

# UPRAVLJANJE RAČUNALNIŠKE IGRE Z MISLIMI

MARKO KRAJINOVIĆ, BORUT BATAGELJ IN FRANC SOLINA

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana, Slovenija,  
e-pošta: mk9686@student.uni-lj.si, borut.batagelj@fri.uni-lj.si, franc.solina@fri.uni-lj.si

**Povzetek** Z možganski vmesniki lahko ustvarjamo unikatne in inovativne načine interakcije s sodobno tehnologijo. Predstavljajo neposredno povezavo med človekom in računalnikom. V zadnjem desetletju je njihov razvoj močno napredoval. Podjetja trenutno raziskujejo njihovo uporabo na širših področjih. V namen raziskavam in izobraževanju podjetje g.tec organizira hekaton BR41N.IO. Ta omogoča razvijalcem in oblikovalcem, da se spoznajo s to tehnologijo. Jeseni sem se udeležil tega hekatona v Trbovljah in razvil projekt Imagination Solution. Prototip obsega računalniško igro v kateri uporabnik z mislimi izbira virtualne pripomočke. Z njimi si pomaga pri doseganju zastavljenega cilja.

**Ključne besede:**

možganski  
vmesnik,  
Unity 3D  
igra,  
BR41N.IO,  
hekaton  
interaktivna  
računalniška  
igra.

## 1 Uvod

Računalniški vmesniki predstavljajo točko komunikacije med človekom in računalniškim sistemom. Uporabljamo jih za opravljanje vseh interakcij z moderno tehnologijo. Ti obstajajo v različnih oblikah in vpeljejo nivo posredovanja informacij in ukazov. Možganski vmesniki omogočajo neposredno interakcijo med človeškimi možgani in računalniškimi sistemi. Z njimi lahko uporabnik upravlja sisteme zgolj s svojimi mislimi. Vmesnik meri možgansko aktivnost ter signale nato pošlje računalniškemu sistemu. Ta jih nadaljnje procesira in ovrednoti.

Trenutno smo v času velikega napredka na področju razvoja in uporabe možganskih vmesnikov. Raziskave na tem področju so začeli nevroznanstveniki že v začetkih sedemdesetih let dvajsetega stoletja [1]. Vse do začetka enaindvajsetega stoletja so ti omogočali zgolj osnovne računalniške operacije kot je premikanje miškega kurzorja. Danes je možno z njimi opravljati veliko bolj kompleksna opravila. V zadnjem desetletju je tehnologija strojnega učenja močno napredovala. Ta predstavlja eno izmet ključnih komponent za nadaljnji razvoj programske opreme povezane z možganskimi vmesniki [2]. Zaradi takšnega napredka, uporaba te tehnologije ni omejena samo na področje medicine in nevroznanosti, ampak vključuje tudi uporabniške aplikacije, zabavno industrijo in umetnost.

## 2 Možganski vmesniki

Možganski vmesniki so vhodne naprave, ki povezujejo možgane z računalniškim sistemom. S specializiranimi senzorji merijo možgansko delovanje in pridobljene podatke posredujejo računalniku, ki jih običajno še nadaljnje obdela. Najpogosteje merijo elektromagnetno valovanje, ki se tvori ob aktivnosti specifičnih predelov možganov.

Vmesniki so lahko invazivni ali neinvazivni. Neinvazivni vmesniki uporabljajo senzorje v obliki EEG (elektroencefalografskih) tipal, ki se pritrdijo na določene predele človeške glave. Ti merijo elektromagnetno valovanje s površine lobanje. Ta metoda je veliko bolj primerna za večino uporabnikov. Cenovno je bolj dostopna in omogoča enostavno prenašanje vmesnika med uporabniki. Glavna slabost pri tem pristopu je bistven vpliv šuma. Signal je na površju šibkejši kot v notranjosti. Nanj pa prav tako vplivajo zunanje motnje iz okolja. Za uporabo invazivnih vmesnikov je

potrebno opraviti medicinsko operacijo, pri kateri kirurg vsadi senzor neposredno v možgane. Direktna izpostavljenost senzorja omogoča bolj natančne meritve. Odziv na koristno možgansko valovanje je veliko močnejši od vpliva šuma. Z vgrajenim vmesnikom, lahko tudi stimuliramo posamezne predele možganov. Na takšen način dosežemo dvosmerno komunikacijo.

