне магије могуће стискањем зуба.

Уколико је ново стање једно од стања која се очекују и на које је потребно одреаговати (подигнуте обрве или стиснути зуби), проверава се да ли је могуће бацити нову магију у односу на задати временски интервал који означава потребну паузу између два

бацања. При бацању магије користи се анимација видљивог оружја, инстанцира се објекат као визуелна репрезентације магије и репродукују звучни ефекти у складу са врстом магије која је бачена.

При удару у утвару која није отпорна на ватрену магију, изазива се ватрена експлозија, уз пратећи звучни ефекат који дочарава осећај сагоревања, док се при удару у утвару која није отпорна на електричну магију појављује визуализација струје, уз пратећи звучни ефекат који дочарава осећај струјног удара.

5. ЗАКЉУЧАК

При коришћењу *BCI* уређаја за генерисање управљачких сигнала, корисник добија посебан осећај моћи, попут суперхероја. Овај осећај изузетно доприноси искуству играња рачунарских игара, када корисник на кратко време напушта свакодневицу и прелази у други свет где може да се поистовети са ликом по избору. Бацање магије не даје исти осећај када се дешава на притисак тастера и када се изазове мишљењем о магији, или променом израза лица.

Један од аспеката који спречавају широку употребу *BCI* уређаја као улазних уређаја у рачунарским играма је чињеница да је пре сваког коришћења ради препознавања управљачких сигнала потребно извршити калибрацију односно кориснички тренинг. Овај процес се понавља при свакој промени корисника, како би препознавање образаца мишљења или израза лица било прецизније, при чему са порастом броја различитих управљачких сигнала расте и време потребно за тренинг. Такође, након одређеног времена коришћења уређаја потребно је размонтирати сензоре како би се поново наковасили раствором соли и побољшао квалитет сигнала при контакту са површином главе, што захтева искључивање уређаја и додатно време.

При управљању је изузетно важно да је претходно извршен тренинг тј. да је уређај калибрисан за тренутног корисника, како би улазни сигнали били прецизно интерпретирани. Уколико није извршен тренинг, при детекцији израза лица и најблажи покрет мишића лица може да изазове шум који ће бити погрешно интерпретиран (бацање магије док играч држи израз лица који није од конкретног значаја за управљање).

Вишеплатформска природа *Unity Engine*-а омогућава лако прилагођавање апликација за различите улазне уређаје или систем на коме ће се апликација покретати. Процес развоја саме игре у смислу сцене, функционалност објеката који се инстанцирају или са којима се интерагује, анимација, кориснички интерфејс, интеграција звука, као и многи други аспекти уобичајених рачунарских игара не зависе од платформе за коју се апликација развија, што отвара многе могућности за развој.

Приступачан *Emotiv API* чини писање кода и интеграцију *Emotiv EPOC* уређаја са *game engine*-ом као што је *Unity* прилично једноставно, чиме смањује потребан напор за развој игара и апликација којима се може управљати помоћу овог уређаја. Иако се *BCI* уређаји још увек не користе често као улазни уређаји за управљање рачунарским играма, њихова популарност расте заједно са бројем потенцијалних примена у индустрији.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] José del R. Millán, Pierre W. Ferrez, Ferran Galán, Eileen Lew, Ricardo Chavarriaga, 2007, *Non-Invasive Brain-Machine Interaction*, International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence Vol. XX, No. X, 1–13.
- [2] Adlakha Amit, 2002, *Single Trial EEG Classification*. Swiss Federal Institute of Technology.
- [3] Aatif M. Husain, Saurabh R. Sinha, *Continuous EEG Monitoring: Principles and Practice*, pp. 6.
- [4] Volker Straebel, Wilm Thoben, 2014, *Alvin Lucier's music for solo performer: experimental music beyond sonification*, Organised Sound, 19 (1): 17–29.
- [5] Vidal J., 1973, *Toward direct brain-computer communication*, Annual Review of Biophysics and Bioengineering, 2 (1): 157–80.
- [6] Birbaumer N. et al., 2000, *The Thought Translation Device (TTD) for Completely Paralyzed Patients*, IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering, Volume 8, No. 2, pp. 190-193.
- [7] Galán F. et al, 2008, *A Brain-Actuated Wheelchair: Asynchronous and Non-invasive Brain-Computer Interfaces for Continuous Control of Robots*, Clinical Neurophysiology, Volume 119, Issue 9, pp. 2159-2169.
- [8] Drummond K., 2009, *Pentagon Preps Soldier Telepathy Push*, Wired Magazine.
- [9] Niedermeyer, Ernst and da Silva, Fernando Lopes, 2005, *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications and Related Fields, Fifth Edition*, Lippincott Williams & Wilkins, pp 140.
- [10] Nunez PL., Srinivasan R., 1981, *Electric Fields of the Brain: The Neurophysics of EEG*, Oxford University Press.
- [11] Rowan A. James, 2003, *Primer of EEG*, Elsevier Science, Philadelphia, PA.
- [12] Emotiv getting started guide, version 3.5.0., EMOTIV Inc 2017.

Кратка биографија:



Марина Радовановић рођена је у Новом Саду 1993. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Примењене рачунарске науке и информатика – Мултимедија и рачунарске игре одбранила је 2019. год.