Proces delovanja možganskih vmesnikov je razdeljen na več korakov. V prvem koraku vmesnik zajame možgansko aktivnost z uporabo specializiranih senzorjev. Zagotoviti mora, da ima signal dovolj visoko časovno in prostorsko ločljivost. Prav tako je pomembno minimizirati količino šuma, da izboljšamo natančnost merjenja. Naslednji korak obsega procesiranje zajetega signala. S filtriranjem posameznih frekvenc lahko nadaljnje odstranimo morebiten zunanji šum. Prav tako pa lahko izoliramo signal le na specifične spektre možganskih valov. V tretjem koraku je zajet signal potrebno klasificirati. Z uporabo modelov strojnega učenja, klasificiramo pomen zajetih signalov glede na problemsko domeno. Za to je potrebna zadostna količina učnih podatkov. V zadnjem koraku klasificirani vhod uporabimo za opravljanje določene akcije definirane v aplikaciji.

Zaznavanje možganske aktivnosti je bolj enostavno, ko merimo odziv na znan dražljaj. Ena izmed tehnik, ki uporablja to lastnost je zaznavanje vala P300. Ta se pojavi pri človeškem odzivu na določen dražljaj. Na EEG signalu se pojavi kot skok amplitude v pozitivni smeri. Tako ga je možno preprosto zaznati in ovrednotiti. [3]

Možganski vmesniki se danes uporabljajo na številnih področjih. Pogosto se uporabljajo za raziskovanje delovanja človeških možganov. Z njimi je možno meriti odzive določenih predelov, glede na specifične mentalne aktivnosti subjekta. Prav tako imajo pomembno vlogo kot računalniški vmesnik za invalide, ki ne morejo uporabljati tradicionalnih vmesnikov. Z napredkom na področju strojnega učenja se je razširilo tudi območje uporabe možganskih vmesnikov na področjih izven raziskav in medicine. V zabavni industriji takšna tehnologija omogoča personalno prilagajanje virtualnih izkušenj. V povezavi s pametnimi napravami lahko prilagodi uporabo glede na uporabnikove preference, ne da bi ta sam aktivno skrbel za to. Takšna uporaba lahko obsega samodejno nastavljanje termostata ali svetlobe v pametni hiši, izbiro glasbe v avtomobilu ipd.

Trenutno možganski vmesniki niso še namenjeni potrošnikom. Primarno se uporabljajo v raziskovalnih ustanovah. Razvijalci se z njimi lahko srečajo v obliki razvojnih paketov, ki jih je možno naročiti od določenih proizvajalcev. Prav tako jih je pa možno zaslediti na specializiranih dogodkih, konferencah in hekatonih.

### **3 BR41N.IO**

BR41N.IO je hekaton, ki ga organizira avstrijsko podjetje g.tec v sodelovanju z organizacijo IEEE Brain. Podjetje se ukvarja z razvojem tehnologije na področju nevroznanosti. Primarno razvijajo možganske vmesnike. Ponujajo tako invazivne kot neinvazivne metode [4]. Poleg tega ponujajo tudi izobraževanja in delavnice za razumevanje, uporabo in razvoj aplikacij z možganskimi vmesniki.

#### **3.1 Hekaton**

V okviru izobraževalne iniciative so pri podjetju g.tec razvili tekmovanje BR41N.IO. Ustanovili so ga leta 2017. Izvajajo ga večkrat letno po celem svetu [2]. Do sedaj so ga organizirali v Grčiji, Nemčiji, Sloveniji, ZDA, na Japonskem in številnih drugih državah. Dogodek je specializiran za razvoj projektov in uporabo tehnologije povezane z možganskimi vmesniki. Udeležencem zagotovijo razvojni paket, ki vključuje možganski vmesnik in vso potrebno programsko opremo za razvoj aplikacij. Dogodek je namenjen razvijalcem, oblikovalcem in umetnikom. Zaradi tega projekti vključujejo naloge iz inženirskega in umetniškega področja. Te obsegajo uporabo tehnologije možganskih vmesnikov v povezavi z upravljanjem robotov, integracijo s pametnimi napravami, aplikacijami za rehabilitacijo, računalniškimi igrami, 3D tiskanjem, izrisovanjem sanj ipd. Tekmovalci izberejo eno izmed njih ali si zamislijo svojo. Nato v štiriindvajsetih urah razvijejo projekt, ki običajno vključuje koncept in prototip aplikacije. Predstavijo ga mednarodni žiriji. Ta izbere najbolj izviren, inovativen in kakovostno izpeljan projekt.

### 3.2 BR41N.IO Trbovlje

Oktobra 2019 sem se udeležil BR41N.IO hekatona v Trbovljah. Dogodek se je odvijal v delavskem domu v okviru festivala Speculum Artium. Poleg hekatona je bila organizirana tudi razstava novomedijske umetnosti. Razstavljeni so bili umetniški projekti povezani s sodobno tehnologijo kot je navidezna resničnost, robotika, napredna senzorika in možganski vmesniki.

Tekmovanje sta vodila strokovnjaka s podjetja g.tec. Dogodek se je pričel ob desetih dopoldan s predavanjem o tehnologiji možganskih vmesnikov. Sledila je demonstracija njihovega razvojnega paketa Unicorn Hybrid Black. Tekmovanje se je uradno začelo ob trinajstih, ko je vsaka skupina prejela svoj razvojni paket. V naslednjih štiriindvajsetih urah so ekipe razvile projekte in ustvarile krajše predstavitve. Med tem sta strokovnjaka s podjetja g.tec udeležencem ponujala podporo pri uporabi vmesnika in njegovi implementaciji. Predstavitve je ocenjevala mednarodna žirija akademikov in strokovnjakov iz različnih podjetij visoke tehnologije. Med njimi je bila dr. Maryam Alimardanis z univerze v Tilburgu na Nizozemskem, Erika Mondria iz avstrijskega inštituta Ars Electronica ter minister za kulturo Zoran Poznič.

## 4 Vmesnik Unicorn Hybrid Black

Na tekmovanju smo pri razvoju projektov uporabljali možganski vmesnik Unicorn Hybrid Black (Slika 1). To je neinvazivni možganski vmesnik, ki meri možgansko aktivnost z uporabo tehnologije EEG. Naprava je pritrjena na lahko kapo. Ta vsebuje luknje, ki so namenjene apliciranju tipal na ustrezna mesta na uporabnikovi lobanji. Dve tipali je potrebno dodatno zalepiti na čeljust. Vmesnik se poveže na računalnik s standardom bluetooth in brezžično prenaša zajete signale. Naprava deluje dve uri preden jo je potrebno ponovno napolniti. Kakovost merjenja je možno izboljšati z uporabo priloženega gela, ki se ga nanese na posamezno EEG elektrodo. To izboljša prevodnost in zmanjša vpliv šuma. Naprava zajema signal s 24 biti pri 250 Hz. Signal nadzorči 4096 krat in na takšen način zagotovi boljše razmerje med signalom in šumom [5].

Razvojni paket vsebuje tudi programsko opremo za upravljanje z napravo in uporabo zajetih podatkov. Ta omogoča prikaz zajema signala v realnem času. Orodje vsebuje tudi sistem za določanje kakovosti signala za posamezne elektrode. Ta grafično prikaže stanje elektrod glede na njihovo lokacijo. Z zeleno označi elektrode, ki ustrezno zaznavajo možgansko aktivnost. Meritve so najbolj kakovostne, ko je uporabnik zbran in se ne ozira na zunanje dejavnike. Prav tako mora biti čim bolj miren, ker s premikanjem uvaja dodaten šum.



**Slika 1: Možganski vmesnik Unicorn Hybrid Black**

Vir: <https://www.unicorn-bi.com/product/unicorn-hybrid-black/>

Drugi način uporabe vmesnika je z orodjem P300 speller. Ta omogoča pisanje besedila z mislimi. To doseže z ustvarjanjem dražljajev, ki jih nato zazna z analiziranjem uporabnikovih pričakovanih valov P300. Na zaslonu izriše tipkovnico. Uporabnik zbrano opazuje izbran gumb na zaslonu. Priporočljivo je, da v mislih šteje, ker na takšen način odpravi ostale misli, ki bi potencialno vplivale na ustrezno zaznavanje. Med tem na virtualni tipkovnici utripajo posamezne vrstice in stolpci na mestu tipk in za kratek moment prikažejo alternativno sliko. Vsakič ko utripa element, ki ga opazuje uporabnik, se sproži val P300. Sistem izmeri časovno ujemanje med utripanjem posameznih elementov in uporabnikovih odzivov. Na takšen način poišče element z najmanjšim odstopanjem. Možganski odzivi se med uporabniki razlikujejo. Zaradi tega je potrebno kalibrirati napravo pred uporabo. Ta deluje v obratni smeri kot zaznavanje. Uporabnik izbere sekvenco elementov in jih opazuje. Večje kot je število elementov pri kalibraciji, bolj ustrezno se naprava kalibrira.

Programska oprema razvojnega paketa omogoča tudi integracijo naprave s številnimi programskimi jeziki. Na GitHub repozitoriju razvojnega paketa so na voljo odprtokodni API-ji za C, C++, Python, MATLAB-ov Simulink in .NET API za C# [6]. Ti omogočajo neposredno uporabo signalov zajetih v živo. V programsko opremo je možno tudi integrirati orodje P300 speller. Razvijalec lahko na tipkovnici nastavi elemente po meri. Prav tako lahko spreminja čas zaznavanja posameznega elementa ter frekvenco utripanja.

## 5 Projekt Imagination Solution

Pri uporabi novih vmesnikov, se razvijalci pogosto ujamejo v past. Z novo tehnologijo skušajo opravljati interakcije, ki so bolj primerne za obstoječe vmesnike.

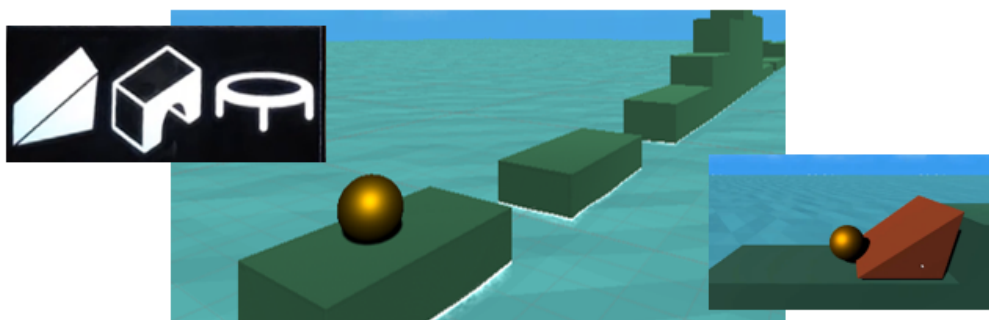
Za kakovostno rabo novih vmesnikov je potrebno uporabiti njihove unikatne značilnosti. V okviru tekmovanja v Trbovljah sem s takšnim pristopom ustvaril interaktivno 3D igro. Ta uporablja možganski vmesnik zgolj za interakcije, ki so intuitivno povezane z miselnimi procesi. Ostale interakcije uporabnik vrši s klasično uporabo tipkovnice in miške.

V okviru hekatona sem skupaj z Jonom Tavčarjem, dijakom srednje tehniške šole v Trbovljah, razvil projekt Imagination Solution. Glavna vizija projekta je interaktivna igra, kjer igralec rešuje zastavljene naloge s svojo domišljijo. Uporabnik upravlja virtualni avatar v igralnem okolju. Aplikacija mu zastavi določeno nalogo ali cilj. Uporabnikov avatar tega ne more doseči sam po sebi. Mora si pomagati z različnimi pripomočki. Te si uporabnik zamisli. Aplikacija to razbere s pomočjo možganskega vmesnika in jih ustvari v virtualno okolje. Naloge nimajo fiksnih rešitev. Vsak uporabnik jih lahko razreši na unikatni način s pripomočki, ki si jih sam zamisli. Na takšen način igra krepi kreativno mišljenje in razmišljanje izven zadanih okvirjev.

V idealni situaciji, bi aplikacija uporabila možganski vmesnik za dinamično generiranje unikatnih pripomočkov, glede na uporabnikovo zamisel. Virtualno okolje bi zgolj določilo okvirje ontologije in fizike. S kompleksnim model strojnega učenja, bi klasificirali uporabnikove zamisli na domeni pripomočkov.

Bolj enostaven pristop bi obsegal implementacijo številnih, v naprej določenih, pripomočkov. Tem bi fiksno definirali njihove funkcije. Uporabnikove zamisli bi nato klasificiral in poiskal najboljši približek iz obstoječega nabora ustvarjenih elementov. Določene parametre bi bilo možno dinamično prilagoditi in tako bolj točno predstaviti uporabnikovo idejo. To bi lahko vključevalo spreminjanje estetike posameznega elementa ali nastavljanje njegovih parametrov.

V okviru tekmovanja sem razvil prototip. Aplikacijo sem ustvaril v pogonu Unity 3D. Za povezavo z možganskim vmesnik sem uporabil integracijo orodja P300 speller. Ta pristop je omogočil implementacijo možganskega vmesnika v kratkem času, ki je bil na razpolago. Prototip vsebuje tri fiksno določene pripomočke, med katerimi izbira uporabnik. Ti vključujejo most, stopnice in odskočno ploščad. Ko jih uporabnik z mislimi izbere v orodju P300 speller, se pojavijo v virtualnem okolju (Slika 2). Nato jih uporabnik lahko premika z miško in uporabi za reševanje naloge. Zadan cilj v prototipu je pripeljati svojega avatarja do cilja 2D poligona. To je možno doseči na različne načine z uporabo implementiranih pripomočkov. Prototip predstavlja osnovno različico vizije projekta in demonstrira njegov potencial. Komisija je projektu dodelila glavno nagrado, IEEE Brain Award.



Slika 2: Vmesnik igre z možnostjo izbire pripomočkov z mislimi

Vir: svoj.

## 5 Zaključek

Možganski vmesniki predstavljajo inovativno povezavo med človekom in računalniškimi sistemi. V zadnjem desetletju je njihov razvoj močno napredoval z uporabo tehnik strojnega učenja. Čeprav še niso komercialno dostopni, je njihova



uporaba vse bolj prisotna na področjih izven okvirjev raziskav in medicine. Trenutno smo v obdobju odkrivanja njihovega potenciala v uporabniški tehnologiji, kot so pametne naprave in zabavne aplikacije. Pri njihovi implementaciji se je pomembno osredotočiti na ustrezno uporabo, ki vključuje intuitivne miselne interakcije.

## **Literatura**

- [1] Brain Research Institute, University of California. Toward Direct Brain-Computer Communication, <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.bb.02.060173.001105>.
- [2] BR41N.IO Hackathon. <https://www.br41n.io>.
- [3] Haider, A., & Fazel-Rezai, R. (2017). Application of P300 event-related potential in brain-computer interface. *Event-related Potentials and Evoked Potentials*. INTECH, 19-38.
- [4] Podjetje g.tec. <https://www.gtec.at>.
- [5] Unicorn Hybrid Black, The brain interface, <https://www.unicorn-bi.com>.
- [6] Unicorn Suite repozitorij. <https://github.com/unicorn-bi/Unicorn-Suite-Hybrid-Black>.